

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

4

4<sup>(28)</sup>  
● 2009

НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК

№ 4 (28) 2009

КУРГАН ДЛЯ  
ЛУНОЛИКОЙ

ПЕРЕД СТАРТОМ  
В МИКРОКОСМ

КОШКИ И ГЕНЫ:  
30 ЛЕТ СПУСЯ

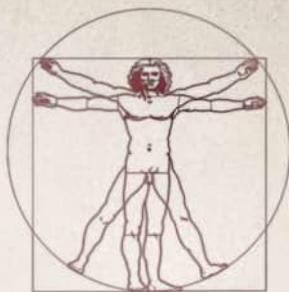
ЧАСОВЫЕ  
ГЕНОМА

ISSN 18-10-3960



# ВИВАТ, УНИВЕР!

Познавательный журнал  
для хороших людей



### Редакционная коллегия

главный редактор  
акад. *Н.Л. Добрецов*

заместитель главного редактора  
акад. *В.В. Власов*

заместитель главного редактора  
акад. *В.Ф. Шабанов*

ответственный секретарь  
*Л.М. Панфилова*

акад. *М.А. Грачев*

акад. *А.П. Деревянко*

чл.-кор. *А.В. Латышев*

чл.-кор. *Н.П. Похиленко*

акад. *М.И. Эпов*

к. ф.-м. н. *Н.Г. Никулин*

### Редакционный совет

акад. *Л.И. Афтанас*

чл.-кор. *Б.В. Базаров*

чл.-кор. *Е.Г. Бережко*

акад. *В.В. Болдырев*

чл.-кор. *А.Г. Дегерменджи*

д.м.н. *М.И. Душкин*

проф. *Э.Краузе (Германия)*

акад. *Н.А. Колчанов*

акад. *А.Э. Конторович*

акад. *Э.П. Кругляков*

акад. *М.И. Кузьмин*

акад. *Г.Н. Кулипанов*

д.ф.-м.н. *С.С. Кутателадзе*

проф. *Я. Липковски (Польша)*

чл.-кор. *Н.З. Ляхов*

акад. *Б.Г. Михайленко*

акад. *В.И. Молодин*

д.б.н. *М.П. Мошкин*

чл.-кор. *С.В. Нетесов*

чл.-кор. *М.Д. Новопашин*

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*

чл.-кор. *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

Учредитель: Сибирское отделение  
Российской академии наук

Издатель: «ИНФОЛИО»

Адрес редакции:  
630055, Новосибирск,  
ул. Мусы Джалиля, 15  
Тел.: +7 (383) 332-1540, 332-1439  
Факс: +7 (383) 332-1540  
e-mail: zakaz@infolio-press.ru  
e-mail: editor@infolio-press.ru

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

Журнал зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати

Свидетельство ПИ № 77-15734  
от 23 июня 2003 г.

ISSN 1810-3960

Тираж 2 000 экз.

Отпечатано в типографии  
ООО «ИД "Вояж"» (Новосибирск)

Дата выхода в свет 21.09.2009

Свободная цена

Перепечатка материалов только  
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2009  
© «ИНФОЛИО», 2009

### Над номером работали

*Л. Беляева*  
*А. Владимирова*  
*М. Гончарова*  
*М. Долгов*  
*Л. Кондратьева*  
*А. Мистрюкова*  
к.б.н. *Л. Овчинникова*  
*Л. Панфилова*  
*М. Роговая*  
*А. Харкевич*  
*С. Янушко*



### Дорогие друзья!

Этот выпуск нашего журнала не совсем обычный. Посвящен он полувековому юбилею уникального образовательного учреждения, которое формально не входит в состав СО РАН, но является его важнейшей и неотъемлемой частью, во многом определяющей настоящее и будущее сибирской науки. Как известно, Сибирское отделение Академии наук базируется на трех «китах»: наука–кадры–производство (знаменитый «треугольник» Лаврентьева!), и если говорить о кадрах, то базой для подготовки специалистов принципиально нового уровня был и остается Новосибирский государственный университет.

В чем же заключается особенность НГУ, отличающая его от других отечественных вузов, и с гораздо более длинной историей? Наш университет создан по образу Московского физтеха, где впервые была использована ныне широко известная система подготовки научных кадров, в которой фундаментальное образование органично дополняется научной работой студентов на базе исследовательских институтов. Это произошло не случайно: С.А. Христианович и М.А. Лаврентьев, легендарные основатели Сибирского отделения, в свое время были и среди организаторов и первых преподавателей МФТИ.

На сибирской земле «система физтеха» дала рекордный урожай. Для этого здесь были все условия: сеть многопрофильных академических институтов, оснащенных современным оборудованием, удобная планировка самого Академгородка и, наконец, знаменитая новосибирская физматшкола с ее системой поиска и отбора одаренных школьников со всех уголков страны.

И сегодня большая часть преподавателей университета являются одновременно сотрудниками академических институтов, благодаря чему студенты из первых рук получают самую актуальную информацию с передовых рубежей науки, знакомятся с современными методами теоретических и экспериментальных исследований. По традиции, заложенной еще основателями

Академгородка, в университете преподают и именитые ученые, и молодежь, делающая первые шаги в науке.

Начиная с младших курсов студенты НГУ имеют возможность участвовать в исследованиях, проводимых в институтах СО РАН. В результате реализуется самый «правильный» вид обучения – индивидуальный. На базе институтов СО РАН он оказался возможным и относительно недорогим. В результате такого обучения закладываются прочные отношения Ученик – Учитель, что особенно важно в начале творческой биографии.

Благодаря сложившейся в университете системе образования выпускники НГУ приобретают не только фундаментальные знания, но и такие важнейшие для настоящего исследователя качества, как способность постоянно учиться, находить нетривиальные пути решения новых задач. НГУ по праву входит в то небольшое число отечественных, да и мировых вузов, которые действительно готовят студентов к научной деятельности, воспитывают научную смену. Вряд ли нужно говорить о том, насколько это актуально и для Академии наук, и для всего нашего общества.

Высокий статус НГУ как образовательного учреждения признан во всем мире: согласно глобальному рейтингу университетов, ежегодно публикуемому «Таймс», наш университет регулярно попадает в первые две сотни лучших мировых вузов.

В этом выпуске мы попытались рассказать о пути, пройденном университетом за 50 лет, словами «очевидцев» – бывших студентов, многие из которых вернулись в *alma mater* уже в качестве преподавателей. И хотя их восприятие заведомо субъективно, нам кажется, что все эти воспоминания, рассказы об учителях и друзьях, а также популярные лекции бывших студентов дают в конечном итоге живую и неповторимую картину жизни одного из самых незаурядных вузов России.

академик Н.Л. Добрецов,  
главный редактор



«Сегодня в зарубежных **РЕЙТИНГАХ** мы стоим в **ПЕРВОЙ ПЯТЕРКЕ** российских **УНИВЕРСИТЕТОВ...**» **С. 16**

«С первого курса НГУ нас учили такие люди, у которых просто **СТЫДНО** было **ПЛОХО УЧИТЬСЯ...**» **С. 24**

«**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ**, которые выглядят как фокус или невозможное с точки зрения физики явление, сочинялись даже для **КАПУСТНИКОВ...**» **С. 48**

## .01

### НОВОСТИ НАУКИ

Сделано в СО РАН

- 6 **И. П. Поздняков**  
Свет очищающий
- 8 **А. В. Матвеев**  
Оксид углерода в цвете
- 12 Изменить мир к лучшему

## .02

### УНИВЕРСИТЕТ В РАССКАЗАХ

- 16 **С. В. Нетёсов**  
Возвращение в альма-матер
- 24 **Н. П. Похиленко**  
Из искры раздувает пламя
- 40 **П. М. Бородин**  
Университетская параллель
- 48 **Е. И. Пальчиков**  
Магия эксперимента
- 60 **М. И. Эпов**  
Из глубины сибирских руд...
- 74 **С. В. Сухинин**  
Быть единым целым
- 80 **А. Е. Бондарь**  
Стране нужны исследователи!





«**ОДАРЕННЫЙ ЧЕЛОВЕК** может сделать для науки больше, чем целый институт. И система образования должна быть построена так, чтобы **НЕ ПОТЕРЯТЬ** такого человека...» **С. 80**

«Фанатичное **СЛУЖЕНИЕ НАУКЕ** открыто проповедовалось и было очень **ЗАРАЗИТЕЛЬНЫМ...**» **С. 98**

«**НГУ** изначально задумывался не как «кузница кадров», а как питомник, выпускающий **ШТУЧНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ** высочайшего класса...» **С. 112**

**90 Н. В. Полосьмак**  
Профессия – археолог

**98 Е. В. Болдырева**  
Радость учиться,  
радость быть Учителем

**104 В. В. Титов**  
За полчаса до «большой» волны

**112 Д. О. Жарков**  
Заметки на полях

## .03

### ЮБИЛЕЙНЫЕ ЛЕКЦИИ

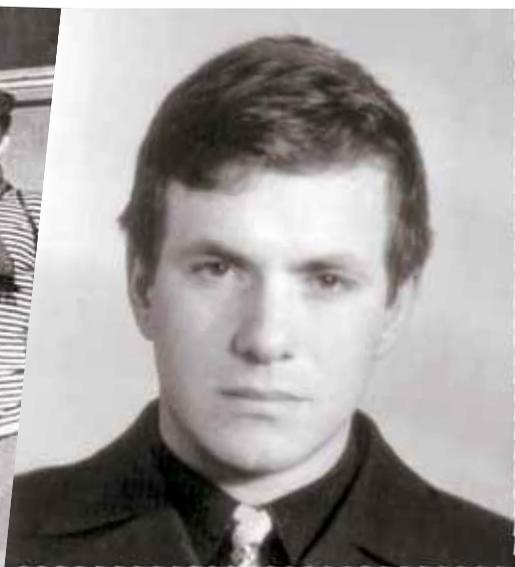
**118 Н. В. Полосьмак**  
Курган для луноликой

**128 Е. В. Болдырева**  
На твердых принципах.  
*Химия твердого тела в НГУ*

**138 П. М. Бородин**  
Кошки и гены: 30 лет спустя

**148 А. Е. Бондарь**  
Перед стартом в микрокосм.  
*Коллайдер готовится к запуску*

**160 Д. О. Жарков**  
Часовые генома



## Свет очищающий

В 2008 г. премия им. В.В. Воеводского для молодых ученых была присуждена научному сотруднику Института химической кинетики и горения СО РАН к.х.н. Ивану Позднякову. Его работа посвящена фотохимии комплексов железа и свободных органических кислот в водных растворах. Новые результаты, полученные в ИХКГ, помогают понять механизмы самоочищения природных водоемов, а также открывают перспективы для создания на основе комплексов железа фотокатализаторов для очистки сточных вод.



К.х.н. И.П. Поздняков (Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск)

Иван Поздняков поступил на отделение «Экология» факультета естественных наук НГУ в 1995 г. Первое настоящее исследование было выполнено по окончании первого курса, во время летней практики в научно-исследовательском стационаре на оз. Кротовая Ляга. На третьем курсе Иван принял участие в экспедиции на Васюганские болота в Томской области, где были получены интересные результаты о влиянии растительного покрова на эмиссию метана. Эти полевые работы вместе с глубокой фундаментальной подготовкой позволили в дальнейшем серьезно заняться экологической фотохимией.

Экологическая фотохимия изучает процессы, инициированные светом в окружающей среде. Наиболее известное фотохимическое явление – *фотосинтез*, процесс образования органического вещества из углекислого газа и воды, обеспечивающий жизнь на нашей планете. Менее известен, но не менее важен обратный процесс – *фотодеградация*, которая приводит к минерализации органических веществ.

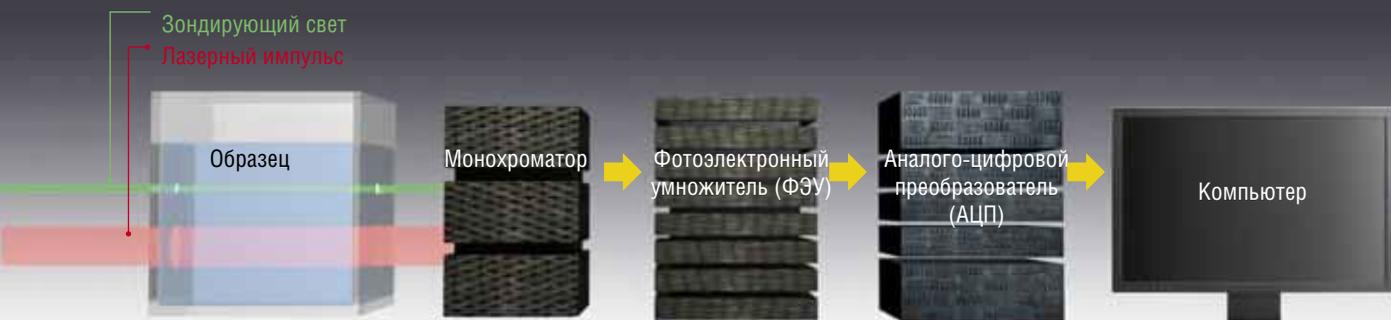
Последние два десятилетия в мире наблюдается устойчивый интерес к исследованию фотодеградации органических веществ, происходящей под действием солнечного света в природных водах. Он связан с возросшим антропогенным давлением на окружающую среду, необходимостью расширения наших знаний о естественных фотопроцессах и поиском новых катализаторов для очистки сточных вод. Активно исследуются как природные, так и модельные экосистемы.

Железо широко распространено на Земле, и фотохимические реакции с участием этого элемента во многом определяют процессы трансформации органических соединений. Установлено, что одним из основных фото-

активных соединений в природных водоемах являются комплексы трехвалентного железа с органическими кислотами и гидроксид-ионами. Воздействие солнечного излучения на воду, содержащую такие вещества, приводит к восстановлению трехвалентного железа до двухвалентного, фотодеградации и минерализации растворенной органики. В то же время сами механизмы природных фотохимических реакций остаются недостаточно изученными. В частности, практически неизвестна природа тех короткоживущих частиц, которые возникают при поглощении солнечной энергии растворенными в водной среде соединениями.

Отличительной чертой работ Позднякова и его соавторов стало применение к задачам экологической фотохимии времяразрешенных методов, дающих возможность наблюдать происходящие процессы в динамике (в отличие от стационарных методов, которые дают информацию только о начальном и конечном состояниях изучаемой системы). Этот современный подход позволил получить данные о природе первичных короткоживущих частиц, возникающих при фотодеградации, и детально исследовать механизм реакций.

Основной экспериментальный метод новосибирских фотохимиков – *наносекундный лазерный импульсный фотолиз*. Суть его в следующем: мощный лазерный импульс (он имитирует солнечное излучение) длительностью всего несколько наносекунд создает в образце высокую концентрацию короткоживущих частиц (это могут быть возбужденные состояния молекул, радикалы). В результате изменяются опти-



Импульсный фотолиз – эффективный экспериментальный метод в экологической фотохимии. Мощный лазерный импульс (он имитирует солнечное излучение) длительностью несколько наносекунд создает в образце высокую концентрацию короткоживущих частиц. С помощью пучка зондирующего света, перестраиваемого монохроматора и регистрирующей системы можно измерять поглощение света в образце на разных длинах волн в микросекундном масштабе времени. Так снимаются оптические спектры и определяются времена жизни короткоживущих частиц, что позволяет установить их природу и детально исследовать механизмы фотохимических реакций

ческие свойства образца и интенсивность прошедшего через него зондирующего света. Перестраиваемый монохроматор и регистрирующая система, состоящая из фотоэлектронного умножителя, аналого-цифрового преобразователя и компьютера, позволяет измерять поглощение образца на разных длинах волн и таким образом получать оптические спектры и определять время жизни короткоживущих частиц в микросекундном масштабе времени.

Метод лазерного импульсного фотолиза неоднократно доказывал свою эффективность при изучении экологически значимых комплексов железа. Так, несколько лет назад Поздняков с соавторами установили, что при возбуждении светом гидроксокомплексов трехвалентного железа образуется высокореактивный гидроксильный радикал. Оказалось, что взаимодействие этого радикала с рядом типичных загрязняющих веществ приводит к их фотоокислению и, в конечном счете, минерализации до безвредных соединений – углекислого газа и воды. Эта работа, кстати, в 2002 г. тоже была отмечена премией им. В. В. Воеводского!

Еще одно интересное с точки зрения экологических исследований направление – фотохимия ароматических кислот и их комплексов с ионами все того же железа. Одна из таких кислот – салициловая – широко известна как компонент косметических средств. Производные салициловой кислоты (ПСК) являются простейшими аналогами сложных гуминовых кислот, растворенных в природной воде, поэтому могут служить удобным модельным объектом. Ивану Позднякову удалось показать, что, хотя комплексы железа с ПСК фотохимически стабильны, в случае, если в растворе дополнительно присутствуют свободные ионы ПСК,

то за счет переноса электрона с возбужденного светом ароматического иона происходит фотовосстановление Fe(III). Полученные данные позволяют выделить один из возможных природных механизмов, ответственных за активную фотодегградацию органического вещества, – фотовосстановление комплексов железа за счет межмолекулярного переноса электрона с возбужденных состояний ароматических кислот.

Исследования комплексов железа с более простыми органическими кислотами – винной, молочной, щавелевой – показали, что здесь первичным фотохимическим процессом для Fe(III) является внутримолекулярный перенос электрона с органического иона на ион железа с образованием долгоживущего радикального комплекса. До сих пор в литературе был описан другой механизм, основанный исключительно на стационарных измерениях. Теперь стало ясно, что он несостоятелен.

Новые результаты существенно развивают наши представления о фотохимических превращениях в природе и представляют интерес для широкого круга ученых, работающих в области экологической и фундаментальной фотохимии. Эти данные могут быть потенциально использованы для оценки вклада фотохимических реакций с участием комплексов железа и органических кислот в глобальный баланс углерода, серы и азота и поиска высокоэффективных фотокатализаторов для очистки промышленных стоков.

Логическим продолжением исследований, ведущихся в Институте химической кинетики и горения СО РАН, будет переход от модельных систем к изучению фотохимии значительно более сложных природных макромолекул – гуминовых кислот и их комплексов с ионами железа.

К. х. н. А. В. Матвеев (Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск)



## Оксид углерода в цвете

*Премия им. Г. К. Борескова, традиционно присуждаемую молодым ученым СО РАН в возрасте до 35 лет, в прошлом году получил научный сотрудник Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН к. х. н. Андрей Матвеев. Высокой наградой отмечен цикл работ под общим названием «Экспериментальное и теоретическое исследование природы критических явлений в реакции каталитического окисления СО на палладию: гистерезис, автоколебания, волны». Лауреату и его соавторам удалось показать, что причиной необычных явлений при окислении СО является образование двух форм кислорода: «обычной», адсорбированной на поверхности палладия, и особой «приповерхностной», формирующейся в результате проникновения атомов кислорода в верхний слой катализатора.*

Интерес к изучению физико-химических процессов возник у студента Матвеева еще на первом курсе физфака НГУ, когда он посещал занятия выдающегося педагога-экспериментатора Александра Степановича Золкина. Группа занималась необычными экспериментами – получением алмазов микронного размера, которые образовывались при горении ацетилена на молибденовой подложке. Эксперименты были настолько удачными, что их результаты опубликовал высокорейтинговый журнал Carbon.

Андрей Матвеев выбрал кафедру химической физики, а по окончании университета распределился в Институт катализа, где начал заниматься исследованием закономерностей протекания реакций на поверхности катализаторов.

Известно, что при определенных условиях в каталитических системах могут возникать так называемые критические явления:

- *гистерезис* – процесс, при котором скорость реакции неоднозначно зависит от внешних условий, например, температуры или давления;

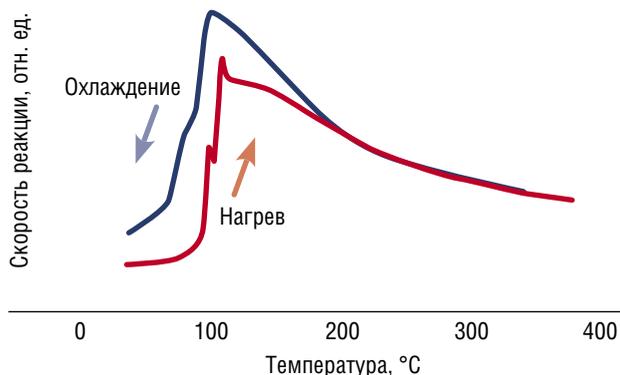
- *автоколебания* – периодическое изменение во времени скорости реакции и состава реагентов на поверхности катализатора при постоянных внешних параметрах – давление, температура, натекание газов.

При определенных условиях в режиме автоколебаний наблюдаются еще более эффективные явления – периодические во времени и пространстве диссипативные структуры, или, как их еще называют, *химические волны*.

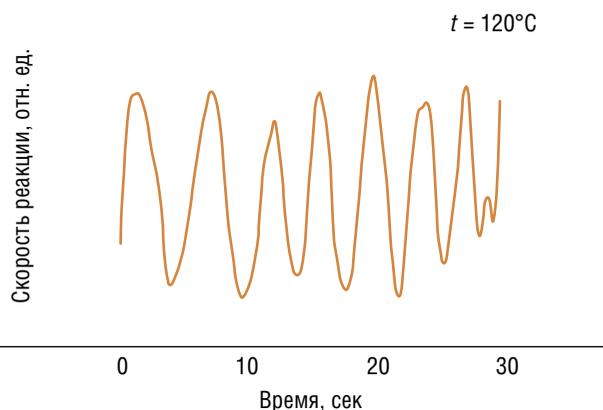
Изучение таких явлений позволяет ученым более детально и глубоко понять механизмы химических реакций. Матвеев и его коллеги в своих работах исследовали критические явления в реакции каталитического окисления СО на палладию.

Химики объясняют эффект автоколебания в реакциях окисления СО на катализаторах палладиевой группы образованием двух форм кислорода – активного и малоактивного.

Механизм автоколебаний, обнаруженных при относительно высоких давлениях реакционной смеси (более 1 мм рт. ст.), заключается в попеременном окислении и восстановлении поверхности катализатора. Согласно «оксидному» механизму падение каталитической активности поверхности происходит из-за блокирования образующимся оксидом «посадочных мест» для адсорбции кислорода и окиси углерода. Восстановле-



При медленном нагреве и последующем охлаждении монокристалла палладия ход кривой скорости реакции окисления СО изменяется неоднозначно. Это явление называется гистерезисом



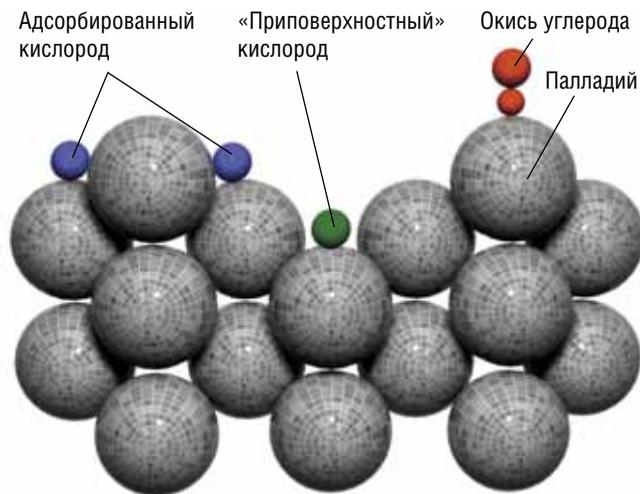
Реакция каталитического окисления СО в режиме автоколебаний: скорость реакции и состав реагентов на поверхности катализатора периодически изменяются, хотя внешние параметры (температура, давление) постоянны

ние же активных центров идет за счет взаимодействия СО с малоактивным кислородом, входящим в состав оксида металла. Таким образом, быстрое окисление и медленное восстановление поверхности катализатора вызывает переходы между двумя стационарными состояниями скорости реакции, порождая автоколебательный режим.

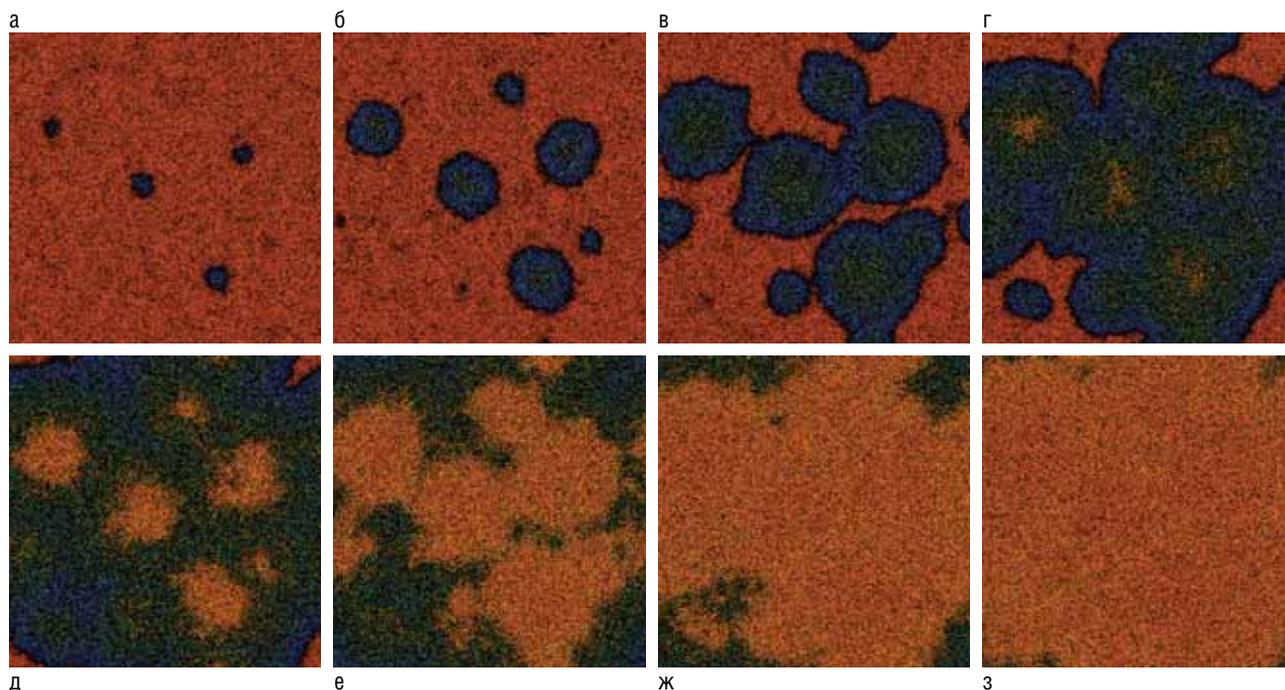
При низких давлениях (~ 0,01 мм рт. ст.) автоколебания наблюдались исследователями еще в 1980-х гг., в частности, на монокристалле Pd(110). Предполагалось, что образования оксидной фазы в этих условиях не происходит, и переход реакции в автоколебательный режим связывали с образованием «приповерхностной» формы кислорода.

В экспериментах, проведенных в Институте катализа СО РАН методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, было обнаружено, что атомы кислорода, действительно, проникают в верхний слой металла, формируя особый «приповерхностный» слой. Оксид палладия при этом не образуется, что, кстати, положительно влияет на каталитическую активность поверхности. С помощью изотопа кислорода  $^{18}\text{O}$  и метода молекулярных пучков удалось показать, что атомарная форма адсорбированного на поверхности кислорода является более реакционноспособной, чем форма «приповерхностного» кислорода. Периодическое образование и расходование последней и сопровождается явлениями гистерезиса, автоколебаний и химических волн.

А. В. Матвеев и его соавторы склоняются к мнению, что атомы «приповерхностного» кислорода располагаются в «ложбинках» между рядами атомов металла на поверхности катализатора.



Модель расположения атомов кислорода на монокристалле Pd(110), вид «сбоку». Атомы «приповерхностного» кислорода располагаются в углублениях между рядами атомов палладия



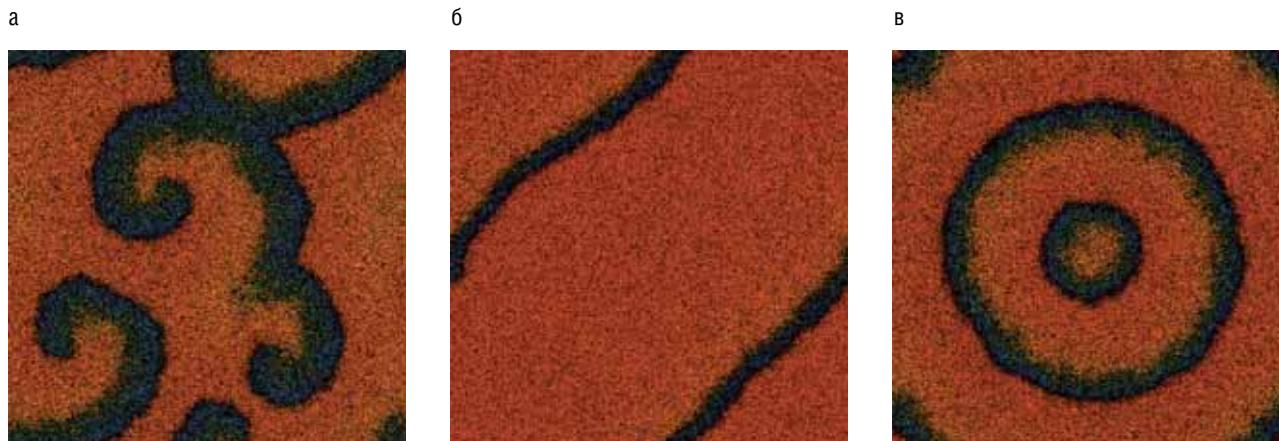
■ Молекулы адсорбированного оксида углерода  $\text{CO}_{\text{адс}}$   
■ Атомы адсорбированного кислорода  $\text{O}_{\text{адс}}$   
■ Атомы «приповерхностного» кислорода  $\text{O}_{\text{прип}}$   
■ Комплекс  $[\text{CO}_{\text{адс}} \text{O}_{\text{прип}}]$   
■ Атомы палладия Pd

Результаты численного расчета концентраций реагентов на поверхности катализатора иллюстрируют динамику химических волн. Первоначально почти вся поверхность покрыта  $\text{CO}_{\text{адс}}$ , на ней зарождаются островки адсорбированного кислорода (а). По мере их роста хорошо просматривается фронт волны, состоящий из чистой поверхности палладия (черный цвет) (б, в). В ходе «взрывного» характера смены покрытий поверхность заполняется кислородом, постепенно переходящим в приповерхностный слой (зеленый цвет) (г). Адсорбция CO на «приповерхностный» кислород с образованием комплекса  $[\text{CO}_{\text{адс}} \text{O}_{\text{прип}}]$  приводит к освобождению адсорбционных мест на поверхности. Тогда начинают возникать островки  $\text{CO}_{\text{адс}}$   $[\text{CO}_{\text{адс}} \text{O}_{\text{прип}}]$  (д), которые с течением времени увеличиваются в размерах (е, ж) и, наконец, заполняют всю поверхность (з). После этого цикл повторяется.

Размер моделируемой поверхности –  $1000 \times 1000$  атомов

С помощью универсального метода компьютерного моделирования Монте–Карло оказалось возможным визуализировать адсорбционный слой и отслеживать состояние поверхности с высокой степенью детализации. Из отдельных компьютерных «кадров» можно смонтировать небольшой, но захватывающий фильм, демонстрирующий происходящие на поверхности процессы.

В модель механизма реакции были заложены предположения, основанные на экспериментальных данных: образование «приповерхностной» формы кислорода в результате диффузии адсорбированной формы в приповерхностный слой и комплекса окиси углерода на «приповерхностном» кислороде. Оказалось, что существует диапазон параметров, при которых реакция переходит в режим автоколебаний с возникновением химических волн, – и эти результаты в целом



Многообразие пространственно-временных структур, наблюдаемых на поверхности палладия в режиме автоколебаний при варьировании давления кислорода: спирали (а), полосы (б), «мишени» (в). Размер моделируемой поверхности –  $1000 \times 1000$  атомов

согласуются с экспериментом. При распространении химических волн распределение реагентов становится крайне неоднородным. Смена адсорбционных слоев происходит в виде поверхностной волны сложной формы, в узком фронте которой активно идет реакция между адсорбированным СО и атомарным кислородом с образованием  $\text{CO}_2$ .

При изменении параметров сотрудникам Института катализа удалось обнаружить богатое разнообразие форм пространственных структур: кольца, полосы, спирали, «мишени». Многие из них наблюдались ранее в экспериментах методом фотоэмиссионной электронной микроскопии.

Полученные результаты позволили не только выяснить причины самоорганизации материи на атомно-молекулярном уровне, но и установить детальный механизм реакции окисления СО на монокристалле палладия.

#### Литература

- Елохин В.И., Латкин Е.И., Матвеев А.В., Городецкий В.В. // *Кинетика и катализ.* – 2009. – Т. 50. – С. 46–53.
- Елохин В.И., Латкин Е.И., Матвеев А.В., Городецкий В.В. // *Кинетика и катализ.* – 2003. – Т. 44. – С. 755–763.
- Elokhin V.I., Matveev A.V., Kovalyov E.I., Gorodetskii V.V. // *Chem. Eng. J.* – 2009.
- Ladas S., Imbihl R., Ertl G. // *Surf. Sci.* – 1989. – V. 219. – P. 88.
- Sales B., Turner J., Maple M. // *Surf. Sci.* – 1982. – V. 114. – P. 381.



## Изменить мир к лучшему

*В 2009 году преподаватели и студенты Новосибирского государственного университета были отмечены грантами Благотворительного фонда Владимира Потанина. Среди победителей межвузовского конкурса педагогов – три молодых преподавателя из НГУ. По итогам Летней школы, прошедшей в живописном уголке под Новосибирском, в число призеров конкурса волонтерских проектов попали две студенческие команды НГУ.*

Стипендиальная программа Благотворительного фонда В. Потанина направлена на выявление и поддержку самых активных и способных студентов. В 2008–2009 учебном году стипендии фонда получили 1330 студентов из 67 вузов страны.

Зимние и Летние школы – часть нового формата Федеральной стипендиальной программы фонда. Во время проведения школ студенты участвуют в тренингах, мастер-классах, дискуссиях по проблемам образования и науки, слушают научно-популярные лекции. Школа завершается публичной защитой волонтерских проектов и вручением дипломов и грантов для их реализации. При оценке проекта учитывается не только его оригинальность и полезность, но и возможность реализации в рамках выделенных фондом средств в намеченные сроки. Первая Зимняя школа прошла в феврале этого года в г. Химки Московской области.

В результате восемь студенческих проектов получили гранты. Летом под Новосибирском прошла первая Летняя школа. Грантами было отмечено одиннадцать проектов. Среди победивших – два проекта Новосибирского государственного университета: «Жизнь в цвете» и «Наука – детям».

### Детям – наука, студентам – цветы

Проект «Жизнь в цвете» под руководством Григория Степанова предлагает провести реконструкцию внутреннего двора университета. Вместо неработающего фонтана устроить клумбу и зону отдыха вокруг нее. Для оформления клумбы ребята планируют организовать конкурс рисунка на необычном материале – камнях-валунах округлой формы. Принять участие в конкурсе смогут и студенты, и жители Академгородка. Изменить к лучшему мир вокруг себя, опираясь на профессионализм и активность, – один из главных девизов Благотворительного фонда В. Потанина. И студенты, которые хотят возродить привлекательность пришедшего в упадок университетского уголка, поставили цель, безусловно, и благоую, и творческую.

Проект «Наука – детям» планирует подготовить научно-популярные лекции и прочесть их в новосибирских школах. По словам участницы проекта Эльвины Костиной идея возникла после посещения студентами



некоторых школ Новосибирска. Выяснилось, что ученики ничего не знают о состоянии современной науки и считают, что перспективными специальностями сегодня являются только экономика и менеджмент. Кроме того, в рамках проекта будут организованы экскурсии для школьников и учителей в ведущие институты СО РАН.

#### Просто о сложном

В вузах-участниках федеральной стипендиальной программы В.Потанина проводится конкурс педагогов. За семь лет реализации программы фонд выделил 777 грантов. В этом году в списке победителей грантового конкурса для молодых преподавателей – три преподавателя из Новосибирского государственного университета: Екатерина Алексеева, Михаил Коробков и Анна Нартова.

Во время Летней школы педагоги, обладатели грантов фонда В.Потанина, имели возможность прочесть свои лекции перед требовательной аудиторией.

*Теория принятия решений* в науке, бизнесе и природе, о которой рассказала в своей лекции Екатерина Алексеева, зарождалась в годы Второй мировой войны в Европе. Перед британскими военными техниками была поставлена задача минимизировать потери авиации. Осматривая самолеты, вернувшиеся с боевого задания,

специалисты предложили нанести дополнительный слой брони на наиболее поврежденные в бою части обшивки самолета. Однако ученые рекомендовали усилить участки, которые не пострадали, обосновывая свое решение тем, что, вероятно, повреждение именно этих частей и привело к гибели не вернувшихся домой машин. В мирное время теория принятия решений используется для выбора оптимального решения в бизнесе. Для решения этих задач используются математические модели. Так называемая «задача серийного производства» послужила основой для разработки широко известного симплекс-метода для решения задач линейного программирования. Этот метод был разработан советским математиком Л.В. Канторовичем, возглавлявшим отдел математической экономики в Институте математики им. С.Л. Соболева СО РАН и удостоенным за предложенный алгоритм Нобелевской премии в области экономики в 1975 г. В 2000 г. был объявлен приз в 7 млн долларов за решение семи задач века. Пока выиграть его никому не удалось.

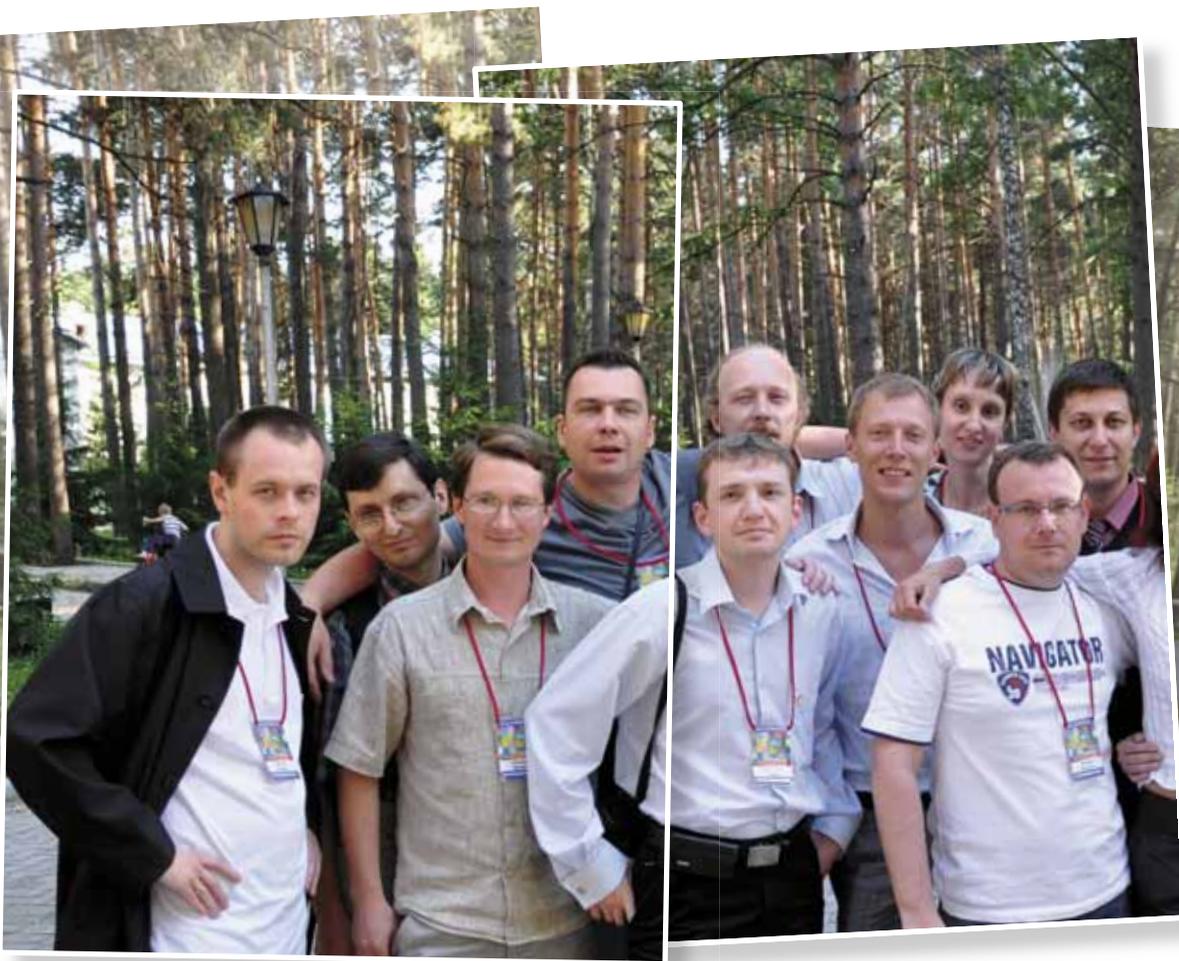
*Феномену жесткости* в математическом анализе и геометрии посвящена лекция Михаила Коробкова. Классический пример подобного феномена – теорема Лиувилля о жесткости класса конформных отображений. Изучением устойчивости в этой теореме успешно занимались такие крупные сибирские ученые, как

М. А. Лаврентьев, П. П. Белинский, Ю. Г. Решетняк. Знаменитая теорема Нэша-Кейпера о существовании гладких изгибаний поверхности сферы открыла окно в совершенно иные математические миры. В один из таких миров в своей лекции предложил заглянуть доцент Коробков. Здесь заинтересованных слушателей ожидало множество нерешенных задач, формулировка которых понятна даже студентам первых курсов университета, но ответ на них неизвестен науке до сих пор.

*Сканирующая зондовая микроскопия* в конструировании и исследовании наноразмерных объектов стала предметом лекции Анны Нартовой. Широкое практическое использование наноразмерных структур потребовало освоения уникальных технологических приемов. В лекции подробно рассказано о преимуществах и недостатках разных видов зондовой микроскопии: туннельной, атомно-силовой, магнитно-силовой и ближнепольной оптической. Важно, что все эти методы позволяют не только визуализировать наноструктуры, исследовать электронные и механические свойства, но

и конструировать их, манипулируя даже отдельными атомами. К минусам этих технологий можно отнести недолговечность создаваемых структур, высокую стоимость производства и медленные последовательные процессы, которые нельзя ни ускорить, ни производить параллельно. Следует, однако, сделать оговорку, что перечисленные «неудобства» в большей степени касаются практического применения. На уровне же научного исследования зондовая микроскопия предоставляет ученым беспрецедентные возможности, которых исследователь никогда не имел ранее.

Программы Благотворительного фонда В. Потанина не только оказывают материальную поддержку талантливым студентам, но и, благодаря новому формату – Зимним и Летним школам, объединяют молодых людей с активной жизненной позицией, стремящихся улучшить жизнь здесь и сейчас. Поддержка же молодых преподавателей, обладающих редким даром популяризации науки, неоценима с точки зрения необходимости развития диалога между наукой и обществом.





Участники ток-шоу «Популяризация против профанации науки», проведенного во время Летней школы, – Павел Михайлович Бородин, доктор биологических наук и Александр Евгеньевич Бондарь, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук. *Новосибирск, Сосновка, 2009 г.*

Победители конкурса педагогов федеральной стипендиальной программы В. Потанина. Летняя школа. *Новосибирск, Сосновка, 2009 г.*





*Пятьдесят лет назад впервые открыл свои двери Новосибирский государственный университет – уникальное высшее учебное заведение, интегрированное в структуру академического научного центра.*

*Первый ректор НГУ И.Н. Векуа в статье в «Правде», опубликованной 19 июня 1959 г., так представил концепцию нового зауральского вуза: «Он явится университетом нового типа. <...> вся учебная и научная деятельность университета строится на базе научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий. <...> каждому студенту предоставляются богатые возможности для ознакомления с новейшими достижениями науки и техники, использования новых приборов и аппаратуры, непосредственного участия в решении актуальных научных и практических проблем».*

*Все прошедшие десятилетия НГУ строго следовал этому курсу, выпустив из своих стен десятки тысяч специалистов, профессионально подготовленных к занятиям наукой.*

*Поздравить с юбилеем можно по-разному. Наше поздравление – рубрика «Университет в рассказах», где от первого лица даются истории жизни выпускников, добившихся успехов в сфере науки и образования.*

*И «первое слово» предоставляется С.В. Нетёсову, два года назад вступившему в беспокойную должность проректора своей альма-матер*



# ВОЗВРАЩЕНИЕ В АЛЬМА-МАТЕР

# ПОЧЕТНАЯ ГРАМОТА

Сибирское Отделение  
Академии наук СССР  
и дирекция АМБ при НГУ

НАГРАЖДАЕТ ПОЧЕТНОЙ ГРАМОТОЙ  
уч-ся 9 кл. НЕТЬСОВА СЕРГЕЯ, занявшего  
I-ое место на I-ом туре олимпиады по  
ХИМИИ

Директор АМБ  
Л.Н. Парф



НЕТЬСОВ Сергей Викторович – выпускник факультета естественных наук НГУ 1975 г. Окончил новосибирскую ФМШ в 1970 г. Член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, проректор НГУ по научной работе. Лауреат премии Правительства РФ (1998, 2006). Член Российского Общества эпидемиологов, микробиологов и паразитологов, Российского биотехнологического общества, Российского биохимического общества, Европейской академии наук, Американского общества вирусологов, Американского и Европейского обществ по биобезопасности. В 1990—2007 гг. заместитель генерального директора по научной работе, а с 1985 г. по настоящее время заведующий лабораторией ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор». Область научных интересов: структура и функции вирусных геномов, молекулярная эпидемиология, биотехнология. С 1993 г. преподает в НГУ спецкурс «Молекулярная вирусология». Автор и соавтор более 380 научных работ

**В** университет я попал, что называется, «плывая по течению»: сама жизнь тащила в нужном направлении, а я не особо сопротивлялся. Хотя иногда приходилось принимать решения, и довольно серьезные.

Школа, где я учился в Новокузнецке, была ничем не примечательная. Но работало в ней несколько настоящих Учителей, и среди них – просто выдающаяся учительница по химии. В организованном ею кружке мы проводили интересные опыты, не предусмотренные обычной школьной программой, из реактивов, которые она приносила с химических заводов.

В результате с 7-го класса я начал участвовать в городских, а затем в областных школьных олимпиадах, где, к своему удивлению, занимал призовые места. Это и стало моей путевкой в новосибирскую физматшколу, а потом и в НГУ.

*These are  
the things that you  
and your friends  
did during  
the summer. It is a  
very good thing to  
do. It is a very good  
thing to do.*

Родители сначала не хотели отпускать меня в Новосибирск – в те годы я был тихим «ботаником» в очках с большими диоптриями. Но я принял решение – и, как показало время, правильное.

## Высокая планка

Что врезалось в память с начала обучения в физмат-школе – во-первых, лекция академика М. А. Лаврентьева со знаменитой демонстрацией дымовых колец, ставшей «фирменным» опытом Института гидродинамики. Второе и, пожалуй, главное потрясение – лекция по молекулярной биологии, посвященная устройству гена. В школьных программах такая информация просто отсутствовала – в те годы генетика в нашей стране была еще не в чести. А тут нам изложили все так ясно и доступно, что это произвело неизгладимое впечатление. И тогда я решил, что заниматься этой наукой мне было бы интересно, тем более что она тесно соприкасается с химией, которой я был очень увлечен.

Поэтому в ФМШ я посещал и все биологические кружки, которые вели совсем молодые студенты и аспиранты. Например, нынешний известный молекулярный биолог, профессор и доктор наук Г. М. Дымшиц тогда был старше нас, своих учеников, всего лет на шесть. Но преподаватель он – от Бога. Вообще занятия в ФМШ запомнились на всю жизнь, потому что наши учителя вкладывали всю душу в свой предмет. Время показало, что недавние выпускники университета, которые вели у нас практические занятия, через 20–30 лет становились значимыми фигурами в науке и блестящими лекторами.

**Лучший отдых, как известно, – смена деятельности. Для студентов 1970-х таким отдыхом были стройотряды: осенью мы возвращались к учебе с совершенно «свежими» мозгами.**

Стройотряды тогда работали, в основном, по Западной Сибири, но ездили также и на Дальний Восток, и даже за рубеж – в ГДР, Польшу. На стройках студенты исполняли, как правило, роль подсобных рабочих, хотя в бригадах были и уже опытные люди с определенной квалификацией. Клали кирпич, штукатурили стены, делали крыши... Сам я три года строил коровники, зерносклады, дома в деревнях. А когда случался простой, то искали по деревне любую работу: и траву косили, и сарайки ставили...

Результатом была очень приличная надбавка к стипендии, которая тогда составляла 35 рублей, а мы за лето зарабатывали рублей по 400–800 чистыми (с вычетом затрат на жилье и еду). Так что эта работа помогала и жить, и укрепиться физически, не говоря уже о приобретении громадного жизненного опыта. Причем большинство наших первых стройотрядовских руководителей (сегодня они уже доктора наук) ездили на стройки еще лет пять после окончания университета – тогда на аспирантскую стипендию, да еще с семьей, прожить было практически невозможно.

Сегодня наши студенты хотя и не ездят больше в стройотряды, но тоже имеют возможность поправить свое финансовое положение. Например, можно участвовать в ремонтных работах в общежитии. В принципе, ничего не изменилось. Разве что раньше

Студенческие стройотряды НГУ в 1970-х работали, в основном, по Западной Сибири, но ездили также и на Дальний Восток, и даже за рубеж – в ГДР, Польшу. Фото из Музея НГУ





С младшими детьми. 1980-е гг.

**студенты для получения дополнительного заработка работали вахтерами, уборщицами и т. п., а нынешние предпочитают работу продавцов или официантов, что, кстати, сближает нас с западными странами. Есть и новые, современные альтернативы: работа в оргкомитетах конференций, олимпиад; временные работы в коммерческих фирмах и экспедициях; краткосрочная работа за рубежом.**

**В-общем, жизнь стала существенно разнообразнее, но и сегодня главное – жить и работать в полную силу; чтобы было что вспомнить, и чтобы после тебя осталось что-то объективно хорошее и полезное**

В университете, которому тогда исполнилось немногим более десяти лет, уже была очень хорошая лекторская школа. Среди преподавателей встречались настоящие классики. Например, неорганическую химию нам читал Л. М. Волштейн. Это был идеальный учитель: каждое его предложение было отточено и интонировано, как у диктора на телевидении, не говоря уже о совершеннейшей дикции. Лев Моисеевич рисовал на доске много схем и формул, но всегда специально акцентировал, какие из них необходимо записать, какие желательно, а какие достаточно просто посмотреть. И каждая страница записанных лекций была





Встреча с д-ром Будером из немецкого Центра молекулярной медицины им. Макса Дельбрюка, который приехал в Новосибирск для подготовки книги о российских институтах вирусологического профиля

Обсуждение вопросов распространения вирусов с академиком Л. С. Сандахчиевым

прозрачна для понимания – по ним можно было смело писать учебник. Поэтому и сдавать по ним экзамены было легко. Вот это и есть Учитель с большой буквы! И, нужно отметить, среди наших преподавателей таким был каждый второй.

Впоследствии мне приходилось общаться с выпускниками многих других вузов, но, судя по их рассказам, по уровню преподавания ни один из этих вузов не выдерживал сравнения с НГУ. Некоторых своих коллег с «Вектора», окончивших другие учебные заведения, я впоследствии даже направлял на факультет естественных наук прослушать наиболее интересные лекции, и они возвращались в буквальном смысле ошарашенные эрудицией и умением лекторов просто излагать самые сложные вопросы.

Высокая планка преподавания была задана в НГУ с самого его начала, причем установили ее основатели Сибирского отделения – академики М. А. Лаврентьев, С. Л. Соболев, С. А. Христианович, А. А. Ляпунов и другие выдающиеся ученые.

## Жизнь по «Вектору»

Хотя специализировался я по химии (кафедры молекулярной биологии в НГУ еще не существовало), моя дипломная работа была наполовину биологической. И делал ее в отделе химии нуклеиновых кислот НИОХ СО АН под руководством тогда недавно защитившегося доктора наук Д. Г. Кнорре, многолетнего декана факультета естественных наук НГУ и впоследствии академика. Его, одинаково требовательного и строгого и к себе, и к окружающим, студенты побаивались и уважали.

На лекцию не пришел – пятерки по его курсу не жди. У меня и не было пятерки. Зато позже, когда начал работать, уже никогда не опаздывал даже на пять минут, независимо от того, спал ночью или работал.

За два года работы стажером-исследователем в отделе Д. Г. Кнорре мне удалось выделить два фермента, причем один – впервые в Сибири, второй – в СССР. Так получилось, что моя дипломная работа как-то естественно развилась потом в кандидатскую диссертацию. Но все же в ней было слишком много «химии», а в институте вовсю уже начались молекулярно-биологические исследования, которые меня давно привлекали.

И в это время, как по заказу, был создан ВНИИ молекулярной биологии – будущей ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор». В течение нескольких лет после образования «Вектора» туда стабильно шла работать чуть ли не половина университетского выпуска химиков и биологов. В новом институте работали, в основном, мои однокурсники, химики и биологи, зарплата там была в два раза больше, чем в Сибирском отделении, что немаловажно для молодого семейного человека... В-общем, я снова резко повернул свою жизнь, – перешел из отдела, занимающегося фундаментальными исследованиями, в более приближенный к практике институт, целью которого было изучение вирусных инфекций методами молекулярной биологии. Хотя и понимал, что этим надолго откладываю защиту своей диссертации, уже готовую на три четверти. Но пожалеть не пришлось – практически все, чем я потом занимался на «Векторе», мне безумно нравилось.

Там я получил и первый опыт организации самостоятельного научного проекта. Наш молодежный

коллектив, руководителем которого по воле случая я стал (это было связано с моей работой по выделению ферментов), сконструировал первый для «Вектора» бактериальный штамм – продуцент биологически активного вещества.

В первые годы работы на «Векторе» с вирусами к нам пришло понимание, что вирусология – наука, которая только начинается. Например, поначалу мы были уверены, что вирусная инфекция респираторных путей одна – грипп. Сейчас известно, что восемь десятых подобных инфекций вызывается другими вирусами, большинство из которых было открыто за последние 15 лет. Мы дважды были близки к открытию новых вирусов, но из-за малого количества вирусного материала не смогли этого сделать (метод ПЦР, позволяющей размножить и расшифровать последовательность генома даже из ничтожного количества ДНК или РНК, тогда еще не применялся). Тем не менее несколько наших работ оказались пионерскими не только для нашей страны, и в наиболее известном американском учебнике по вирусологии «Fields Virology» самые цитируемые из российских работ – публикации ученых из «Вектора».

Мы немало занимались и новыми вакцинами против вирусных инфекций: с участием сотрудников моей лаборатории, например, было создано две таких вакцины. Одна из них была разработана для оборонных целей и до сих пор, образно выражаясь, «стоит на запасном пути». Вакцина против вируса клещевого энцефалита, созданная с помощью новых тогда генно-инженерных методов, не дошла до клинических испытаний, но мы, тем не менее, показали, что такой недорогой и эффективный препарат в принципе может быть создан. То есть путь намечен, и к нему в будущем можно вернуться.

Очень непросто оказалось для «Вектора» начало 1990-х гг. Помогло то, что у нас уже были созданы производства вакцин против гепатита А, а также диагностических наборов нового типа для выявления маркеров ВИЧ и вируса гепатита В. И когда наступило время полной экономической неопределенности, было принято решение кардинально расширить номенклатуру таких диагностикумов. При дальнейшей экономической трансформации выжили, в основном, те лаборатории и отделы, которые подхватили эти предложения и начали разработки диагностических реагентов. Эти наши разработки оказались востребованными, и уже с 1994 г. их финансировали соответствующие фармацевтические компании и биотехнологические производства. В результате сейчас новосибирские фирмы находятся в числе лидеров по производству отечественных диагностикумов.

Конечно, все эти работы лежат в области прикладных исследований – крупных фундаментальных работ по

вирусологии было сделано немного. Но на это есть объективная причина. Ведь как вообще развивается наука? Где-то – очень редко – возникают крупные научные прорывы, а остальная часть научного сообщества занята тем, что заполняет «бреши» между ними. Пару таких прорывов удалось сделать и нам, но остальная работа, конечно, была более рутинной, хотя и необходимой. Ведь и до сих пор про наши «отечественные» инфекции мы знаем гораздо меньше, чем те же американцы, французы или немцы про свои, а ведь это поле для работы – просто огромное.

## Виток по спирали

В те же перестроечные годы я сделал еще один шаг, имевший для меня неожиданно серьезные последствия в будущем, – вернулся в университет, но уже в качестве преподавателя.

Причин для этого было несколько. Во-первых, мне, как завлабу, было необходимо научиться наилучшим образом представлять наши результаты на различных научных собраниях. Мне дали совет, что лучший способ для этого – начать читать лекции студентам. И это действительно помогло, к тому же, как преподаватель я вел себя активно: раздавал студентам анонимные анкеты, чтобы была обратная связь, спрашивал после экзамена – что им понравилось в лекциях, а что нет.

Вторая причина, помимо самообразования, была «корыстной» – поиск дипломников. Во время тогдашней экономической разрухи многие из моих перспективных сотрудников стали уезжать за рубеж, уходить в бизнес... Остался один путь: идти в университет – там искать и готовить себе кадры.

И третья причина – внутренняя потребность. Мне просто нравилось этим заниматься!

В университете я стал вести курс вирусологии, который сам и разработал. Так делал не только я один, но и еще несколько ведущих заведующих лабораториями и отделами в «Векторе». И начиная с 1994 г. на «Вектор» снова пошел поток студентов. Выпускники, прошедшие у нас стажировку, оказались весьма востребованными, в том числе и за рубежом, где вирусология в последние годы переживает настоящий бум.

А дальше все пошло как в поговорке: «коготок увяз – всей птичке пропасть». Три года я получал грант как «соросовский профессор», потом в требованиях к соросовскому профессору увеличили количество лекционных часов... На самом «Векторе» я организовал курс лекций по вирусологии для наших аспирантов, которые посещали и сотрудники Новосибирской медицинской академии, и университетские дипломники, и аспиранты.

*Handwritten notes in Russian, partially legible, including the name "Триш Аки" and some dates and names.*

В результате всей этой образовательной деятельности, проработав на «Векторе» ровно 30 лет – с 1977 по 2007 г., я вновь резко поменял свою жизнь, став проректором по научной работе НГУ. И это уже был не просто прыжок со страховкой, но глубоко осознанное решение.

Каким я вижу сегодня наш университет? За последние годы здесь изменилось многое. Когда я оканчивал НГУ, то каждый раз, подходя к лабораторному столу в институте, чувствовал огромную разницу в обеспечении оборудованием – не в пользу университета. Сейчас дело обстоит с точностью до наоборот. Такое оборудование, как в нашем университете, не каждый научно-исследовательский институт может себе позволить. Именно так устроена система во многих зарубежных университетах, которые, по сути, являются полигонами для ведущих компаний-производителей специализированного лабораторного оборудования.

Что касается современных студентов, то как специалист в области молекулярной биологии могу заверить, что за 40 лет человек генетически не изменился. Но время диктует ему свои правила. Если я печатал свою кандидатскую диссертацию четырьмя пальцами на печатной машинке, то сегодня мои дети вслепую работают на компьютере со скоростью, которой мне, наверно, никогда уже не добиться.

Зарубежная практика в наше время существовала для избранных, а теперь студент сам может выбирать, в какой стране мира ему лучше пройти стажировку. Английский язык, которому нас так хорошо учили, пригодился нам лишь спустя десятилетия, а сейчас его знание открывает через Интернет доступ к методам и результатам новейших исследований. Мы, готовясь к занятиям, читали на пятерых одну библиотечную книжку, но разве меньше стараний к учебе прикладывают сегодня студенты, сидящие после лекций в коридорах университета с ноутбуками на коленях? Растущий объем доступной информации заметно усложнил им задачу.

Сегодняшний студент на голову взрослее и практичнее любого «шестидесятника» – ведь он сам должен выбрать место будущей работы, нет никаких распределений и никаких гарантий. С первого года обучения он уже прекрасно понимает, что у него в руках его карьера. У него высокая внутренняя мотивация учиться и добиваться высокой оценки, отсюда – резкий рост уровня сознательности.

## Взгляд изнутри

Конечно, за два года на посту проректора НГУ я фактически только вошел в курс дела. Но все-таки к некоторым положительным инициативам, как говорится, «руку приложил». Например, в этом году у нас завершена разработка новой программы магистратуры «биотехнология», хотя отдельной кафедры по этой

тематике пока нет. Дело в том, что нужда в таких специалистах стала очевидной. Например, в тех же самых фармацевтических компаниях, которые образовались вокруг «Вектора», средний возраст сотрудников – за пятьдесят, а это значит, что срочно нужна молодая смена.

Сейчас у нас в университете биологические дисциплины стоят далеко не на первом месте: из 1200 выпускников только 75 – биологи. Мне кажется, что это не отвечает духу времени. Ведь что происходит в нашем обществе? Несмотря на большой прогресс в самых различных областях жизни, средняя продолжительность жизни у нас в стране реально меньше, чем была в 1960-х. И во многом это связано с несовершенством наших медицинских технологий. Если вы зайдете в российские больницы, то практически не увидите там отечественного оборудования.

Это неудивительно, ведь многие годы все силы в стране уходили на другое – космос, ракеты и т.д. Сейчас начинается, хоть и медленный, разворот в сторону «живых систем». У нас в Сибири этот процесс также идет: например, здесь уже производят отечественные приборы для проведения ПЦР-диагностики, термостаты... Кстати сказать, даже в университетском научно-образовательном комплексе «Наносистемы и современные материалы» часть приборов заведомо предназначена для проведения исследований по биологическим дисциплинам.



И, конечно, не следует забывать, что университет является комплексным учебным заведением. В этом смысле НГУ занимает лидирующие позиции в Сибири по подготовке специалистов в таких актуальных областях науки и техники, как информационные технологии, энергетика, науки о материалах, молекулярная биология, геология, археология, экономика и многих других. Тем не менее, считаю, что университет еще многое может сделать, чтобы усилить эти направления подготовки.

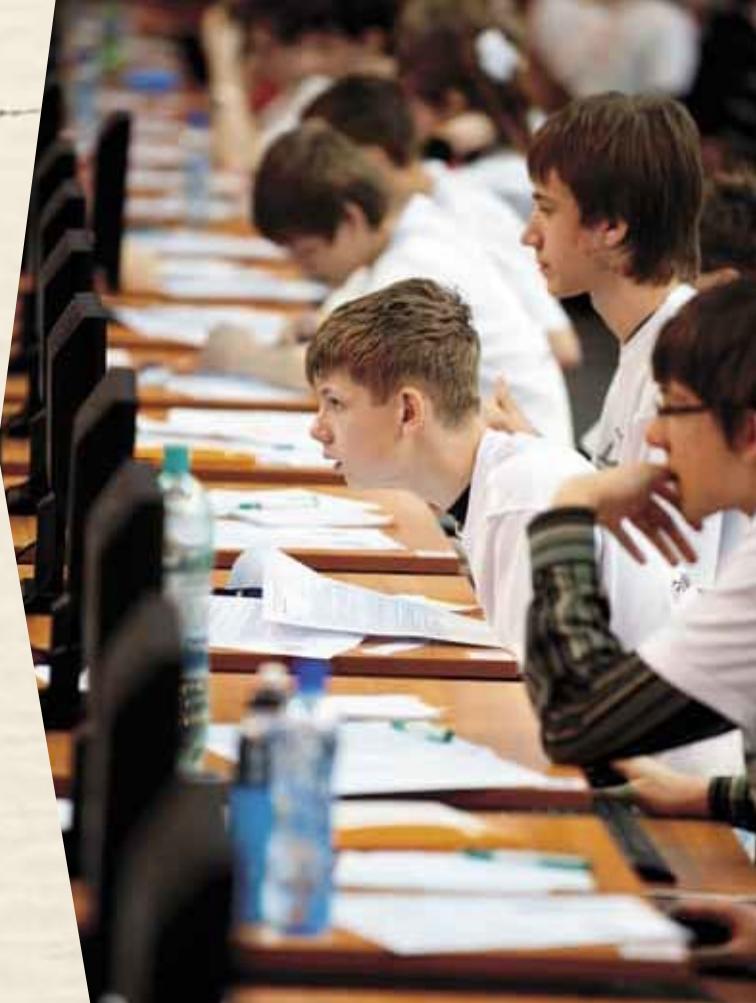
Сегодня в зарубежных рейтингах мы стоим в первой пятёрке российских университетов. Что касается отечественных рейтингов, то их система оценок, мягко говоря, весьма специфична. Например, в число публикаций наших преподавателей (около 2–3 тыс. в год) мы включаем только те, что были опубликованы в рецензируемых изданиях, в журналах с известной репутацией. Мы не издаем нереферируемые сборники трудов, как это делают некоторые российские вузы для повышения «публикабельности» своих преподавателей. К сожалению, эта разница в России практически не учитывается. Я считаю, что для внутренней российской таблицы о рангах для вузов необходимо взять объективные, используемые во всем мире критерии для ранжирования и университетов, и их преподавателей, и, соответственно, оплачивать труд преподавателя согласно его объективному рангу – по «гамбургскому» счету.

Вы знаете, что сейчас идет конкурс на звание «исследовательский университет». Наш НГУ, безусловно, будет в числе главных претендентов, потому что у него существуют традиционные тесные связи с Сибирским отделением РАН, благодаря чему он обладает солидным багажом успешных научных исследований.

Что еще хочется сделать? В свое время для нас, студентов, было очень важно, что наука доставалась нам прямо «из первых рук» – что значительную часть учебных курсов вели у нас крупные ученые, светила в различных областях знаний. К сожалению, в девяностые годы эта практика существенно сократилась. И сейчас наш ректор старается вернуть эти традиции, поэтому идут переговоры с рядом энергичных, ведущих в своей области знаний докторов наук, чтобы они обратили более пристальное внимание на университет.

Многие говорят о том, что науке нужны молодые кадры, но растить себе смену готовы единицы. А ведь именно на этом и строилась вся система образования и науки в Академгородке: крупные ученые из Москвы, Ленинграда и других городов встали за кафедры и через пять лет в организованные ими институты пришла хорошо подготовленная молодежь.

Безусловно, университету необходимо сохранить весь преподавательский «спектр». Многие практические занятия у нас, как и прежде, ведут аспиранты, которые в силу своего возраста и работы на переднем краю экс-



периментальной науки являются для студентов своего рода «мостиком» в научную среду. С другой стороны, чтение лекций у нас, как и на Западе, начинают рассматривать в качестве достойного продолжения научной и преподавательской карьеры. И многие базовые курсы у нас ведут люди заслуженные, с большим опытом, и делают это отчасти из любви к искусству, но больше из внутренней убежденности в необходимости передачи знаний новым поколениям.

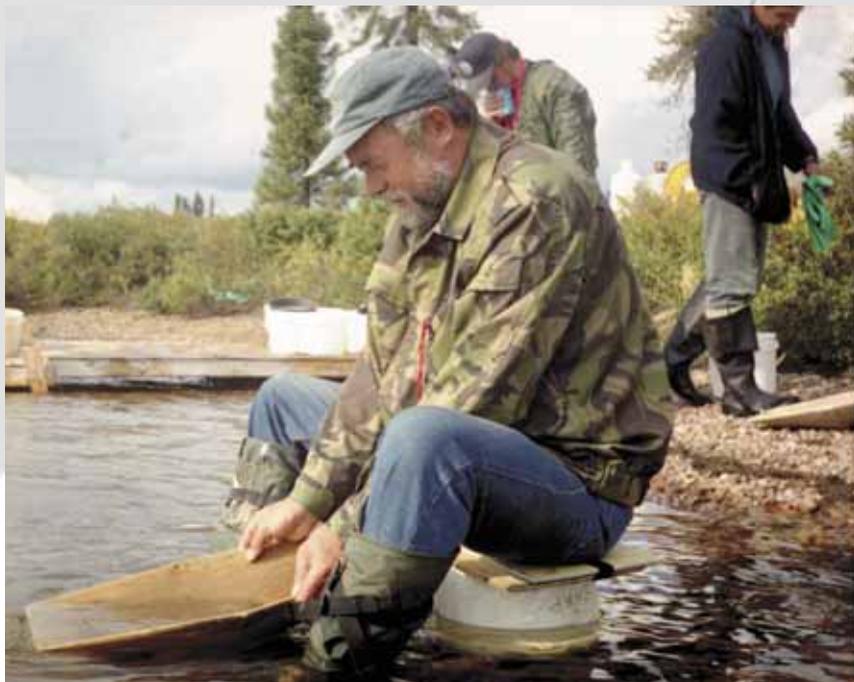
**Я** сейчас вижу, что университет – живой организм, в него постоянно должны вливаться новые люди, происходить необходимая ротация преподавателей, чтобы избежать унифицирования и обезличивания образования. Чтобы потоки выпускников одной пятилетки отличались от потоков другой, ведь «продукция» нашего университета – не станки, а будущая интеллектуальная элита нашего общества. Поэтому они должны быть разными: как кремень и огниво, к примеру, чтобы при их взаимодействии и проскакивала та творческая искра, без которой наука, а значит, и общество, существовать не могут.

*Автор и редакция благодарят пресс-службу НГУ за помощь в подготовке иллюстраций*



# Из искры раздувает **ПЛАМЯ**

ПОХИЛЕНКО Николай Петрович – выпускник НГУ 1970 г.  
Член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, директор Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (Новосибирск), профессор. Специалист в области геохимии, минералогии и петрологии кимберлитов и литосферной мантии, процессов формирования алмазных месторождений и методов их прогнозирования и поиска. Первооткрыватель алмазного месторождения мирового класса Снэп Лейк (Канада). Член Американского геофизического союза, член Ассоциации промышленников и поисковиков Канады. Обладатель Международной Алмазной награды им. Хьюго Даммета. Автор и соавтор более 200 научных работ



*Никто не спорит, что вуз, где ты получил образование, во многом определяет твою будущую судьбу. Университет дает хорошую фундаментальную подготовку, но для дальнейшей «полировки» выпущенного «образца» необходимо интенсивное самообразование, потребность в котором проявляется много раньше. Возможно, тяга к знаниям заложена в генах, и она может проявиться рано и развиваться потом где угодно: хоть в университете, хоть в деревенской школе. Главное, чтобы тебе повезло, и среди твоих учителей оказались люди, способные зажечь и раздуть эту искру*

**М**ы жили в маленькой алтайской деревушке – отделении Мамонтовского зерносовхоза. Население – русские, украинцы и немцы, примерно в равной пропорции. Жили все бедно, но отношения между людьми были душевные.

Когда я пошел в школу, мне еще не исполнилось семи лет. Школа была только начальная – обычный саманный домик, две комнатки. Понятно, что разным классам приходилось учиться вместе. А пятиклассники-семиклассники ходили на учебу в центральную усадьбу за пять километров.

Директором школы был М. С. Лункин – фронтовик, старший лейтенант, окончивший после войны учительский институт. Именно ему я обязан своим увлечением физикой. Ее он преподавал потрясающе – к примеру, для демонстрации короткого замыкания втыкал два провода в розетку.

И первые подшивки научно-популярных журналов я увидел именно у него.

Читать я выучился рано, в пять лет: старшие сестры прислали книжку «Мальчиш-Кибальчиш», а прочесть мне ее никто не хотел. И такое зло взяло, что взял, и вот так, махом, читать научился. И после начал читать все подряд – была просто физическая потребность в чтении. Тогда такие писатели, как Драйзер, Фейхтвангер, Голсуорси, издавались целыми сериями – сериями и читал. Журналы «Наука и жизнь», «Знание – сила», «Техника – молодежи» прочитывал буквально от корки до корки. В старших классах прочитал даже 16 томов Нюрнбергского процесса – мне и это было интересно.

Когда, как нормальный деревенский пацан, после седьмого класса я собрался поступать в совхозное училище механизации, наш директор Михаил Сергеевич пришел к родителям и сказал: «Ему обязательно надо учиться дальше». Так он и «благословил» меня на учебу в средней школе – уже далеко от дома, в районном центре.

## В геологи пошел временно

Получилось, что уже с 13 лет я привык сам на себя рассчитывать и сам за себя отвечать. Правда, отличником не был, но по физике, математике, химии были пятерки, в физических олимпиадах участвовал. И при этом был крайне шустрым – времени хватало на все. Как любят выражаться, вел активную общественную жизнь. Был редактором и художником школьной газеты; при районном комитете комсомола мы создали опергруппу следить за порядком – в то время в глубинку из больших городов высылали так называемых тунеядцев, так что поножовщины и преступности хватало.

Пришлось поработать даже директором кинотеатра на общественных началах. Единственный кинотеатр в нашем районном центре закрыли из-за его нерентабельности, и ребяташки остались без фильмов. Я пришел на бюро райкома партии и устроил скандал. Мне сказали: «Ну, раз ты такой бойкий, то и решай проблему сам». К тому времени у меня был уже четвертый разряд электрика, полученный в школе на производственной практике. И мы организовали бесплатный детский кинотеатр.

Как и многие в то время, еще в школе увлекся радиотехникой – собирал приемники. У солдата с казахстанского ракетного полигона за гармошку выменял трехлитровую банку деталей – транзисторов, сопротивлений, конденсаторов... Хватило на целый год.

После окончания школы я серьезно собирался заняться электроникой. И в Новосибирск поехал поступать на факультет промышленной электроники в тогдашний НЭТИ. А товарищи, что со мной поехали, решили стать геологами, на романтику их потянуло... Они меня



Первый настоящий полевой сезон после 1-го курса НГУ. Верховья реки Оби. 1966 г.

и убедили подать документы на геофак НГУ – чтобы общежитие получить, да и на консультациях подготовиться к экзаменам получше.

Дальше – больше. Посоветовали пойти на экзамены: «Если здесь сдашь, то дадут справку, и без экзаменов поступишь в НЭТИ. Если провалишься, то останется второй шанс поступить». Экзамены сдал хорошо – дело за справкой осталось. Но, как говорится, человек предполагает... Сдавая экзамены, успел влюбиться, и вместо собрания на факультете мы отправились в кино, на фестиваль чешских фильмов.

Как известно, может и любовь до добра не довести. Придя через два дня за пресловутой справкой, вызвал негодование секретаря приемной комиссии: «Ты не хочешь учиться, а кого-то из-за тебя не зачислили. Сейчас вот отправлю твои документы в военкомат, чтобы там уму-разуму научили». Расстроился я и решил поучиться хотя бы один курс, а потом уйти. Думал тогда, что пошел в геологи временно, а оказалось – судьба.



Национальный танец ёхор на якутском празднике лета. Начало полевого сезона после 3-го курса НГУ. Якутия, п. Нюрба. 1968 г.

## Плохо учиться было стыдно

На геофак тогда (помимо отделения геохимии) набирали 25 человек. Учиться было легко. После первого курса мы с Толей Томиленко (нынешним моим заместителем в институте) попали на очень специфическую практику. Шли на двухмоторных лодках по Оби, искали в береговых четвертичных отложениях палеофауну, собирали образцы для палеомагнитных измерений.

Представьте себе – нам по 19 лет, лето, речка, деревни по берегам, а в них – море румяных девчонок... Потом к нам присоединился теплоход «Исследователь», где были каюты, самогонный аппарат – все как следует. Понравилась нам такая практика, да еще и денег за работу получили.

После такого полевого лета я раздумал уходить. К тому же ко второму курсу постепенно начал просыпаться уже осозанный интерес к геологии.

В то время нас на факультете с первого курса учили такие люди, у которых нам просто стыдно было плохо учиться. Блестящие ученые, они подавали нам пример одним лишь своим присутствием, не говоря уже о том, что и преподаватели они были выдающиеся.

Помню, как я сдавал экзамен по геокартированию профессору И. В. Лучицкому. Игорь Владимирович был человек очень строгий, такой рафинированный интеллигент – столбовой дворянин, отсидевший в свое время в лагерях. Страшно было к нему идти. Но взял билет, смотрю – все знаю, пошел без подготовки. «А давайте, – говорит, – не по билету побеседуем». Согласился – а что еще делать, не убежать же? Мы сидим, разговариваем. Потом он спрашивает: «Есть еще желающие? Нет? Ну, тогда продолжим». В конце разговора услышал: «Вы знаете, Николай Петрович, беседа с вами мне доставила истинное наслаждение. Я с большим удовлетворением ставлю вам «отлично».

После похвалы такого человека выходишь окрыленным, неделю буквально летаешь...

А вот у академика В. С. Соболева, который в то время был деканом нашего факультета и читал у нас спецкурсы, был другой метод. Бывало, подходит: «А вот что вы, Коля, делаете? Зачем?» Объясняешь. «Чушь собачья, не может такого быть». – «Как не может?!» Он вот так заведет тебя, и ты потом неделю днями и ночами ни



◀ Бригадир электромонтажников студенческого стройотряда на строительстве обогатительной фабрики рудника им. Матросова. Колыма. 1970 г.



Свежеиспеченный кандидат наук. Академгородок. 1974 г.

о чем больше думать не можешь. Потом он опять приходит: «Ну, и что у вас там получилось?» – «А вот то-то». – «Хорошо, это надо публиковать».

В. С. Соболев любил раздражить человека и заставить его доказывать свою правоту. У него самого судьба тоже была очень непростая. В восемь лет остался круглым сиротой, на воспитании у теток. Отец его, артиллерийский полковник, участвовал в первой мировой войне и погиб, а вскоре и мать убили белобандиты. С тринадцати лет фактически учился самостоятельно, подрабатывал. А в тридцать уже стал профессором Горного института.

Именно с Владимиром Степановичем Соболевым на втором курсе у меня состоялся разговор, ознаменовавший очередной поворот моей судьбы. Меня тогда увлекли метеориты, по которым я писал курсовую.

И вот однажды играли мы, как обычно, в вестибюле в перерыве в футбол, пиная вместо мяча мешочек из-под образцов, набитый тряпьем. Как на грех, мимо шел Владимир Степанович, и вот этим мешочком я и попал ему прямо в голову. На второй день меня вызвали в деканат: ну все, думаю, пропал. Смотрю, а на столе моя работа лежит. И Владимир Степанович начал со мной беседовать: «Изучая метеориты – осколки разбившихся планет, можно понять, каким образом они сформировались. А ведь и на Земле есть вулканы, которые глубинное вещество выносят. Причем метеориты можно всю жизнь искать, а наши же кимберлиты и алмазы изучать гораздо проще. Если хотите, могу написать рекомендательное

письмо в Амакинскую экспедицию своим ученикам, и вы сможете поехать туда на практику».

## Якутские университеты

Вот так и случилось, что после окончания второго курса в конце мая 1967 г. я уже летел в Якутск. Там, на базе Амакинской экспедиции, просидели около трех недель – ждали погоды. Нужно было на Ли-2 перелететь в п. Оленек и оттуда, уже на вертолетах – в тайгу. В качестве транспорта у нас было сто вьючных оленей, а сами мы должны были передвигаться пешком.

...Из этой сотни оленей к концу сезона ободило тридцать шесть. Год оказался невиданным по обилию гнуса – и потом никогда не наблюдалось даже трети такого количества кровососов. Пальцы распухли как сосиски, кожа на лице от диметилфталата начала трескаться, а работать в накомарниках было невозможно душно.



Этюды якутского  
полевого сезона  
на р. Оленек.  
1983 г.  
Фото В. Новикова

Единственно, о чем тогда думал: «... чтоб я когда-нибудь еще сюда приехал... Если останусь живой, то пусть мне этот ужас только в страшном сне будет сниться».

Не все выдерживали. Парень из Воронежского университета, работавший в соседнем отряде, через две недели такой жизни схватил двустволку и начал кричать – с первым рейсом его отправили назад, на «большую землю». Но я как-то перетерпел самое страшное время – июль-начало августа, а потом прошли грозы, слегка похолодало, и гнус пошел на убыль.

К концу августа я был уже опытным полевиком, научился ориентироваться и хорошо ходить по тайге. Моими учителями в полевом «университете» стали прекрасный геолог Ф. Ф. Брокфогель, из ссыльных немцев, и Ю. П. Белик – известный исследователь из очень интеллигентной семьи (его отец был деканом Харьковского университета).



Юрий Петрович приехал в Сибирь по своей воле. Умный человек и замечательный геолог с хорошим чутьем, он был прекрасным учителем, хотя при этом и очень жестким. Никаких «слуней» – гонял, как в армии хороший прапорщик-хохол гоняет, до крови. Я ему очень благодарен, потому что, по-моему мнению, геолога только так и нужно учить. Впоследствии, сам став руководителем и учителем, я своих ребят так же посылал в самые тяжелые места, чтобы они там себе



доказали, что что-то могут, что-то значат. Чтобы, переломив страхи, поверили в себя.

...От моего первого полевого сезона осталась масса незабываемых воспоминаний. Так, однажды в конце сентября я пошел в одиночный маршрут. Нужно было перейти через два перевала и две речки, чтобы выйти на старые шурфы – маленький пятачок в тайге, до которого по прямой от лагеря 54 км. С собой взял компас, топорик, молоток, маленькую лопатку, а вместо палатки – чехол от спальника. Задача была – найти шурфы и взять образцы кимберлитов. На все это дело давалось три с половиной дня.

Место нашел довольно быстро и страшно обрадовался. Но так как подустал, то возвращаться решил не торопясь. Уже было поздно, когда на высоком берегу речушки нашел хорошее местечко для ночлега рядом со старым лабазом. Нарубил веток, сделал под лабазом схрон от ветра и мягкий настил из лапника. Начал моросить мелкий противный дождь, похолодало, а у меня – костерок, гречневая каша с тушенкой, чай... Натянул на себя все, что было – и сладко уснул. Еще

Нет хлеба, и сухари в сырое лето все заплесневели? Не проблема: за 4 часа из пустой бочки соорудили печь, еще через 12 часов – 24 булки пышного и душистого хлеба были готовы к употреблению.

Слева направо: пекарь и дизайнер печи Н. П. Похиленко, подмастерье – Н. М. Подгорных. Якутия. 1978 г.



Обед в «полевом ресторане». Якутия. 1980 г.

перед сном заметил, что сверху свисают какие-то нитки, но разбираться не стал – усталость взяла свое. Рано утром обнаружил, что это были волосы покойницы, уже мумифицированной, а лабаз – традиционным погребением местных жителей. Я так рванул оттуда, даже чай пить не стал.

...Да, школа первого полевого сезона в Якутии оказалась очень жесткой. Потом я проработал там 26 сезонов, и уже ко второму стал начальником экспедиционного отряда. В институте все сезоны брал на себя ответственность по организации полевых работ на якутском севере, самых тяжелых и сложных. Почему? Просто понял к тому времени, что в любом деле кто-то должен брать на себя ответственность за риск.

## Посланцы глубин

После окончания университета я не стал поступать в аспирантуру, а сразу пошел в институт, где за три года написал кандидатскую. Занялся сразу двумя направлениями,

Оленекские флибустьеры

из которых первое было чисто экспериментальным. Я придумал первую камеру с инертной средой, заполненной аргоном, где можно было проводить высокотемпературные эксперименты с минералами, которые окисляются в атмосфере. Идею воплотил в жизнь – сделал прибор своими руками.

Камерой стали пользоваться мои коллеги, и я сам после защиты диссертации провел в ней первый эксперимент с кимберлитом. Это не очень увлекло меня тогда, но тезисы, опубликованные по результатам эксперимента, получили широкую известность – в них содержались единственные на тот момент данные по высокотемпературным исследованиям включений в этих магматических породах. Это направление, которым с большим успехом впоследствии занимался мой ученик А. В. Головин, в мире сейчас интенсивно развивается.

Отдых в «одноместном номере». Якутия, р. Оленек. 1983 г.





Бородатый ученик-геолог с учителями: усатый гуру – легендарный поисковик-алмазник Ю.П. Белик, безусый гуру – чл.-кор., ныне академик РАН Н.В. Соболев. Якутия. 1983 г. Фото В. Новикова

Но самого меня больше интересовало устройство литосферы – коры и верхней мантии Земли. Сведения о нем можно получить, исследуя кимберлиты, которые играют роль транспортеров, выносящих к поверхности не только алмазы, но и обломки глубинных пород. Это стало основной темой всей моей научной деятельности.

В 1977 г. (мне было тогда 30 лет) в США прошла Вторая международная конференция по кимберлитам, куда меня пригласили с докладом по генезису ультраосновных алмазов, представляющих собой большую часть кимберлитовых алмазов. Прежде считалось, что эти алмазы кристаллизуются прямо из кимберлитовых расплавов. Мне же удалось в якутской кимберлитовой трубке «Удачная» найти ксенолиты (обломки) материнских мантийных пород, в которых и образовались эти алмазы. По признанию экспертов, открытие стало настоящей сенсацией конференции.

Якутия богата не только алмазами: пудовые таймени в здешних реках – реальность...





Буквально через год с уже более обстоятельным докладом я выступил в Кембридже на симпозиуме по кимберлитам, организованном известной алмазодобывающей компанией «Де Бирс». А потом пошло-поехало...

От теории я перешел к практике – увлекся прогнозом и поисками алмазных месторождений. В то время умы геологов волновал Архангельск, где в бассейне р. Золотицы были найдены очень мелкие индикаторные минералы (пиропы и др.), предположительно – кимберлитового происхождения. Ленинградские геологи считали, что эти обычные спутники алмазов принесло морскими льдами с востока, с полярного Тимана, где были сделаны единичные находки россыпных алмазов. Согласно другому мнению, минералы-индикаторы попали на север с запада, из оливиновых трубок Онежского п-ова.



Полевой лагерь на р. Оленек. Якутия. 1983 г.  
Фото В. Новикова



Участники геологической экспедиции на арктическое побережье Якутии вблизи пос. Тикси: слева направо – А. С. Родионов, Ю. И. Овчинников, Н. П. Похиленко, Б. А. Фурсенко, В. С. Шацкий, М. А. Вавилов, Н. М. Подгорных. 1980 г.

Пиропы были присланы Н. В. Соболеву, ныне академику, а тогда доктору наук и заведующему лабораторией, а он передал их мне. Тщательный сравнительный анализ показал, что зерна архангельских индикаторных минералов должны иметь коренные источники местного происхождения, среди которых есть алмазоносные кимберлиты. Во-первых, они были совершенно целыми по сравнению с сильно окатанными пиропами с Тимана. А от пиропов Онежского п-ова их резко отличал состав, судя по которому их источником должны быть алмазоносные кимберлитовые трубки. Результаты были изложены в отчете, подписанном Н. В. Соболевым, тогда уже признанным руководителем сибирской алмазной школы и моим научным руководителем, и мною.

Наш отчет вызвал у столичных коллег только смех: «Ребята, с вашими пиропами что-то не так. Ведь даже в малонаселенной Якутии местные жители находили алмазы и резали ими стекло. А поморы веками никаких алмазов не находили. Так что забудьте об этом». В результате такой реакции в течение двух лет мы с архангельскими коллегами продолжали работать над этой темой фактически на чистом энтузиазме.

**...Когда в столовой пос.Тикси бабушка-техничка увидела под столом, за которым обедали участники нашей экспедиции, пустую бутылку, то стала бурчать: «Алкоголики, пьют и бросают за собой бутылки в помещении...» Постриженный за неделю до того «под ноль» и слегка небритый Борис Фурсенко начал оправдываться: «Бабушка, это не наша бутылка, мы вообще здесь не пьем». Бабушка окинула его с ног до головы пристальным взглядом и с явным сарказмом изрекла: «Это ты-то не пьешь?!» Этот вопрос стал крылатым выражением нескольких полевых сезонов...**



Заведующий вновь организованной лаборатории методов поисков алмазных месторождений Института геологии и минералогии СО АН (Новосибирск). 1985 г.

«любви». Потом – Канада, хотя попал я туда совершенно случайно...

Искать алмазы на другой стороне земного шара никогда не планировал. В 1994 г. мы собирались в экспедицию в Якутию, чтобы продолжить совместные работы с «алросовцами». В предыдущий год вернулись оттуда с пробиркой алмазов, обнаруженных в месте, где по прогнозу работавших до нас маститых ученых никаких алмазоносных кимберлитов и быть не должно.

Подготовка к экспедиции шла полным ходом. Мы получали тяжеленные лодки из толстой резины и моторы соответствующие, весом под 60 кг. Взвалил я один такой на себя и прыгнул. А до этого шесть лет назад в поле повредил стопу – сломал пяточную кость, и хотя зажило все, как на собаке, нарост на кости остался...

После этого прыжка светила мне плановая операция, и потом минимум полтора месяца в гипсе. Какие тут поля, я уже и ходить-то не мог. Положение спас талантливый хирург Евгений Базаров. Сделал две серии каких-то гормональных уколов и через неделю я встал на ноги.

Когда в 1976 г. был создан Межведомственный научный совет по геологии алмазных месторождений, Владимир Степанович настоял, чтобы ученым секретарем совета стал я, хотя мне исполнилось всего 29 лет. Через год на коллегии я сделал очень эмоциональный доклад о наших результатах. Неизвестно, поверили ли нам, но, тем не менее, выделили деньги на проведение аэрогеофизической съемки, благодаря которой сразу же удалось выявить несколько аномалий. В 1980 г. началось пробное бурение самой перспективной из них. И прямо «попали» в кимберлиты – это была алмазоносная трубка Поморская. Запасы следующих открытий кимберлитовых трубок, составляющих Ломоносовское месторождение, были оценены в 12 млрд долл. – сегодня там идет промышленная добыча алмазов.

## Канадская эпопея

Так к сорока годам я стал признанным «алмазоискателем». После Архангельска были годы поисковых работ в Якутии – моей первой экспедиционной

На алмазной россыпи «Танюшка», названной в честь семилетней дочери. Якутия, р. Куойка. 1978 г.





Полевой лагерь геологов  
на ледниковом озере. Канада,  
Северо-Западные территории.  
1990-е гг.



Так выглядит канадский север  
с борта самолета

Полетел с ребятами в Мирный. Я не лентяй, и тоже стал помогать разгружать, хотя ходил еще с клюкой. Увидел меня тогдашний вице-президент «Алросы» В. М. Зуев и раскричался: «Ты что, с ума сошел? Ты же или сдохнешь в тайге, или ногу ампутируют, или еще что-нибудь! Ума нет своего – моим живи!». И отправил меня назад без дальнейших разговоров. Так, еще не начавшись, закончилась моя экспедиция в Якутию.

А незадолго до экспедиции мне пришло электронное письмо от канадца Д. Макдональда, где меня приглашали помочь в поисках алмазных месторождений. Пришел я с письмом к Н. В. Соболеву, он сказал, что знает этого канадца и, с учетом моих планов возглавить полевые работы этого сезона в Якутии, он сможет выкроить десяток дней для поездки в Канаду сам. Канадцы же ему ответили, что работать надо будет недель шесть и не в Ванкувере, а на севере Канады.

Когда я вернулся несолоно хлебавши из Якутии, Н. В. Соболев и предложил: «Что мне в Канаде делать? Я не полевик. Поезжай, если хочешь, сам». После проволочек с визой я прилетел в Канаду только в начале августа – довольно поздно для поисковых работ. Посмотрел, что за компания, и понял, что они никогда толком алмазы и не искали. Специалистов нет. Полетел на место, посмотрел участки...

В качестве отступления замечу, что по составу композитных минеральных включений в алмазы можно оценить условия их кристаллизации, а значит, и глубину, на которой

Соседка геологов – рыжая лисица, за неделю переставшая бояться людей и харчевавшаяся у полевой столовой (леммингов еще не было, а у нее «на лапах» было трое прожорливых лисят), заинтересовалась и содержимым банки с пивом...



На этом поисковом участке в районе оз. Снэп Лейк через два года будет открыто крупнейшее в Канаде коренное месторождение алмазов. 1995 г.

они образовались. Как оказалось, кимберлиты из обычных трубок выносят на поверхность вещество с глубин 200–210 км. При этом содержание в них индикаторных минералов, спутников алмазов, достигает примерно 20 кг на тонну, поэтому эти кимберлиты при разрушении дают на поверхности мощный шлейф рассеивания, по которому их можно обнаружить.

Но есть кимберлиты, являющиеся транспортерами минералов, образовавшихся на глубинах заведомо больших, чем 300 км. Эти последние найти очень трудно. Не потому, что их мало, а потому, что они почти никак себя на поверхности не проявляют. При очень высокой алмазоносности содержание индикаторов в таких кимберлитах в сто раз меньше – 200–300 г на тонну. Кроме того, в них отсутствуют магнитные минералы, поэтому обнаружить их геофизическими методами также не удается.

Именно такое «неуловимое» месторождение нам и удалось впервые открыть в Канаде. Сама история открытия месторождения Снэп Лейк достойна романа. Алмазное Эльдorado скрывалось на огромной территории в 2,5 тыс. кв. км, которая шла «прицепом» к участку с двумя небольшими кимберлитоподобными дайками (трещинами, заполненными магмой). Этот



В этом образце ледниковых отложений вблизи оз. Снэп Лейк были обнаружены первые два кристалла алмазов месторождения Снэп Лейк. Их коренной источник будет открыт годом позже. Север Канады. 1996 г.



Схема расположения месторождения Снэп Лейк (Канада)

И все же через три года интенсивной работы, надежд, сомнений и разочарований, потратив 36 млн долл. на поисковые работы, мы увидели в промывочном лотке первый кристалл алмаза из нового месторождения. Дальнейшее бурение показало, что открытое нами рудное кимберлитовое тело на глубину до километра содержит алмазов на 18 млрд долл.

...Вообще работа и жизнь полевого геолога очень различается у нас и за рубежом. Что стоит для геолога одна лишь возможность использовать малую авиацию! В Якутии приходилось 85% времени работать буквально вьючным животным. От устья реки до нужного участка надо было дня два тащить на себе лодку, а потом на ней спускаться. На отработку одного места уходило дня три. А в Канаде я тратил на «дорогу» не более 15% рабочего времени. Просто садился на вертолет и летел куда нужно: весь путь укладывался в полтора часа.

К тому же у меня как у поисковика была полная свобода действий. Я рисковал, но при этом сам старался риск минимизировать. У нас же постоянно приходилось увязывать свои исследовательские планы с планами геологических экспедиций. В Канаде я сам выбирал место исследований, ни с кем не согласовывая, хотя добился этого не сразу – потребовалось три года, чтобы доказать правильность выбора, которую подсказывал весь мой поисковый опыт и знание специфики глубинных геологических процессов.

участок был заведомо бросовым – работавшие там геологи из трех компаний, включая «Де Бирс», считали этот район абсолютно бесперспективным.

И действительно, мы столкнулись здесь с совершенно уникальным явлением. К тому же разломы, прошедшие через кимберлитовое тело, вызвали смещение его отдельных частей. Перемещенный кимберлит, затронутый эродирующим действием ледника, дал шлейф, несоответствующий реальному местоположению основного рудного тела.

## Отцы и дети

Из нашего университета за прошедшие десятилетия вышло много отличных специалистов по алмазной геологии. Академик В. С. Соболев, один из выдающихся мировых авторитетов в этой области, в нашу последнюю встречу незадолго до его кончины взял с меня слово, что я буду вести в университете группу подготовки таких исследователей.

Слово свое я сдержал – преподавал на геологическом факультете с 1983 по 1991 г. Уже на третьем курсе набирал себе 6–8 человек – в основном ребят, но и девушки тоже были. Мы разработали для «алмазников» особую учебную программу. В нее входили не только специальные курсы по методам прогнозирования и поиска алмазных месторождений, но и более общие, например, по литологии и стратиграфии Сибирской платформы, связанные с формированием ореолов месторождений. Всех наших ребят я обязательно отправлял на геологическую практику в Архангельск, Якутию, и сам с ними ездил.

...Годы перестройки все изменили. И если бы не работа в Канаде, неизвестно, чем бы вообще закончилась наша деятельность. К счастью, тогда нам навстречу пошла отечественная «Алроса»: в Новосибирске была создана межведомственная лаборатория, и мои ребята стали получать вторую зарплату, которая по тем временам была значительно больше академической.

Из тех студентов, которые проходили у нас обучение и практику, часть осталась работать в нашей лаборатории, а другие ушли в бизнес. Так, Алексей Амшинский сейчас председатель Совета директоров «Сибэнергоресурса»; Александр Родионов сначала работал в ЮАР в «Де Бирс», а сейчас у него своя компания.

Сегодня специалистов по алмазной геологии в нашем университете направленно не готовят. Нужно ли возобновлять эту практику? Потребность в таких специалистах, безусловно, есть, потому что геологическая служба страны фактически развалена, что не может не отразиться на будущем такой важной отрасли народного хозяйства, как алмазодобыча.

Сам я считаю, что для ученого соединять теоретическую и практическую работу просто необходимо. Ведь найти что-то ты сможешь только в том случае, если точно знаешь, как оно образовалось. Но при этом если ты настоящий геолог, то должен представлять, что такое полевые работы, должен уметь выработать правильную стратегию поиска, знать, какой комплекс методов будет хорошо работать в конкретной геологической обстановке.

Понятно, что «бытие определяет сознание». Наше поколение, отличаясь бескорыстной, даже рафинированной тягой к знаниям, отдавало предпочтение интересной работе. Сегодняшние студенты более



Рыбалка с катера в Ванкуверском заливе.  
Канада. 1998 г.

«приземленные», у них другое отношение к учебе, что неудивительно – им самим приходится думать о поиске места работы, о том, как прокормить семью, выучить детей... Многие из нынешних выпускников предпочтут стучать по клавишам компьютера, чем в накомарнике и болотных сапогах искать в зной и холод подтверждения своим теоретическим выводам.

**Н**о как бы ни менялись времена, человеческая природа остается неизменной. И наш университет должен и впредь оставаться местом, где найдут понимание и поддержку новые поколения с той самой божьей искрой в душе – неутолимой тягой к неизведанному.

*Фото из архива автора и к. г.-м. н. Н. М. Подгорных  
(Центральный Сибирский геологический музей,  
Новосибирск)*

*Автор и редакция благодарят Н. М. Подгорных  
и Л. Н. Похиленко за помощь в подготовке иллюстраций*



# УНИВЕРСИТЕТСКАЯ ПАРАЛЛЕЛЬ

БОРОДИН Павел Михайлович – выпускник НГУ 1971 г. Доктор биологических наук, заведующий лабораторией рекомбинационного и сегрегационного анализа Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск), профессор кафедры цитологии и генетики НГУ. Лауреат премии им. В. С. Кирпичникова по эволюционной генетике (2004), премий РФФИ и Вавиловского общества генетиков и селекционеров за популяризацию науки. Член Центрального совета Вавиловского общества генетиков и селекционеров. Основные работы посвящены изучению роли стресса в эволюции, анализу разнообразия природных популяций млекопитающих по хромосомным перестройкам, нейтральным и адаптивным признакам и выяснению механизмов видообразования. Провел большой цикл исследований по изучению хромосомного полиморфизма в природных популяциях млекопитающих Европы, Азии и Южной Америки, описав ряд новых видов и подвидов млекопитающих. С конца 1970-х гг. преподает в НГУ. Автор и соавтор около 200 научных работ, школьных учебников, научно-популярных книг и статей



*Что такое хорошее образование? Огромный багаж разложенных по полочкам и тщательно упакованных знаний? Слепое уважение к авторитетам и готовность строго следовать общепринятым канонам? Но одно дело – сделать из упавшего яблока конфитюр и совсем другое – открыть закон всемирного тяготения: для этого требуется критическое мышление и способность извлечь небанальную сердцевину из самых обычных вещей*

**К**ак и многие из моих университетских сокурсников, я тоже приезжий. Детство свое провел в теплых краях, в Краснодаре. Отец был исследователем-агрономом, и одна книжка из его библиотеки определила мою дальнейшую судьбу и выбор профессии. Лет мне тогда было пятнадцать-шестнадцать – самый впечатлительный возраст, и никакого особого интереса к науке до этого у меня не было. Называлась книга «Сессия ВАСХНИЛ 1948 года: стенографический отчет» – издание, вполне характерное для того времени. Эту сессию «лысенковцы» считали своим триумфом, и так им гордились, что дословно опубликовали стенографический отчет.

Отчет этот читался как роман, вернее, как пьеса – со злодеями, героями, предателями, комическими старухами, репликами из зала и бурными аплодисментами в нужных местах. И из этого слепка с реальности было совер-



Во время летней практики по цитологии. 1968 г.  
 На фото: лежат – А. Шилов, А. Осадчук; сидят – П. Бородин, С. Бажан, А. Пупышев; стоят – П. Степочкин, И. Шилова, Н. Беляев

шенно ясно, кто там сукин сын, а кто порядочный человек, где настоящая наука, а где непристойная идеология. Вот тогда-то я и решил заняться гонимой наукой – генетикой.

## За критическим мышлением

К окончанию школы в 1966 г. я точно знал, что буду изучать генетику, вопрос только стоял – где? В МГУ генетику еще преподавали «по Лысенко», а вот в новосибирском Академгородке ее преподавали открыто (это я узнал от родственников, которые тут жили).

Так я поступил в НГУ. Однако при поступлении баллов все же не добрал, поэтому первые полгода учился на вечернем факультете (в то время в НГУ еще сущест-

вовало вечернее обучение) и жил в семье моего дяди – профессора И. В. Бородина. Когда же после первого семестра половину моих сокурсников с дневного отделения отчислили, я стал полноправным студентом и перебрался в замечательное общежитие № 4.

Специфика нашего университета состояла в том, что основывался он во времена физико-математической романтики, когда считалось, что если выучить точные науки, то все проблемы будут решены. Все же остальные науки рассматривались как второстепенные. Потом эти надежды не оправдались, а я до сих пор ощущаю сильные пробелы в своем зооботаническом образовании. Мои коллеги, окончившие «нормальные» университеты, могут на взгляд определить любое

животное или растение, дать его латинское название, рассказать про его происхождение и т. п. А у меня с этим совсем плохо, поскольку у нас зоология с ботаникой преподавались предельно кратко.

Что касается физики и математики, которые нам преподавали в полном объеме, то нельзя сказать, что в моей будущей работе эти знания оченьгодились. Но бесполезными я бы их никоим образом не назвал: именно благодаря занятиям строгой наукой выпускники нашего университета приобретают замечательные качества – «критическое мышление», аллергию к вялым, нелогичным словесным конструкциям и построениям, которых в биологии бездна.

Например, на биологических конференциях регулярно выдвигаются новые эволюционные парадигмы, которые стыдно слушать. Если хочешь строить новую парадигму, то должен сформулировать внятные модели и дать точные предсказания, которые потом можно будет статистически проверить. Если этого нет, то все остальное – пустопорожние разговоры, к которым наш университет привил стойкое неприятие.

## Старая школа

Несмотря на то что в целом биология была в НГУ не в фаворе, многие лекционные курсы, как и сами лекторы, были замечательными.

Основные курсы нам преподавали настоящие классики, пережившие времена гонений. Например, профессору Ю.Я. Керкису, который читал нам генетику, пришлось долгие годы работать директором овцеводческого совхоза где-то в Таджикистане, а преподавателю цитогенетики В.В. Хвостовой – переводчиком в издательстве. Биометрию и матстатистику у нас вела совершенно удивительная женщина Э.С. Никоро, которая, по-моему, даже во время лекций курила папиросы «Беломор» и говорила хриплым голосом – во времена Лысенко она была тапером в клубе моряков.

Очень поэтические лекции по цитологии читала недавняя выпускница ЛГУ И.И. Кикнадзе. Эволюцию нам преподавал один из выдающихся российских эволюционистов Н.Н. Воронцов, который потом стал министром экологии Советского Союза.

И, конечно, был мой Учитель – академик Д.К. Беляев, который тогда сверх программы вел у нас семинар

по теории эволюции. Именно он привил мне интерес и трепетное отношение к эволюции. Именно к нему в лабораторию в ИЦиГ СО РАН я потом пришел на преддипломную стажировку.

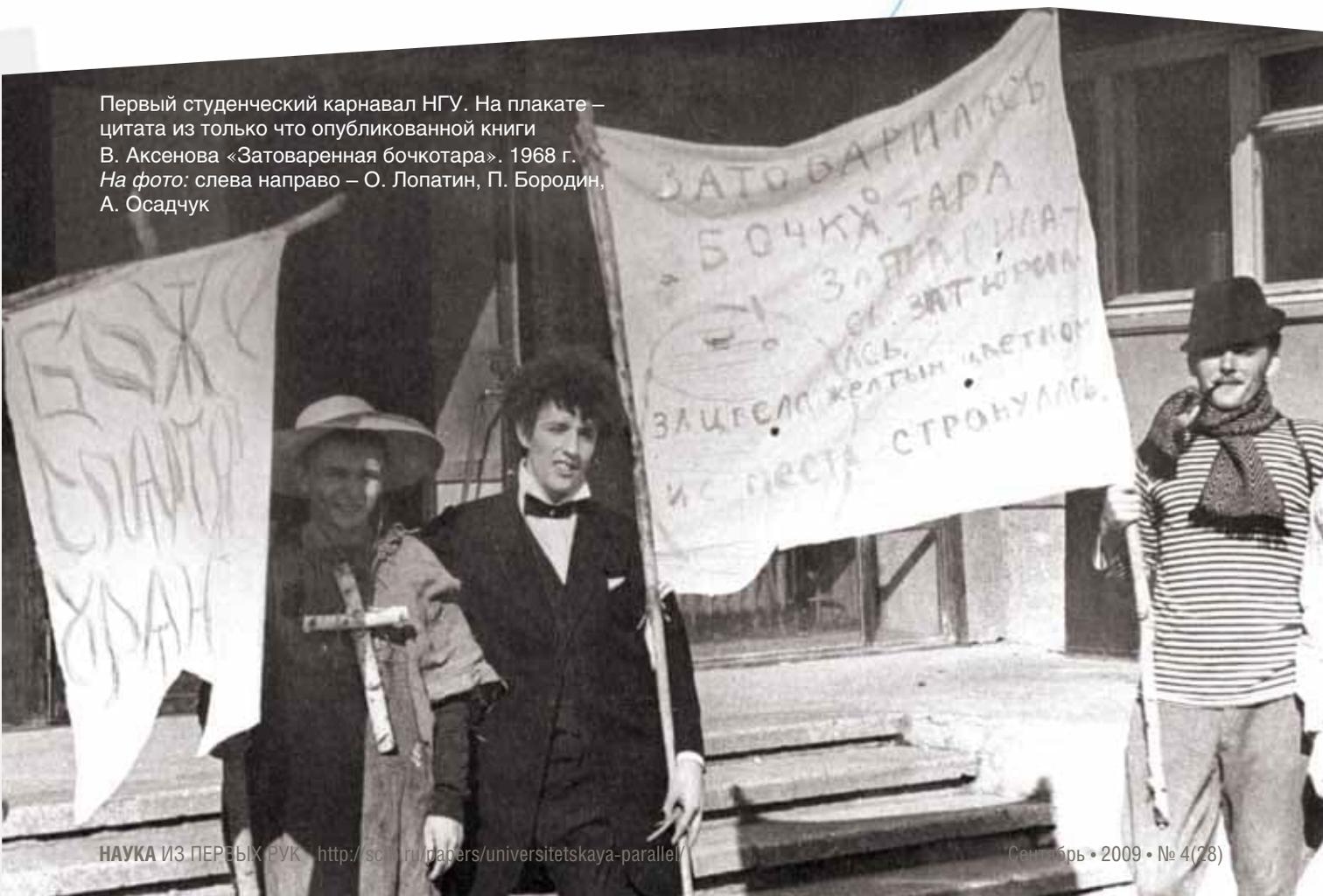
## Диплом НГУ

Моя дипломная работа была посвящена одомашниванию крыс. Работы Д.К. Беляева и Л.Н. Трута по одомашниванию крыс приобрели мировую известность, а я под их руководством пытался одомашнивать диких крыс.

Начать пришлось с нуля: ездил по зверо- и свинофермам, лазил по помойкам, где и ловил своих первых лабораторных объектов. Потом в виварии начал их размножать и потомство отбирать в двух направлениях – на кротость и на агрессию. Мои агрессивные крысы кидались на человека как тигры, зато кроткие были гораздо добрее обычных лабораторных крыс – те не добрые, а тупые.

Моя первая научная работа поначалу казалась мне очень интересной. Но проблема в том, что селекционеру,

Первый студенческий карнавал НГУ. На плакате – цитата из только что опубликованной книги В. Аксенова «Затоваренная бочкотара». 1968 г.  
На фото: слева направо – О. Лопатин, П. Бородин, А. Осадчук



duction/Eds Serio M., Martini L. N. Y.: Acad. Press.  
Поступила в редакцию 24.VI.1989  
Институт цитологии и генетики СО АН СССР,  
Новосибирск;  
Новосибирский государственный университет  
им. Е. Пугачева

**SYNOPSIS IN SINGLE AND DOUBLE HETEROZYGOTES  
FOR THE PARTIALLY OVERLAPPING INVERSIONS  
IN THE CHROMOSOME 1 OF THE HOUSE MOUSE**

**BORODIN P. M., GORLOV I. P., LADYGINA T. Yu.**  
*Institute of Cytology and Genetics, Academy of Sciences of the USSR,  
Siberian Division, Novosibirsk, E. Pugachev Novosibirsk State University*

Новосибирский государственный  
университет им. Е. Пугачева,  
кафедра цитологии и генетики

Поступила в редакцию  
29.I.1989

**THE FEATURES OF SYNAPTONEMAL COMPLEX FORMATION  
AND CHIASMA DISTRIBUTION IN TWO GRASSHOPPER SPECIES**

**VYSOTSKAYA L. V., AGAPOVA O. A., GUSACHENKO A. M.**  
*E. Pugachev Novosibirsk State University, Department of Cytology and Genetics*

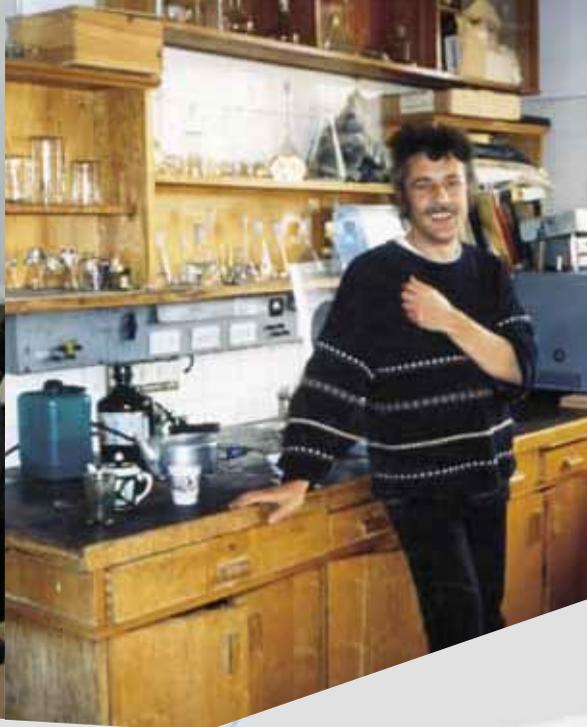
**ИМЕНИ ЕМЕЛЬЯНА ПУГАЧЕВА**

В 1970—1980 гг. наш университет назывался так: «Новосибирский государственный университет имени Ленинского комсомола». Меня это название всегда удручало, и в 1989 г. я НГУ... переименовал. И, посылая в очередной раз свою статью в журнал «Генетика», на месте, где полагалось быть наименованию организации, написал: «Новосибирский государственный университет имени Е. Пугачева».

Поскольку времена были смутные, то в редакции не удивились, что университет переименовали в честь народного героя в пик «вышедшему из моды» комсомолу и напечатали...

Но на этом история не закончилась. Через полгода в тот же журнал пришла статья моей коллеги по кафедре Л. В. Высоцкой. У нее в статье значился безо всяких имен «Новосибирский государственный университет». Но в редакции-то уже знали правильное название! И, ничтоже сумняшеся, вписали туда злополучного Е. Пугачева. Оттиски этих статей стали настоящей библиографической редкостью





чтобы получить стоящие результаты, требуется не год-два, а десятилетия. Этот темп никак не соответствовал моему темпераменту, терпения не хватало. Поэтому параллельно с селекцией крыс, я занялся сначала генетикой стресса, а потом исследованиями хромосом, которыми и занимаюсь по сей день. А селекцию вместе с крысами я постепенно передал моим коллегам по беляевской лаборатории. Попало это дело в хорошие руки И. Ф. Плюсниной: линии кротких и агрессивных крыс поддерживаются до сих пор. Их изучают в разных лабораториях, а студенты НГУ делают на них свои дипломы.

## На кафедре и за кафедрой

В 1971 г. я защитил диплом и начал самостоятельную работу, но связи с университетом не прервались. Уже через три года защитилась моя первая дипломница – такой в те годы у нас был либерализм, что мне, «зеленому» стажеру-исследователю, доверили руководство студентом.

Еще через несколько лет Л. Н. Трут передала мне свой спецкурс по генетике поведения. Опыта не было никакого, но я с энтузиазмом взялся за дело: лекции постарался построить так, чтобы самому было интересно. Да ведь и сам я по возрасту не так уж отличался от своих слушателей.

В начале 1980-х А. О. Рувинский, читавший курс по теории эволюции, пригласил меня вести семинары. И вот здесь уже пришлось столкнуться со студентами

◀ На чтениях памяти академика Д. К. Беляева. 1987 г. Слева направо: Э. К. Шумная, И. И. Кикнадзе, П. М. Бородин, А. МакЛарен, Дж. Скандалиос, А. И. Пудовкин, А. В. Яблоков

Так в 1987 г. выглядели лабораторные помещения ИЦиГа – никакого хайтека (фото справа). А так они выглядят сейчас (фото слева)

«лицом к лицу». А поскольку я был тогда молодым и мнительным, то первый год преподавания показался мне кошмаром. Но потом я успокоился, перестал самоутверждаться, и все вошло в норму.

Не знаю, как студентам, но мне самому эти семинары дали очень много. Занятия наши носили дискуссионный характер, и было очень интересно встречаться с небанальным взглядом на вполне, казалось бы, очевидные истины. От студентов я ждал не пересказа статей, а все того же «критического» отношения. Чтобы быть готовым к таким дебатам, приходилось самому много читать, выходя далеко за рамки своей специальности. И это было не только очень интересно, но и полезно мне как исследователю.

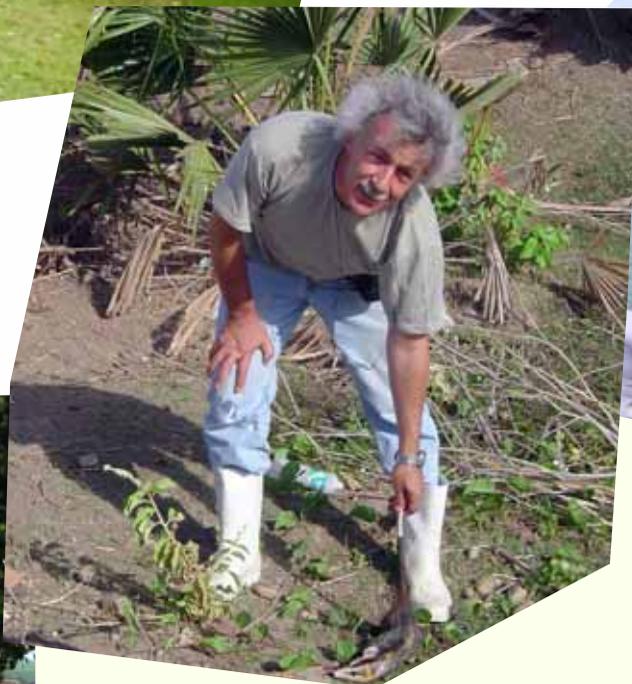
После таких замечательных семинаров очень не хотелось вновь взбираться на кафедру, но в начале 1990-х, после отъезда А. О. Рувинского, пришлось принять его эстафету – читать курс по теории эволюции. Сначала меня это сильно угнетало, но постепенно втянулся, да так, что в последние годы жду, когда начнется семестр. И хотя трудно в это поверить, но ночь перед лекцией до сих пор остается для меня кошмаром: жду и боюсь, сам не знаю, чего.

Нужно сказать, что эволюцию я читаю уже довольно давно, и до последнего времени делал это без единого слайда, – рисовал на доске; и без единой шпаргалки, полагаясь исключительно на свое красноречие. Мне это подходило – давало возможность по ходу лекции импровизировать, находить какие-то новые ассоциации. Студенты все это слушали, вроде бы, с удовольствием, но записывать сами лекции для них было мукой.



Эпизоды из  
бразильской  
эпопеи. 2003—  
2005 гг.

Ботанический сад  
в Эдинбурге. 1989 г.



В этом году я впервые сделал для лекций электронную презентацию, хотя этот полезный плод компьютерных технологий мне ужасно не нравится. Во-первых, потому, что мне теперь приходится говорить по плану, во-вторых, – что студенты теперь не меня слушают, а переписывают текст со слайдов. Так что я подумываю отказаться от этого нововведения: пусть слушают и мучаются, учась по старинке, как мы.

### Студенты НГУ: сравнительный анализ

Изменились ли за эти три десятилетия сами студенты? По-моему, нет. Кстати сказать, в 1980–1990-х гг. я был начальником институтской практики – распределял студентов по руководителям, контролировал дипломные работы, улаживал конфликты между



В болотах Пантаналы. Бразилия, 1999 г.

японскими коллегами. В Южной Америке я сам ловил невиданных зверей в составе экспедиций бразильского Института тропической медицины. Где только я их не ловил: в пампасах Аргентины, в Боливийских Андах, в болотах Пантанала, в саваннах Бразильского нагорья, в затопленных лесах Амазонии и мертвых лесах каатинги...

И в Японии, и в Бразилии со мной работали местные студенты, а в Федеральном университете Рио-Жанейро я еще читал лекции. И должен сказать,

студентами и преподавателями, принимал отчеты по практике. Общаться со студентами всегда было интересно – среди них попадались очень яркие личности, которых и сейчас приятно вспомнить.

Сегодня, как и прежде, нет «средних» студентов. Все они очень разные. Есть и халтурщики, и люди одаренные, есть те, кто успешно сочетает науку с радостями жизни, и те, кому в жизни кроме науки ничего не нужно.

Что действительно изменилось, так это научный уровень дипломных работ. Сейчас вполне средняя дипломная работа наших студентов значительно превосходит и по материалу, и по новизне, и по уровню анализа то, что раньше защищалось как кандидатские диссертации.

Как выглядят наши студенты в сравнении с другими? В 1990-е гг. мне пришлось довольно долго работать в Японии и Бразилии, где я занимался тем же, чем и в Сибири: анализом поведения хромосом в мейозе у местных млекопитающих. В Японии это были выборки из природных популяций мускусной землеройки, которые были собраны со всей Юго-Восточной Азии моими

что японская система образования произвела на меня удручающее впечатление. Она ориентирована в основном на вызубривание, точное следование протоколу и воспитание почтения к «сенсею» – учителю. Мой дипломник мне постоянно кланялся, повторял каждое мое движение: если я встряхивал пробирку 63 раза, то он все точно подсчитывал и тряс ее ровно столько же. Он спрашивал моего разрешения сходить в туалет и каждый вечер благодарил меня за почерпнутую мудрость. Разве от наших студентов такого дождешься?

Бразильские студенты мне понравились больше. Они более, чем наши, мотивированы на науку, в них меньше школярства. Но уж больно они легковерны в отношении авторитетов и привязаны к конкретной работе. Им не хватает присущего только нашим студентам, как я уже говорил, критического мышления и широты взглядов.

Ведь это только наш студент может до обеда в пух и прах разнести статью в *Science* за неадекватный статистический анализ, а после обеда на основании изучения трех хромосомных препаратов придумать новую теорию строения интерфазного ядра. Сказывается школа.



ПАЛЬЧИКОВ Евгений Иванович – выпускник физического факультета НГУ 1972 г.

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН (Новосибирск), профессор кафедры общей физики НГУ.

В 1965 г. был удостоен III премии Всероссийской физико-математической олимпиады для школьников. В 1967 г. окончил новосибирскую ФМШ. Еще студентом участвовал в проводимых в Институте физики полупроводников исследованиях первых отечественных светодиодов и диодов Ганна. С 1979 г. занимается рентгеновской и оптической регистрацией быстропротекающих процессов, рентгеновским томографическим исследованием динамики многофазных сред, физикой электрического пробоя диэлектриков и вакуумных промежутков. Импульсные рентгеновские аппараты новых типов, разработанные Е. И. Пальчиковым, выпускались промышленностью и в настоящее время используются рядом баллистических и взрывных лабораторий России.

Более 30 лет читает лекции с демонстрацией физических опытов в летней ФМШ.

Автор и соавтор более 100 научных работ, 9 патентов, множества учебных пособий для физматшколы и университета по экспериментальному практикуму. Имеет научно-популярные публикации в журналах «Квант» и «Сибирский физический журнал»

*Интерес к эксперименту у юного исследователя начинается с удивления, любопытства, озорства. Сам великий Лаврентьев любил показывать детям эффектные физические опыты. Глядя на одухотворенное лицо профессора Е. И. Пальчикова и горящие глаза участников его экспериментальных медитаций, нетрудно убедиться, что педагогические традиции отцов-основателей новосибирского Академгородка в надежных руках*

**О** Всесибирской физической олимпиаде для школьников я впервые узнал в 1965 г. из газеты «Комсомольская правда», где были напечатаны задачи. Я жил тогда в Бийске. Выслал решения почтой – и получил приглашение на краевую олимпиаду в Барнаул, где неожиданно для себя занял первое место.

Меня взяли в команду Алтайского края на Всероссийскую олимпиаду в Москву. Там я стал бронзовым призером. В моем дипломе расписались академики П. Л. Капица и И. К. Кикоин. Правда, тогда для меня эти имена ничего не значили. В том же году меня пригласили в новосибирский Академгородок в летнюю физматшколу, после окончания которой я был зачислен в ФМШ.

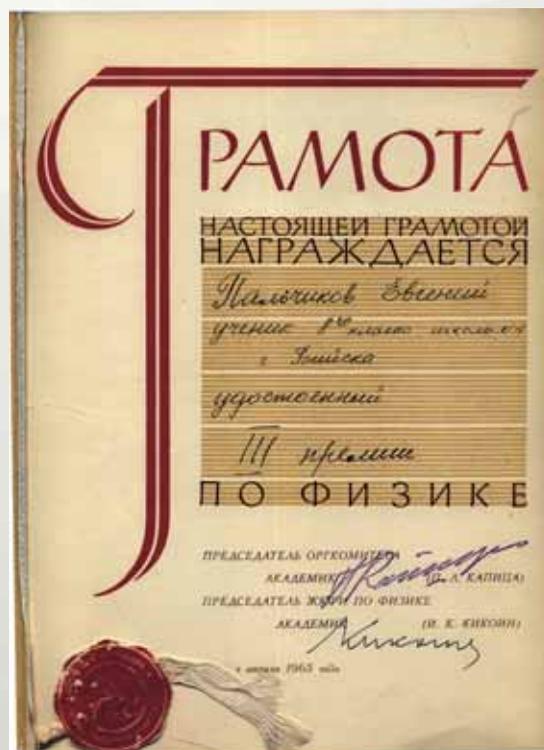
Наш класс оказался одним из самых «продуктивных» за всю историю ФМШ: из него вышли многие профессора, будущие академики, директора институтов, преподаватели НГУ. Могут называть такие известные имена, как Валерий Тельнов, Владимир Иванченко, Владимир Голубев, Михаил Эпов, Евгений Соленов.

Эпов, например, стал академиком, он лидер сибирской научной школы геоэлектроразведки. Ияфовец Тельнов считается одним из авторов идеи гамма-коллайдера в Стэнфорде (США). Плодовитому физику Голубеву издательство «Эльзевир» недавно присудило престижную международную премию *Scopus Award* в номинации «Российский автор с наибольшим числом публикаций с 2005 года». Многие мои одноклассники достойны упоминания, но в рамках одной статьи это не представляется возможным.

Из преподавателей мне прежде всего запомнился Евгений Иванович Биченков. Мы были первыми, кому в физматшколе Биченков читал лекции по физике. В свои 28 лет он уже был директором. Математику читал Михаил Михайлович Лаврентьев, прекрасный ученый и педагог, в будущем декан мехмата НГУ и директор Института математики. Все мы испытали на себе обаяние яркой личности Алексея Андреевича Ляпунова, одного

из основоположников мировой кибернетики. А Вацлав Вацлавович Войтишек впоследствии написал добрый десяток учебников. Бессменным завучем ФМШ был Самуил Исаакович Литерат – педантичный, нравоучительный, но всегда доброжелательный с учениками.

Кстати, вступительные экзамены в университет физмата сдавали на общих основаниях – зная, что мы



В грамоте, которой был награжден призер Всероссийской физико-математической олимпиады 1965 г. Женя Пальчиков, расписались знаменитые физики П. Л. Капица и И. К. Кикоин



**Студентам и даже физматшкольникам в 1960-х гг. доверяли в институтах СО АН такую работу, которую сегодня не всегда решаются дать аспирантам**

и конструирование новых установок. Мой научный руководитель А. П. Шерстяков весьма благожелательно относился к юношеским опытам. Обучение проходило в процессе самой жизни в лаборатории. Любые, даже очень спорные, идеи никогда не подвергались уничижительной критике, напротив, внимательно обсуждались в почти семейном кругу коллег.

Проводили мы и домашние эксперименты. Зимой 1968 г. в общежитии №5 вместе с первокурсниками Климковичем и Седовым собрали рубиновый лазер из деталей, найденных на задворках институтов и в КЮТе. За один импульс лазер пробивал полтинник, за два – металлический рубль. У меня и сейчас хранится одна из тех монет.

лучше подготовлены, с нас спрашивали даже строже, чем с остальных.

## Первые эксперименты: в шутку и всерьез

Еще в Бийске я увлекался радиолобительством. Собрал ламповый супергетеродинный приемник. Начав учиться в ФМШ, стал ходить на практику в Институт физики полупроводников. Там у меня появились совсем другие возможности.

Студентам и даже физматшкольникам в институтах СО АН доверяли такую работу, которую сегодня не всегда решаются дать аспирантам (в первую очередь из-за дороговизны материалов и оборудования). А тогда девятиклассник мог самостоятельно собрать гелий-неоновый лазер. Лаборатории, где я проходил практику, понадобился лазер, а промышленность их еще не выпускала. В лаборатории Г. В. Кривошекова (из которой потом вышли многие знаменитые лазерщики) я взял чертежи, разместил в мастерской заказы на станину, оптические рельсы, вместе со стеклодувом изготовил вакуумную и газонаполнительную системы, собрал высоковольтную схему для питания разряда, приклеил окна Брюстера, подсоединил насосы, настроил оптику. Лазер получился размером с токарный станок!

В студенческие годы самыми интересными занятиями в ИФП были измерения полупроводниковых структур на основе арсенида-фосфида галлия-алюминия



Собранный студентами физфака прямо в общежитии самодельный лазер за один импульс пробивал полтинник, за два – металлический рубль

## Кто нас учил

До третьего курса студентам физфака читались параллельно две физические дисциплины («физика раз» и «физика два», как мы их называли). Б. В. Чириков (в будущем один из основателей теории динамического хаоса) читал электромагнетизм и теорию относительности.



Первокурсник Евгений Пальчиков на практике в лаборатории Института физики полупроводников. 1968 г.  
Фото А. Лехмуса

Группа научных сотрудников и студентов университета, работавшая на областной олимпиаде для школьников в Тюмени. В таких поездках завязывались знакомства, длившиеся многие годы. Слева направо: В. Маралёв, В. Н. Врагов (будущий ректор НГУ), Л. Ю. Лапушонок, Т. А. Гордымова. 1970 г.



Пускание дымовых колец из вихревой машинки было в 1960—1970-х гг. любимым экспериментом академика М. А. Лаврентьева перед детьми. В 1982 г. его взрослые ученики Д. Ахметов и В. Тарасов впервые погасили таким образом 90-метровый факел на газовой скважине в Узбекистане. На этой фотографии показан опыт в современной летней физматшколе – тушение огня с помощью вихревого кольца (его на снимке не видно). Двигаясь вдоль оси пламени и как бы обнимая его, вихревой тор гасит пламя подобно тому, как двумя пальцами снимают огонек с фитиля свечи



Эксперименты  
профессора  
Е. И. Пальчикова  
просто  
завораживают  
детскую аудиторию.  
*Летняя физико-  
математическая школа  
НГУ. 2005 г.*

Квантовую механику – автор известных учебников В.Г. Зелевинский. Термодинамику, молекулярную физику и физику сплошных сред читали по очереди Ю.Б. Румер, А.И. Бурштейн и Р.З. Сагдеев.

Легендарный теоретик Румер был прекрасным рассказчиком, а Бурштейн имел известность не только как ученый-физик, но и как президент знаменитого клуба «Под интегралом». Академик Сагдеев делал попытки включить в свой курс зарождавшуюся тогда теорию турбулентности, поэтому на лекциях часто приводил самые свежие данные из научных журналов. Он считался корифеем в области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза и впоследствии возглавлял Институт космических исследований.

Э.П. Кругляков, который занимался пионерными исследованиями по лазерной диагностике плазмы (ныне тоже академик, председатель Комиссии по борьбе с лженаукой), вел курс оптики и общей физики. Виртуозным лектором был экспериментатор Я. А. Крафтмахер, иногда вовлекавший в свои «театральные» действия всех присутствующих. Зачеты он принимал только лично, без ассистентов, и довольно сурово. Для меня, впрочем, его предмет не представлял трудностей.

Математика на первых курсах давалась в не меньшем объеме, чем физика. Матанализ – очень просто и понятно – читал П.П. Белинский, алгебру – Д. А. Захаров (однажды мы с ним проводили Республиканскую физико-математическую олимпиаду в Душанбе), теорию

функций комплексного переменного – С. Л. Крушкаль, дифференциальные уравнения – Л. Ф. Чайковская.

С. К. Годунов, который вел методы матфизики, до этого преподавал на мехмате МГУ. Здесь, в НГУ, мы были у него первые студенты, к тому же физики. Учебников по его курсу не хватало: в библиотеке имелось всего четыре экземпляра ротапринтных книжек, привезенных из Москвы. В итоге на первой сдаче экзамена в зимний семестр двойки получили 120 человек, а на первой пересдаче – около 50.

Колоритный военный переводчик, учитель английского И. О. Веневцев задавал заучивать все уроки из учебника Бицадзе-Рабкиной. Сдать чтение без фонетических ошибок было сложнее, чем выучить текст наизусть. Мы проводили в лингафонном кабинете многие часы. Это были, конечно, драконовские приемы обучения. До сих пор помню эти уроки. Зато как они пригодились 25 лет спустя, когда пришлось полгода читать лекции студентам в Америке!

В 1970–1972 гг. появилась мода на ЭВМ и автоматические системы управления (АСУ). Мы были первым выпуском, которому пожарными темпами на пятом курсе прочитали дополнительные лекции и присвоили

**Легендарный теоретик Румер был прекрасным рассказчиком, а профессор Бурштейн имел известность не только как ученый-физик, но и как президент знаменитого клуба «Под интегралом»**

вторую специальность – «прикладная математика». Мы называли этот процесс асуизацией и еще одним, менее приличным, словом.

Вообще, качество преподавания на физфаке определялось не только программой, но в первую очередь человеческим фактором. Среди тех, кто учил и кто учился, почти не было случайных людей.

## Первые педагогические опыты

Примерно на третьем курсе университета я начал сам сочинять задачи по физике и преподавать в физматшколе. Мне удалось поработать сначала лаборантом, а потом заведующим физической лабораторией ФМШ.

В то время существовала любопытная практика пополнения приборного парка ФМШ. Поскольку материальные ценности в учреждениях Академгородка были в каком-то смысле общими (собственник – государство и СО АН), то ненужные приборы, так называемые неликвиды, можно было легко перевести с баланса любого института на баланс ФМШ. Так в школе образовался обширный приборный парк стоимостью более 200 тыс. руб.

Лаборатория была раем для экспериментатора-студента, поскольку позволяла единолично пользоваться этим огромным складом довольно экзотических приборов. У нас был даже планетарий фирмы «Карл Цейс», который СО АН передало школе после международной выставки в Доме ученых. Правда, использовать планетарий не удалось – просто не нашлось помещения подходящего размера, чтобы развернуть тканевый купол весом 200 кг.

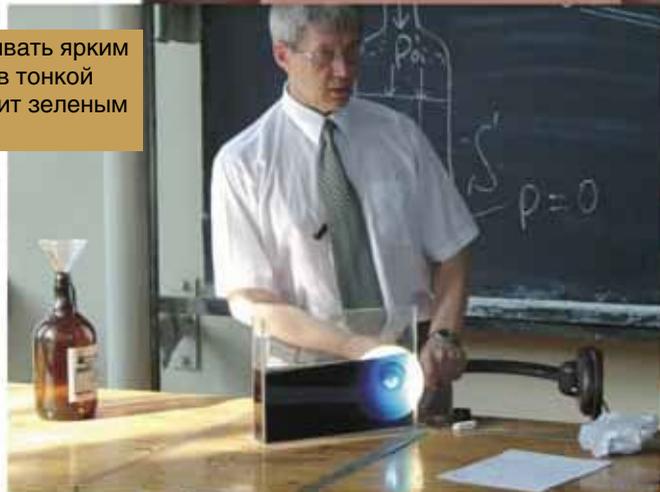
Именно в ФМШ в 1970 г. я впервые прочитал спецкурс, идеология которого послужила основой уже

**ЗАДАЧА ПРОФЕССОРА ПАЛЬЧИКОВА**  
Какого цвета зеленка?

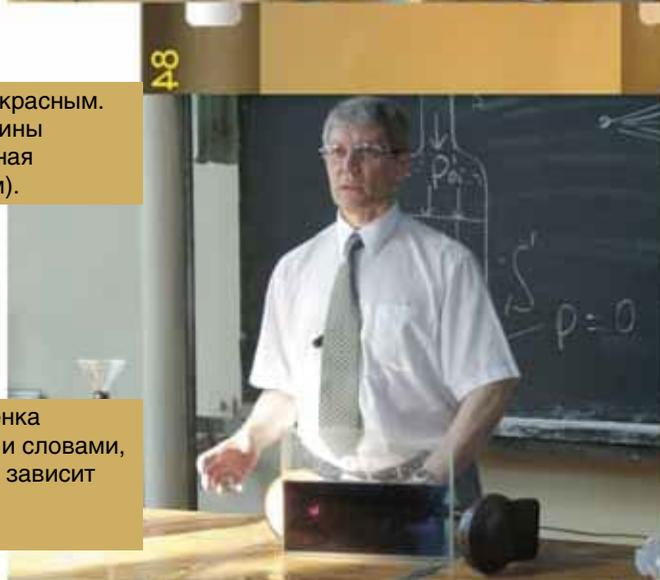


В клиновидную кювету наливается спиртовый раствор зеленки. Обычной аптечной зеленки, которой смазывают мелкие раны и царапины.

Если кювету просвечивать ярким источником света, то в тонкой части раствор выглядит зеленым или сине-зеленым...



...а в толстой части – красным. (В слое средней толщины окраска неопределенная с пурпурным оттенком).



Так какого цвета зеленка на самом деле? Иными словами, почему цвет раствора зависит от его толщины? (ответ см. на стр. 57)

для университетского курса «Введение в технику физического эксперимента». В 1970—1980-х гг. в ФМШ создавались базовые практикумы по физике. Многие работы, конечно, впоследствии исчезли, но и те, что остались, составляют сегодня значительную часть практикума.

Помимо преподавания в школе, студенты полноправно участвовали в работе жюри и собеседованиях по отбору в летнюю школу (ЛШ) на выездных олимпиадах. Университет был очень тесно связан с ФМШ и ЛШ. Олимпиадный комитет находился в здании НГУ, его секретарь Н. А. Овсянникова знала по имени и в лицо не только всех сотрудников СО АН, которые проводили олимпиады, но и студентов. А выездная группа, как правило, состояла из трех научных работников и трех студентов. В этих поездках нередко завязывались знакомства, длившиеся многие годы.



Почему от листа гетинакса мыльный пузырь отскакивает, как мячик, и не лопается?

## Зрелища для ума

Окончив университет, работу с детьми я не прекращал. В 1975 г. зародилась традиция проведения лекций-демонстраций для ребят летней школы в БФА (Большая физическая аудитория НГУ. – Прим. ред.).

М. А. Лаврентьев как раз переехал в Москву и впервые не открывал школу лично и не показывал своих замечательных опытов. Пришлось показывать самим (я исполнял обязанности завуча по физике). Тогда особый восторг у детей вызвали опыты с жидким азотом.

Лекция-демонстрация школьникам понравилась и с тех пор стала обычной практикой не только в ЛШ, но и в зимних школах и на днях открытых дверей в НГУ. Много лет мне ассистировал на таких лекциях Р. Д. Гайнутдинов, часто

Спартак Тимофеевич Беляев, возглавлявший НГУ в 1965—1978 гг., отличался особой демократичностью и открытостью. Его любили. Любому студенту было приятно получить от самого ректора приглашение на новогодний бал

Ректор  
Новосибирского Государственного  
Университета  
академик Беляев С.М.  
имеет честь пригласить Вас на  
Новогодний бал,  
который он даст своим студентам  
в Доме Ученых  
1 января 1970 г.  
Ваше кресло 32 6 10 ряду.  
Среди гостей и Вы.

Р-нт НГУ, зак. № 354



В 1960—1970-х гг. нормой жизни было реальное физическое действие. Этот оригинальный головной убор для студенческого карнавала сделан из старого чайника с помощью топора

задававший им озорной тон. Последние годы помогает начальник лаборатории демонстраций и компьютерного сопровождения (ЛДКС) В. А. Селезнев.

Кстати, в 1975 г. в летней школе в последний раз выступали Г. И. Будкер и С. С. Кутателадзе. Названия их лекций случайно оказались одинаковыми – «Будущее атомной энергетики». Вспоминается мой разговор с Будкером: «Андрей Михайлович, но именно такую тему уже заявил Кутателадзе!» С неподражаемым юмором Будкер парировал: «Молодой человек, неужели вы думаете, что мы с Самсоном Семеновичем прочитаем одинаковые лекции?»

Поразило серьезное отношение к деятельности ЛШ тогдашнего ректора НГУ С. Т. Беляева. В течение двух рабочих дней Спартак Тимофеевич лично просмотрел от корки до корки папки с делами ребят – как принятых, так и непринятых в ФМШ. Он хотел знать, кто придет в университет через год или два. Все эти дни я сидел рядом, отвечая на его вопросы, – это была очень напряженная работа.

А с 1989 г. я читаю курс «Введение в технику физического эксперимента» первокурсникам ФФ НГУ, где рассказываю о методах и достижениях техники эксперимента с начала XX в. до настоящего времени, об устройстве и принципах работы установок и приборов, технологиях измерений физических величин.



Ирина Земцова – королева физфака 1972 г., будущая жена Е. И. Пальчикова



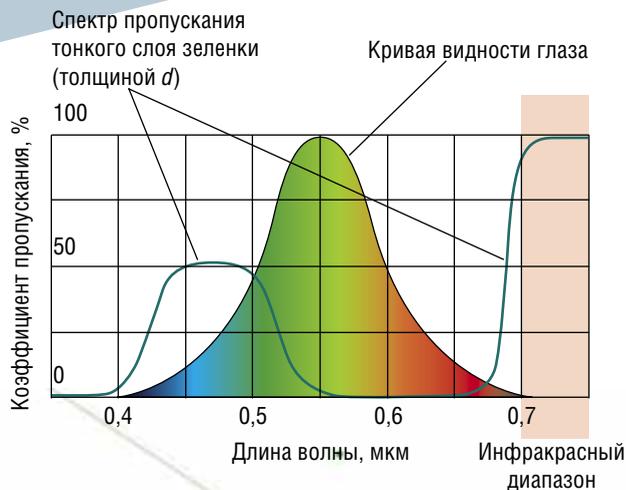
А это тушение кольцевым вихрем пламени газового фонтанчика. Доли секунды – и «авария» ликвидирована!

Например, о том, как получить в лаборатории давление миллион атмосфер или одну миллиардную долю атмосферы? Как создать температуру миллион градусов или одну стотысячную градуса?

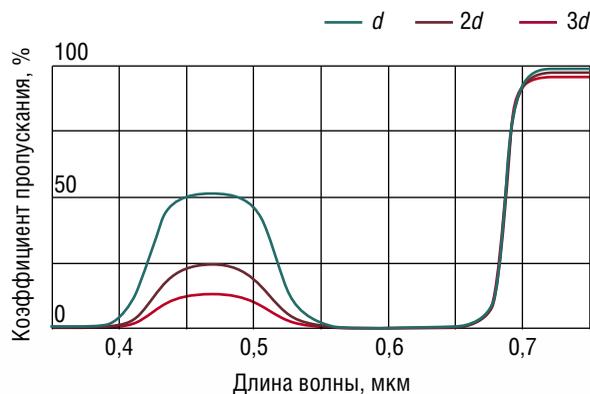
Помимо изложения теоретических основ, на лекциях обязательно показываются настоящие эксперименты с демонстрацией работы установок; используются и компьютерные иллюстрации. Кроме того, каждая лекция содержит экспериментальную задачу. Она выглядит как фокус или невозможное с точки зрения физики явление. Почему обычная зеленка в тонких слоях выглядит зеленой, а в толстых – красной? Почему от листа гетинакса мыльный пузырь отскакивает, как



Когда физикам на карнавале захотелось пустить пыль в глаза в прямом и переносном смысле, к зданию университета пригнали настоящий вертолет



Спектры пропускания раствора зеленки разной толщины:



Спектр пропускания тонкого слоя раствора зеленки имеет в видимой области две полосы прозрачности: широкую сине-зеленую и узкую красную. Точнее сказать, красная полоса не узкая – она простирается дальше в инфракрасную область, но человеческий глаз из этой широкой полосы видит только маленький кусочек.

В красном участке поглощение мало по сравнению с сине-зеленым (коэффициент пропускания для красного света близок к 100%). Но сине-зеленая полоса шире красной и расположена в том участке спектра, где глаз имеет хорошую чувствительность.

С математической точки зрения наше восприятие цвета определяется площадью под кривой (интегралом), полученной перемножением спектра пропускания исследуемого вещества и так называемой *кривой видности*, или чувствительности, глаза. Поэтому интегрально (сравните площади под характерными участками кривой) раствор зеленки в тонком слое будет казаться зеленым.

Теперь увеличим толщину слоя зеленки в два раза или, что то же самое, расположим друг за другом два одинаковых слоя. Чтобы получить новое значение коэффициента пропускания света, надо перемножить коэффициенты пропускания первого слоя и второго такого же слоя. Очевидно, что для сине-зеленой полосы коэффициент уменьшится очень сильно ( $0,5 \times 0,5 = 0,25$ ), а для красной – останется почти неизменным ( $0,99 \times 0,99 \approx 0,98$ ).

При дальнейшем увеличении толщины слоя доля сине-зеленого света становится все меньшей и меньшей по сравнению с долей красного (сравните площади под соответствующими участками кривой). Начиная с некоторой толщины, раствор зеленки на просвет будет не зеленым, а красным.

мячик, и не лопаются? Почему лампочка перегорает сразу в двух местах? К следующей лекции студентам предлагается объяснить увиденное.

Для решения подобной задачи необходимо провести небольшое научное исследование: правильно нарисовать для себя схему эксперимента; разбить задачу на самостоятельные фрагменты, доступные для понимания и решения; изучить разделы знаний, относящиеся к задаче; поставить, если это необходимо, собственные эксперименты; построить модель явления. После чего изложить на бумаге результаты своих умозаключений – так, чтобы они были понятны другому человеку.

Экспериментальные задачи существенно меньшей сложности обязательно присутствуют на олимпиадах и вступительных экзаменах на физфаке. Они всегда вызывали большой интерес, поэтому сочинялись даже для капустников! Некоторые шуточные задачи, такие как «телекинез» (когда в любой момент по требованию зрителей и мысленной команде «экстрасенса» в банке с водой вдруг тонул свободно плавающий шар), не раскрывались в течение года или двух – для сохранения интриги!

Как куратор ЛДКС могу сказать, что в настоящее время в НГУ необыкновенно богатые возможности



для подготовки и проведения лекций с физическими опытами. Закуплено специальное демонстрационное оборудование, разработанное немецкими коллегами из Геттингенского университета. Того самого, где преподавал знаменитый виртуоз демонстраций Роберт Вихард Поль.

## Новое поколение – новые рефлексы

Сравнивая времена моего студенчества и современность, замечаю, что в 1960–1970 гг. нормой был размах реального физического действия (в отличие от сегодняшнего виртуально-информационного поля). Весной мы проводили костюмированные карнавалы с шествиями по Академгородку. Шли толпой, ехали

**Экспериментальные задачи, которые выглядят как фокус или невозможное с точки зрения физики явление, всегда вызывали большой интерес, поэтому сочинялись даже для капустников**

на мотоциклах, машинах и даже на лошадях. Шествие обычно заканчивалось возле университета, где проходили выборы короля и королевы НГУ из претендентов от разных факультетов. Чтобы твоего претендента лучше заметили, не возбранялось пригнать машину-подъемник для строительных работ, поднять в люльке короля с королевой до уровня пятого этажа и вещать оттуда через мегафон. А когда физикам захотелось по-настоящему пустить пыль в глаза, к зданию университета прибыл вертолет, откуда высунулся Фантомас-студент и выбросил плакат с эмблемой физфака и надписью «Привет от Квантомаса». Под оглушительный рев вертолета сверху сыпались листовки, а в глаза зрителям летела не только пыль, но и щепки с песком.

Что касается учебного процесса, то для меня изменения в поведении студентов, произошедшие за двадцать лет, также очевидны. Уже в конце 1990 – начале 2000-х гг. студенты не могут сосредоточиться более чем на 15 минут. Это не их вина, скорее, их беда. Провести у телевизора более года чистого времени (около 8000 часов) из десяти школьных лет с перерывами на рекламу каждую четверть часа – вот суровая реаль-



Почему не лопается под весом человека лампочка, вставленная в кофейную банку?

ность, имплантированный биологический ритм. После 30 тыс. повторов выработался устойчивый рефлекс: 15 минут – брейк. Это пострашнее 25-го кадра, которым так пугают обывателя. По-моему, эксперименты телекомпаний над детской психикой просто аморальны.

Современный школьник и студент чаще смотрят в монитор компьютера, чем в телевизор, поэтому рефлекс «15 минут – брейк» несколько сгладился. Правда, в результате быстрого переключения сознания при хождении по разным ссылкам и окнам заметно повысилась лабильность студенческой психики и способность легко переключаться с темы на тему. Будем надеяться, что они выживут и в этих суровых условиях.

**Н**ГУ создавался основателями МФТИ, и многие наши преподаватели были выпускниками Московского физтеха. Структура университета изначально формировалась так, чтобы студентам преподавали не профессиональные педагоги, а научные работники институтов Академии наук. Ученые сами, без посредников, готовят себе смену. Но в отличие от МФТИ, где базовые институты и предпри-

ятия разбросаны по всей Москве и Подмоскovie, в новосибирском Академгородке огромные технические и научные ресурсы расположены буквально в двух шагах от университета. Разнопрофильные институты тесно интегрированы между собой и абсолютно доступны каждому любознательному студенту.

Как и прежде, находятся фымшата и студенты первых курсов, которые приходят на практику, на спецкурсы и просят сделать курсовые именно в лабораториях институтов, хотя спокойно могли бы учиться на общих основаниях. И пока в институты СО РАН, как к себе домой, будут приходить талантливые и увлеченные молодые люди – наш университет будет развиваться.

*В публикации использованы фотографии Е. Алексеева и из архива автора*

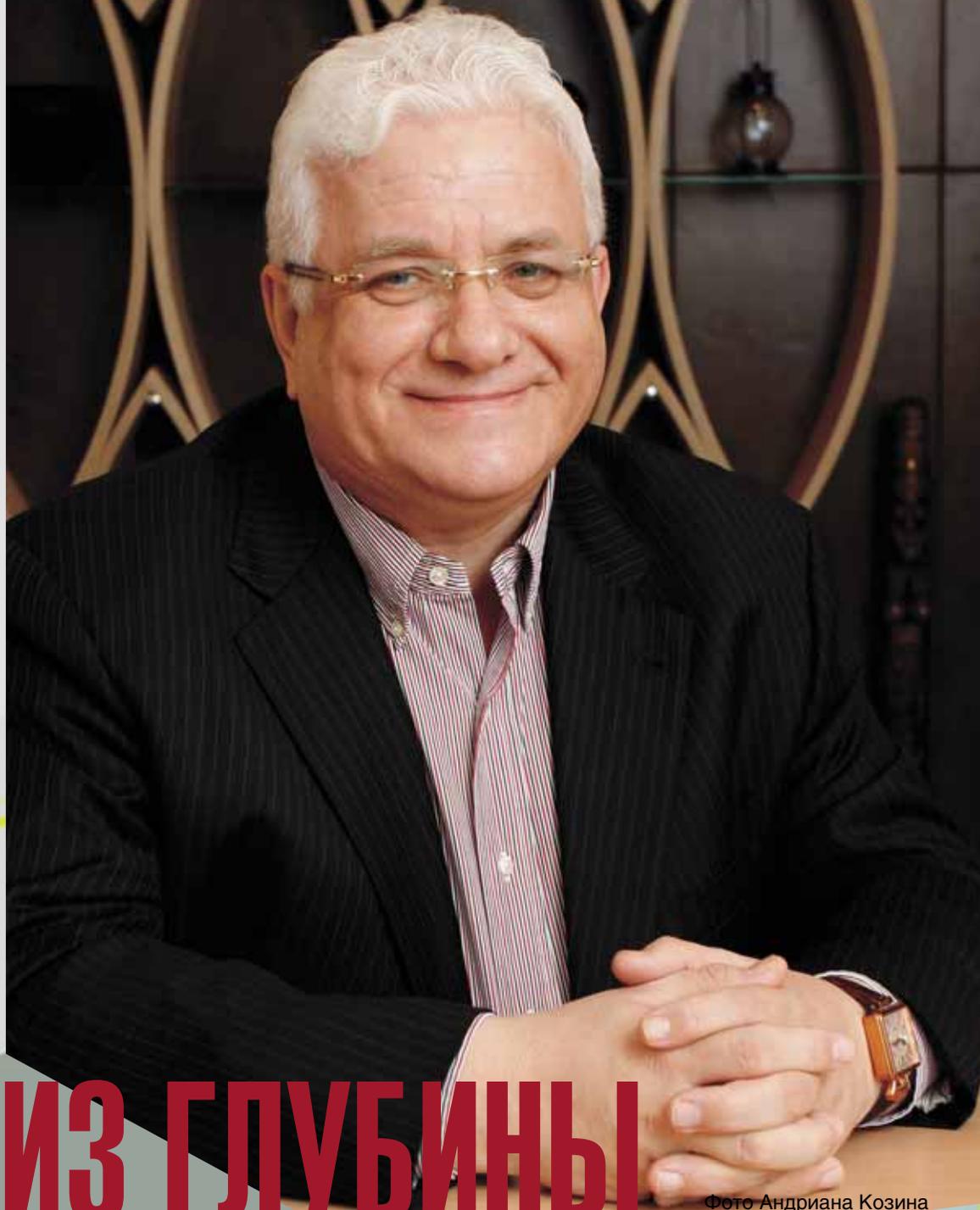


Фото Андриана Козина

# ИЗ ГЛУБИНЫ сибирских руд...

ЭПОВ Михаил Иванович – выпускник НГУ 1973 г. Окончил новосибирскую ФМШ в 1967 г. Академик РАН, доктор технических наук, директор Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), заведующий лабораторией электромагнитных полей, зам. председателя СО РАН, зам. академика-секретаря отделения наук о Земле РАН, профессор. Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Председатель экспертного совета Фонда международной премии «Глобальная энергия», член правления Евро-Азиатского геофизического общества, председатель Сибирской секции Society of Petrophysicists and Well Log Analysts (SPWLA). Область научных интересов: теория распространения электромагнитных полей в геологических средах, электрические и электромагнитные методы поиска и разведки месторождений, эффекты взаимодействия физических процессов различной природы в горных породах и связанные с этим возможности создания новых приборов и технологий. Автор более 260 научных работ, в том числе 4 монографий, и 10 патентов. Хобби: история рода Эповых, коллекционирование советских журналов



*«Среди Эповых встречаются и духовные, и врачи, и офицеры, и педагоги, и купцы, но большею частью они принадлежат к казачьему сословию Забайкальского казачьяго войска».*

*РОДЪ ЭПОВЫХ. С.-Петербург  
Издание В.К. ЭПОВА, 1899 г.*

**К**ак и многие сверстники, в Новосибирский университет я попал из физматшколы. В этом смысле моя судьба служит классической иллюстрацией реализации одной из основных идей, заложенных в основу школы: искать в провинции детей, склонных к занятию науками.

Действительно, родом я из самой что ни на есть глубинки: родился в Читинской области на прииске Любовь, в 18 км от границы с Монголией. С 4 лет жил в небольшом поселке при золотодобывающем руднике Вершина Дарасуна, в 150 км от Читы, если считать напрямик по тайге, и в 80 км – от ближайшей железнодорожной станции. Вокруг рудника бесконечная тайга, простор и свобода. Телевизор я увидел в первый раз только в 1965 г., когда приехал в Читу на олимпиаду.



Дружная семья Эповых: отец Иван Никитич – геолог, мама Вера Дмитриевна – домохозяйка, две сестры – Лариса и Лена. 1959 г.



Как и многие в детстве, я интересовался химией, точнее, как порох сделать и ракету запустить. Однажды (мне тогда было 12 лет) в поселковом книжном магазине мне попался учебник Некрасова «Основы неорганической химии». Сам не знаю, зачем я его купил, но читать стал с большим интересом, хотя понимал там далеко не все. Воображение будоражили таинственные названия химических элементов и истории их открытия.

Потом в библиотеке нашел книгу Верховского «Техника химического эксперимента в школе». Пробовал повторить некоторые опыты: из бромистого калия, купленного в фотоотделе магазина, пытался выделить бром в виде струек темно-коричневого цвета.

Однажды в «Комсомольской правде» я увидел опубликованные олимпиадные задачи по химии, одна из которых меня очень заинтересовала. Речь шла о процессе экстракции, описываемом логарифмами. Понятно, что тогда я даже не подозревал о существовании каких-то логарифмов, поэтому задачу решил по-своему. Остальные задачи – чисто химические – удалось решить гораздо быстрее.

Ответы на задачи отослал в Новосибирск, и в результате в марте 1965 г. меня пригласили в Читу на областную олимпиаду. В основном в ней участвовали городские ребята, буквально подавлявшие своими знаниями. Но неожиданно для себя и других я занял второе место. Потом – длинное собеседование, результатом



У нас было много книг: отец собрал большую библиотеку – классику, историю и поэзию

Родители выписывали массу газет и журналов, которые внимательно читались, особенно долгими зимними вечерами у голландской печки...

которого стало приглашение в летнюю школу в Новосибирск. Для поселковой школы это было настоящей сенсацией.

Так началось мое первое самостоятельное путешествие: родители посадили на автобус, потом – 80 км до железнодорожной станции, где сам купил билет в плацкартный вагон...

В летней школе из нас, провинциалов, составила довольно разношерстная компания. Удивительно, но с некоторыми из тех, с кем я жил в одной комнате, дружу до сих пор.

После того как я, практически самоучка, занял и здесь второе место на олимпиаде по химии, меня зачислили в физматшколу.





Друзья-товарищи. На отдыхе у бабушки



## Хождения по ФМШ

В Новосибирске я попал в абсолютно новый и незнакомый мне мир. Для подростка из поселковой школы это были тяжелые времена, ведь подготовка по многим предметам, по математике и особенно по физике, была очень слабая.

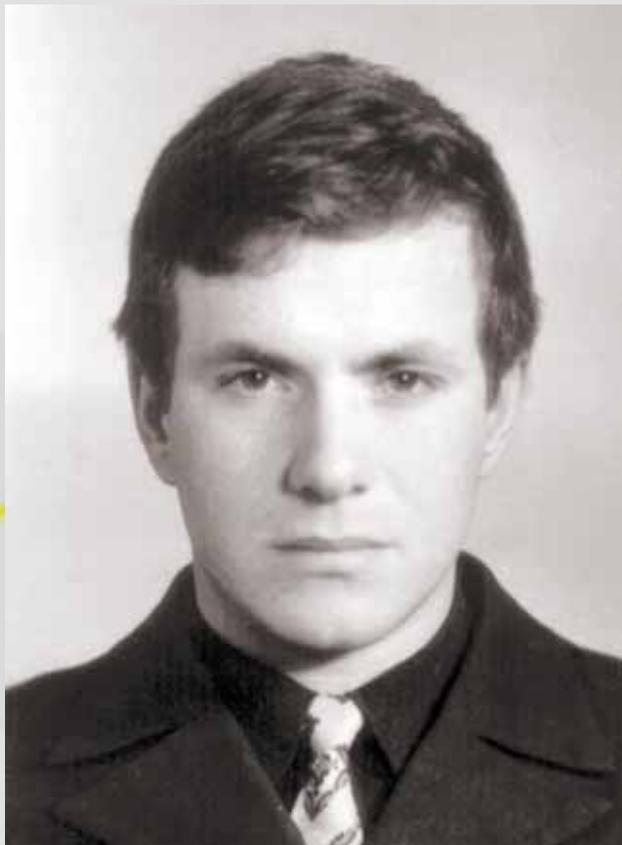
Я не знал, что такое вектор, что такое импульс – в школе было много ребят, которые всем этим уже свободно оперировали. Многие из них посещали кружки при университете, у других родители сами были учеными или преподавателями. Сразу, конечно, выделились лидеры и аутсайдеры. Я, безусловно, попал в последние.

В общем, первые полгода можно назвать кошмарными. Причем надо сказать, что помощи на занятиях не было: просто приходили аспиранты и давали задачи, которые нужно было решать самостоятельно. И, естественно, они общались в основном с теми, кто решал эти задачи быстро и красиво. Неудивительно, что первое полугодие я закончил на тройки и двойки – появилось огромное желание все бросить и сбежать домой.

Дома на зимних каникулах я сказал родителям, что не хочу возвращаться, потому что учиться в ФМШ не могу. Мой отец, человек, прошедший большую жизненную школу, сказал: «Хорошо, сюда вернешься – и что? Будешь потом баранов на вертолете пасти». Кстати сказать, когда потом он приехал навестить меня в общежитии и посмотрел, как мы живем, то мнение свое переменял: «Здесь у вас настоящая бурса. Наверное, я был неправ: думай сам и выбирай, надо ли тебе здесь учиться».

Замечу, что в ФМШ в то время было не только трудно учиться – сама жизнь наша там была не из легких. Школа располагалась еще в микрорайоне Ш, на классической рабочей окраине со всеми вытекающими отсюда последствиями. (Мы жили там последние – как раз на нашем выпускном, в 1967 г., маршал А. А. Гречко принял от Сибирского отделения это здание под политучилище.) Добавьте к этому трудно управляемую подростковую стихию. Воспитатели у нас были хорошие,





Ученик новосибирской ФМШ. 1966 г.

А вот дальше все пошло не по стандарту выпускника ФМШ. Поступать поехал в Ленинградский университет. Экзамены сдал хорошо, но за сочинение получил двойку. Конечно, подготовка по литературе в физмат-школе была слабой, но настоящую причину удалось узнать много лет спустя. В тот год физический факультет переезжал в Петродворец, а общежития еще не были готовы. И было дано негласное указание ограничить набор иногородних.

Так вместо Ленинграда я очутился в Иркутске, где жили старинные друзья моих родителей – Кожевниковы. (Михаил Георгиевич, как и мой отец, был геологом, и я был назван в его честь.)

Там я поступил на вечернее отделение Политехнического института на самый «модный» факультет – самолетостроение. Выбор был случайным – оставаться там я не собирался. Как вечернику, мне нужно было работать. Рядом с частным домом, где снимал комнату, была макаронная фабрика: целый учебный год я днем работал на конвейере, забывая ящики с макаронами, а вечером учился.

Следующим летом все же поступил на геофизику, но теперь уже в НГУ.

## Физика геологу не помеха

В то время первые два года геофизики учились вместе с физиками, что позволяло получить солидную физико-математическую подготовку. Преподавательский состав на геолого-геофизическом факультете был исключительно сильным. Той же математике нас учили так, что, например, Б. Г. Михайленко, закончивший наш факультет двумя годами раньше, стал впоследствии академиком по отделению математики.

В качестве отступления замечу, что такое положение дел изменилось через несколько лет после нашего выпуска. Во-первых, из-за недовольства части преподавателей-геологов, считавших, что физика и математика преподаются в ущерб геологическим дисциплинам (что отчасти было правдой). Во-вторых, уже со второй половины 1980-х гг. среди самих абитуриентов стало уменьшаться число ребят, чья школьная подготовка позволяла выдерживать такие учебные нагрузки.

Апофеоз наступил в 2000-х гг., когда среди студентов-старшекурсников начали попадаться и такие, которые не владели даже основами математического анализа. При этом на фоне снижения уровня базовых физико-математических знаний студентов геофизические курсы оставались очень сильными. Компенсировать слабость теоретической подготовки удавалось за счет практически индивидуального обучения способных студентов во время работы в институтах (в первую очередь, в Институтах геофизики, вычислительной математики и математической геофизики).

Кстати сказать, когда два года назад я стал заведующим кафедрой геофизики НГУ, то постарался вернуть прежнюю систему базовой подготовки. Правда, в результате после первого курса у нас осталось всего шесть человек. Но я сказал: «Мы это вытерпим!» Ведь самое главное – репутация наших выпускников (а их ежегодно не больше 17–20 человек) у работодателей очень высока. У них не было и нет проблем с устройством на работу – «разбирают» уже с третьего курса.

## Нужны ли отечеству пророки

Трудовой путь после окончания НГУ я начал в 1973 г. старшим лаборантом с зарплатой 83 рубля (в это время был уже мужем и отцом).

Моим научным руководителем в лаборатории электромагнитных полей стал ее заведующий, профессор А. А. Кауфман, один из крупнейших теоретиков в области геофизики. Через два года под его руководством я начал готовить диссертационную работу, но в это время он уехал в Прибалтику, а затем в Америку, что для тех лет было нередким событием. Нет руководителя – нет диссертации. Пришлось делать новую работу уже по другой тематике, которую в 1977 г. я защитил



Первокурсники-геофизики. НГУ, 1968 г.

**Условия жизни у студентов-геологов в 1960—1970-х гг. существенно отличались от современных. Своего общежития у геофака не было, поэтому жили мы не в общежитиях на ул. Пирогова, как остальные студенты, а в обычном двухподъездном доме на Детском проезде. Причем на первом курсе пришлось жить шестером в проходной комнате (может, это поспособствовало тому, что из шестерых пятеро стали докторами наук). Много лет спустя в Америке меня попросили передать письмо в Академгородок. Посмотрев на адрес, я обомлел – это была та самая квартира. Отдав письмо, я попросил у хозяйки разрешения взглянуть на комнату. Она очень удивилась и заметила, что я, наверное, ошибся, так как комнатка очень маленькая и жить там шестером просто невозможно. Взглянув на комнату, я ответил: «Вы правы – жить шестером здесь невозможно. Но мы жили».**

**На старших курсах мы уже жили в общежитии на Цветном проезде. И всегда были несколько в стороне от основного потока университетской жизни.**

по физико-математическим наукам в Вычислительном центре. Эту работу я выполнил под руководством Л. А. Табаровского. Он был старше меня всего на 5 лет, и с тех пор нас связывают тесные дружеские отношения.

Так начались годы успешных фундаментальных исследований и безуспешных – до поры – попыток внедрить их результаты в практику.

В моей кандидатской диссертации был обоснован новый метод зондирования, основанный на моделировании электромагнитных полей в нефтяных скважинах с учетом электрической анизотропии горных пород. В то время эти разработки никого не заинтересовали, и мы просто опубликовали практически все результаты.

С начала 1980-х гг. под руководством нашего завлаба Ю.Н. Антонова началось развитие принципиально нового метода высокочастотных зондирования в скважинах. На мою долю выпала часть, связанная с моделированием и созданием системы интерпретации.

Следующая встреча с существовавшей тогда системой хозяйствования произошла в 1989 г., когда мы получили из министерства заключение о бесперспективности предложенного нами метода. Действительно, из существовавшей тогда теории следовало, что для достижения необходимой глубинности зондирования необходимо понижать частоту. При этом уровень



Комплекс ВИКПБ, предназначенный для каротажа в процессе бурения

**Электромагнитный каротаж в процессе бурения – наиболее распространенный и востребованный метод при строительстве горизонтальных скважин. Он используется для решения геофизических задач (определения удельного электрического сопротивления пород, оценки пористости и нефтенасыщенности пласта), а также для геонавигации при бурении. В России прибор электромагнитного каротажа в процессе бурения разработан и выпускается НПП ГА «Луч» (Новосибирск)**

сигнала падает так резко, что измерить его нельзя. При нашем же подходе, использующем некоторые особенности электромагнитного поля, удалось в десятки раз увеличить частоту, сохранив при этом необходимую глубинность. Но признанная теория не допускала таких подходов – и на несколько лет мы остались наедине со своими расчетами.

Дело сдвинулось с мертвой точки лишь в начале 1990-х гг., когда в перспективность нашей разработки безоговорочно поверил начинающий бизнесмен К. Н. Каюров. Организованное им производство, начавшееся с комнаты в заброшенном больничном здании, сегодня превратилось в предприятие, на котором работает более 100 человек. Костяк его составляют опытные инженеры, пришедшие из геофизики и авиационной промышленности. Выпускаемые здесь приборы относятся к той немногочисленной наукоемкой отечественной продукции, которая в течение многих лет выдерживает конкуренцию с зарубежными аналогами.

В те же годы нашими теоретическими разработками заинтересовалась одна из крупнейших зарубежных нефтяных компаний. Как потом выяснилось, они внимательно отслеживали наши публикации в советских журналах и переводили их на английский. В совместном проекте удалось реализовать метод, предложенный еще в моей кандидатской диссертации, и создать аппаратуру для исследования электрической анизотропии горных пород в скважинах с системой интерпретации данных. И здесь мне снова посчастливилось поработать с Л. А. Табаровским – в то время сотрудником крупной американской геофизической компании *Western Atlas*.

Ранее в моей докторской диссертации был представлен разработанный нами оригинальный метод поиска пресной



Скважинный прибор для электромагнитного каротажа ВИКПБ-7 производства НПП ГА «Луч» по сравнению с западными аналогами обладает рядом преимуществ

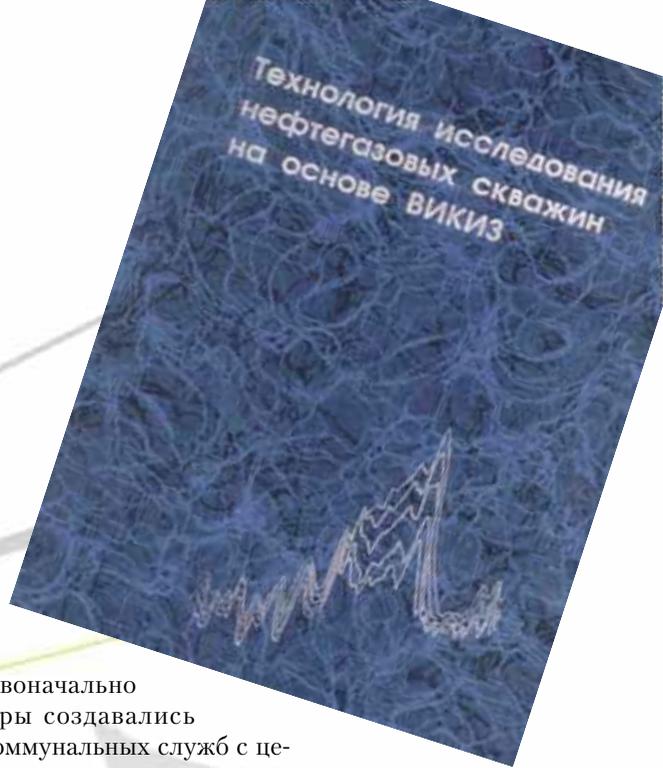
воды. В свое время этот метод также не был воспринят в нашей стране, но нашел применение в ЮАР, где в начале 1990-х гг. я по приглашению отработал почти полгода. Разработка до сих пор используется в этой стране, испытывающей дефицит водных ресурсов. Поездка в ЮАР помогла сохранить молодежную команду, работавшую тогда со мной в институте.

В то время успех во многом определялся эффективным использованием недавно появившихся персональных компьютеров, причем они должны были быть самыми последними моделей. И вот почти все заработанные в ЮАР деньги я потратил на приобретение двух новейших тогда Pentium-486 в расширенной конфигурации. Не учел только одного: в аэропорту нужно было заплатить за их перевозку из Претории в Москву более пятисот долларов, которых у меня не было. И здесь случилось невероятное: директор компании, провожавший меня и хорошо знавший «толщину» моего кошелька, из своих личных денег оплатил перевозку багажа. Эта история почему-то стала широко известной, и западные коллеги довольно часто меня спрашивали, действительно ли я истратил всю свою личную зарплату на оборудование для государственной организации.

Но деньги были потрачены не зря: эти два мощных персональных компьютера помогли нам не только выжить, но и по некоторым направлениям существенно продвинуться вперед.

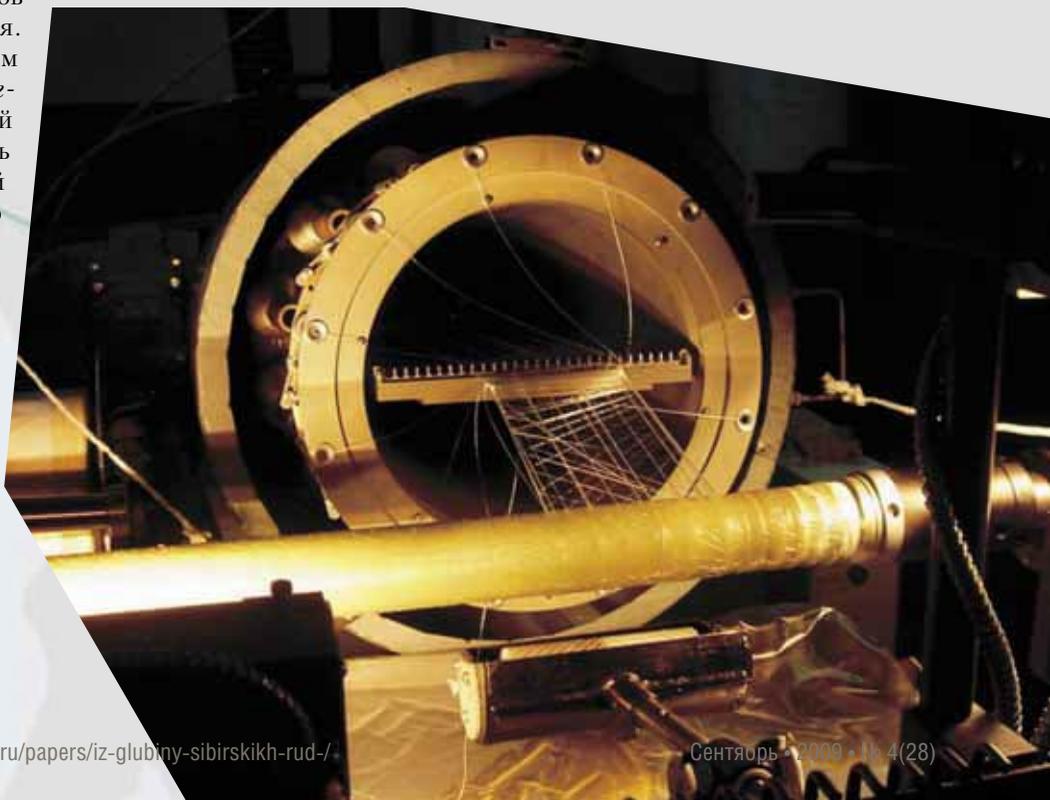
## Электромагнитный «археолог»

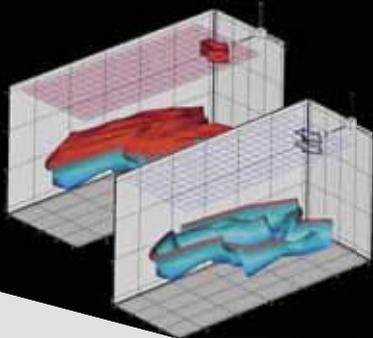
Сегодня в нашем институте разработана целая линейка геофизических приборов самого разного применения. В качестве примера возьмем низкочастотный *электромагнитный сканер* (ЭМС), который способен не только обнаружить неоднородности под земной поверхностью, но и достаточно точно определить их форму и глубину залегания. Этот портативный прибор дает возможность в реальном времени получить (правда, иногда как в кривом зеркале) трехмерное изображение подземных объектов.



Первоначально сканеры создавались для коммунальных служб с целью поиска утечек из подземных водоводов. С этой задачей прибор, как показала практика, хорошо справляется. Но ЭМС оказался на удивление универсальным аппаратом: его уже использовали при поиске кладов, при проверке периметров охраняемых территорий и для решения еще многих задач. Одна из них была связана с поиском мест нелегального изъятия нефтепродуктов из трубопроводов. Прибор доказал свои возможности на специальном полигоне, где был смоделирован целый спектр незаконных врезок.

Но, пожалуй, самым необычным и интересным оказалось использование прибора для археологической





Критерий верности геофизического прогноза – лопата археолога

Трехмерное изображение линзы льда в теле кургана по результатам электроразведки

70

Мечта археологов – обнаружить «замерзшие» древние захоронения, где в линзах льда хорошо сохраняются все археологические артефакты. Но до недавнего времени новосибирские археологи, исследовавшие курганы в Северной Монголии, обнаруживали такие погребения, используя традиционные методы археологической науки. Изучение курганов усложнялось тем, что они были насыпаны из камней, поэтому обычные геофизические контактные методы исследования, требующие заземления, не подходили.

В 2006 г. на помощь археологам пришли геофизики, обнаружившие с помощью индукционного электромагнитного сканирования три таких погребения. Впоследствии археологические раскопки подтвердили правильность геофизического прогноза

**Самое необычное и интересное применение низкочастотного электромагнитного сканера (ЭМС) – археологическая разведка.**

**У ученых уже становится традиционной такая схема: сначала проводится геофизическое картирование, и только затем за дело берутся археологи**

разведки. Сейчас становится традиционной следующая схема: сначала геофизическое картирование, и только затем – раскопки. Так, в Монголии с помощью сканера из множества курганов мы выделили три, где находились замерзшие погребения. Археологи под руководством академика В. И. Молодина в тот же год провели раскопки и полностью подтвердили наш прогноз.

Аналогов, а значит, и конкурентов, у этого прибора в мире пока нет. Дело в том, что в области очень низких частот сигнал пропорционален частоте. Поэтому отношение сигнала к частоте на разных частотах есть постоянная величина. Из этой упрощенной теории, изложенной во всех учебниках, следует, что никакой низкочастотный сканер работать не может из-за недостаточности информации о среде. Однако здесь есть одно маленькое «но»: в тех же самых учебниках вскользь указывается, что эта красивая теория – приближенная.

Как много раз доводилось слышать на конференциях от хорошо эрудированных геофизиков: «Этот прибор не может работать – внимательно читай учебники». Я же знал, что решения полной системы уравнений Максвелла показывают, что при достаточно точных измерениях мы можем восстановить пространственное распределение электропроводности в среде, а значит, и ее структуру.

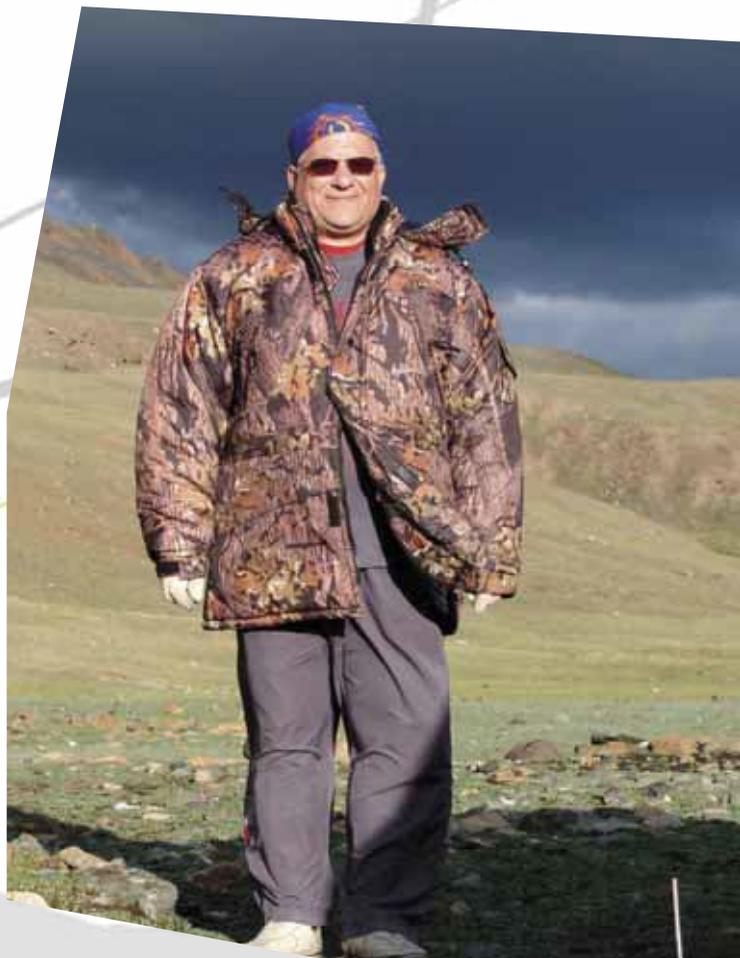
Так был создан наш очередной «невозможный» прибор. Это стало возможным после серьезного математического моделирования и благодаря хорошему пониманию возможностей различных приближенных подходов при описании переменных электромагнитных полей, а также весьма квалифицированного конструирования его электронной начинки.

Сегодня сканер прошел стадию мелкосерийного производства. Недавно был принят закон, позволяющий создавать малые предприятия при институтах – это позволит нам продвигаться дальше.

## Практике нужен фундамент

Сегодня в институте есть несколько молодежных команд, которые непосредственно занимаются разработкой и созданием новых приборов. Откуда у нас такая молодежь? Из новосибирских технических вузов и, конечно, из НГУ. За эти годы через нас прошли не менее сотни молодых людей, осталось около пятнадцати.

Студенты попадают к нам, как правило, со второго-третьего курса. Берем тех, у кого есть способности и интерес к научной работе – у нас они гарантированно получают высокий профессиональный статус. Я советую им не торопиться с выбором дальнейшей карьеры, а сначала защитить кандидатскую диссертацию – это ключ, который и сегодня открывает многие двери.

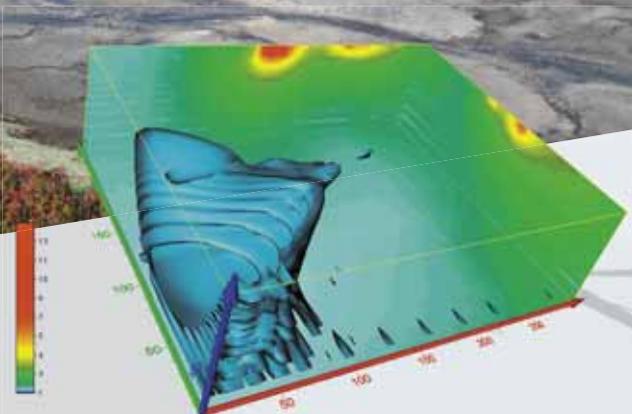
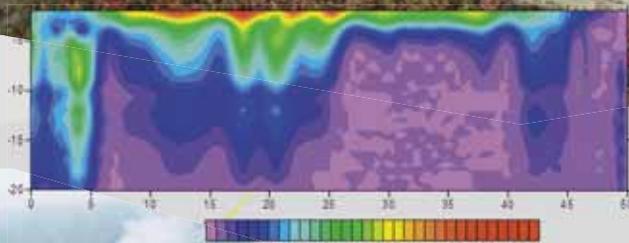
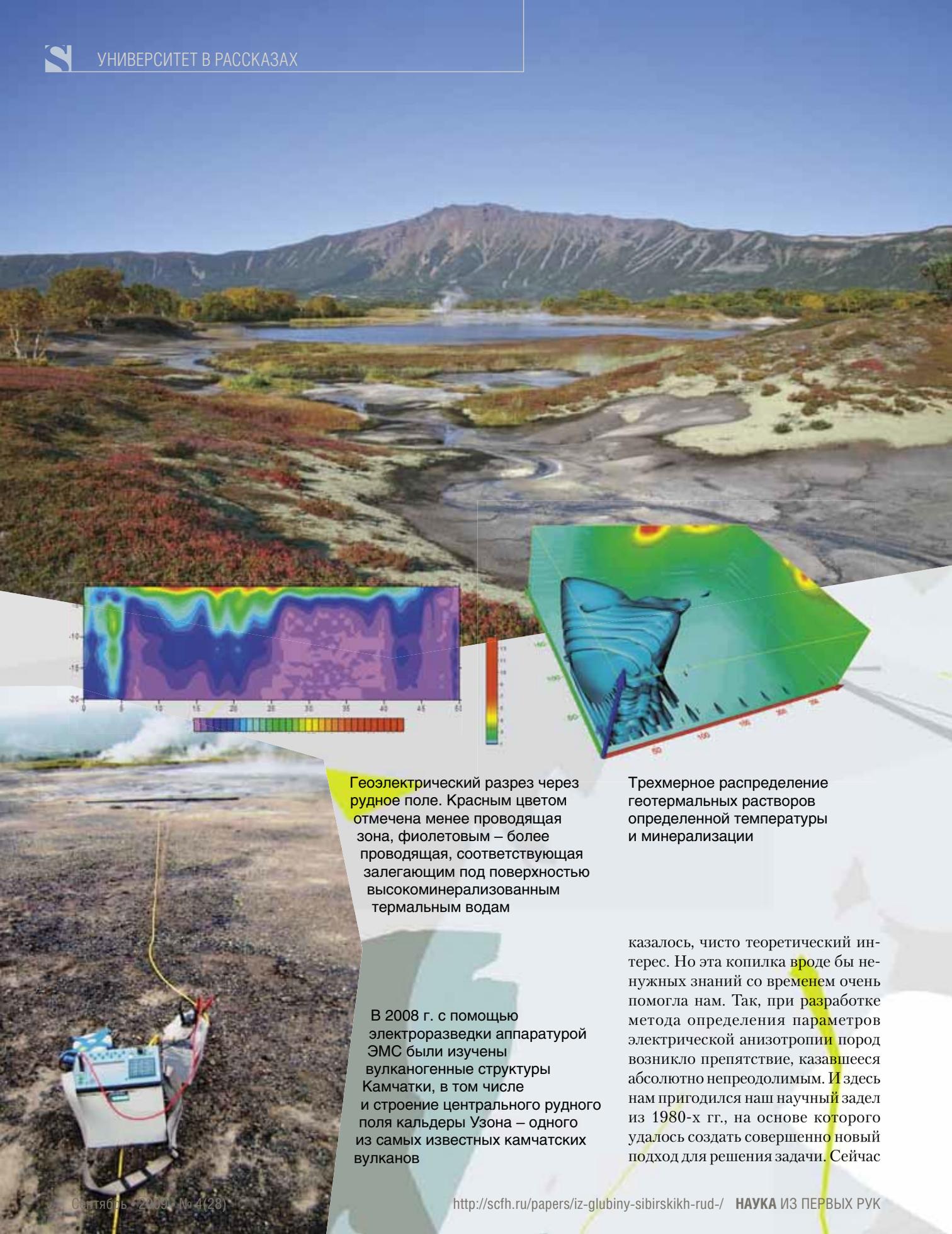


В горах Монголии. 2006 г.

Конечно, много нашей талантливой молодежи уехало работать на Запад, но я не считаю это трагедией, скорее, стимулом к работе. Часть из них вернулась, часть осталась за рубежом, но все они, как правило, продолжают работать по специальности. Многие из наших бывших сотрудников сейчас работают в таких крупных компаниях, как «Газпром», «Роснефть» и другие. Я никогда и никому не препятствовал уходить, но всегда говорил: «Ребята, вы только не забывайте, где вы стали специалистами».

Возможностей сегодня у молодых много. Нас в свое время за границу никто не посылал, но в этом была и положительная сторона: появлялось время и возможность глубоко разобраться во многих фундаментальных вещах, чего так часто не хватает современной молодежи.

Мы проводили исследования, выполняли сложный анализ и при этом иногда обнаруживали совершенно неожиданные эффекты, представлявшие, как нам тогда



Геоэлектрический разрез через рудное поле. Красным цветом отмечена менее проводящая зона, фиолетовым – более проводящая, соответствующая залегающим под поверхностью высокоминерализованным термальным водам

Трехмерное распределение геотермальных растворов определенной температуры и минерализации

В 2008 г. с помощью электроразведки аппаратурой ЭМС были изучены вулканогенные структуры Камчатки, в том числе и строение центрального рудного поля кальдеры Узона – одного из самых известных камчатских вулканов

казалось, чисто теоретический интерес. Но эта копилка вроде бы ненужных знаний со временем очень помогла нам. Так, при разработке метода определения параметров электрической анизотропии пород возникло препятствие, казавшееся абсолютно непреодолимым. И здесь нам пригодился наш научный задел из 1980-х гг., на основе которого удалось создать совершенно новый подход для решения задачи. Сейчас



На презентации разработок молодых ученых. 2009 г.

другие специалисты пытаются понять, как нам это удалось. Но откуда им знать, что корни нашего успеха – в каком-то далеком 1980-м, когда нам было интересно из чисто «научного» любопытства разобраться с одним из математических казусов? Это еще раз подтверждает банальную истину о том, что хорошие практические плоды можно вырастить только на прочном дереве фундаментальных знаний.

...А истории с «невозможными» методами продолжают. Вот недавно защитился молодой сотрудник (кстати, прикладной математик, а не геофизик) по новой тематике, связанной с геофизическими исследованиями на море.

Дело в том, что сегодня все больше нефтегазовых компаний обращают свое внимание на шельф – наземные ресурсы нефти и газа не бесконечны. Для электромагнитных же полей соленая морская вода является своеобразным экраном.

Самое банальное решение – разместить все геофизические приборы на дне. Однако это не только весьма дорого, но и влечет за собой массу технических и технологических трудностей. Основываясь на теоретических расчетах и учете некоторых особенностей морской воды, на которые обычно не обращают внимания, мы показали, что можно размещать приборы на поверхности воды, и при этом достигать поставленной цели.

И вновь все повторилось: в одном из развернутых отзывов на диссертацию соискателю было сделано более десятка замечаний. Их смысл сводился к знакомому утверждению: этого не может быть.

Чтобы подтвердить выводы, нужны натурные эксперименты на море, что стоит немалых денег. Но недавно мне стало ясно – зачем ехать на море, если рядом есть соленые озера?

Осталось получить, как это было не раз, заключение о полной бесперспективности нашего подхода – и за работу!

Когда мое повествование о жизненном и научном пути одного из выпускников НГУ стало подходить к логическому концу, возник мучающий многих графоманов вопрос: как же закруглить текст? Перечитав еще раз написанное, я понял, чего не хватает. У читателя может сложиться впечатление, что все мои интересы в жизни были сосредоточены только на науке, что, конечно же, далеко не так.

Мне повезло: я общался и работал со многими выдающимися геофизиками – С. В. Крыловым, Н. Н. Пузыревым, С. В. Гольдиным... Все они были разносторонними людьми, интересы которых выходили далеко за пределы профессиональной деятельности. Иногда (к сожалению, не столь часто, как хотелось бы) общение с ними вдруг открывало неизвестные мне исторические реалии, поэтические шедевры и новые взгляды на привычный мир.

За последнее десятилетие мы стали чувствовать, что окружавшая нас многие годы советская действительность уплывает в прошлое, переплавляясь из бытовой в историческую. В моем мироощущении это трансформировалось в интерес к советским журналам, каждый из которых является моментальным снимком части навсегда ушедшего от нас мира.

Стены в моем «геофизическом» кабинете плотно завешаны двумя сотнями таких журналов, создавая совершенно новое ощущение прошедшего времени. Я искренне радуюсь каждый раз, когда удастся заполучить то «Красное свиноводство», то «Знамя рабфаковца», а то «Бюллетень царичинской чрезвычайной комиссии по борьбе с контрреволюцией и спекуляцией» и «Гостиницу для путешествующих в прекрасном».

Когда же наступает заветное время отдыха, я погружаюсь в историю Эповых, и вокруг меня оживают персонажи из 18 поколений моих предков, жизнь которых я пытаюсь отобразить в своей новой книге, уже совершенно не имеющей отношения к геофизике.



# БЫТЬ ЕДИНЫМ ЦЕЛЫМ

СУХИНИН Сергей Викторович – выпускник НГУ 1976 г.

Окончил новосибирскую ФМШ в 1971 г.

Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН (Новосибирск), доцент кафедры гидродинамики мехмата НГУ.

Лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники (1999).

Область научных интересов: механика жидкости и газа.

Более 30 лет занимается преподавательской деятельностью. В настоящее время читает спецкурс «Акустика неоднородных сред» и ведет семинары для старшекурсников университета. Среди школьников СУНЦ НГУ пользуется популярностью его факультативный курс лекций «Дополнительные главы высшей математики».

Автор и соавтор более 50 научных работ, в том числе 1 монографии, и 19 патентов

*Если разложить человека и обезьяну на атомы, мы не увидим никаких отличий. Но по количеству информации на единицу веса человек лидирует в животном мире. Человек – носитель информации, и отсюда его главная задача: освоить информацию в процессе обучения, приумножить ее в результате исследований, сохранить и передать другим поколениям. Наверное, в этом и есть смысл жизни*



Сергей Сухинин – выпускник новосибирской физматшколы

Приехав из поселка Ханты-Мансийского округа в Новосибирск, Сережа Сухинин попал в среду сверстников, воспринимавших науку как разновидность спорта

**В** седьмом классе я хотел быть столяром. А еще раньше – журналистом или историком, как отец. Когда в 1968 г. 14-летним мальчишкой поехал в Новосибирск, это было просто любопытство: по итогам районных, окружных и областных олимпиад по физике и математике, где я занимал первые места, меня пригласили в летнюю физматшколу при НГУ.

Сначала ехать не хотел – на это же время знакомый позвал охотиться на медведя. Но меня уговорила мама: убедила, что медведей в тайге много, а приглашение в ФМШ – одно. Так я попал в Академгородок. Променил среду профессиональных охотников и рыбаков на общество мальчиков, которые были ориентированы на интеллектуальные развлечения, например учебу и науку. Наука воспринималась нами как разновидность спорта.

В конце 1960-х гг., когда мы определялись с будущей профессией, в СССР были на подъеме все научные направления: математика, физика, химия, генетика, кибернетика. Наш выпуск разделился на три почти равные части: треть ушла в генетику, вторая треть, куда попал и я, – в прикладную математику, третья – в физику и другие науки.

На этот выбор повлияли не только личные успехи, но и авторитет педагогов. Школьные преподаватели достаточно точно оценили перспективность новейших научных направлений. Они, конечно, не зазывали к себе лично – у каждого из нас оставалась полная свобода выбора. Я, к примеру, обучаясь в ФМШ, ходил в Институт цитологии ставить опыты на хомяках. Но потом под влиянием спецкурсов и семинаров все-таки выбрал Институт гидродинамики.





В первые годы существования в ФМШ учились и восьмиклассники. Но интернатский быт вдали от родителей был нелегким испытанием для 14-летних подростков, и впоследствии от этой практики отказались



## Энтузиазм и коллективизм

Нам читали лекции известные ученые, будущие профессора НГУ: директор ФМШ Е. И. Биченков и чл.-кор. Н. Н. Яненко. Они вели свои курсы два года в школе и после – в университете. Более того, они нас и впоследствии не бросали. У бывших учеников всегда была возможность посоветоваться по трудным вопросам.

В этом смысле система НГУ – СО РАН сохранилась до сих пор. И сегодня студенты приходят делать курсовые и остаются работать в Сибирском отделении по принципу «рыбак рыбака». Это практически персональное обучение. Как и мы в свое время, нынешние

Редколлегия стенгазеты механико-математического факультета НГУ «Оракул»  
(С. Сухинин – крайний слева). 1975 г.

**Лаврентьев не ждал, когда к нему придет Хрущев и скажет: «Возьмите, пожалуйста, сто миллиардов и сделайте для страны что-нибудь полезное»**

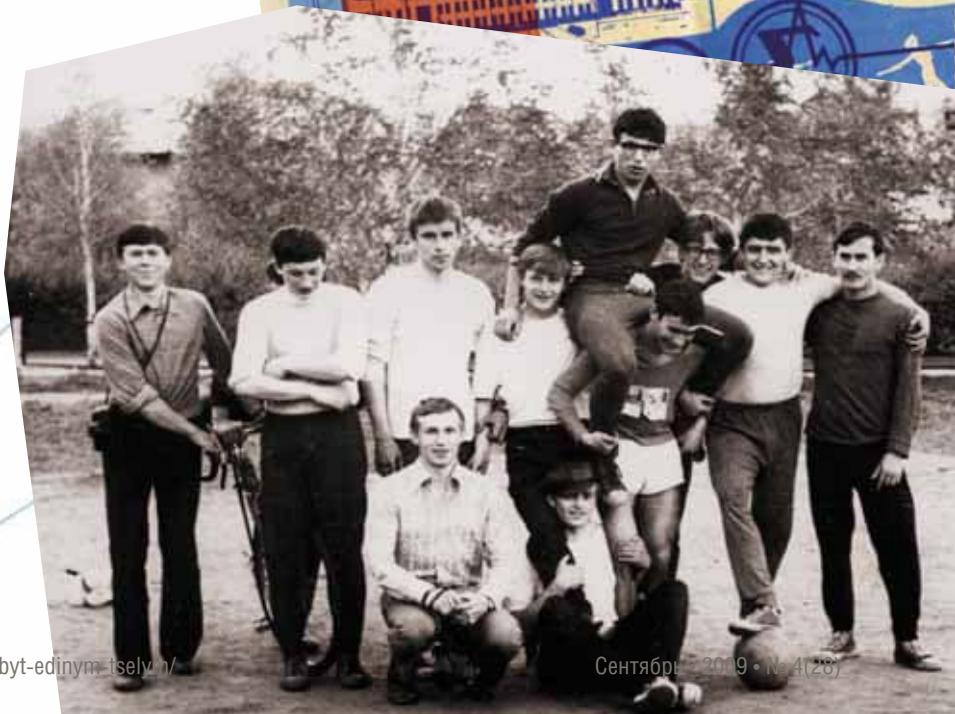
студенты чувствуют, кто из преподавателей им близок. Их интересуют те же вопросы – жизненный опыт, карьера, возможности. Им интересно пройти путь, как когда-то Ломоносов с рыбным обозом. Его путешествие, кстати, часто представляется как подвиг. А что, в сущности, в нем было такого? Людей вокруг много, опасностей никаких, одежда теплая. Я тоже в 14 лет в одиночку больше недели добирался до Новосибирска в болотных сапогах: полторы тысячи километров по Оби из поселка Ханты-Мансийского округа, двое суток ожидания парохода и все такое прочее. Ничего в этом героического нет.

Вспоминая основателей Академгородка, сегодня многие восторженно отзываются об уровне тогдашнего преподавания и говорят, что их лекции были бесподобными. Оглядываясь назад с высоты прожитых лет, хочу сказать, что это не совсем так. Подача материала была довольно эклектичной и сумбурной. На нас выплескивалось огромное количество информации и бездна личного энтузиазма. Однако у первопроходцев совершенно не было опыта преподавания в специальной школе. Построение некоторых курсов не отличалось стройностью и строгостью. Потом их успешно доработали сами авторы или их ученики.

По своему уже 30-летнему педагогическому опыту знаю, что с детьми общаться очень непросто: они не идут на компромиссы, не прощают ошибок. Одна неточность – и авторитет потерян. Сегодняшним



Система отбора способных детей, заложенная еще при М. А. Лаврентьеве, охватывала всю восточную часть СССР – Сибирь, Дальний Восток и даже Среднюю Азию. Сотрудник Института гидродинамики и преподаватель НГУ С. В. Сухинин на Республиканской физико-математической олимпиаде в Уральске (Казахстан). 1985 г.





В студенческом стройотряде «Железный Самсон» после защиты диплома. Пайвино, Маслянинский р-н, 1976 г.

школьникам и студентам нужна четкая мотивация – почему надо сделать именно это, зачем нужен такой эксперимент? В 1960–1970-х гг. были совсем другие стимулы обучения: работали внутренние двигатели маленьких коллективов, царил дух товарищества, творческая атмосфера – все вместе это создавало мощный коллективный эффект. И, конечно, всех нас заражал энтузиазм преподавателей.

Надо сказать, что и мое педагогическое поприще в ФМШ и университете возникло естественным для того времени образом: меня попросили старшие товарищи, попросили – как приказали. Преподавание, между прочим, поддерживает в хорошей интеллектуальной форме. Это занятие никогда никому не мешало, если не воспринимать его как тупое и многократное решение одной и той же задачи, объяснение некоторой сути, которой сам до конца не понимаешь.

## Наука и государство

На заре создания Академгородка вся система работы в Сибирском отделении и НГУ располагала к преподаванию и занятию наукой: перед академией стояли конкретные государственные задачи. Сибирское отделение было не региональной, а федеральной структурой. Сегодня статус СО РАН занижен. Отсюда и результат – отсутствие связи с производством, с правительством, дефицит глобальных идей развития.

Академия наук должна играть первую скрипку в государстве. Она должна ставить задачи и решать их на уровне страны, а идей у нее нет. В этом смысле М. А. Лаврентьев был топ-менеджером мирового класса: он держал связь с производством и руководством страны. Он не ждал, когда к нему придет Н. С. Хрущев и скажет: «Возьмите, пожалуйста, сто миллиардов и сделайте для страны что-нибудь полезное». И система тогда была ничуть не лояльнее – приходилось убеждать, пробивать. Судьба Академгородка много раз висела на волоске, когда Хрущев хотел его закрыть. Не успели бы построить – эти деньги сгорели бы.

Унылое впечатление производит нынешняя прослойка наших академических структур. Они отличаются от Лаврентьева, Яненко и других академиков старой закалки, как салонные львы от боевых генералов. Куда-то делся жесткий спрос за конкретные общественно полезные дела.

## Талант надо растить с детства

Опыт специальной подготовки научных кадров, который имеет новосибирский Академгородок, очень важен не только для России, но и для всего человечества. Этот опыт активно используется во многих странах. Стало совершенно ясно, что профессиональных работников в естественно-научной сфере деятельности нужно готовить точно так же, как балерин, спортсменов или музыкантов – с детства. И готовить их могут только профессионалы.

Самое ценное, что было и есть сегодня в НГУ, – это умные дети. Я знаю молодого выпускника университета, которого крупные компании перекупают, как футболиста. По моим наблюдениям, сейчас талантливых студентов 3–5 человек на группу (всего в группе 20–25 ребят), поэтому, будучи штучным исключением, они не являются ориентиром для остальных. В наше время таких было примерно полтора десятка, т. е. они доминировали, они задавали планку. Почему так происходило? Благодаря известному способу отбора кадров – с помощью системы олимпиад собрать лучших со всего Зауралья.

Иногда говорят, что современная молодежь потеряла интерес к обучению. Дело в том, что нужно формировать рынок сбыта выпускников, создавать сферы трудоустройства – это высокие технологии, оборонная промышленность, биохимия и т. д. Потребность в квалифицированных кадрах огромная, но необходимо готовить их на востребованном уровне.

Очень многое, конечно, зависит от преподавателей. В 90-е гг. повальной эмиграции наш университет и Сибирское отделение потеряли целый слой талантливых педагогов и руководителей в возрасте от 30 до 50 лет. В советском же обществе, ругать которое считается хорошим тоном, личности такого масштаба, как В. А. Коптюг, жили и работали на всю катушку.

**Н**е хочу говорить, что все потеряно – многое еще можно восстановить. Но часы уже тикают. Сибирское отделение и НГУ должны работать в плотной связке – только так мы сможем поднять ценность обеих структур. И неважно, станут ли институты кафедрами НГУ или университет – частью СО РАН. Главное – они должны быть единым целым.

Ведь университет – это не здание и не администрация. Это мы, выражаясь казенным языком – профессорско-преподавательский состав. И НГУ будет жить и развиваться до тех пор, пока ученые Сибирского отделения будут в нем преподавать. Или же все произойдет как в классической сказке – «они жили долго и счастливо и умерли в один день».





# СТРАНЕ НУЖНЫ ИССЛЕДОВАТЕЛИ!

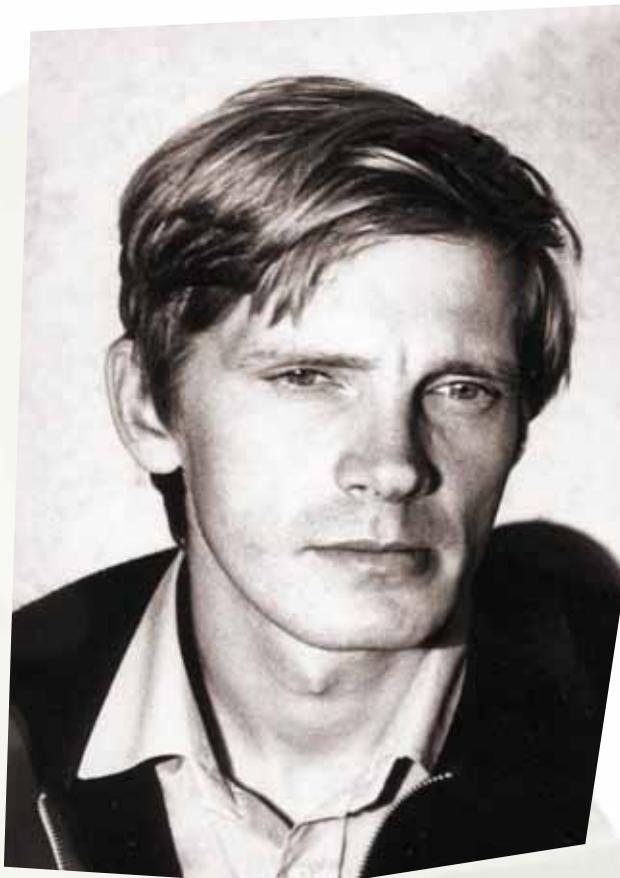
БОНДАРЬ Александр Евгеньевич – выпускник физического факультета НГУ 1977 г.

Член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск), профессор НГУ.

Специалист в области физики элементарных частиц, в развитие экспериментальных методов которой внес значительный вклад. Член Комитета научной политики Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН). Под руководством А. Е. Бондаря научные группы сотрудников ИЯФа участвуют в таких крупных международных экспериментах, как LHCb (в рамках проекта Большого адронного коллайдера, ЦЕРН) и Belle (на В-фабрике в лаборатории КЕК, Япония).

В 1980-х гг. преподавал в ФМШ. С 1992 г. читает спецкурс по физике элементарных частиц на кафедре ускорителей физфака НГУ.

Автор и соавтор около 400 научных работ



*Иной одаренный человек может сделать для науки больше, чем целый институт. И система образования должна быть построена так, чтобы не потерять такого человека. По мнению члена-корреспондента А.Е. Бондаря, имеющего опыт участия во многих международных научных проектах и работавшего с выпускниками разных университетов мира, Новосибирский университет максимально приближен к этому идеалу*

Александр Бондарь – выпускник физфака НГУ. Конец 1970-х гг.

**М**ой путь в университет и в науку внешне выглядит прямолинейным. В то же время, когда я анализирую, почему выбрал такую жизнь, такую работу, сам удивляюсь.

Я из семьи людей простых. Мои родители не имели шансов получить высшее образование: тяготы войны, трудные жизненные обстоятельства.

Жили мы в Челябинске, в рабочем районе. Интерес к науке у меня возник довольно рано. Возможно, причиной тому было огромное общественное внимание к космонавтике. В 1961 г., когда мне было шесть лет, в космос полетел Гагарин, и в обществе широко обсуждался этот феноменальный полет. На маленького мальчика это произвело большое впечатление.

Я учился в обычной школе, но однажды услышал по радио, что объявляется набор в пятый класс физико-математической школы Челябинска, и решил, что хочу там учиться. Мне пришлось ежедневно ездить на противоположный конец города. Это в какой-то степени случайное, но твердое мое решение определило всю дальнейшую жизнь.

Организатору и руководителю школы И. А. Игошеву удалось подобрать коллектив учителей-единомышленников и создать творческую, неформальную атмосферу.



**Академгородок меня покори́л. Вся жизнь, казалось, сосредоточена вокруг науки**



На третьем курсе у А. Е. Бондаря родился сын (он давно уже окончил НГУ и сейчас работает в одном из институтов СО РАН)

В 1972 г. я закончил десятый класс. Образовалось две «партии»: московская (кто хотел поступать в МГУ и МФТИ) и новосибирская. Как я припоминаю, авторитет Новосибирского университета был даже выше, чем столичных вузов. Большое влияние на меня оказали старшие товарищи – те, кто закончил школу на год или на два раньше (в нашей ФМШ не было жесткого разделения по возрасту, и старшеклассники тесно общались с младшими).

Еще в девятом классе я совершил на каникулах поездку в Новосибирск к друзьям, которые здесь уже учились. Они мне все показали: Городок, университет, общежития. Академгородок меня покори́л. Вся жизнь, казалось, сосредоточена вокруг науки.

Из челябинской ФМШ сюда приехала поступать большая группа ребят. Я хорошо помню это замечательное лето 1972-го, когда мы были абитуриентами. Стояла чудная погода: к экзаменам готовились в основном на пляже. Из нашего класса все, кто приехал, поступили: двое парней – на физфак, две девочки – на ФЕН. Одна из них впоследствии стала моей женой.

## От НГУ до института – рукой подать

В университете на меня обратил внимание Г. Л. Коткин, который вел семинары по механике и экспериментальный практикум. Когда в конце первого курса я выразил желание более углубленно заняться экспериментальной физикой, он договорился, чтобы меня взяли на практику в ИЯФ раньше, чем это обычно принято.

Я не планировал посвятить себя именно ядерной физике. Но у меня была склонность к экспериментальной работе. Кроме того, мне всегда казалось, что теоретики недосягаемо умны.



В пультовой ускорителя ВЭПП-4. Один из элементов нового большого детектора МД-1 был создан на основе методики, которой была посвящена дипломная работа А. Е. Бондаря. Начало 1980-х гг.

Большой жизненной удачей считаю, что моим научным руководителем стал Алексей Павлович Онучин. Его совершенно не смутила моя молодость. Летом 1973 г. на скамеечке перед институтом он устроил мне импровизированный экзамен (в то время студенты рвались в ИЯФ, и надо было пройти отбор). Предложенные задачки я решил не до конца, но мысли, видимо, продемонстрировал разумные. И Онучин сказал: «Осенью приходите – найду вам дело».

Мне повезло, что в лаборатории, которой руководил Алексей Павлович, как раз готовился новый эксперимент МД-1 на ускорителе ВЭПП-4. Я попал в коллектив увлеченных людей. Отныне каждую свободную минуту старался убежать в институт, но учеба в университете, конечно, тоже была очень интересна.

Нам читали замечательные лекторы. Механику, например, преподавал В. Е. Захаров, ныне академик,

известный теоретик; термодинамику – легендарный Ю. Б. Румер, лично знавший Л. Д. Ландау, М. Борна, А. Эйнштейна. Б. В. Чириков вел электродинамику. Про Г. И. Будкера я бы даже не сказал, что он читал курс лекций – просто выступал перед студентами, рассказывал о физике, в частности о той, которая делалась на другом конце Университетского проспекта – в ИЯФе. Среди семинаристов отмечу такого незаурядного человека, как М. С. Золоторев, будущий первооткрыватель несохранения четности в атомных переходах.

На всю жизнь запомнилась встреча ректора Спартак Тимофеевича Беляева с первым курсом в Большом зале Дома ученых. Собрались все первокурсники университета, ректор держал речь, отвечал на вопросы. Эти традиционные встречи, мне кажется, были очень важны. С годами все больше убеждаюсь в правоте и глубине высказанных тогда Беляевым мыслей.



переключаться с одной задачи на другую. И третий существенный момент в этой схеме, может быть самый главный, – университет должен научить самостоятельно учиться.

Больше 30 лет прошло после окончания НГУ. Мне довелось тесно работать с молодыми людьми, получившими образование в различных университетах мира. И могу сказать, что студенты Новосибирского университета обладают очень ценным качеством: они исключительно гибкие. Их умение перестраиваться, самостоятельно находить решение проблемы, быстро входить в курс нового дела гораздо более развиты, чем у других. В науке эти качества важны чрезвычайно. Потому что иначе человек, даже глубоко знающий предмет в своей узкой области, рискует превратиться в средней руки инженера, который умеет делать определенные действия и ничего больше.

Основные принципы образования в НГУ, которые я первокурсником впервые услышал из уст академика Беляева, возможно, формально и не зафиксированы, но де-факто очень удачно реализованы в нашем университете. И ничего более оптимального мне не удалось встретить нигде в мире.

НГУ готовит будущих научных работников. Спартак Тимофеевич говорил о принципах образования в университете, о том, что проблема подготовки научных кадров состоит в том, что наука не стоит на месте. То, что вчера было передним краем исследований, завтра становится глубоким тылом. Наука развивается быстрее, чем пишутся новые учебники.

Поэтому ключевым пунктом в образовательном процессе является то, что студентов должны учить люди, которые сами участвуют в научных исследованиях и знают, где сейчас происходит самое интересное и каким интеллектуальным арсеналом нужно обладать, чтобы эти исследования проводить. С другой стороны, университет призван давать широкое фундаментальное образование, чтобы человек, который приходит в науку, умел легко



А. П. Онучин – первый научный руководитель А. Е. Бондаря. В 1970-х гг. Алексей Павлович возглавлял лабораторию, готовившую эксперимент МД-1 на ускорителе ВЭПП-4

## Учитель

Органичная связь учебного процесса с исследовательской работой – основа образования в НГУ. И здесь роль научного руководителя трудно переоценить. Нет учебников, по которым можно научиться исследованиям. Обязательно должен быть Учитель – человек, который ставит задачу, учит подходам к ней и в то же время оставляет тебе некоторую свободу для реализации индивидуальных наклонностей и собственных идей.

У меня было несколько учителей, повлиявших на мои научные взгляды. Алексей Павлович Онучин – первый, кто занимался мною всерьез. Представьте себе: приходит в институт на практику студент первого курса. Он ничего не умеет, еще мало что знает. Дистанция между ним и доктором наук, руководителем лаборатории – огромна. Тем не менее я сразу почувствовал атмосферу демократизма, равенства. Когда физики обсуждали новую установку, научные статьи, свежие идеи, нахальный студент тоже имел возможность высказывать свое мнение! Никто никогда даже не намекнул, что ты, юноша, лучше помолчи и послушай, что умные люди говорят.

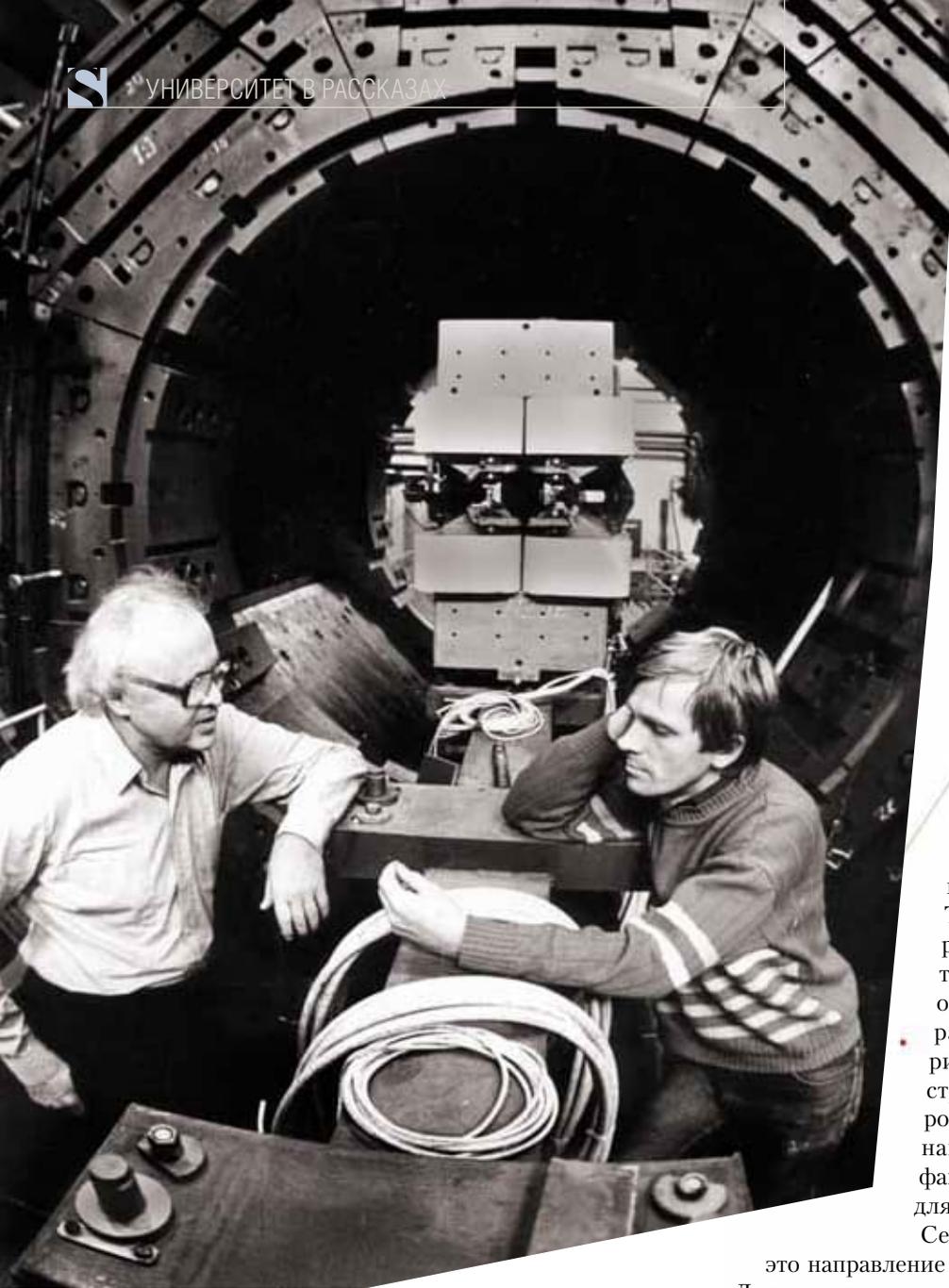
Довольно скоро мне дали небольшую самостоятельную задачу. Не учебную работу, а настоящую, пусть простую, но все-таки новую научную задачу. Нужно было изготовить детектор для регистрации координаты пролета элементарных частиц с повышенной точностью – лучше 100 микрон. Идея создания такого прибора была передовой для того времени. ИЯФ запускал проект большого детектора, где такие точные приборы составляли существенную часть комплекса. Один из вариантов прибора мне и предложили попробовать сконструировать. Что-то я сделал сам, что-то помогли старшие коллеги.

Прибор дал обнадеживающие результаты. Потом более квалифицированные товарищи перепроверили меня и убедились в их правильности. На третьем курсе или в начале четвертого меня включили в первую статью в качестве соавтора.

По той же теме я защищал диплом. Позже на основе опробованной методики был создан элемент детектора МД-1, и это стало стержнем дальнейшей моей научной работы, включая кандидатскую диссертацию. Между прочим, кандидатскую я защитил довольно поздно – в 39 лет. В ИЯФе защита диссертации всегда была некоторой формальностью.



Физики, как известно, любят пошутить. Сплываясь по Чумышу, сотрудники ИЯФа обнаружили размытый рекой могильник доисторических животных. 1984 г.



Рабочий момент обсуждения с членом-корреспондентом В. А. Сидоровым хода сборки детектора «Кедр». Конец 1990-х гг. Фото В. Новикова

Своему научному руководителю я благодарен не только за то, что он поддержал, очень деликатно направил чересчур самонадеянного студента в разумное русло и дал возможность чему-то научиться, что-то сделать самостоятельно. В отношениях учителя и ученика есть такая сложная стадия, когда у повзрослевшего воспитанника появляются собственные серьезные идеи, уже выстраданные убеждения и мнения, чем стоит заниматься, какие исследования нужно проводить и какие задачи решать. Часто на этом этапе возникает

антагонизм. К счастью, Алексей Павлович понимал, как важно для меня поверить в себя, в свою способность поставить задачу и найти способ ее решения. Сохранив хорошие отношения, мы до сих пор тесно сотрудничаем.

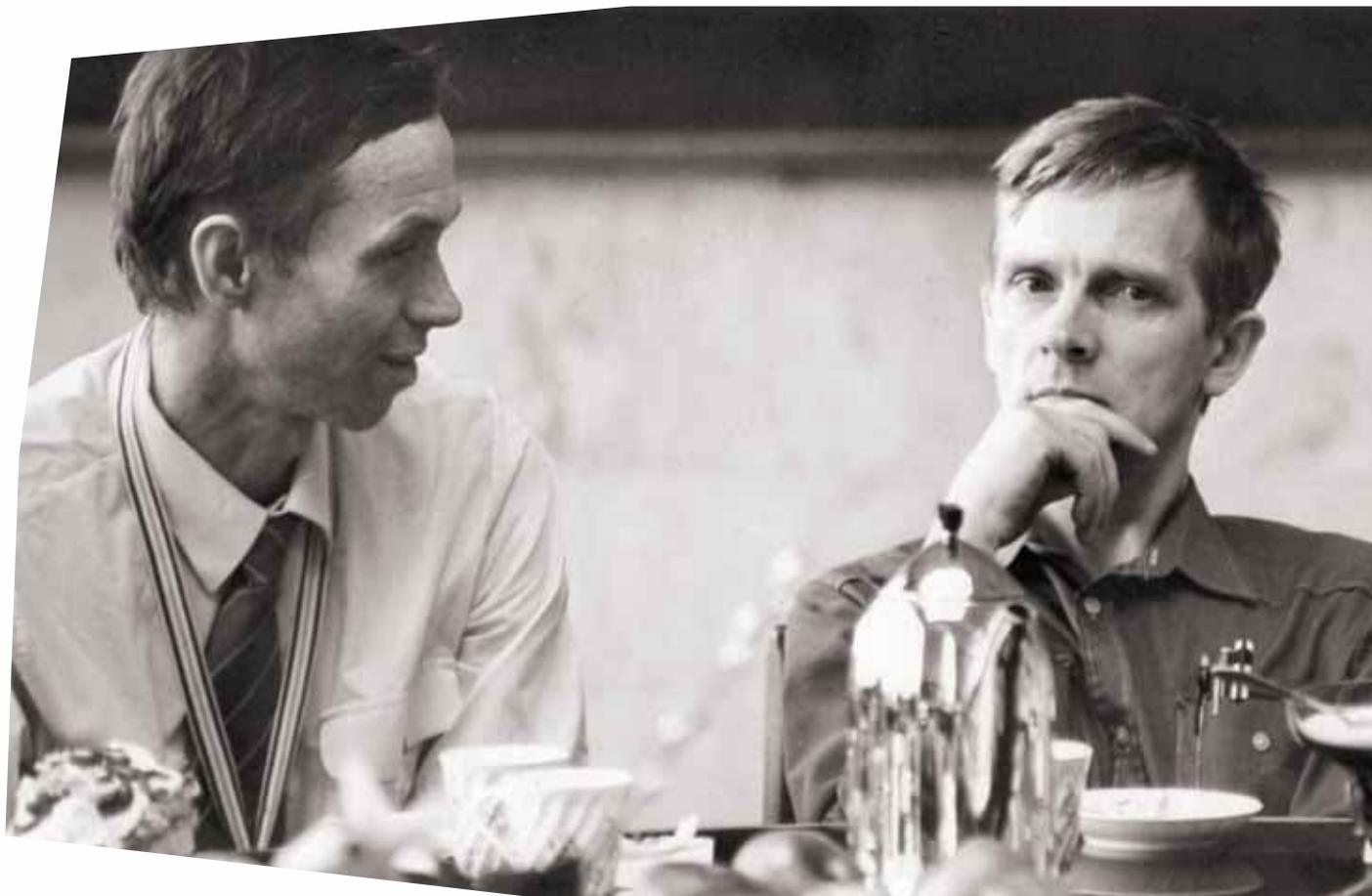
## Не потерять талант

Несмотря на то что мы живем в век узкой специализации, научные интересы исследователя могут довольно резко меняться. Пожалуй, их даже полезно время от времени менять принудительно. Ведь и сама наука развивается неравномерно.

Например, в середине 1970-х, когда я пришел в науку, период бурного расцвета переживала квантовая хромодинамика (КХД). Толчком послужило открытие очарованного кварка. КХД и Стандартная модель в целом, теоретические основы которой были заложены ранее, получили мощную экспериментальную поддержку и стали стремительно развиваться. Сформировались целые экспериментальные направления, которые поставляли фактический материал, необходимый для дальнейшего развития теории.

Сейчас создается впечатление, что это направление в значительной мере выработано. Для молодежи, которая приходит в физику сегодня, эта область деятельности, наверное, не так интересна. Но кто знает, может быть, где-то рядом своего первооткрывателя ждет «неизвестная земля», так сказать *terra incognita*, где произойдет прорыв, который будут делать, конечно же, молодые.

Университетское образование, по крайней мере у физиков, вырабатывает особый стиль мышления. Физика наших дней настолько продвинутая наука, что здравый смысл зачастую не помогает. Ученый должен думать и работать на языке абстрактных понятий и математических формул. Возьмем квантовую механику – все ее основополагающие принципы очень далеки от повседневного человеческого опыта, хотя специалисты считают их само собой разумеющимися. Но при обучении молодой человек неизбежно должен совершать над



За знаменитым круглым столом ИЯФа на юбилее д.ф.-м.н. С. И. Середнякова. 1995 г.

собой усилия. Освоение квантовой механики требует ломки сознания. И по плечу это людям с определенным складом ума. Точно так же, как умение играть на скрипке – не каждому дано.

В процессе обучения в университете одновременно происходит и отбор кадров, профессионально пригодных к исследовательской деятельности. Кстати, для этого не нужно очень много людей. Ведь иной особо одаренный человек может сделать для науки гораздо больше, чем целый институт. И система образования должна быть построена так, чтобы не потерять такого человека.

## Неюбилейные мысли

Рыночные реформы ориентируют систему высшего образования на массовое производство «чего-то» знающих людей. И это большая проблема для фундаментальной науки, где нужны люди «штучные», особенные. Здоровые идеи, заложенные отцами-основателями нашего университета, проверенные временем и доказавшие, что они работают (наверное, уже больше

половины научных сотрудников СО РАН – выпускники НГУ), размываются как объективными причинами, так и субъективными.

Как преподаватель кафедры ускорителей и физики элементарных частиц, как научный руководитель я постоянно имею контакт со студентами. И должен сказать, что уровень подготовки за последние годы резко упал. Думаю, что главной причиной является общее изменение ситуации в жизни общества. Для молодых людей в значительной степени поменялась мотивация: многие из них считают занятие наукой уже не столь престижным, как это было двадцать лет назад.

Второй объективный фактор – демографическая яма. Наконец, третий момент, который я уже не могу назвать объективным, – это крайне рискованные эксперименты со средним образованием. Например, физика сегодня не является обязательным школьным предметом. А введение ЕГЭ? Его апологеты уверяют, что ЕГЭ более объективный критерий оценки знаний, чем классический экзамен. А я считаю, что объективность не может быть в данном вопросе самоцелью. Для будущих ученых важен не столько набор знаний,

усвоенный в школе, сколько стиль мышления, гибкость ума – то, что нельзя измерить никакими формальными тестами. Пусть плохо, пусть необъективно, но ничего лучше не придумали, чем личное общение с учителем, который понимает, хотя бы на интуитивном уровне, что требуется от молодого человека, чтобы успешно работать в той или иной области исследований. Как можно из такого ответственного процесса исключать учителя?

На физфак НГУ уже много лет фактически нет конкурса. Берут всех, кто демонстрирует хотя бы минимальные знания. Но ведь дальше они не могут учиться! В конце второго курса почти половина студентов имеют двойки по физике и математике. Деканат пеняет строгим преподавателям: «Вы лишаете нас студентов!» Однако ослабить требования – значит снизить уровень подготовки. Эти люди не смогут в будущем заниматься исследованиями. Нам возражают: «И не надо таких! Может, они в бизнес пойдут, будут заниматься инновациями. Стране же все равно нужны образованные люди».

Моя точка зрения – стране нужны исследователи! Если не будет фундаментальной науки, если не восстановится система воспроизводства научных кадров, все остальное – прикладные разработки, инновации и прочее – обречено. Я отдаю себе отчет, что, допустим, производственные компании нуждаются не столько в исследователях, сколько в квалифицированных инженерах и техниках. И это нормально. Беспокоит другое – как бы за деревьями не потерять леса. Фундаментальная наука уязвима. Это хрупкий каркас, на котором при разумном подходе растет весь организм технически развитого общества. Будет молодежь приходить в фундаментальную науку – будет и рынок научных идей и изобретений, будет и экономический эффект. Без чистой науки нет шансов построить, как сейчас любят говорить, инновационную экономику. В лучшем случае мы будем реализовывать чужие идеи и плестись последними в гонке за новыми технологиями.

## Начинать надо с ФМШ

Нельзя не сказать, что одним из краеугольных камней в фундаменте университета является физматшкола. (Позвольте мне называть ее по-старому – ФМШ. В этом названии был глубокий смысл, ведь математика и физика лежат в основе всех естественных наук.) Сегодня, чтобы учить своего ребенка в ФМШ, родители должны платить, и очень солидные деньги – около 70 тыс. руб. в год. Даже заочная физматшкола – платная. А ведь основная мысль, которая закладывалась при создании ФМШ, заключалась в том, чтобы предоставить возможность учиться детям из глубинки. Известно, что способные дети есть везде. Но трудно представить,

**Для будущих ученых важен не столько набор знаний, усвоенный в школе, сколько стиль мышления, гибкость ума – то, что нельзя измерить никакими формальными тестами**

что в нынешних условиях житель маленького города или села может за такие деньги послать учиться в Академгородок своего ребенка. Системе, в которой любой талантливый юноша или девушка имели право и возможность, пройдя конкурсный отбор, получить качественное образование, нанесен серьезный удар.

Раньше в эту школу набирали ребят со всей Сибири. Сейчас половина фымышат – из Академгородка и Новосибирска. Создается впечатление, что местные администрации не заинтересованы в том, чтобы одаренных молодых людей куда-то отправлять учиться: «У нас свои университеты есть!» Но я не устаю повторять, что Новосибирский государственный университет – это поистине уникальное место, с точки зрения подготовки кадров для фундаментальной науки. Даже в МГУ, бесспорно, прекрасном вузе, может быть, лучшем классическом университете страны, нет таких возможностей, как в новосибирском Академгородке. В МГУ развитый научно-исследовательский сектор, по уровню – приличный институт. Но у нас-то 30 институтов вокруг, причем активно работающих!

Справедливости ради надо сказать, что в ФМШ предусмотрены скидки детям из малоимущих семей, хорошо успевающим. Я уверен, однако, что надо искать более кардинальные способы решения проблемы. Нужна специальная программа, чтобы большинство учащихся могли получить финансовую поддержку, гранты или что-то в этом роде, и, может быть, не только в школе, но и в университете.

Иногда говорят: привлекайте фирмы, охотников за головами. Но посмотрите: как долг процесс подготовки научного работника! Два года в ФМШ, шесть лет в университете плюс аспирантура – получается десять-двенадцать лет. Какая фирма будет вкладывать деньги на двенадцать лет вперед? Нет, безусловно, это должно быть заботой государства.

Наша школа – уникальная. В ее поддержке прямой жизненный интерес всего Сибирского отделения. СО РАН должно осознать ответственность за судьбу ФМШ и убедить руководство Академии наук, правительство в необходимости программы поддержки. В конце концов, это общегосударственная задача.

Если окончательно развалится многоуровневая система подготовки кадров высочайшей квалификации – эту утрату ничем не восполнить. Пострадает и Сибирское отделение, и Академия наук, и общество в целом.



## Оптимизировать будущее

К чему приводит бездумное внедрение рыночных механизмов в самом НГУ? У нас есть факультеты и отделения, где заметная доля мест (вплоть до 100%) платная. Но на физфаке платных студентов – единицы. Поэтому здесь ощущается дефицит финансовых средств. Меньше студентов – сокращается бюджет, количество преподавательских ставок.

Я читаю спецкурсы физики элементарных частиц на кафедре ускорителей с 1992 г. Раньше в магистратуре были группы по десять человек, а теперь – по три. Но ведь от этого меньше их учить не приходится. И без этих троих студентов мы не можем обойтись, нужны они каждый год, нужны обязательно, иначе в базовом институте не будет необходимого притока молодых научных сил. А бюджетные средства на образовательный процесс сегодня выделяют пропорционально числу обучающихся.

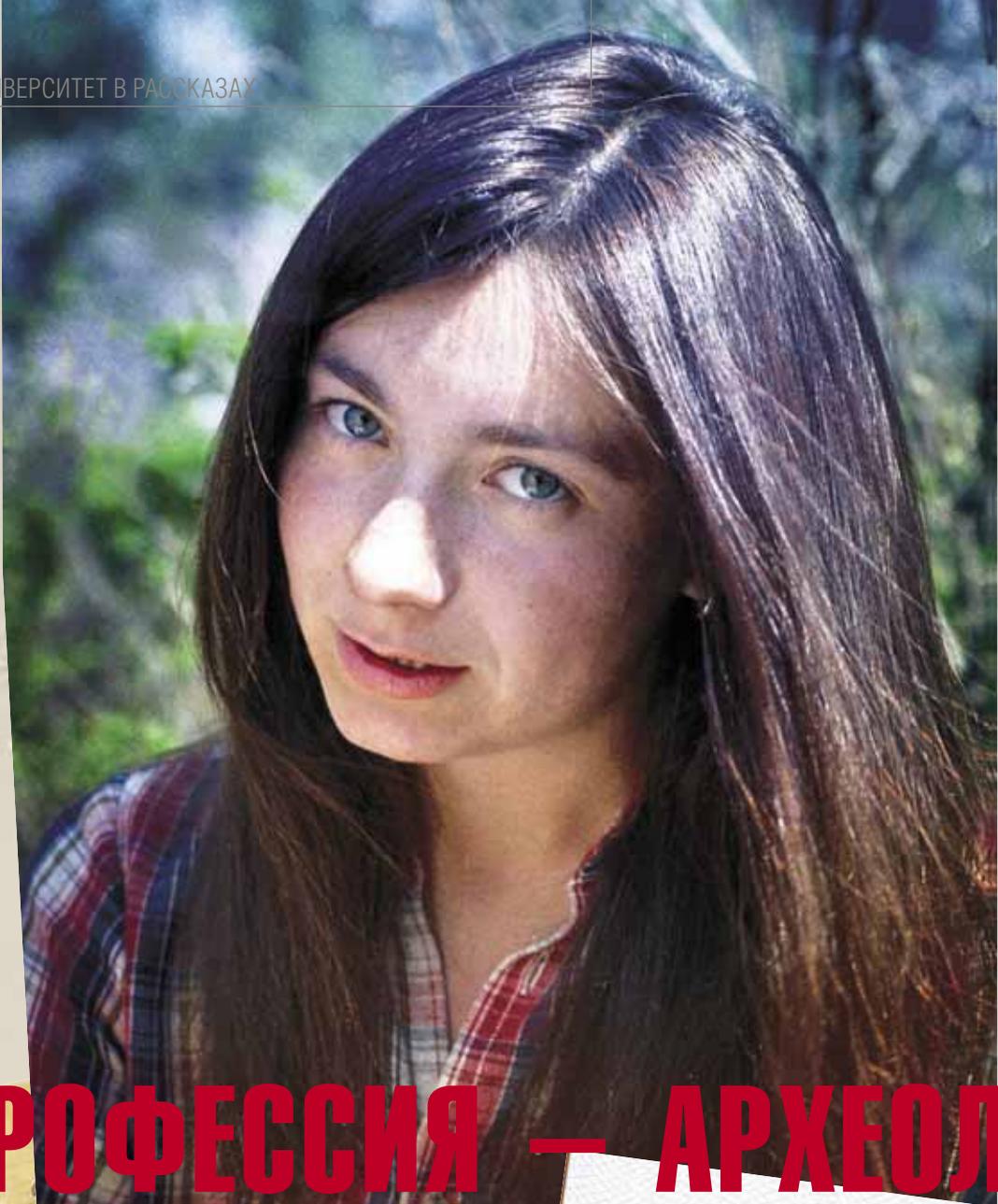
Другой вопрос – в университет приходят студенты, значительно слабее подготовленные по математике и физике, чем было раньше. Кажется бы, надо восполнить пробелы школьного образования, нужны

А. Е. Бондарь (в центре) демонстрирует участникам международной конференции установку ВЭПП-2000

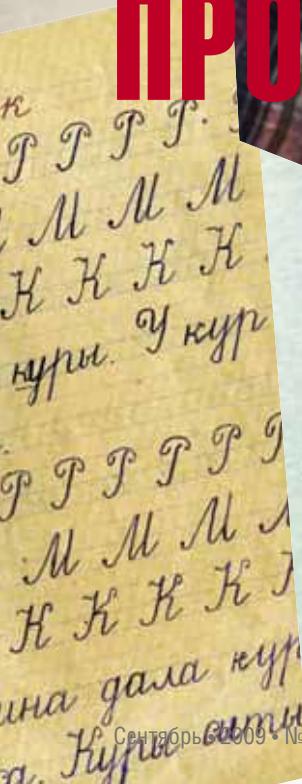
дополнительные курсы, а средств нет, да и образовательные стандарты, внедряемые Минобрнауки, этого не предусматривают. Значит, учить по старым нормам мы уже не можем. С другой стороны, снизить уровень требований к выпускникам университета, как я уже говорил, тоже нельзя. Эта проблема требует взвешенного анализа. Совместными усилиями СО РАН, администрации университета, руководства физфака и ФМШ всю эту систему нужно попытаться оптимизировать для условий, в которых мы оказались.

У меня нет готовых решений. Но для начала надо осознать ситуацию в целом, заново определить приоритеты. Праздничная тональность юбилейных мероприятий не должна затушевывать сложности и проблемы, которые стоят перед Новосибирским государственным университетом.

*В публикации использованы фотографии В. Баева, В. Новикова, В. Петрова и из архива автора*



# ПРОФЕССИЯ — АРХЕОЛОГ



ТЕТРАДЬ  
 по письму  
 ученицы 1-в класса  
 школы интерна  
 2 Барнаул  
 Пюльсман  
 Натальи



ПРЕЗИДЕНТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## БЛАГОДАРНОСТЬ

За многолетнюю и плодотворную работу  
 по реализации государственной молодежной  
 политики в области науки и образования  
 и поддержке молодых ученых-специалистов

Пл:

*Удостоверение № 0005*  
стному знаку лауреата Государственной премии  
Российской Федерации



Указ Президента Российской Федерации

от 6 июня 2005 г.

№ 641

МПФГ, Москва, 2005



ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна – выпускница НГУ 1978 г. Доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск), профессор. Лауреат Государственной премии РФ (2004), лауреат Национальной премии «Достояние поколений». Член редколлегии и редсоветов научных журналов «Археология, этнография и антропология Евразии», *Ancient civilizations from Scythia to Siberia*, член-корреспондент Германского археологического института, почетный доктор Института археологии Монголии. Специалист в области археологии и древней истории Сибири. Широко известны ее исследования «замерзших» могил пазырыкской культуры в 1990-х гг. на плато Укок в Горном Алтае. В настоящее время под руководством Н. В. Полосьямак проводятся археологические работы в Северной Монголии в рамках большого проекта по изучению культуры хунну – создателей первой в мире кочевой империи. Автор и соавтор более 130 научных работ, в том числе 12 монографий

*Одна очень умная и странная женщина, французская писательница и философ Симона Вейль однажды сказала: «Откуда придет к нам Возрождение, к нам, загрязнившим и опустошившим весь земной шар? Только из прошлого, если мы его полюбили...»*

**В**ещи переживают людей – и надолго: могут проходить тысячелетия, а вещь будет оставаться «живой». И когда мы впервые соприкасаемся с прошлым в буквальном смысле этого слова, с нами происходит нечто очень важное – мы получаем послание прошедших эпох, даже если в этот момент не осознаем этого. Вещи переживают людей, чтобы рассказать нам о своих владельцах, – в этом их великая миссия. Ведь никто из тех, кто многие века обживал нашу планету, не хотел быть забытым. Они оставляли после себя маленькие поселения и города, ирригационные каналы и крепостные валы, таинственные каменные выкладки и могилы, драгоценные украшения и керамическую посуду и многое-многое другое, неведомое нам. Поэтому главная цель исследователя – помочь древним вещам и памятникам «заговорить», восстановить с их помощью нити, ведущие в прошлое и связывающие нас с нашими предшественниками на Земле;



Алексей Павлович Окладников.  
Из архива В. Мыльников

осознать, наконец, что наше современное общество во всеми его проблемами и достижениями всего лишь одна из страниц Истории, скорее даже небольшой абзац на странице.

У археолога свой взгляд на материальных свидетелей прошлого. До раскопок «замерзших» погребений пазырыкского Укока я работала в Барабинской степи, где наши находки были не столь эффектно, как на Алтае, – в основном сотни фрагментов керамики и немногочисленные предметы древнего искусства. Но радость открытия того, что до тебя никто не видел и к чему ты прикоснулся первым после тех, кто много веков назад пользовался этими вещами, была огромной! Самая обычная, на первый взгляд, вещь может многое поведать. Это хорошо понимают люди творческие, даже далекие от археологии: «...Кто умеет видеть, тот даже по ручке дверного молотка сумеет восстановить дух века и облик короля», – писал Виктор Гюго.

## Магия личности

Стать археологом не было моей детской мечтой. Впервые с этим миром я познакомилась совершенно случайно, когда в девятом классе вместе с другими школьниками работала в алтайских степях на раскопках сrostкинской культуры, проводимых московским Институтом археологии АН СССР. Когда взяла в руки свои первые маленькие находки – «пропала», и чисто детское любопытство сменилось пониманием: я хочу этим заниматься. Я увидела, что совсем рядом, буквально у нас под ногами существует и живет по своим законам таинственный мир прошлого. И если эпоха великих географических открытий уже позади, то великие исторические открытия еще ждут нас, потому что Земля сохранила все, что из века в век оставлял на ней человек.

Мы жили рядом с Барнаулом в поселке, построенном в лесу вокруг крупного военного завода. Поселок чем-то походил на Академгородок, там была прекрасная школа с умными, любящими свою профессию учителями, лучший в городе бассейн, замечательная библиотека, где на полках стояли прижизненные издания Циолковского, а в каких-то старых потрясающих книгах встречались невероятные стихи, которые до сих пор я так и не могу найти... После окончания такой «поселковой» школы я поступила на гуманитарный факультет Новосибирского университета.

Почему выбор пал на НГУ – ведь в то время здесь в отличие от Московского университета не было отделения археологии? Ответ один – Окладников. В то время это был самый известный в Советском Союзе археолог. Его имя было у всех на слуху, мы зачитывались его книгами... В самой его личности было что-то такое необычное и обаятельное, что привлекало и завораживало людей, никогда в жизни с ним не встречавшихся. Тем более что Алексей Павлович занимался историей Сибири – края, где мы жили. Магия его личности объяснялась еще и тем, что он был не просто известен, но всемирно известен: для нас он был одним из замкнутой касты «небожителей», человеком, олицетворяющим собой всю археологию мира.

Сегодня абитуриенты выбирают факультет – мы тогда выбирали имя. Шли к человеку, от которого мечтали многое услышать и узнать, многому научиться. И хотя, как оказалось впоследствии, Окладников не преподавал в НГУ, выбор оказался верным: он возглавлял институт, куда я попала на практику сразу после первого курса. Уже тогда я поняла, что в университете нужно получать знания, фундаментальную базу, но профессию... Профессию может дать только научно-исследовательский институт, где ты будешь на равных включен в реальную работу.

## Гуманитарное воспитание

Когда я поступала в Новосибирский университет на отделение истории, я уже точно знала, что хочу быть археологом, о чем сообщила на первом же собеседовании. Реакция приемной комиссии на мой выбор была явно скептической, тем не менее я стала единственной девушкой на курсе, которая специализировалась по археологии. Кроме меня был еще один археолог – Виктор Добжанский. (Удивительно, но сейчас ситуация поменялась кардинально: в этом году на отделение археологии поступили одни девушки – археология стала просто какой-то девичьей мечтой.)

В моем университетском дипломе записано «историк», а не «археолог», и это точно отражает сильные стороны гуманитарного образования, которое давал НГУ в середине 1970-х гг. Известный ученый и писатель Н. Я. Эйдельман читал нам спецкурс о декабристах, Окладников однажды привез знаменитого немецкого этнографа и археолога К. Йетмара с лекцией о его исследованиях в Гиндукуше, а в Доме ученых, сидя на лестнице в проходе переполненного зала, можно было услышать самого Льва Николаевича Гумилева, который рассказывал о своей теории пассионарности – и весь зал конспектировал!

Но и наши преподаватели в НГУ были людьми необычными, каждый со своей непростой судьбой,

Когда пещера была маленькой...  
Алтай. Денисова пещера, предвходовая часть. 1977 г.



С Наташей Пузыниной – первой ученицей.  
Бараба. Могильник Сопка. 1981 г.

способные навсегда поразить воображение вчерашних школьников. Сейчас я понимаю, как много взяла от учителей: и навыки по структурированию материала, и манеру его изложения, и привычку тщательно изучать все источники по теме, прежде чем написать что-то свое... И вот это последнее – самое главное. Ведь все наши преподаватели были известными учеными, у каждого уже были написаны множество книг и статей. На семинарах и в курсовых работах ценился не подбор цитат, а самостоятельные выводы и рассуждения, ценилось новое.

И хотя преподаватели различались характерами, научными взглядами и подходом к обучению, их объединяло одно – умение внушить студентам любовь к своему предмету. Чего стоили, к примеру, лекции Н. Н. Покровского по истории России или Н. В. Ревякиной по истории средних веков! Несколько раз мне даже приходила в голову шальная мысль начать специализироваться по средневековью. И до сих пор я покупаю и читаю всю литературу об этой эпохе – просто потому, что не могу пройти мимо и хочу все знать. Эта любовь привита навек.



Ура! Мы едем в экспедицию! Академгородок. Май 1980 г.

## Полевые семестры

После первого курса у гуманитариев была археологическая практика, обязательная для всех. И волею судьбы мы с Добжанским попали в отряд к В. И. Молодину, тогда очень молодому (всего 25 лет) кандидату наук. Экспедиция была не куда-нибудь, а в зону затопления Усть-Илимской ГЭС... Тайга, гнус, раскопки старинного острога; рядом – совершенно особый, интересный народ, строители будущей ГЭС. Ребята, с которыми я встретилась в экспедиции, стали моими лучшими друзьями на всю жизнь.

Может быть, в другом месте все сложилось бы иначе, но здесь я увидела людей потрясающе увлеченных, трудолюбивых, дружных, отзывчивых, у которых было чему поучиться. Когда наш начальник о чем-то рассуждал над открытым слоем, я думала: «Господи, я никогда в жизни так не смогу –

что там можно вообще увидеть?!» Это было потрясение, чудо из чудес, восхищение профессионализмом. Я мечтала, что когда-нибудь тоже смогу вот так стоять над раскопом и понимать, что в нем скрывается. К концу экспедиции я уже точно знала, что эта работа – все, чего я хочу в жизни.

...Оглядываясь на свои студенческие годы, до сих пор искренне поражаюсь отношению преподавателей и руководства факультета к нам, двум единственным на курсе археологам. Нам шли навстречу буквально во всем, что касалось профессиональных надобностей и интересов. Начиная со второго курса нам позволяли сдавать сессию досрочно. В мае я уезжала на полевую практику и возвращалась только к октябрю – родители уже начинали разыскивать меня через деканат.

И никто из руководства факультета и преподавателей не упрекал за опоздание к началу учебного года. В деканате были свято уверены, что если студент способен наверстать пропущенный материал без ущерба для успеваемости, то не следует мешать его профессиональной подготовке. Такая уникальная ситуация, когда драгоценное время, необходимое для специализации, университет ценит и уважает не меньше, чем сам студент, вряд ли могла иметь место где-нибудь еще.

В результате я получила бесценный полевой опыт, успев во время учебы побывать на раскопках на Алтае, в Восточной Сибири, в Хакасии. После третьего курса университета руководила уже собственными раскопками, что тогда было большой честью, а сегодня попросту невозможно.

А бесконечные научные студенческие конференции, региональные и всесоюзные, на которые я ездила начиная со второго курса и которые оплачивались университетом! Москва, Свердловск, Сыктывкар, Кемерово, Барнаул – где мы только



День рождения Лурдес Домингес – кубинского археолога (стоит рядом с автором этих строк). Сидят – Олег Софеев, Лена Коханова, Света Демина и Пит (как всегда, в центре событий). Бараба. 1978 г.

ни побывали! На этих конференциях мы проверяли себя, учились рассказывать о своих результатах, узнавали, кто, что и где раскапывает, знакомились... Многие из ребят остались в профессии, стали известными археологами, написали замечательные книги. Наш мир уже тогда был тесен, таким он остается и сейчас.

Между экспедициями много времени мы проводили в Институте археологии СО РАН (тогда Институте истории, филологии и философии). Наше место – чердак нынешнего Института экономики, бывшее хранилище и реставрационный центр, где перебирали, склеивали, рисовали и описывали целые горы найденной на раскопках керамики – самого «говорящего» исторического материала. Керамика – как древние письма, и уметь их «читать на кончиках пальцев» должен любой образованный археолог. А при ее зарисовке открывается еще

больше информации: свои статьи я иллюстрировала сама, тщательно зарисовывая все фрагменты.

Дипломную работу я написала по бронзовому веку Барабинской степи на основе собственного материала, который удалось получить за годы студенческих раскопок. Мне очень везло в том, что на каждом жизненном этапе, как по волшебству, вдруг появлялся человек, благодаря общению с которым я начинала расти. Тогда, в студенческие годы, таким человеком оказалась Айна Петровна Погожева – москвичка, археолог, занимающаяся одной из самых загадочных и красивых культур эпохи бронзы – трипольской. У нее за спиной было множество экспедиций, проходивших в самых разных местах, исследовавших самые разные эпохи. Я помню холодные весенние ночи на Кара-Тенеше в Горном Алтае, когда мы сидели у костра под колючим от звезд

небом, а она рассказывала о раскопках пещерного буддийского храма где-то в районе Термеза и об исследовании знаменитых Бешатырских курганов в Казахстане с их системой подземных ходов и многое-многое другое, о чем можно писать целую книгу. Благодаря ей археология приобрела для меня тот таинственный смысл, без которого, как я сейчас уже понимаю, трудно связать т. н. артефакты и людей, которые их создавали и которым они принадлежали. Перефразируя Б. Рассела, можно сказать, что без признания того, что существует реальность, выходящая за пределы повседневной тривиальности, невозможно сделать что-то значимое.

## Петербургский ренессанс

Начало самостоятельной научной жизни оказалось непростым. Попасть в аспирантуру было трудно: это давало гарантию получения места в научно-исследовательском институте, что тогда вообще было счастьем и большой честью. И поэтому в аспирантуру просто так не брали. Для женщины же путь в наш археологический институт был практически закрыт.

Поэтому после окончания университета я работала по хозяйственным темам в Средне-Енисейской комплексной экспедиции при Ленинградском отделении Института археологии АН СССР. По хозяйговору – это значит практически без заработка, причем каждые три месяца тебя увольняют и снова нанимают. Как следствие – проблемы с пропиской и жильем.

Так продолжалось три года. А потом была аспирантура – уже в самом Ленинграде. В то время в Археологическом институте был мощный по своему составу сибирский сектор (достаточно назвать имена таких известных ученых, как М. П. Грязнов, Д. Г. Савинов, Г. Максименко, Э. Б. Вадецкая, М. П. Пшеницына, Г. В. Длужневская), поэтому я со своей тематикой по раннему железному веку Барабы хорошо туда вписалась.

Это было незабываемое время – Ленинград кого угодно околдует. Мне в Сибири до сих пор не хватает его архитектуры – старинных особняков и дворцов, соборов и театров. В те годы город еще не был изуродован рекламой и новоделом, и если идти по Невскому и скользить взглядом по верхним этажам, легко можно было представить себя в Санкт-Петербурге XIX века или Питере начала 1920-х.

Эрмитаж был местом, куда я ходила как на работу, причем не только в его парадные залы, но и в скрытые от глаз фонды, где хранились настоящие археологические сокровища. А чего стоила одна библиотека в Институте археологии, который сам располагался во дворце, – маленький зал, обшитый дубовыми панелями, и окно, которое выходило прямо на Петропавловку, где в полдень грохотала пушка...

В Ленинграде я близко познакомилась с востоковедами; ходила на лекции к ученым, о которых раньше мне доводилось только слышать... Это были не просто другие люди – другая археология, далеко выходящая за рамки какой-нибудь узко специализированной «бронзы» маленького района. И опять новые люди, новые друзья...

Мне посчастливилось познакомиться с Дмитрием Глебовичем Савиновым, одним из самых замечательных ученых энциклопедического знания. Он, будучи известным археологом, читал курс этнографии в Ленинградском университете, и на его лекции собирались не только гуманитарии. Гуляя вдоль Крюкова канала, мы обсуждали с ним практически нереальные возможности дальнейшего изучения фантастической по своей красоте пазырыкской культуры Горного Алтая. Так что начало «пазырыкского» этапа в моей жизни – это, конечно, Ленинград, Эрмитаж и Дмитрий Глебович.

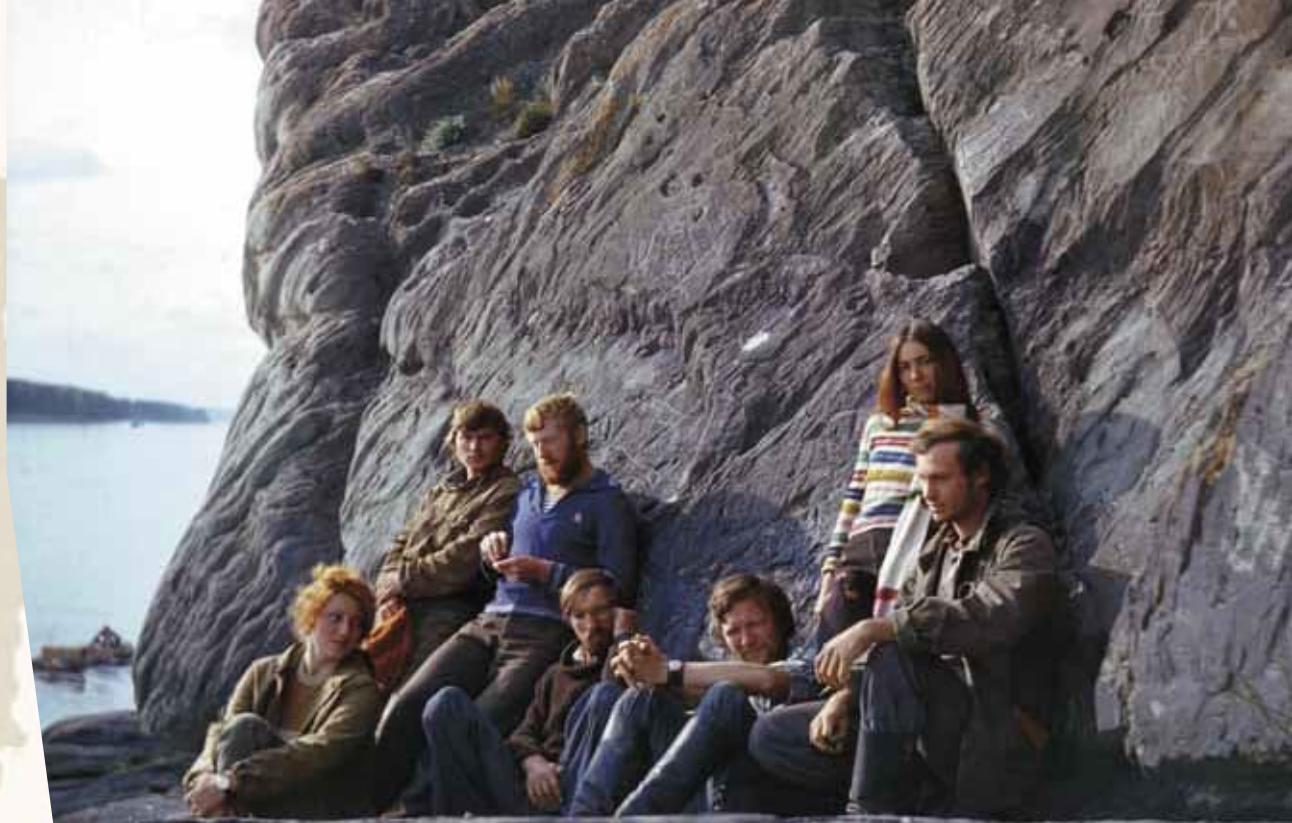
## На плечах гигантов

После защиты диссертации судьба снова привела меня в Новосибирск, уже в статусе кандидата наук.

И здесь мне опять повезло. Сначала был пазырыкский Укок и раскопки курганов этой единственной в мире культуры с «замерзшими» могилами. Теперь – курганы хунну в Северной Монголии, предметами из которых, обнаруженными экспедицией Козлова, как и пазырыкскими находками Руденко, я любовалась в Эрмитаже.

Все сбылось. Хотя нельзя забывать, что со своими новыми методами и новыми возможностями мы всего лишь шли по следам первооткрывателей: все культуры, которыми пришлось заниматься, – и пазырыкцы, и хунну – были открыты задолго до наших раскопок. Несмотря на это, результаты, которые мы получили, оставили чувство глубокого удовлетворения. Почему?

Есть новые памятники и предметы, открытые нами, и есть те, которые были найдены давно, но которым мы задаем вопросы. Сейчас вопросов мы можем задать намного больше, чем первооткрыватели. Время накладывает заметный отпечаток на гуманитарную науку. Она уже не мыслится без междисциплинарного подхода. Неизмеримо расширились наши исследовательские возможности. Растет объем информации, которую мы получаем от археологических памятников. И в этом смысле нам действительно удалось продвинуться в изучении ранее открытых древних культур, найти подтверждения многим уже высказанным предположениям и, главное, выдвинуть новые. К тому же история людей, которой мы занимаемся здесь, в Сибири, простирается далеко за пределы нашего региона – в Китай, Иран, Тибет, Индию – на огромные территории, объединенные в один исторический узел кочевым миром. Постороннему человеку может показаться, что подобные метания



Конец сезона – это видно по лицам. Сидят – Таня Кумец, Виктор Добжанский, Вячеслав Молодин, Александр Соловьев. Стоят – Костя Самойлов, Олег Сентябов, Наталья Полосьмак. Томская писаница. 1977 г.

мысли довольно хаотичны, но все наши исследования лежат в русле одного направления, логически выверенного и базирующегося на точном знании.

Но, конечно, осталась еще одна мечта – открыть что-то совершенно новое, никем и никогда невиданное. И если бы современный мир был немного добрее... Но в китайском Синьцзяне – беспорядки; Афганистан воюет, Иран практически закрыт для серьезных археологических исследований; события в Лхасе не прибавляют оптимизма... Получить разрешение на раскопки в подобных местах сегодня очень сложно, но хочется верить, что трудности эти преодолимы – и есть примеры, когда российские экспедиции в начале века успешно работали и в гораздо более трудных условиях, преодолевали значительно более серьезные препятствия. Надо просто терпеливо ждать своего часа.

## Командный успех

Никакое археологическое исследование не может быть успешным без команды. Успехом в исследовании памятников пазырыкской культуры я во многом обязана своему отряду. Уже после первого сезона в 1991-м студенты из Новосибирского пединститута, составившие костяк отряда, – Антон Лучанский, Саша Павлов, Костя Банников, Лена Кузнецова и другие

ребята – были околдованы Укоком и стали ездить туда каждый год.

Они проработали со мной на этом высокогорном плато многие полевые сезоны. И ту работу, которую ребята проделывали в рекордные сроки и в самых экстремальных условиях, я иначе как подвигом назвать не могу. В этом смысле у меня и сегодня ничего не изменилось. Моя нынешняя команда – Женя Богданов и Людмила Петровна Кундо – такие же беззаветно преданные профессии люди. Пять месяцев, с мая до поздней осени, мы провели на раскопках 20-го Ноин-Улинского кургана в Монголии, и мне ни разу не пришлось услышать от них сакральную фразу: «Когда же мы наконец уедем отсюда?» И это всегда удивляло наших монгольских коллег, утверждавших, что российские археологи проводят в поле больше времени, чем все другие иностранные экспедиции, вместе взятые. Но профессия – это ведь образ жизни...

**Б**ольшие удачи должны многому научить – например, ставить высокую планку и уже в соответствии с ней формулировать новые задачи... Это естественно – ведь человек растет в зависимости от целей, которые перед собой ставит. И последние должны быть всегда немного больше твоих сил – иного способа двигаться вперед не существует.



# Радость учиться, радость быть УЧИТЕЛЕМ

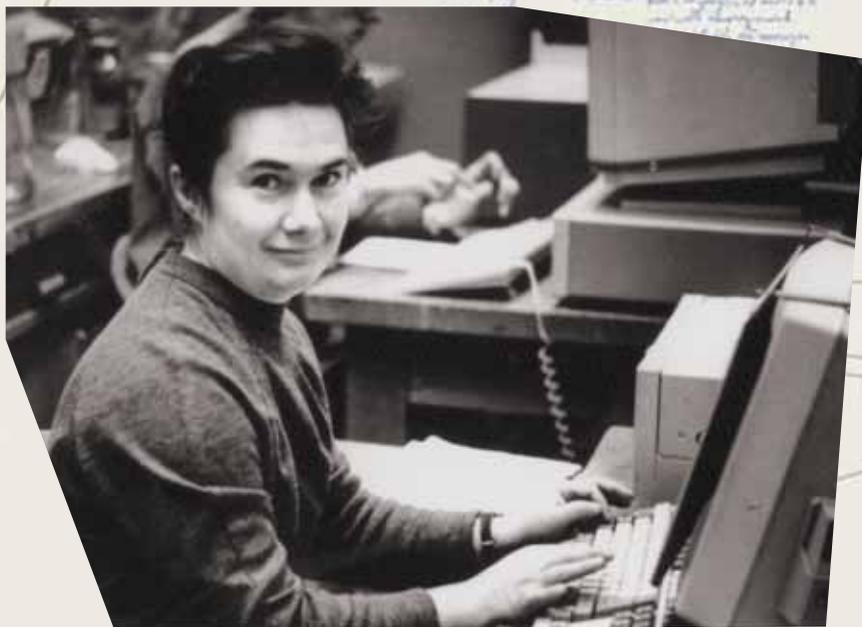
Handwritten notes in Russian, likely related to scientific research or a lecture, with some diagrams and tables.

**БОЛДЫРЕВА Елена Владимировна** – выпускница факультета естественных наук НГУ 1982 г.

Доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (Новосибирск), профессор, заведующая кафедрой химии твердого тела НГУ.

Лауреат премии Европейского общества прикладной физической химии Eurostar-science «За глубокие фундаментальные исследования реакционной способности твердых веществ» (2007). Неоднократно работала в качестве приглашенного профессора в ведущих университетах Европы, читала лекции в университетах США, Японии, ЮАР, а также в международных летних школах для молодых научных сотрудников и на курсах повышения квалификации персонала фармацевтических компаний Европы. Член исполнительного комитета Всемирного союза кристаллографов и член Американского химического общества.

Автор более 150 научных работ, в том числе 2 монографий



*В НГУ ведут многие пути: здесь учатся студенты из столичных городов и отдаленных поселков; прежде чем попасть сюда, многие проходят через «горнило» школьных олимпиад и физико-математической школы. Школьникам из новосибирского Академгородка в некотором смысле везет больше: с детства вращаясь в среде интеллектуалов, они рано подпадают под магию большой науки. Им остается только наметить свой путь – и с честью пройти сквозь «медные трубы»*

**В** моем детском сознании вся жизнь Академгородка 1960–1970-х строилась вокруг университета. Выпускники НГУ преподавали в школах и, конечно, увлекали школьников в свой родной вуз – если этого еще не успевали сделать за них родители, работающие в институтах Сибирского отделения. Из институтов в университет «перетекал» и весь накопленный научный опыт: здесь преподавали многие активно работающие ученые СО АН.

Каждой весной университет становился и культурным центром всего Новосибирска, когда сюда на Интернеделю и маевку съезжались музыканты из дружественных стран мира. Особой популярностью пользовались латиноамериканские коллективы и ансамбли из ГДР. Мы, дети, просачивались на концерты сквозь любые щели.



даже после его отъезда над университетом еще долго светился ореол порядочности, демократичности и искреннего энтузиазма, присущих ему как руководителю. Первые выпуски НГУ, вспоминая о Беляеве, часто называют его последним идеалистом.

Если в физико-математическую школу приезжие школьники – победители олимпиад – попадали только в старших классах, то местные дети имели возможность посещать НГУ в любом возрасте.

Здесь проводили уроки и кружки для детей: воскресные математические школы, гуманитарные занятия. Корифеи науки умели рассказать увлекательно и просто о сложных вещах, и дети нередко ходили на эти занятия из чистого природного любопытства, еще не думая о том, где они будут учиться. Так и я начала заниматься в университете с 4-го класса школы.

Сначала это были знаменитые уроки по сравнительному языкознанию основателя факультета филологии К. А. Тимофеева, которые увлеченно слушали школьники, студенты гуманитарных и технических факультетов, аспиранты. Детское увлечение языками, однажды затянув в университет, сменилось на интерес к химии, но, как и для многих детей ученых, вопрос о выборе места обучения уже не стоял.

## Просто о сложном

Химик, как и музыкант, всю жизнь помнит учителя, который «ставил» ему руки.

Иногда считается, что остепененные лекторы на голову выше тех, кто всю жизнь возится с пробирками, выверяя полученные студентами результаты до четвертого знака после запятой. На самом деле, лабораторные практикумы – львиная доля обучения химиков, в науке которых эксперимент всегда первичен, и его чистота решает все: интерпретацию можно изменить, но фактические

Умение объяснить сложный материал «на пальцах» – этому работа со студентами учит как нельзя лучше. Моя педагогическая карьера началась ровно через три летних месяца после окончания учебы – типичное явление для НГУ

Университет был старшим братом для местных школьников, которые изо всех сил старались приобщиться ко всему, что в нем происходило. Этому очень способствовал тогдашний ректор НГУ С. Т. Беляев – открытый в общении человек, он был вовлечен во все без исключения процессы, происходящие в его вузе. Он отдал НГУ столько сил, что



Коллеги по кафедре химии твердого тела – Э. Ф. Хайретдинов, А. П. Чупахин, А. А. Сидельников, Ю. Т. Павлюхин, В. Б. Охотников, Н. Ф. Уваров – многому научили начинающего преподавателя. НГУ, 1983 г.

данные должны быть достоверными. Наши первые наставники – И. И. Тычинская, М. Ф. Могилевкина, В. Л. Варанд, С. А. Амитина, М. П. Терпугова, С. Ф. Василевский, Н. В. Дулепова, Т. Д. Федотова и многие другие – «ставили руки» не одной сотне студентов, демонстрируя железное терпение и спокойствие в любых ситуациях.

В химии без пожаров и взрывов не бывает, но пока один преподаватель устраняет последствия аварии, урок идет своим ходом. Когда впервые это увидишь, больше поражает не сам взрыв, а именно реакция преподавателя. Но любопытство студентов не унять. И когда, желая повысить нашу ответственность, преподаватели показывали кусок выломанной стены – плоды творчества предыдущего курса, студенты сразу спрашивали, что это был за опыт, явно с тайной надеждой последовать по стопам героев.

Когда я вспоминаю преподавателей университета, то иногда оказывается, что любимые лекторы далеко не всегда вели профильные предметы – любовь студента к тому или иному курсу часто определялась самой личностью учителя. Так, преподаватель квантовой механики К. М. Салихов запомнился тем, что умудрялся объяснять сложнейшие понятия буквально на пальцах, демонстрируя единство всех природных явлений. В дни его лекций с самого утра появлялось предвкушение праздника, и содержание этих уроков запомнилось на многие годы, хотя в них не было особой театральности или эмоциональных эффектов. Как и многие первые преподаватели НГУ, он был лишен всякого официоза – любой студент мог всегда подойти к нему и спросить обо всем, что его волнует. Иногда один такой разговор и один его совет, данный в короткой беседе,

мог создать серьезный задел не только для дипломной работы, но и для кандидатской диссертации.

Именно после получасового разговора с Салиховым была выбрана тема, которой я занималась потом еще 10 лет – моделирование твердофазных реакций методом Монте-Карло. Именно по этой теме после защиты кандидатской меня впервые пригласили работать на полгода по контракту в Западную Германию, что для 1990 г. было событием.

На всю жизнь я запомнила преподавателя физики Э. И. Фомель, хотя она вела у нас занятия только первый семестр первого курса. Мы ходили заниматься к ней домой, но инвалидное кресло, к которому после травмы она была прикована (кажется, она была спортсменкой-лыжницей), вспоминается смутно. Ярko в памяти осталась очень красивая, жизнерадостная, молодая, организованная и умная женщина. Она прививала нам азы «физической культуры» – умение ощущать размерности, масштабы величин, четко выстраивать решение сложных задач из первых принципов.

Преподавание общественных наук сегодня не слишком тепло вспоминают, но в НГУ даже эти предметы давали неказенно. Например, с творчеством Гессе нас познакомил лектор по истмату С. Н. Еремин. Эталоном человеческой порядочности, как и Беляев, остался в моей памяти В. А. Миндолин; а экономические среды А. Г. Аганбеяна, на которые набивалась битком

**Любимые лекторы далеко не всегда вели профильные предметы – любовь студента к тому или иному курсу часто определялась самой личностью Учителя**



семинарах – более суровых критиков, чем коллеги по лаборатории, и представить себе было невозможно. Сегодня любой исследователь имеет право на публикацию без одобрения научного окружения. Внешний контроль ослаб, и каждый сам отвечает за уровень своей работы.

## Сквозь возрастную пропасть

Если в 1960–1970-е гг. студенты всего курса тесно общались, то сегодня они разобщены даже внутри группы. Это не хорошо и не плохо – у любой медали две стороны. Повысилась разобщенность, но увеличилась самостоятельность. Сегодня студенту приходится самому искать себе работу, тогда как раньше всякий знал, что его распределят по результатам рейтинга успеваемости.

С середины 1990-х гг. начался отток молодых специалистов за рубеж. Многие из моих сокурсников эмигрировали. Для отдельных людей это стало решением многих проблем, и в первую очередь проблемы самореализации. Но для отечественной науки эта ситуация была очень опасна – мы теряли кадры.

Не хочу сказать, что те, кто остались здесь, похоронили себя живо – они продолжали успешно работать, но в отсутствие реактивов, научной литературы и оборудования это давалось нам в те годы с большим трудом. Глядя, в каких условиях работают за рубежом мои уехавшие однокурсники, я не могла

Наши преподаватели: В. В. Болдырев (слева), основатель первой в стране кафедры химии твердого тела, читал лекции по этой дисциплине; Н. З. Ляхов (справа) вел практические занятия – и так интересно, что до сих пор помнятся задачи, которые на них решались

Мальцевская аудитория, равно привлекала и «физиков», и «лириков».

## Служители науки

Впрочем, больше всего педагоги университета запоминались даже не объемом передаваемых знаний и не каким-то особенным стилем преподавания, а своим фанатичным служением науке, которое в те годы открыто проповедовалось и было очень заразительным.

Такие ученые были всегда, и, возможно, их число с годами не уменьшилось, но сегодня подобное отношение к своей работе считается сугубо личным делом. За подтачку результатов экспериментов могли исключить из университета – честность была превыше всего.

Студенты были обязаны читать все новые научные публикации и скапали рекомендованные монографии в «Академкниге»; преподаватели делились последними открытиями по результатам конференций.

Некоторые из этих традиций живы до сих пор, а возможностей их реализации стало гораздо больше. Информационная база возросла за счет интернет-ресурсов и большого количества доступных публикаций. Заметно увеличилось количество научных конференций, появилась возможность посещать международные симпозиумы и тесно сотрудничать с зарубежными учеными.

Сегодня в НГУ приезжают работать молодые кандидаты наук из разных стран и восхищаются имеющимся оборудованием и уровнем исследований наших ученых. Если раньше мы работали в достаточно изолированной среде, то сегодня полностью интегрированы в мировую науку, а это уже принципиально иной уровень.

Однако по мере роста интеграции уменьшилась необходимость признания ценности полученных результатов в своей научной среде. Раньше их научный уровень оценивался на внутренних лабораторных

**Эксперименты нужно проводить своими руками – никакое грандиозное шоу не может сравниться с собственным участием даже в самом примитивном опыте**

не пожалеть себя. Когда за рубежом появились проекторы и возможность демонстрировать электронные презентации, здесь я с трудом доставала мел.

Но бросить преподавание в университете, в котором я начала работать сразу по его окончании в 1982 г., было немыслимо. Выход нашелся: с 1990-х я стала работать часть времени за границей, при этом не прекращая ни работу в СО РАН, ни преподавание в НГУ: ежегодно один семестр проводила дома, продолжала читать лекции.

Сейчас все изменилось к лучшему. НГУ возрождается материально: радостно смотреть на новые приборы и отремонтированные помещения. Но при этом остро не хватает зрелых специалистов 40–50 лет – тех, кто уехал за рубеж, создав возрастную «пропасть». Но остались старые подвижники, а в последнее время приходят совсем молоденькие преподаватели.

Пробел в цепочке передачи знаний потихоньку восстанавливается. Когда ко мне пришли аспиранты, чтобы помогать вести практические занятия, студентам стало проще обучаться – они задают больше вопросов, с которыми, видимо, просто стеснялись подходить к профессору.

## Своими руками

Преподавание всегда приносило мне радость. Уже в студенчестве по некоторым видно, что это будущие исследователи, доктора наук – достаточно двух-трех таких студентов на группу, чтобы учебный процесс превращался в настоящий праздник.

Работать с детьми я начала, еще обучаясь в НГУ, когда в Доме ученых была организована воскресная школа развития творческих способностей детей. Там занимались буквально всем – от физических и химических опытов до оригами и наблюдения за солнечным затмением. Это была совершенно безвозмездная деятельность – никто ни с кого денег не брал, и все происходило на энтузиазме, перед которым тогда были открыты любые двери.

Раннее вхождение в реальную научную среду также одна из традиций НГУ.

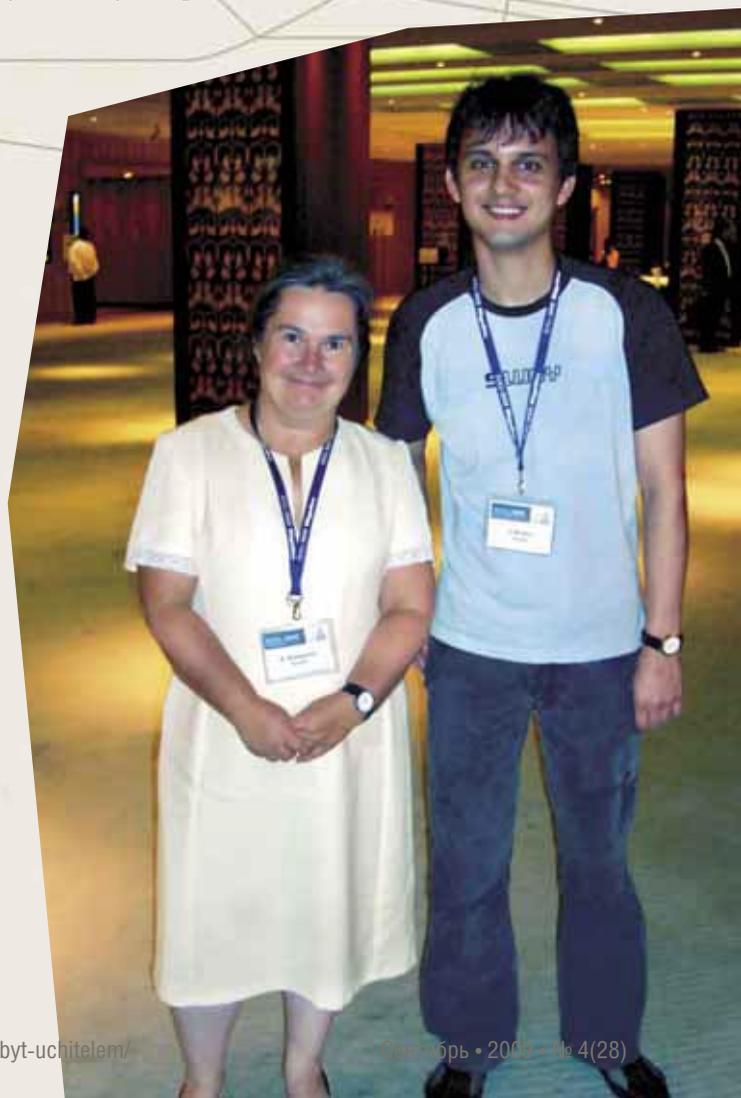
*На фото:* на Всемирном конгрессе кристаллографов (Осака, Япония, 2008 г.) Е. В. Болдырева была избрана в исполком, а только что окончивший НГУ В. С. Миньков выступил с устным докладом

В те же 1980-е мы проводили химическое шоу в фойе ДК «Академия». Самым большим успехом у детей пользовались не сложные опыты, а простейшие действия с лакмусовыми бумажками, которые они опускали в кислотные и щелочные растворы.

Это вызывало такой восторг и ажиотаж, что я навсегда для себя поняла: эксперименты должны происходить не на глазах у детей, а у них в руках. Никакое грандиозное шоу не может сравниться с собственным участием даже в самом примитивном опыте.

**М**ногое из того хорошего, что раньше происходило в НГУ, существует и сегодня. Что-то постепенно возвращается. Я уверена, что когда-нибудь все добрые традиции прошлого вернуться, как на месте вырубленного леса возникает молодая поросль.

Я очень рада, что училась и работаю здесь. Для меня принципиально, чтобы на научных форумах самого высокого уровня моя фамилия звучала в связке с Новосибирском. И я очень хочу верить, что худшие времена у нашего университета позади.





# За полчаса

«Русские специалисты по моделированию цунами воспользовались неожиданной возможностью после новозеландского землетрясения.

Мощное землетрясение силой 7,8 балла, потрясшее юго-западное побережье Новой Зеландии, дало ученым уникальную возможность продемонстрировать свое умение прогнозировать цунами в реальном времени.

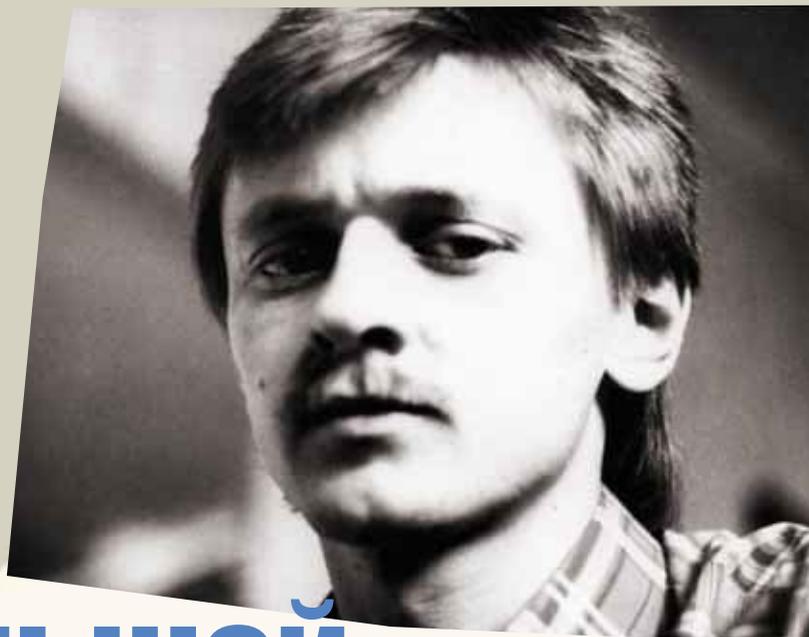
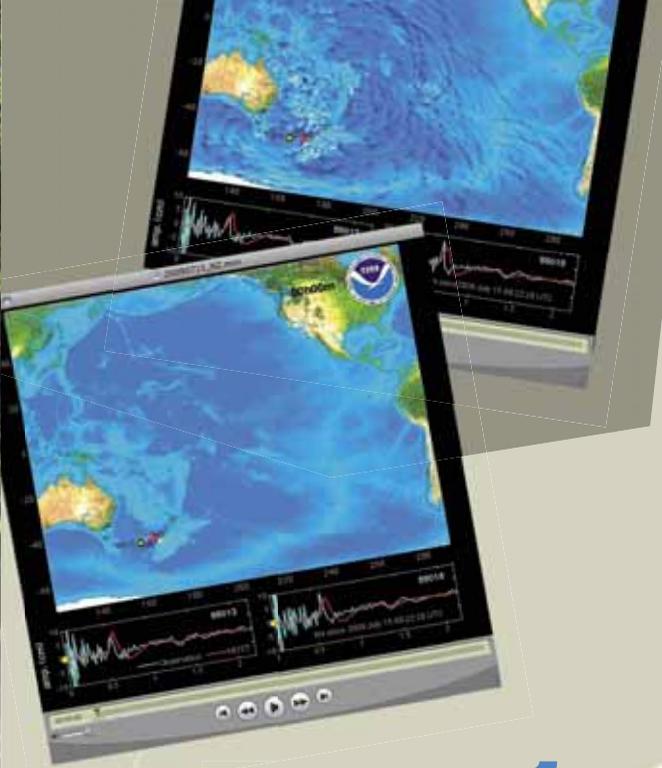
В момент, когда началось землетрясение, в 21:22 местного времени, 90 ведущих специалистов по цунами завершали заседание секции в Новосибирске (Россия), расположенном практически на противоположной от Новой Зеландии стороне земного шара (6 часовых поясов, 8500 километров).

Председатель секции Василий Титов, ведущий ученый Центра по исследованию цунами при Национальной океанической и атмосферной администрации (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) в Сизтле (Вашингтон), быстро осознал опасность и научную возможность. Менее чем через полчаса после начала землетрясения он продемонстрировал изумленной

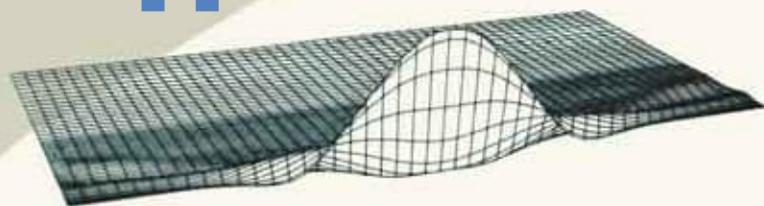
аудитории точный модельный прогноз цунами, которое возникнет в результате этого землетрясения.

«Поразительно, это был самый захватывающий прогноз цунами в реальном времени, который я когда-либо видел», – говорит Костас Синолакис, директор Центра по исследованию цунами Университета Южной Калифорнии в Лос-Анджелесе. Титов, руководитель разработки NOAA веб-версии системы прогнозирования цунами, ввел данные о местоположении и силе землетрясения в модель регионального воздействия цунами. Учитывая измерения, отправленные с глубоководных датчиков, расположенных на дне океана около Новой Зеландии, он предсказал, что цунами не представляет опасности для берегов Новой Зеландии и Австралии – еще до того, как первая волна достигла каких-либо крупных береговых объектов.

Он оказался прав. Измерительные приборы на побережье Новой Зеландии сообщили, что амплитуда цунами была меньше полуметра, и обошлось без наводнения. Волны заметно отличались от обычных,



# ДО «БОЛЬШОЙ» ВОЛНЫ

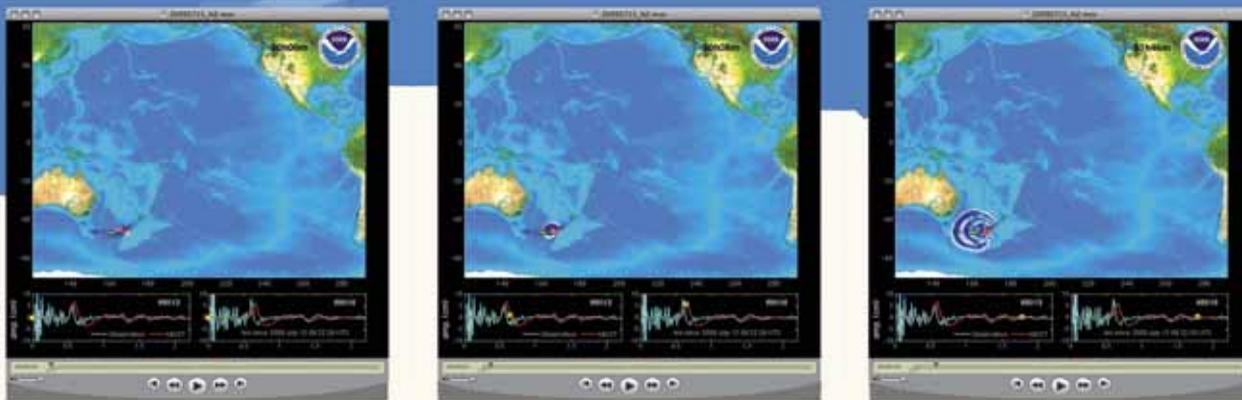


но все же были недостаточно большими, чтобы причинить ущерб. Сообщение о цунами было сделано Тихоокеанским центром по предупреждению цунами на Гавайях спустя 2,5 часа после начала землетрясения. «Живое» вычисление последствий цунами, выполненное Титовым, было в центре внимания конференции. На заседании секции этим утром он предоставил более детальный анализ вчерашнего события.

«Это показывает, что мы на правильном пути, что наша методика действительно работает», – говорит Синолакис. Синолакис надеется, что такие точные прогнозы могут способствовать росту доверия людей к предупреждениям о цунами. Тихоокеанская система действует примерно 50 лет, и подобная же система создается для Индийского океана после цунами 26 декабря 2004 года, когда наводнение затопило прибрежные территории и погибли более 220 000 человек». (Quirin Schiermeier, Nature News, published online 16 July 2009, nature.com)

ТИТОВ Василий Владимирович – выпускник НГУ 1984 г. После окончания университета работал в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (Новосибирск) над проблемой моделирования цунами. В 1997 г. окончил аспирантуру в Университете Южной Калифорнии (Лос-Анджелес). Работал в Национальной лаборатории NOAA по изучению Тихого океана. С 2005 г. возглавляет Центр по исследованию цунами при Национальной океанической и атмосферной администрации в Сиэтле (США) и работы по разработке оперативного прогноза цунами для национальной и международной систем предупреждения

*Подробнее об огромной научно-исследовательской и организационной работе, предшествовавшей этому событию, нам рассказал сам «режиссер» прогноза Василий Титов, директор и ведущий ученый американского Центра по исследованию цунами при Национальной океанической и атмосферной администрации (NOAA) и выпускник математического факультета Новосибирского государственного университета*



Расчетные амплитуды цунами в определенные моменты времени (время после землетрясения показано в правом верхнем углу экрана). На графике – измеренные (голубая линия) и расчетные (красная линия) амплитуды в точке расположения DART (глубоководной установки по предупреждению цунами), желтый маркер на графике обозначает текущее значение амплитуды в данной точке

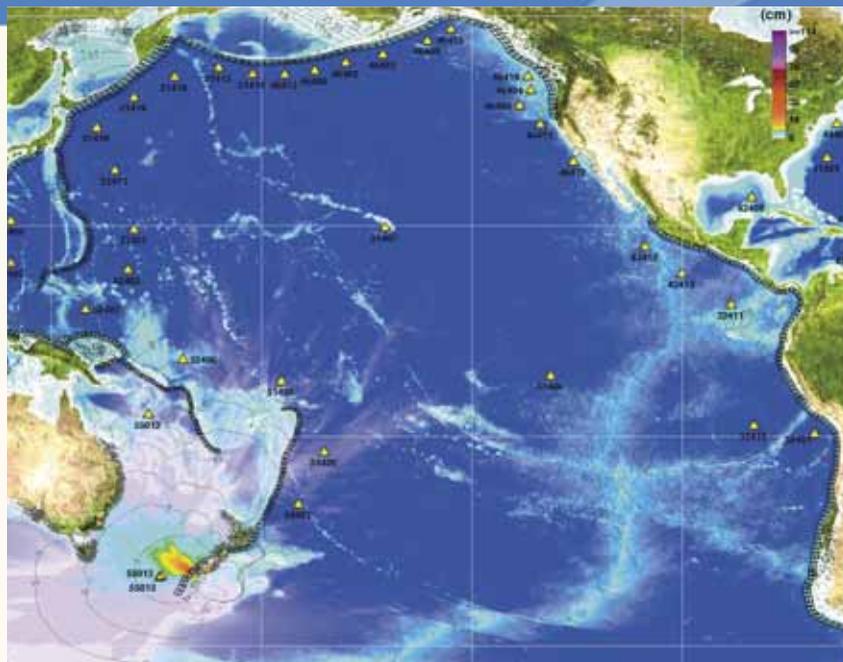
**Н**аучная сессия, на которой я был председателем, уже подходила к концу, когда кто-то сообщил о только что произошедшем землетрясении в довольно пустынном районе Новой Зеландии. Я кинулся к своему компьютеру – у нашей организации есть интернетовский интерфейс, предназначенный пока для собственного пользования. И на глазах у изумленной публики мы сделали прогноз развития цунами – в реальном времени. Вывели показатели наших систем на экран: красной линией была показана предсказанная волна, которую, по нашим расчетам, через полчаса должен был зарегистрировать один из наших австралийских датчиков. И вот ровно через полчаса черная линия, которая обозначала реальные данные, точно «прошла» по нашей красной прогностической. Таким образом, наш прогноз полностью подтвердился.

Это событие было не просто удивительным – оно было невероятным. Хотя, конечно, у цунамистов есть шутка, что, если собирается достаточно большая и представительная группа цунамистов, происходит цунами. Типичная картина: посреди конференции раздается звон биперов (тревога по цунами), и руководители центров начинают бегать, звонить по телефону... Во время такой же конференции в Японии в 1998 г. произошло серьезное цунами в Новой Гвинее. Я, один из немногих цунамистов, не присутствовавших на этой конференции, находился дома в Соединенных Штатах, куда и смогли дозвониться журналисты.

Удивительно, что возможность показать эффектив-



Результаты тестового прогноза распространения цунами, возникшего в результате мощного землетрясения 15 июля 2009 г. на юго-западном побережье Новой Зеландии, были получены с помощью системы оперативного прогноза, использующей модель цунами MOST. Треугольники обозначают расположение буев DART. Максимальные рассчитанные амплитуды волны цунами во время распространения в глубоком океане показаны цветными заполненными контурами, которые иллюстрируют направленность энергии цунами при распространении от очага. Максимальные амплитуды показаны на фоне карты подводного рельефа (голубые полутона), который во многом определяет направленность энергии цунами. Черные изолинии показывают время распространения фронта цунами

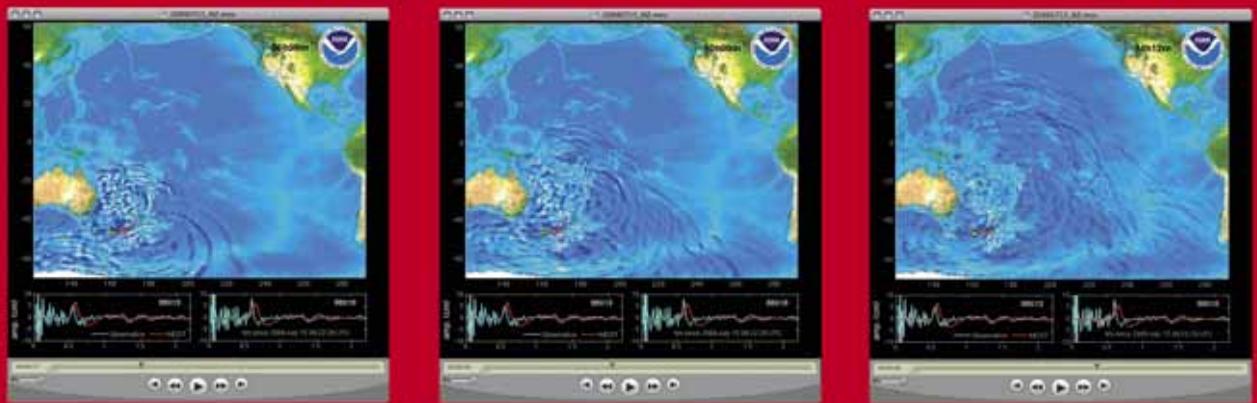


ность нашей модели по прогнозированию цунами нам представилась через двадцать лет после ее первой презентации на такой же конференции по цунами, состоявшейся в 1989 г. здесь же, в Новосибирске. Как будто специально для демонстрации нашего прогресса за эти два десятилетия кто-то сверху нарочно организовал все так, чтобы показать результаты нашей работы за последние 20 лет. И цунами оказалось «идеальным», настоящим «исследовательским» – без разрушений, без жертв...

## Ставить недостижимые цели

Когда я двадцать лет назад впервые продемонстрировал свою модель по прогнозированию цунами, оказавшуюся впоследствии уникальной по ряду параметров, я только-только начал работать после окончания матфака НГУ. Практически это было мое первое знакомство с международным научным сообществом.

Инициатором создания подобной модели, в которой были бы использованы все имеющиеся на то время математические наработки, был своего рода научный триумвират специалистов по математическому моделированию геофизических явлений из Института





Тестовые расчеты распространения цунами на модельном рельефе дна. Сделаны во время ранней стадии разработки модели MOST. Новосибирск, 1989 г.

А. Марчук, В. Титов, В. Гусяков во время Международного симпозиума по цунами. Новосибирск, 1989 г.

вычислительной математики и математической геофизики СО РАН – А. С. Алексеев, А. Н. Коновалов, В. К. Гусяков. Меня взяли стажером, чтобы я эту модель разработал. Получилось все достаточно случайно: ведь, живя в Новосибирске, вряд ли будешь с детства мечтать об изучении цунами. Но в результате все вышло замечательно. Работал я непосредственно с Гусяковым, а у Коновалова была группа «вычислителей» очень высокого класса, которые мне помогали при разработке модели и вычислительных методов.

Благодаря имевшемуся в нашем распоряжении математическому аппарату удалось выстроить практически всю цепочку, начиная от вывода уравнений и заканчивая их применением на практике – для прогноза и предупреждения. Получить подобный результат в математике – редкая удача. Даже в вычислительной математике такое редко случается, потому что темы там всегда крупные, например сейсмология. Но вот задача прогнозирования цунами оказалась вполне обозримой. И сегодня мы уже столько знаем о природе цунами, что можем действительно использовать нашу модель для спасения людей.

Самое интересное, что 20 лет назад идея о прогнозировании цунами с помощью математического аппарата даже нам казалась фантастической, а реализация ее – совершенно недостижимой. И просто удивительно, что поставленные задачи удалось, по крайней мере наполовину, выполнить. Сейчас уже во многих странах разработаны и осуществляются программы по цунами-районированию, причем с использованием хороших моделей.

## Данные со дна морского

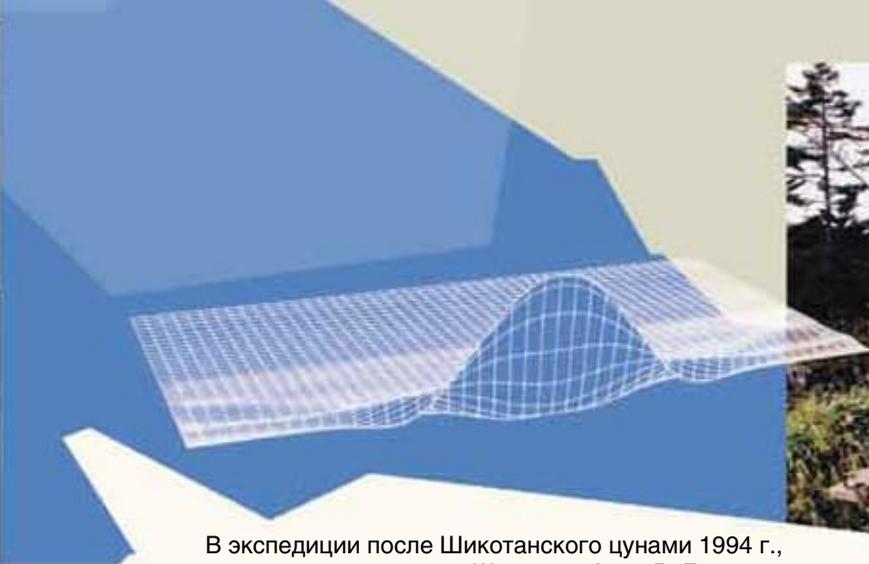
Что мы сегодня действительно можем? Сделать краткосрочное предсказание о развитии цунами, когда цунами уже зародилось в реальности. Если мы знаем, где произошло землетрясение, знаем его предварительные параметры (главное, магнитуду), то можем

практически сразу выдать предварительный прогноз о том, что образовался цунами; когда это цунами регистрируется на одном из глубоководных датчиков, наш прогноз уточняется до такой степени, что мы можем предсказать амплитуду (и другие параметры волны) для конкретного участка побережья с точностью до сантиметров.

Этого удалось добиться благодаря усилиям всего международного сообщества цунамистов, кстати сказать, довольно небольшого и сплоченного. Ведь для того, чтобы оценить прогностические свойства той или иной модели, нужно очень многое сделать. В том числе провести массу экспериментов в лаборатории – ведь в контролируемых условиях можно сделать волну, у которой точно известны «вход» и «выход».

В качестве такой лабораторной установки в США мы используем огромный бассейн 30 м длиной, оборудованный мощнейшей гидравлической установкой – очень сложным генератором волн. Таких больших модельных установок в мире немного: они есть, помимо США, в Японии и Европе, а вот в России нет. Для исследований по цунами особенно важно иметь установки именно больших масштабов, потому что само это природное явление грандиозно.

Алгоритм исследований таков: сначала разрабатывается математическая модель, потом проводится лабораторный эксперимент и сравнивается с данными модели; и только затем собираются и анализируются данные по реальному цунами. Для получения подобной информации используется уникальное оборудование, состоящее из размещенного на больших (до 5 км) глубинах донного датчика, очень сложной акустической системы передачи данных и буя-ретранслятора, посылающего данные в реальном времени на спутник. Вся система представляет собой такое же чудо инженерной мысли, как и космический аппарат, ведь датчикам надо «выживать», работать и передавать информацию в морской среде, гораздо более агрессивной по отношению



В экспедиции после Шикотанского цунами 1994 г.,  
о. Шикотан. Фото В. Гусякова



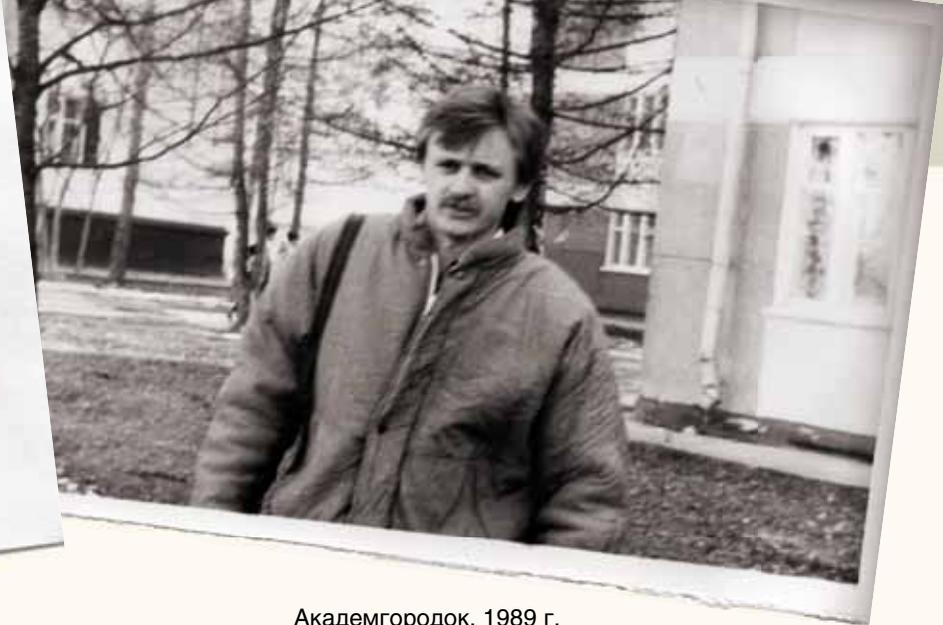
к металлам, чем космическое пространство, и к тому же непроходимой для электромагнитных волн.

Сегодня такие устройства контролируют достаточно большие акватории. Большая часть датчиков (около сорока), принадлежащая американской системе оповещения о цунами, охватывает большинство потенциально опасных районов в Тихом и Атлантическом океанах. Кроме того, такие датчики либо приобрели, либо сами разработали и некоторые другие страны.

Несколько датчиков уже «стерегут» Индийский океан, подобные устройства планируются даже в Средиземном море. В Японии используются свои разработки, при этом датчики соединены с берегом кабелем. Это намного более дорогостоящий вариант, но зато он дает безлимитное энергетическое обеспечение и большой объем данных.

В. Титов (в центре) с персоналом индонезийского отряда спасателей во время поездки для сбора данных после цунами на о. Ява 28 марта 2005 г.





## Цель – спасти всех

Что это значит – иметь хороший краткосрочный прогноз цунами? Зародившаяся волна доходит до ближайшего побережья за 15–30 минут. Минуты – это очень мало, но чем больше этих минут будет в распоряжении человека, тем больше жизней удастся спасти.

Собственно, сам прогноз развития цунами сегодня можно сделать очень быстро, практически через минуту. Основное время уходит на получение предварительных данных о землетрясении, его эпицентре – как минимум пять минут. Таким образом, через шесть минут после землетрясения мы уже получаем предварительный прогноз по цунами. Конечно, потом он постоянно уточняется, с приходом все новых и новых данных измерений непосредственно о цунами. Датчики американской системы предупреждения засекают цунами примерно через 15 минут после его возникновения, для систем других стран это время пока по разным причинам больше. В территориальные воды России вообще нельзя поставить датчик, потому что нет соответствующего соглашения.

Большая проблема заключается в том, что цунами довольно редкое явление. Потому что оно, как говорят, *low probability, high impact*, то есть вероятность события мала, но последствия могут быть очень значительными. Поскольку происходит цунами редко, то очень непросто поддерживать научную активность, обеспечивать необходимый бюджет и поддерживать систему предупреждения на должном уровне.

Поэтому мы практически «гоняемся» по всему миру за каждым цунами, даже маленьким. Сейчас с нашей системой датчиков мы можем фиксировать цунами, которые раньше просто прошли бы незамеченными. Но, тем не менее, в среднем два раза в год происходят и сильные цунами с разрушительными последствиями.

Сейчас мы поставили перед собой новую задачу – долгосрочного прогноза цунами, т. е. прогноза для конкретного побережья, но без конкретного очага. Указать границу разрушительного воздействия самого

Академгородок, 1989 г.

большого цунами, которое может произойти в данном районе. Пока мы только можем предупредить людей о приближении цунами и рекомендовать поведение на ближайшие минуты в зависимости от ожидаемой силы волны: либо убежать, либо просто не заходить в воду. А задача, которую необходимо решить, заключается в создании глобальной системы предупреждения цунами в реальном времени. Решить такую задачу трудно, но возможно.

Будущая система предупреждения будет основана, очевидно, на использовании сотовой связи. Результаты моделирования на суперкомпьютерах должны передаваться на мобильный телефон конкретному человеку на конкретном побережье, причем в таком виде, чтобы любой человек понял, что он должен сейчас делать, чтобы спасти свою жизнь. В любой момент все люди, которые находятся в опасных районах, должны получать такую информацию. Цель наша проста: спасти всех людей. Никто не должен погибать от цунами. Цель, конечно, идеальная и полностью вряд ли достижимая в ближайшее время, но я считаю, что цель нашей программы должна быть именно такой.

## Родом из Сибири

Каковы наши основные проблемы на сегодня? Конечно, нужны новые модели. Модели, которые используются для нашей системы предупреждения, созданы давно. Они очень быстро считаются, потому что хорошо оптимизированы, но при этом в них заложено очень много предположений.

Существуют модели более точные, но в реальном времени просчитывать их пока не удастся. Проблема в том, что можно сейчас приложить огромные усилия, чтобы оптимизировать эти модели для быстрого расчета больших областей. А можно четыре года подождать – и компьютер сам, и в восемь раз быстрее, посчитает.

Двадцать лет назад уверенно можно было сказать, что выдающаяся математическая школа Новосибирска, очень далекого от морей и океанов, помогла разработать эффективные решения задачи моделирования цунами. Марчук, Алексеев, Коновалов создали очень авторитетную группу по геофизическому моделированию в ВЦ СО АН. Мне крупно повезло, что я попал именно в сибирскую математическую школу. С. К. Годунов, классик теории вычислительных методов, читал у нас лекции, и свою численную модель я создавал по записям его лекций.

Высочайший уровень преподавателей определял уровень образования, который получали математики в НГУ. Курсы, которые нам читали, были поистине уникальны. Поскольку я закончил еще аспирантуру в Университете Южной Калифорнии в Лос-Анджелесе, то могу сравнивать. То, что нам давали на матфаке, было заоблачными высотами по сравнению с тем, что я изучал в аспирантуре. Совершенно определенно могу сказать, что такой математический фундамент, какой мы получили за пять лет в НГУ, невозможно было бы получить в Америке. И хотя не все из той горы знаний, что в нас вложили, используется в каждодневной прак-

тике, этот огромный математический кругозор серьезно помогает в оценке перспективных направлений, поиске потенциально новых решений и применении нестандартных методов из других областей.

И сегодня российские исследователи, и в первую очередь новосибирские, вносят заметный вклад в исследования и прогнозирование цунами – недаром очередная конференция цунамистов состоялась именно в новосибирском Академгородке.

**Т**ак случилось, что сам я, скорее, американский ученый и работаю на Американское национальное агентство. Но корни мои как ученого, безусловно, здесь, на сибирской земле, где остались мои друзья, коллеги, учителя, мой матфак; здесь я когда-то поставил перед собой недостижимую цель – поймать «большую волну», пока она не нанесла непоправимого ущерба. И пусть сегодня в моей работе математики, к сожалению, становится все меньше и меньше, а организационной деятельности – все больше и больше... Но есть моя личная цель – успеть внедрить глобальную систему предупреждения до прихода следующего большого цунами.



Во время экспедиции по сбору данных на о. Суматра (Индонезия) после цунами в Индийском океане 26 декабря 2004 г.



# Заметки на полях

**ЖАРКОВ Дмитрий Олегович** – выпускник факультета естественных наук НГУ 1993 г.  
 Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск).  
 Преподаватель лекционного курса «Основы молекулярной биологии» и спецкурса «Молекулярные основы фармакологии» на отделении биологии ФЕНа НГУ.  
 В 1993—2001 гг. – аспирант, а затем научный сотрудник Университета штата Нью-Йорк (г. Стони-Брук);  
 В 2001 г. – лауреат премии для молодых ученых VII Международного симпозиума по радиационным повреждениям в ДНК (Франция);  
 В 2004—2005 гг. – победитель конкурса Фонда содействия отечественной науке «Лучшие ученые РАН».  
 Член Европейского общества экологического мутагенеза, Российского биохимического общества, Российского общества биотехнологов им. Ю. А. Овчинникова.  
 Член редакционной коллегии журнала *Open Toxicology*.  
 Автор более 60 научных работ.  
 Хобби: двадцать лет играет в интеллектуальную игру «Что? Где? Когда?». Чемпион России 2003 г., серебряный призер чемпионата России 2009 г., региональный представитель Международной ассоциации клубов «Что? Где? Когда?»

*Одна из бед российской науки – отток мозгов на Запад, не так давно имевший поистине массовый характер. Среди вынужденных научных эмигрантов немалую долю составляют выпускники НГУ – факт печальный, хотя и свидетельствующий о высоком международном рейтинге учебного заведения. Но времена меняются, и среди нашей молодежи появляется все больше тех, кто находит возможности успешно заниматься наукой у себя на родине*

**В** годы перестройки, когда я выбирал, где получить высшее образование, Новосибирский университет входил в тройку лучших вузов страны. Поэтому я не видел особого смысла ехать поступать в МГУ, хотя сначала и думал об этом. Диплом, как известно, это всего лишь корочка специалиста, а в НГУ можно получить и отличную базовую подготовку, и специальные знания, а также уникальный опыт общения с ведущими учеными.

Даже в рамках профильного образования в Новосибирском университете преподают много предметов, благодаря которым студент получает комплексные знания. Не говоря уже о некоторых гуманитарных занятиях, посещать которые было не просто полезно, но и приятно. Мощная фундаментальная база вообще характерна для нашего университета, где, в первую очередь, готовят людей науки, а не узких специалистов.

## Лишних знаний не бывает

Такое положение дел в университете сказывается на его общей атмосфере, в том числе и на общении студентов и педагогов. Иногда мы во время экзамена по часу разговаривали с некоторыми преподавателями на научные темы, заходившие далеко за пределы вопроса в билете. Студент мог так заинтересовать преподавателя своим образом мысли, что живое обсуждение порой продолжалось даже где-нибудь в коридоре во время перекура.

Точно так же мы готовились к экзаменам. Не скажу, что ко всем – но ко многим самым интересным и захватывающим предметам. Рекомендуемый список литературы прочитывался полностью, но дело им не ограничивалось. Ведь хотелось не просто получить свою пятерку – нам было интересно понять, «как это работает». Мне кажется, что сейчас студенты тратят свое время при подготовке к экзаменам куда более рационально, чем мы тогда – за время своего преподавания я еще не встречал молодых людей, которые рассказали бы мне больше, чем положено по билету.

Впрочем, последнее – вина времени: сегодня, как никогда, востребована рациональность. Студент понимает, что после выпуска он становится товаром, который ему надо будет выгодно продать. И если человек четко понимает, в какой области он себя реализует, «лишние» знания ему ни к чему.



**НГУ, в первую очередь, готовит людей науки. Он изначально задумывался не как «кузница кадров», а как питомник, выпускающий штучных специалистов высочайшего класса**

Но есть и другой, более сложный подход: ведь никогда не знаешь, что в жизни тебе может пригодиться, и чем больше освоишь за время учебы, тем лучше. По этому пути сегодня идут немногие, но, как правило, именно им удается себя «продать» наиболее выгодно.

## Нужно делиться — мыслями

Ученый Ричард Докинс разработал теорию *мемов* — любых пакетов информации, которые в отличие от гена передаются не генетическими, а сигнальными механизмами — словами, образами, запахами.

Мне всегда нравилось делиться с кем-то своими мыслями и опытом. Когда в школе мы готовились к экзамену, у нас сложился своеобразный кружок, где мы объясняли простыми словами вопросы билетов. И во время учебы в университете меня тоже иногда посещали мысли, что вот тот или иной предмет можно было бы преподавать иначе, чем это делали наши учителя. Впоследствии мне захотелось попробовать это сделать самому, что отчасти и определило мой выбор стать университетским преподавателем.

Возможно, тогда это было смелое решение, ведь педагогического опыта у меня не было. Но все новое, так или иначе, появляется благодаря чьей-то здоровой наглости, которой так не хватает сегодняшним студентам. Например, в свое время, вернувшись из армии продолжать учебу в НГУ, мы с ребятами заявили, что не будем

В доперестроечные времена у студентов-первокурсников учеба начиналась с «нулевого» семестра — незабываемой поездки на картошку (Д. Жарков-первокурсник в центре)

посещать занятия по гражданской обороне, и, как это ни удивительно, университет пошел нам навстречу.

Сегодня такое уже вряд ли возможно — времена поменялись. Но в рамках практической исследовательской работы студентов в академических институтах все осталось по-прежнему. Демократичность никуда не делась, как она не исчезла из отношений между людьми. Здесь, в лабораториях, ученики гораздо интенсивнее и больше общаются с преподавателями, чем на университетских кафедрах. Именно здесь и происходит та самая «раздача мемов»: студенты получают ответы на вопросы, которые не решились задать после лекции или на семинаре. Здесь обретают не только практический опыт и знания, но расширяют мировоззрение.

## Педагоги от науки

В отношениях ученик — учитель есть некий парадокс. Зачастую бывает важнее не то, *что* именно тебе объясняют, а *как* это делают. Ведь творческая личность ученика формируется не благодаря его базовым знаниям. Она вырастает из образа мышления, из какой-то почти случайной информации, не привязанной напрямую ни к учебнику, ни к лекции, — из «заметок на полях», мыслей вслух, даже философских бесед...

Вообще наука в отрыве от образования немислима, и зависимость эта двусторонняя. Если не заниматься наукой, то очень скоро перестанем вообще понимать,

Одним из лучших лекторов на факультете естественных наук (а может, и университета в целом) был профессор И. В. Стебаев, читавший нам на первом курсе зоологию беспозвоночных. Записывать его лекции было равносильно конспектированию Жюль Верна. Бывший выпускник ФЕНа, энтомолог и поэт В. Фет так писал о нем:

*...Науку мудрых экологий  
в новосибирском Городке  
читал Стебаев-златоуст,  
старик восторженный, но строгий.  
О, как он нам преподавал  
и солнца жар, и моря вал,  
и вдохновенные приливы,  
и почвы страстную среду,  
и жизни в сбивчивом бреду  
формотворящие мотивы –  
радар кита и взгляд орла,  
да цепня цепкие сегменты,  
да шар земной, где континенты  
на слое магмы, как стекла  
расплавившегося, плывут...  
Так больше не преподают*



Фото из Музея НГУ

чему нужно учить новое поколение – иссякнет сам предмет обучения. Когда преподаватель является активно работающим ученым, он всегда находится в курсе последних новостей по своему научному направлению. В Новосибирском научном центре эти слова звучат так часто и привычно, что цену им начинают забывать. А между тем и сегодня очень многие российские вузы учат студентов по учебникам, излагающим научные взгляды двадцати-тридцатилетней давности.

Если подходить неформально, то институты Сибирского отделения можно рассматривать как научные отделения университета. В Америке университет является центральным научным учреждением, но для нас такой взгляд непривычен: Академия наук функционирует сама по себе, университет же относится к Министерству образования и готовит новые кадры.

Тем не менее реально сложившаяся ситуация очень похожа на американскую. Большая часть преподавателей НГУ – совместители, чье основное занятие – научная, а не преподавательская деятельность. В Америке это очень распространено. Если отвлечься от официальной структуры, которая значится по документам, то разница между нашей и американской системой небольшая, и интегрирующая роль университета в них очевидна. Мне как ученому и преподавателю, проработавшему в США 8 лет, это особенно бросается в глаза.

В последние годы среди тех, кто уехал в Америку работать, появляется все больше желающих вернуться в Россию, чтобы здесь заниматься наукой. Это неслучайно: доходы ученых сейчас сокращаются везде, но планка американцев была изначально завышена – когда им приходится экономить на лаборантах, это считается безразличным.

На обратный массовый отток мозгов это явление пока не похоже, но уже пришло осознание, что в тех же США тротуары не вымощены золотом, а успешно работать можно и на родине. Главное, что привлекает ученого, – свобода для исследования и возможность мыслить и действовать самостоятельно. И сегодня в России это найти ничуть не сложнее, чем за рубежом.

Самостоятельность мышления – это, на мой взгляд, главный принцип отличия настоящего образования и настоящей большой науки от распространенных школярских методик и бездумно навязываемых стандартов. Новосибирский университет изначально задумывался не как «кузница кадров», а как питомник, выпускающий штучных специалистов высочайшего класса. И уникальное обучение самостоятельному мышлению у нас сохранилось до сих пор.

# Играйте в ЧГК!

*В 1989 г. в Новосибирском университете появился клуб «Мозговорот», объединивший эрудитов – любителей интеллектуальной игры «Что? Где? Когда?»*

**И**нтересно, можно ли на просторах бывшего СССР найти человека сознательного возраста, который не смотрел бы ни разу передачи «Что? Где? Когда?» Наверное, можно, но для этого надо очень хорошо поискать.

С момента первого появления на телеэкране в сентябре 1975 г. эта игра завоевала миллионы поклонников, и до сих пор, несмотря на все политические и телевизионные перемены, продолжает нравиться зрителям. Этому не помешала даже смерть в 2001 г. автора программы и, казалось, бессменного ведущего Владимира Ворошилова.

Как и следовало ожидать, популярная игра переросла телевизионные рамки. В 1980-х по всей стране стали спонтанно возникать клубы, объединявшие людей, которые хотели играть, но по причине своей многочисленности не могли попасть на голубой экран.

В городах проводились турниры, потом они стали междугородными, потом... В 1989 г. была создана Международная ассоциация клубов «Что? Где? Когда?», которая даже в те времена была действительно международной – в ее состав входили клубы из Болгарии. В других странах, например в Швеции, Франции и

в США, игра тоже начинала обретать популярность. В 1989–1990 гг. был проведен первый чемпионат СССР по ЧГК – именно так поклонники игры предпочитают ее для краткости называть. Так что элитарный телеклуб – только верхушка айсберга, основную массу которого составляют десятки тысяч человек со всего мира, играющих в «спортивное ЧГК».

## Мозговорот в НГУ

За приход ЧГК в Новосибирский университет, если смотреть в корень, надо благодарить Верховный Совет СССР, который в 1989 г. выпустил указ о демобилизации всех студентов из армии вне зависимости от года призыва. Вернувшись домой за два месяца до расчетного времени, я встретил в универе множество таких же горемык-знакомых, которые не знали, куда им приложить накопившиеся за время службы интеллектуальные силы. В этот судьбоносный момент мне на глаза и попала заметка в «Комсомольской правде» о проведении первого чемпионата СССР. Там же приглашались и все желающие поучаствовать. Скинувшись на вступительный взнос по три советских рубля, мы

Почти все сильнейшие новосибирские команды эрудитов вышли из стен НГУ. *На фото слева направо:* сборная Новосибирска на чемпионате России в Саранске (2006 г.), пять из шести участников – выпускники НГУ; команда студентов НГУ на турнире АУ, проходящем в рамках Интернедели; сборная Новосибирска на чемпионате России в Казани (2007 г.), все участники – выпускники НГУ





Медали, полученные автором с чемпионатов России по ЧГК 2003 г. и 2009 г.

Не стоит думать, что знатоки – это особая порода людей. Ведь почти любой из нас – по крайней мере те, кто учился или учится в вузе, – уже имеет багаж знаний, достаточный для ответов на многие вопросы. И кому, как не студентам, нужно все знать и уметь в нужный момент извлекать из головы свои знания?

с несколькими знакомыми ввязались в эту авантюру.

Вот так в НГУ и появился в 1989 г. клуб «Мозговорот», первым президентом которого я стал. Похоже, именно новосибирские знатоки придумали это слово, которое сейчас получило вторую жизнь в молодежном сленге. Родилось оно в три часа ночи в процессе зубрежки английского и представляет собой перевод названия игры «Брейн-ринг», которая одно время существовала параллельно с ЧГК и выпускалась той же телекомпанией «Игра».

Клуб участвовал почти во всех чемпионатах, сначала СССР, а потом России (они проводятся с 2001 г.), во многих других турнирах. Снимались и в телеигре «Брейн-ринг», однако до теле-ЧГК так и не доехали. В личной копилке автора этих строк – золото чемпионата России 2003 г., серебро 2009 г., а заодно – в связи с бурной научной биографией – и пять титулов чемпиона США.

Но просто играть неинтересно – и мы организуем турниры сами. Ведь до мест, где проводится большинство турниров, от Новосибирска ехать неблизко и недешево, а дефицита умных людей у нас в городе нет и никогда не было.

С 2000 г. клуб «Мозговорот» проводит чемпионаты Новосибирска по ЧГК и по «Своей игре» (еще одно любимое развлечение эрудитов) и турниры АУ, приуроченные к Интернеделе. Члены клуба совместно с работниками новосибирского Комитета по делам молодежи каждый год организуют первенство Сибири, куда съезжаются студенты и школьники из десятков городов от Урала до Сахалина. А в течение учебного года каждую субботу идут тренировки в университете,

куда приглашаются все желающие. Ведь кому, как не студентам, нужно все знать и уметь в нужный момент извлекать из головы свои знания? Из НГУ вышли почти все сильнейшие новосибирские команды.

**Н**е стоит думать, что знатоки – это такая особая порода людей, которые целыми днями читают энциклопедии, а ночами конспектируют Интернет. В спортивное ЧГК играют самые обычные люди. Ведь на самом деле почти любой из нас – по крайней мере те, кто учился или учится в вузе, – уже имеет багаж знаний, достаточный для ответов на многие вопросы. Главное в игре – научиться вспоминать, выдвигать версии, обсуждать, слушать товарищей, проводить подчас неожиданные ассоциации, и все это делать быстро, пока летит минута.

Эти умения очень полезны любому человеку, и недаром многие знатоки достигли успеха за пределами игры. Взять, например, мэтров телеэкрана: Максим Поташев – управляющий партнер консалтингового агентства R&P Consulting, Виктор Сиднев – мэр подмосковного наукограда Троицка, Федор Двинятин – доцент кафедры русского языка Санкт-Петербургского государственного университета...

Играйте в ЧГК! И тогда рано или поздно к вам в первый раз придет ни с чем не сравнимое ощущение – как говорят игроки, «щелчок»: все факты вопроса складываются в единое целое, и ты чувствуешь, что ответ – верный. А со временем можно научиться слышать такие щелчки и в ответах на вопросы, которые задает не игра, а сама жизнь.



ЮБИЛЕЙНЫЕ ЛЕКЦИИ

# КУРГАН ДЛЯ ЛУНОЛИКОЙ





Изображение женской фигуры – типичной, воспетой поэтами «восточной женщины» – на резном костяном ларце из раскопок г. Беграма (древ. Каписа). I—III вв. н. э. Рисунок к. и. н. Д. Позднякова (ИАЭТ СО РАН)



ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна – доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск).

На фото: автор на раскопках 20-го Ноин-Улинского кургана

*«Годы, люди и народы  
Убегают навсегда,  
Как текучая вода».*

В. Хлебников



Э тот кочевой народ до начала XX в. был известен практически только по китайским хроникам. Вплоть до настоящего времени остается дискуссионным вопрос о предках хунну и истоках хуннского этноса.

Согласно китайским летописям уже в середине III тыс. до н.э. хунну успешно грабили приграничные районы китайских царств. Северные царства Китая возвели стены, ограждавшие их от нападений кочевников, которые Цинь Шихуан, первый император объединенного Китая, соединил в единое оборонительное сооружение, известное в Европе как Великая китайская стена.

А на рубеже III—II вв. до н.э. держава хунну – первая кочевая империя Центральной Азии, просуществовавшая более трех столетий, – сравнялась по статусу со знаменитой китайской империей Хань. Однако для западного мира до недавнего времени хунну были интересны лишь как предки гуннов – жестоких завоевателей, захвативших в первой половине нашей эры огромные территории от Волги до Рейна.

«Плоть и кровь» хунны начали обретать лишь в начале XX в., когда в горах Ноин-Улы на севере Монголии были найдены захоронения представителей высшей

Раскоп 20-го кургана из Ноин-Улинского могильника хунну. Северная Монголия, 2006 г.

знати хунну. Миру явились остатки великолепных шелковых тканей и крытых шелком войлочных ковров, изделия из лака и керамика, золотые украшения и серебряная конская упряжь... Мастерски выполненные предметы свидетельствовали не только о жизни самих хунну, но и о тесных связях между древними цивилизациями Востока и Запада.

## Сокровища Ноин-Улы

Ставшие впоследствии знаменитыми Ноин-Улинские курганы были случайно открыты в 1912 г. русским техником золотопромышленной компании А. Я. Баллодом. Наиболее успешными оказались археологические раскопки захоронений, проведенные в 1924–1925 гг. экспедицией известного русского исследователя и путешественника П. К. Козлова, которая и установила их принадлежность к хунну.

В 2006 г. совместной российско-монгольской археологической экспедицией был исследован 20-й Ноин-Улинский курган, датируемый последними годами до н. э. – первыми годами н. э. Раскопки продолжались более пяти месяцев, с мая по октябрь: чтобы преодолеть невероятно тяжелый путь до погребальной камеры, расположенной на глубине более 18 м, пришлось разобрать четыре перекрытия из камней и вычерпать тонны воды.

Погребальная камера, сложенная из соснового бруса, оказалось раздавленной и заполненной грунтовыми водами и мелкодисперсной глиной, а саркофаг разбит в щепу. Тем не менее все в камере осталось на своих местах, кроме самого погребенного – курган был ограблен (точнее – осквернен) еще в древности. В основном перекрытии погребальной камеры грабители сделали небольшой проруб, через который вытащили тело (или тела).

Находки оправдали самые смелые ожидания: были найдены остатки китайской колесницы и богатой конской упряжи, вышитые шерстяные и шелковые ткани, лаковая посуда, прекрасно выполненные серебряные и золотые украшения... В войлочном, крытом шерстяной тканью ковре, закрывавшем пол погребальной камеры, скрывался главный сюрприз: семь человеческих зубов нижней челюсти. Вернее, это были не сами зубы, а их хорошо сохранившиеся эмалевые чехлы.

## Отмщение мертвым

Почему эта находка оказалась так важна для нас? Одной из проблем археологии хунну является фактически полное отсутствие антропологического материала из захоронений элитного слоя общества в отличие от погребений рядовых хунну. Главной причиной тому было разграбление (осквернение) погребений в древности.

Эти акции вандализма были направлены, в первую очередь, на самого погребенного. Например, из китайских источников известно, что «в царствование шаньюя\* Чжао-ди ухуаньцы мало помалу усилились и раскопали могилы хуннских шаньюев в отмщение Модэ» (*цит. по:* Бичурин, 1950, с. 144).

Осквернители Ноин-Улинских могил преследовали ту же цель – отмщение. Деревянные лаковые саркофаги, в которых находились тела умерших, в этих курганах всегда открыты. Вероятно, тела погребенных (или то, что от них осталось) и находившиеся на них украшения и оружие были вытащены из могил теми, кто знал, зачем, рискуя жизнью, они проникали в это «царство мертвых».

О том, что происходило с останками людей дальше, можно только догадываться. Например, известно, что сами хунну в 70-х гг. II в. до н.э. при заключении договоров с представителями китайского двора пили жертвенную кровь, смешанную с опьяняющим напитком, из чаши, сделанной из черепа вождя юечжей, убитого шаньюем Лаошанем. В борьбе за власть и землю у кочевых народов еще со времен скифов осквернение принадлежавших врагам могил было одним из главных символических деяний победителей.

Этот варварский обычай привел к тому, что в курганах хуннской знати Ноин-Улинского могильника кости погребенных сохранились лишь фрагментарно, и то не во всех курганах. К настоящему времени даже эти скудные антропологические материалы утеряны.

## Чужая кровь

Чрезвычайная скудость найденных человеческих останков из погребений хуннской знати привела к тому, что сегодня нам гораздо больше известно об антропологическом типе и физическом облике рядовых членов кочевой империи, чем о тех, кто ими управлял. Фактически, зная по имени не только всех хуннских шаньюев, но зачастую их жен и других родственников, мы совершенно не знаем их «в лицо».

Из письменных китайских источников известно, что держава хунну в период своего расцвета была связана с империей Хань договором «мира и родства», а их правители называли друг друга братьями. Это означало, что китайских принцесс выдавали замуж за

\* Шаньюй – верховный правитель хунну. Первым правителем империи хунну был Модэ (Маодунь)





Из погребальной камеры 20-го кургана Ноин-Улинского могильника хунну, расположенной на глубине 18 м, были извлечены многочисленные предметы, сопровождавшие умершего в загробный мир. Среди них – украшения из золота и бирюзы, остатки шелковых и шерстяных одежд



**Хунну не раз могли непосредственно контактировать с представителями Римской империи. Известно, например, что римские легионеры под предводительством Красса, потерпевшие поражение в битве при Каррах в 53 г. до н.э. и сдавшиеся парфянам, были отправлены служить на восточную границу Парфии. Часть из них попала в войска шаньюя Чжичжи, вступившего в союз с парфянами. С помощью присланных ему римских легионеров он построил в долине р. Талас лагерь-крепость. Римские пехотинцы, «построенные подобно рыбей чешуе», прикрывали ворота крепости при нападении китайских войск (Dubs, 1957). Однако в этой битве хунну были разбиты, Чжичжи обезглавлен, а судьба оставшихся в живых римских легионеров осталась неизвестной**

шаньюев. Всего женами шаньюев стали четыре ханьские принцессы, причем на двух из них женился сам основатель империи хунну Модэ, на двух других – его сын и внук. Хотя последний такой брак был заключен в 135 г. до н.э., известно, что в 33 г. до н.э. Юань-ди, одиннадцатый император династии Хань, пожаловал правителю хуннов пять красавиц из своего гарема. Одна из наложниц стала любимой женой шаньюя и родила ему сыновей.

Встречались и иные ситуации: так, плененный китайский полководец Ли Лин, перешедший на сторону хунну и ставший наместником в «земле Хагяс» (Хакасско-Минусинской котловине) был женат на дочери шаньюя. Эти и многие другие факты свидетельствуют о том, что в жилах элиты хунну текла немалая доля китайской крови.

Влияние ханьского Китая на хунну подкрепляется и многочисленными археологическими свидетельствами. При раскопках курганов хуннской знати находят большое количество китайских вещей, перечень которых практически повторяет известные списки подарков, ежегодно посылаемых империей Хань хунну: колесни-

цы, шелка, шелковая вата, лаковые, золотые и нефритовые изделия, одежда, зерно и т.д. Погребальный обряд хуннской элиты копировал погребальные традиции Хань. При ставке шаньюев было немало советников-китайцев, способствовавших внедрению китайской традиционной культуры и даже письменности в среду кочевников.

Следует заметить, что родственные связи с иноплемениками были характерны не только для элиты, но и для всего хуннского общества в целом. Численность кочевников всегда была намного ниже, чем численность земледельцев, а постоянное участие хунну в военных действиях сокращало и без того немногочисленное население степи. Есть предположение, что у хунну была острая необходимость пополнять свои быстро редуемые семьи включением в состав своих родов и племен пленных и перебежчиков. И хотя в данном случае речь идет о китайцах, но среди пленных встречались представители и многих других народов степи и Запада. Известно, что как раз в рассматриваемый период времени (в 3 г. н.э.) Учжюлю-шаньюю подписал с китайским правителем дополнения к договору, по которому хунну не должны были принимать перебегающих к ним китайцев, усуней, жителей Западного края\* и ухуаней.

Поэтому было бы неверным рассматривать хунну только в связи с их великим восточным соседом. На протяжении почти всей истории существования кочевого государства хунну стремились так или иначе контролировать торговые пути, соединяющие Китай с Западом. Это стремление, собственно, и было одной из основных

\* Западный край – все земли, расположенные западнее Китая. Этот термин также использовался, особенно с I–II вв. н.э., для обозначения небольших государств в бассейне р. Тарим. Дорога через Таримский бассейн, по которой китайцы экспортировали шелк, стала известна как Великий шелковый путь



Первый  
левый премоляр



Антропологический материал из погребения 20-го Ноин-Улинского кургана представляет собой хорошо сохранившиеся эмалевые чехлы от семи нижних зубов постоянной смены: правый и левый клыки, правый и левый первые премоляры, левые первый и второй моляры. На первом левом премоляре обнаружены фасетки искусственной стертости – линейные следы и неглубокие каверны. Такой тип деформации мог появиться при занятиях рукоделием – вышивании либо изготовлении ковров, когда нитки (вероятнее всего, шерстяные) перекусывали зубами

предпосылок образования хуннской державы (Крадин, 2002). К началу н.э. хунну удалось подчинить своему влиянию весь Западный край и практически отрезать китайцев от прямых торговых путей в западные страны. Поэтому можно с уверенностью утверждать, что у хунну должны были существовать тесные культурные связи и с представителями западных цивилизаций, вплоть до Римской империи, а в общество хунну были интегрированы не только ханьцы и представители степных племен, но и выходцы из городских цивилизаций Запада. И в жилах хуннской знати текла не одна капля чужой крови.

На этот счет у нас пока имеются только археологические свидетельства – китайцев мало интересовали отношения хунну с его западными соседями, других же письменных источников по этому народу, помимо китайских, не существует. Зато в погребениях знати хуннов наряду с вещами китайского происхождения обнаружены шерстяные ткани, вышитые пологи, великолепные серебряные украшения и другие изделия, изготовленные далеко к западу от монгольских степей.

## Зубной «паспорт»

Эмалевые останки семи зубов, обнаруженные в 20-м Ноин-Улинском кургане, – материал более чем скромный. На первый взгляд, он не мог стать источником содержательной информации, позволяющей составить представление об их обладателе, ведь молекулярные палеогенетики определяют пол, возраст и расовую принадлежность погребенного по тканям зубов, которые в данном случае не сохранились. Тем не менее находка оказалась поистине уникальной: оказалось, что морфологические особенности зубных коронок позволяют установить важные антропологические характеристики погребенного (Чикишева и др., 2009).

До сих пор в научной литературе доминирует точка зрения, что хунну была свойственна выраженная монголоидность и антропологическая однородность. Однако это противоречит всему, что известно о них по письменным источникам, и не согласуется с историей формирования населения Центральной Азии более древних эпох.

Известные российские антропологи В. П. Алексеев и И. И. Гофман, исследовавшие материал из памятников хунну в Монголии и Забайкалье, отмечали, что «для памятников хунну мы вправе ожидать на любой территории самого разнообразного сочетания антропологических комплексов, поскольку локальные племенные группы населения, столетиями приуроченные к определенным местам обитания, будучи втянуты в орбиту хуннского племенного союза, пришли в движение».

В качестве примера они приводят результаты исследований двух хуннских могильников Монголии – Тебш-Уул и Найма-Толгой: «Палеоантропологический материал первого, расположенного на юге Центральной Монголии, отличается резко выраженными монголоидными особенностями, второго – европеоидными. Если для наглядности прибегнуть к сравнению современного населения, то можно сказать, что люди, оставившие эти памятники, отличались друг от друга, как, скажем, современные якуты и эвенки – от грузин и армян». (Алексеев, Гофман, 1987, с.236—237)



Остатки шерстяной ткани, найденные при раскопках в Пальмире. Красной стрелкой показан уцелевший фрагмент орнамента.  
По: (Schmide-Colinet, Stauffer, 2000)



Миропомазание Давида. Стенная роспись синагоги в г. Дура-Европос.  
По: (Шлюмберже, 1985). Красными стрелками показан зубчатый орнамент на одеждах, совпадающий по рисунку с уцелевшим фрагментом орнамента на шерстяной ткани, найденной при раскопках в Пальмире

Первое, что выяснилось, – это был не «он», а «она». Об этом, во-первых, свидетельствовала грацильность, т. е. отсутствие массивности зубочелюстного аппарата. Судя по стертости зубов, она была молода – 25–30 лет. Женщина, бесспорно, принадлежала к большой европеоидной расе, а именно к тем ее антропологическим вариантам, которые относятся к южному грацильному одонтологическому типу.

По счастливому стечению обстоятельств, зубы женщины демонстрировали не нейтральные, а важнейшие расодифференцирующие признаки, встречающиеся в популяциях со сравнительно небольшой частотой. Более того, эти признаки связаны в очень редкий комплекс, характерный лишь для нескольких современных этнических групп, живущих в предгорьях и горах вдоль западного побережья Каспийского моря, а также в северных районах Индо-Гангского междуречья. В древности же этот одонтологический комплекс встречался среди населения Прикаспийско-Приаральской области.

Тщательное исследование зубных остатков помогло не только установить этногенетический статус по-

гребенной, но и получить уникальную информацию о самой ее личности.

Специалист в области древних технологий, д. и. н. П. В. Волков (ИАЭТ СО РАН) при микроскопическом обследовании поврежденных поверхностей коронок зубов выявил два типа стертости – повреждения зубной эмали травматического характера. Первый, очевидно, образовался благодаря контакту зубов верхней и нижней челюсти при определенной форме прикуса.

Особый интерес вызвал второй тип стертости, обнаруженный на первом левом премоляре. Зона деформированной поверхности на нем представляет собой уплощенный участок со сглаженной краевой кромкой, на которой прослеживаются линейные следы и неглубокие каверны. Такой тип деформации мог сформироваться при длительном контакте зубной поверхности с каким-то эластичным нитеобразным предметом, загрязненным мелкими частицами.

Судя по археологическим находкам, можно предположить, что постоянным занятием женщины было рукоделие, – вышивание или шитье – в процессе



Ткань из 20-го Ноин-Улинского кургана, которая покрывала войлочный ковер и была простегана шерстяными шнурами, имеет аналоги среди фрагментов тканей, обнаруженных при раскопках на территории Парфии, например в Пальмире.

Все ткани отличаются характерным орнаментом в виде мерлонов (зубцов). Этот же орнамент встречается и на туниках мужчин, изображенных на фресках в синагоге в Дуре-Европосе – городе, до середины II в. н. э. находившемся под властью парфян

◀ Шерстяной ковер, простеганный спиральным орнаментом, из погребальной камеры 20-го Ноин-Улинского кургана. На покрывающей ковер ткани – светлый зубчатый орнамент (мерлон) – показан красной стрелкой

которого ей приходилось перекусывать нитки. При этом она зажимала нить в зубах и отрывала коротким резким движением с оттяжкой вниз. Нити, скорее всего, были шерстяные, изготовленные прядением, – именно в таких относительно рыхлых нитях могло содержаться много абразивных частиц (скорее всего, песка).

## Парфянские корни

Так откуда же была молодая женщина, похороненная на рубеже нашей эры на севере Монголии в укромной пади поросших лесом гор Ноин-Улы?

Судя по политической и культурной ситуации в этот исторический период, территории, на которой проживало население, обладающее теми же одонтологическими признаками, что и погребенная, входили в состав или находились под влиянием Парфии\*. Эти территории включали в том числе и Северо-Западную Индию, где в начале I в. н. э. возникло крупное государство Гандхара\*\*, недолгое время подчинявшееся парфянам.

Выходцы из Северо-Западной Индии и Кашмира с древности заселялись в южные оазисы Восточного

Туркестана, образуя многолюдные индийские общины. Именно это население на рубеже нашей эры было проводником докушанской парфянской культуры Гандхары в глубь Центральной Азии. Кроме того, индийское население сделало буддизм господствующей религией оазисов Восточного Туркестана, поглотившей почти без остатка местные верования (Воробьева-Десятковская, 1992).

Можно с большой долей уверенности утверждать, что женщина, останки которой были обнаружены в 20-м Ноин-Улинском кургане, была индийской представительницей парфянской культуры; возможно – из Восточного Туркестана.

---

\* Парфянское царство – древнее государство, возникшее около 250 г. до н. э. к югу и юго-востоку от Каспийского моря и подчинившее к середине I в. до н. э. обширные области от Месопотамии до границ Индии

---

\*\* Гандхара – древнее название области на северо-западе Пакистана, во II в. до н. э. – I в. н. э. входившей в состав Сако-Парфянского царства, а с I в. н. э. – Кушанского царства

Такое предположение подкрепляется находками в этом погребении шерстяного текстиля парфянского производства. К нему, в первую очередь, относится шерстяная ткань темно-бордового цвета с вытканым на ней характерным орнаментом в виде мерлонов (зубцов), которой был простеган войлочный ковер на полу погребальной камеры. Аналоги ей можно найти среди многочисленных фрагментов шерстяных тканей, обнаруженных при раскопках на территории Парфии, например в Пальмире, (Schmide-Colinet, Stauffer, 2000); в знаменитой палестинской Пещере писем (Yadin, 1963). А на фресках в синагоге в Дуре-Европосе – городе на среднем Евфрате, также до 165 н. э. находившемся под властью Парфянского царства – изображены мужчины в туниках, сшитых из подобной ткани (Шлюмберже, 1985). Кроме того, парфянскими, на наш взгляд, можно считать вышитые шерстяными нитками завесы с изображением пока еще не расшифрованных сцен.

Появляются свидетельства и того, что хунну знали о буддизме, вероятно, от тех же жителей Восточного Туркестана. Поэтому у них в обиходе могли появляться предметы, связанные с буддийским культом, такие, например, как золотой идол, отбитый у хунну китайцами (Бичурин, 1950), или обнаруженные в Ноин-Улинских курганах шелковые флажки, обшитые рядами треугольных фестонов (Руденко, 1962), подобные тем, что по сей день составляют убранство буддийских храмов.

В 20-м Ноин-Улинском кургане был найден один предмет, присутствие которого в данном погребении столь же необычно, как и присутствие самой молодой женщины – серебряная античная бляха. Без сомнения, у нее есть своя удивительная история: прежде чем попасть на дно 18-метровой могилы в самом центре Азии, она должна была сменить много хозяев, один из

которых придал античной богине буддийский облик, изобразив на ее лбу тигру. Может быть, судьба молодой женщины и этой вещи как-то связаны? Ведь обе они пришли с Запада...

## Ее лицо – сама Луна

Каким образом судьба занесла молодую индийскую женщину в монгольские степи, к хунну? Может быть, главную роль в этом сыграла необычная красота, присущая женщинам этого этнического типа?

Комплекс антропологических признаков для населения Северной Индии един: темная кожа, невысокий рост, удлинённая голова, узкое лицо с тонким, умеренно выступающим носом с резко очерченными крыльями, полные губы... А вот как сухое антропологическое описание трансформируется в поэтическую речь «Махабхараты»: «Сияние ее мягких и вьющихся волос, украшенных множеством прекрасных цветов, и движение ее бровей чарующе. Когда она молвит, кажется, что ее лицо – сама Луна. Звуки, исходящие из ее уст, сладки. <...> Ее красота усиливается кокетством, влюбленностью и радостью, как будто она выпила одурманивающий напиток» (Меуер, 1915).

Представление об облике индийской женщины могут дать древние изображения из Беграма – города в 60 км от Кабула, существовавшего в рамках разных государственных образований со II в. до н.э. до IV в. н.э.. Там при раскопках были найдены костяные обкладки деревянной мебели и ларцов, на которых местными мастерами были нанесены искусные графические рисунки, изображающие сцены из жизни восточной женщины: «Чувственное и целомудренное начала предстают здесь во всей специфике, которую создал вокруг прекрасного обнаженного тела индуизированный Восток» (Пугаченкова, 1963, с. 30).

Изображение античной богини на серебряной бляхе из 20-го Ноин-Улинского кургана



Расшитая шерстяная завеса  
из 20-го Ноин-Улинского кургана

Кем была эта индийская красавица – женой высокопоставленного хунну, для которой и был сооружен этот курган, или она только сопровождала умершего шаньюя? При определении статуса молодой женщины, чьи останки найдены в 20-м Ноин-Улинском кургане, нужно учитывать и психологию кочевников. Хотя скотоводческие культуры и представляются традиционно как мир мужчин, где сам образ жизни и основные занятия отводят мужчине центральную роль, тем не менее именно женщины были для кочевников основным мерилем богатства и счастья (Головнев, 2009).

Кроме того, в кочевых обществах скотоводов женщины были фактически уравнены в правах с мужчинами, а доля их участия в хозяйственной деятельности значительно превышала трудовой вклад мужчин. Как следствие – женские погребения, например, пазырыкской культуры отличались от мужских в основном лишь отсутствием оружия и специфическим набором украшений. При этом, судя по богатству погребений, многие пазырыкские женщины являлись носителями высокого социального статуса (Полосьмак, 2001).

То же можно сказать и о женщинах хунну. Многие женские погребения выделяются отнюдь не рядовым составом инвентаря, среди которого встречаются и прекрасной работы поясные бляхи, и другие ценные украшения, а также предметы вооружения. Известно, что женщины хунну отличались выдающейся храбростью, но в то же время китайцы отмечали, что «женщины у сюнну не выполняют такого труда, как создание прекрасных вышитых узоров и предметов роскоши, требующих необыкновенного умения...» (Хуань Куань, 2001, с.167). Может быть, этот «недостаток» хуннских женщин должны были компенсировать искусные в рукоделие чужеземки?

Находки из 20-го Ноин-Улинского кургана дают основания предположить, что на рубеже эр при ставке хуннских шаньюев могли находиться мастерицы-вышивальщицы индийского происхождения из южных оазисов Восточного Туркестана. Они на месте создавали по парфянским образцам великолепные вышитые завесы, большие фрагменты которых и были обнаружены в кургане. Остатки парфянских тканей были найдены также в 25-м и 6-м Ноин-Улинских курганах экспедицией Козлова (Руденко, 1962). Однако не исключено, что эти завесы были подарками, которые хунну получали от парфян в обмен на возможность иметь китайский шелк, или просто частью добычи от грабежа караванов. Такой же «добычей» могла быть и сама мастерица...



Разобраться в судьбе молодой женщины, погребенной в 20-м Ноин-Улинском кургане, помогут дальнейшие исследования, основанные на всестороннем междисциплинарном изучении всего комплекса курганных находок. Не исключено, что ответ на вопрос – кому все же принадлежал этот уникальный курган? – кроется среди самого погребального инвентаря и предметов, сопровождавших погребенного.

Обнаруженные в погребении останки зубов переданы для изучения в лабораторию молекулярной палеогенетики Института цитологии и генетики СО РАН, туда же переданы и волосы, найденные в кургане. Может быть, исследователям удастся получить новую информацию, которая позволит проверить выдвинутые нами предположения.

Но кем бы ни оказалась женщина, похороненная на рубеже эр в кургане на севере Монголии, ее жизнь стала еще одной страничкой Истории, вернувшейся из небытия.

#### Литература

Бичурин Н.Я. *Собрание сведений о народах, обитавших в Средней Азии в древние времена.* – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т.1.

Гумилев Л.Н. *История народа хунну.* – М.: Институт ДИ-ДИК, 1998. – 448 с.

Зубов А.А., Халдеева Н.И. *Одонтология в антропофенетике.* – М.: Наука, 1993. – 224 с.

Полосьмак Н.В., Богданов Е.С., Цэвээндорж Д., Эрденэ-Очир Н. *Изучение погребального сооружения кургана 20 в Ноин-Уле (Монголия) // Археология, этнография и антропология Евразии.* – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2008. – № 2 (34). – С. 77–87.

Руденко С.И. *Культура хуннов и Ноин-Улинские курганы.* – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 206 с.



Е. В. БОЛДЫРЕВА



# НА ТВЕРДЫХ ПРИНЦИПАХ

Химия твердого тела в НГУ





БОЛДЫРЕВА Елена Владимировна – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (Новосибирск), профессор; заведующая кафедрой химии твердого тела Новосибирского государственного университета

*Химия, как нас учат в школе – наука о веществах и их превращениях. Химия твердого тела – наука о превращениях с участием (в качестве исходных реагентов или продуктов реакции) веществ, хотя бы одно из которых находится в твердом состоянии. При этом химическая природа веществ может быть самой различной – металлы, неорганические соединения, органические вещества и даже биополимеры – нуклеиновые кислоты, белки. Лишь бы они были твердыми – кристаллическими или же аморфными, стеклообразными. Почему же возникла необходимость выделить превращения с участием твердых тел в самостоятельное направление химии? Дело в том, что твердое состояние вещества обуславливает множество особенностей его синтеза, анализа, изучения закономерностей превращений*

**Ч**то же такого в твердых веществах особенного, что их изучение выделено в отдельную науку? Для «обычного» химика получить вещество – означает получить молекулу с определенным стехиометрическим соотношением элементов (это всегда отношение целых чисел, например  $\text{H}_2\text{O}$  – 2:1,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  – 2:6:1 и т. д.). Помимо этого, необходимо, чтобы элементы были связаны друг с другом определенным образом, так как возможно существование изомеров, т. е. молекул, имеющих одинаковый элементный состав, но различное строение.

Применительно к твердым телам эта ситуация многократно усложняется.

## От содержания – к форме

Вещество в твердом состоянии характеризуется уже не только элементным составом и молекулярной структурой, но и определенным строением кристалла (или аморфного образца, стекла), размером и формой частиц, наличием, типом и концентрацией дефектов. Могут существовать различные полиморфные и полиаморфные модификации (аналоги молекулярных изомеров).

При этом стехиометрическая формула уже не требует целочисленных значений (закон кратных отношений выполняется не всегда). Свойства образца зависят

от его «биографии» – способа получения, условий и продолжительности хранения, внешних воздействий. Часто достаточно прикоснуться к кристаллу пинцетом или приклеить его, чтобы свойства кардинально изменились.

Если образец состоит из нескольких частиц, что типично для твердых материалов, то имеет значение, как именно частицы расположены друг относительно друга, как они контактируют друг с другом. Для реакций твердых тел с газами и жидкостями может иметь значение даже то, какой стороной (гранью кристалла) частица повернута к газу или жидкости.

Многие свойства современных материалов, например прочность или способность поверхности отталкивать влагу и самоочищаться, определяются не внутренним строением, а «макроструктурой» образца. У материала может быть рифленая поверхность, ячеистая структура, в композите могут чередоваться различные частицы и т. д.

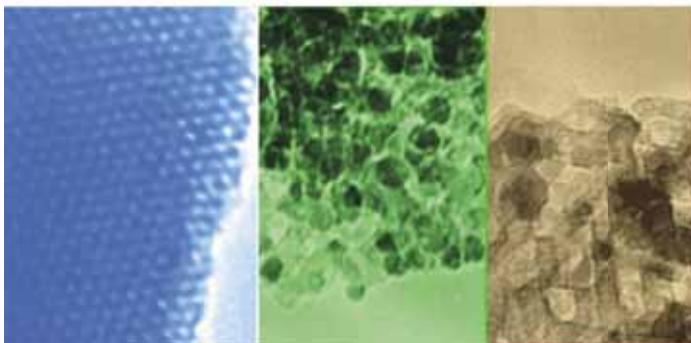
Даже простое описание вещества в твердом состоянии по уровню сложности не уступает описанию биохимических объектов, например тех же белков или ДНК, у которых тоже есть не только первичная, но и вторичная, третичная и четвертичная структуры и которые, в свою очередь, входят в состав еще более сложных объектов (мембран, клеток и т. д.).

Смеси и композиты  
(размер частиц более 10 нм)



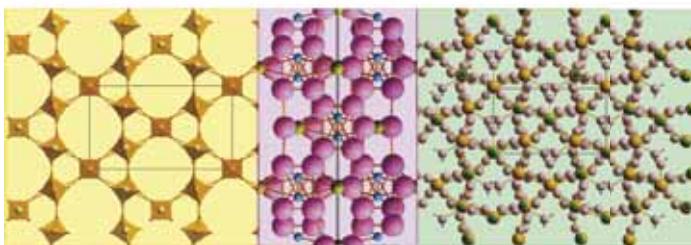
а

Наногетерогенные материалы  
(размер частиц от 1 до 10 нм)



б

Гомогенные системы  
(размер частиц до 1 нм)



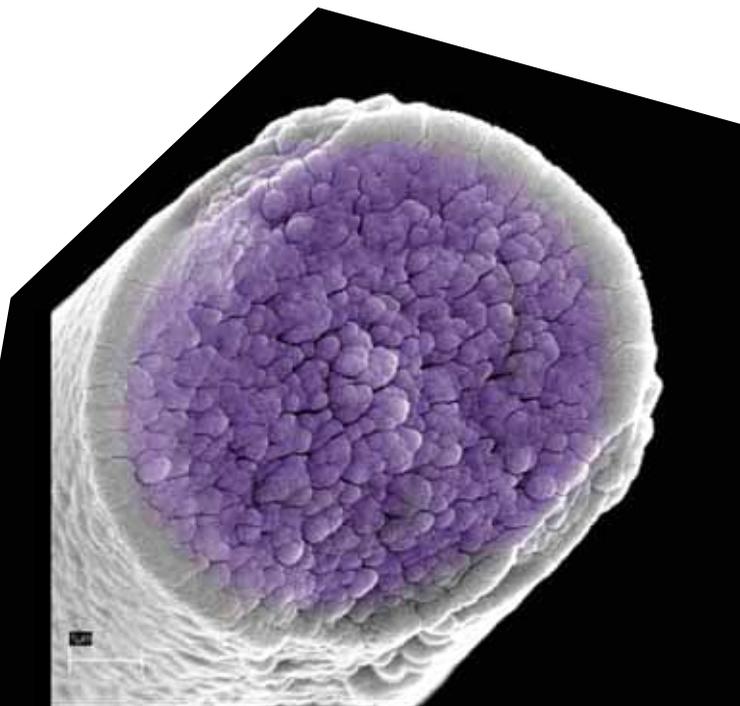
в

Наногетерогенные системы с характерным размером компонентов не более 10 нм можно рассматривать как особый класс твердофазных материалов. Получением и исследованием этих перспективных для современных технологий наноматериалов, обладающих комплексом уникальных физико-химических свойств, занимается группа преподавателя кафедры ХТТ д. х. н. Н. Ф. Уварова (ИХТТМ СО РАН), в том числе студенты и аспиранты кафедры

◀ Фундаментальные характеристики нанокompозитов и других наногетерогенных систем (б) не могут быть описаны суммой свойств индивидуальных компонентов, как в случае обычной смеси твердых веществ (а), а определяются существенным вкладом межфазного взаимодействия между ними. В результате в нанокompозитах вещества могут находиться в необычных метастабильных состояниях, которые невозможно получить никакими иными способами (в)

Керамические композиты из волокон и керамической матрицы – особый класс материалов, способных длительно работать в экстремальных условиях, например, при температурах выше 1000 °С и высоких механических нагрузках в окислительной среде. Из-за малой плотности, теплостойкости и прочности их используют в различных летательных аппаратах. Хотя сама матрица и волокно хрупкие, благодаря наноразмерному слою между ними (интерфазе) у композита появляется новое свойство – псевдопластичность. Компоненты перспективных высокотемпературных керамических композитов, армированных углеродными и карбидокремневыми волокнами, разрабатываются студентами, работающими в группе к. х. н. Н. И. Баклановой (ИХТТМ СО РАН)

SiC волокно нового поколения ▶  
с интерфейсным наноразмерным покрытием из диоксида циркония



Механохимические препараты из хвои пихты, содержащие тритерпеновые кислоты, ускоряют регенерацию клеточной ткани и морфогенез.  
 На фото – растения рапса, контрольное (слева) и обработанное препаратом (справа)



## И стройматериалы, и лекарства

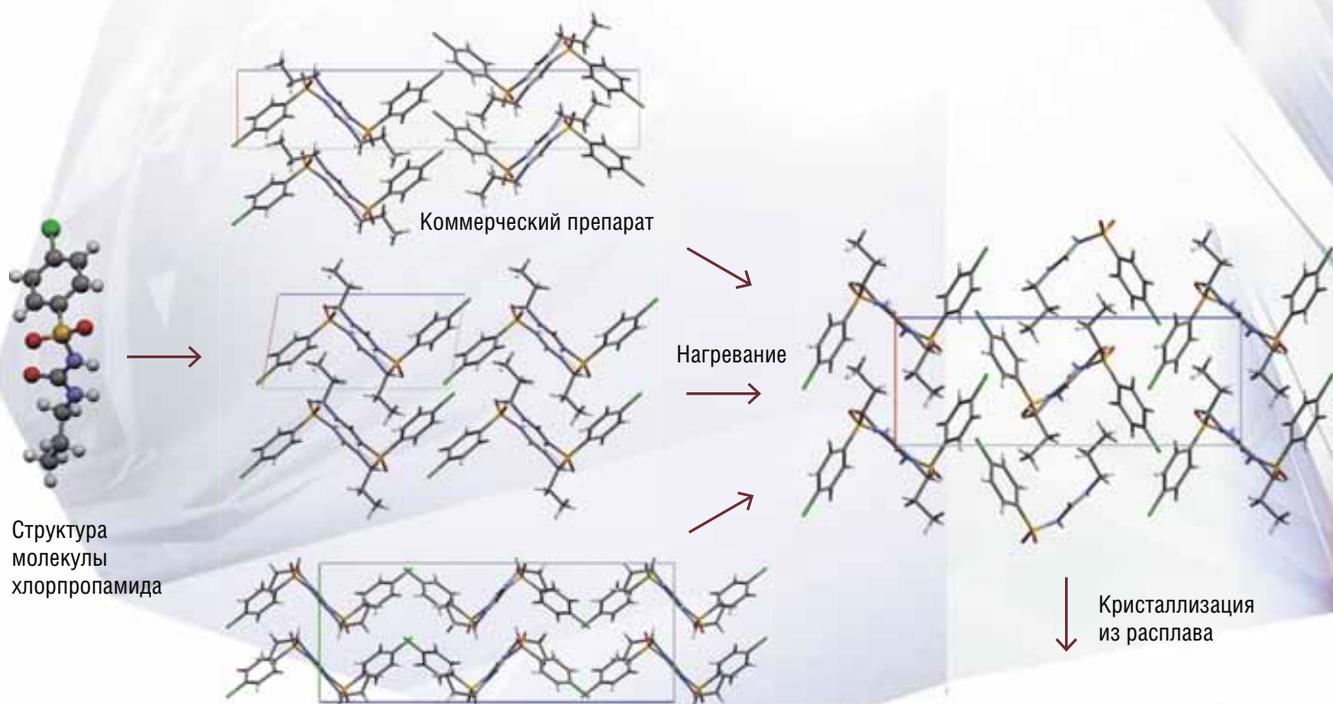
Сложность строения твердого вещества обуславливает и сложность работы с ним, требует особого решения препаративных и аналитических задач. То же самое можно сказать и в отношении изучения химических превращений с участием твердых тел и управления ими, определения взаимосвязей между структурой вещества и его свойствами. Для этого требуются оригинальные приемы и методы.

Одно из новых направлений работ химиков-твёрдотельщиков, остро востребованных практикой, – малостадийный механохимический метод выделения биологически активных веществ из растительного сырья. Плюсы нового метода: отсутствие органических растворителей в технологических операциях, экологическая чистота, безопасность и более высокий выход целевых продуктов. Работы ведутся д.х.н. О. И. Ломовским, к.х.н. А. А. Политовым, к.х.н. К. Г. Королевым (ИХТТМ СО РАН), Н. А. Панкрушиной (НИОХ СО РАН) и студентами кафедры ХТТ НГУ

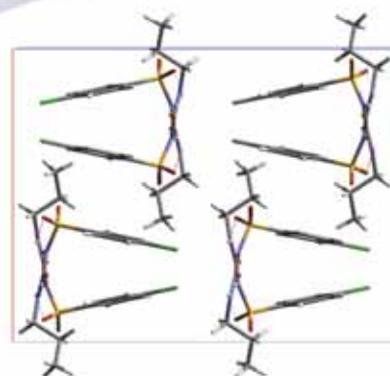


Исследованиями сотрудников кафедры химии твердого тела НГУ в середине 1980-х гг. установлено, что кристалл комплексного соединения кобальта способен изгибаться под действием света и восстанавливать свою форму в темноте (Болдырева, Сидельников, Чупахин и др., 1984). В 2008 г. этот «фотомеханический эффект» был «переоткрыт» на других соединениях японскими учеными. Как новость этот результат был опубликован в *Nature Materials*

Научный интерес и практическую ценность представляют не только наноматериалы, но и возможность многократно проводить обратимые фото- и термопревращения без разрушения монокристаллов. Это – основа работы многих твердотельных устройств



Разнообразие упаковок молекулы хлорпропамида приводит к разнообразию возможных фазовых превращений лекарственного препарата, при которых его свойства меняются скачкообразно



Новые полиморфные модификации хлорпропамида – антидиабетического лекарственного вещества – были впервые получены как индивидуальные фазы сотрудниками кафедры химии твердого тела НГУ, представляющими также и несколько институтов СО РАН. В результате удалось расшифровать кристаллическую структуру разных модификаций препарата и всесторонне изучить их свойства. Основные исполнители: к. х. н. Т. Н. Дребущак, д. х. н. Е. В. Болдырева (ИХТТМ СО РАН), к. х. н. В. А. Дребущак (ИГМ СО РАН), к. х. н. Ю. А. Чесалов (ИК СО РАН), Н. В. Чуканов (НИОХ СО РАН)

Поскольку значительная часть веществ в окружающем нас мире находится именно в твердом состоянии, химия твердого тела не является наукой, занимающейся исключительно экзотическими объектами. Напротив, сегодня это основа материаловедения; ее достижения помогли разработать многие современные технологические процессы.

Среди последних – и крупнотоннажные, такие как переработка минерального сырья, получение строительных материалов и катализаторов; и менее «материалоемкие», связанные с получением очень дорогостоящих фармацевтических препаратов, высокотехнологичных волокон, покрытий и мембран, современных мате-

риалов для электроники, аккумуляторов, сенсоров, топливных элементов и т. д.

Химия твердого тела находит применение и для моделирования биологических процессов, и для имитации природных материалов. Трудно назвать область, где бы знание химии твердого тела не требовалось. Оно находит применение даже в археологии, где позволяет, на основании результатов термоаналитических, дифракционных и микроскопических исследований воссоздать технологию найденных при раскопках артефактов. Тем самым проливается свет на историю их возникновения – кто, где, когда и из какого материала изготовил эти предметы.

Одно из важнейших прикладных направлений химии твердого тела – разработка новых лекарственных форм. Молекулярные соединения, используемые в их составе, часто образуют ряд структурно различающихся модификаций (полиморфов). Полиморфы обладают различными свойствами, например растворимостью. Это обеспечивает возникновение у препарата целого спектра эффектов: он может быть высокоэффективным (оптимальная скорость растворения), малоэффективным (низкая растворимость), токсичным и даже летальным (слишком быстрое растворение большой дозы). Разные полиморфы могут различаться также устойчивостью при хранении, поведением при таблетировании и другими практически важными свойствами. Знания о существовании всевозможных полиморфов медпрепаратов, их свойствах и условиях синтеза необходимы для фармацевтической индустрии. Не последнюю роль при этом играют вопросы патентной защиты и возможность производства дженериков, т. е. лекарственных препаратов, являющихся разрешенными эквивалентами лекарства оригинала. Опыт новосибирских исследователей по модифицированию лекарственных форм был высоко оценен одним из лидеров фармацевтического бизнеса фирмой Pfizer, с которой они работали по совместному исследовательскому гранту. Ученые надеются, что их разработки будут востребованы и на родине. Направление развивается в ИХТТМ СО РАН и на кафедре ХТТ НГУ под руководством акад. В. В. Болдырева



Российский вице-премьер Д. А. Медведев знакомится с деятельностью НОЦ «Молекулярный дизайн и экологически безопасные технологии» НГУ, сравнивая образцы различных препаратов на основе одного и того же лекарственного вещества. 2006 г.

## НГУ – в авангарде

Особая заслуга Новосибирского государственного университета в том, что в отличие от всех других отечественных вузов преподавание химии твердого тела как общего курса ведется здесь на протяжении уже нескольких десятилетий.

Именно в НГУ еще в советское время на факультете естественных наук (ФЕНе) была открыта первая кафедра этого профиля. До этого в течение почти 20 лет химия твердого тела преподавалась как спецкурс студентам физического факультета и факультета естественных наук, а середины 1970-х гг. – как общий курс на кафедре физической химии ФЕНа.

Первоначально кафедра твердого тела создавалась для обеспечения потребностей в научных кадрах Института физико-химических основ переработки минерального сырья СО РАН. Хотя этот институт (ныне – Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) по-прежнему остается базовым, кафедра давно переросла институтские рамки.

Сегодня здесь обучают самым общим понятиям, которые необходимо знать не только специалистам химического профиля, но и физикам и биологам. Помимо постоянно развивающихся общих курсов, а также спецкурсов для студентов-химиков и физиков, готовятся блоки курсов и практикумов для геологов и фармакологов, методические материалы для включения в курсы неорганической и органической химии для студентов



Трудно поверить, что две эти фотографии разделяют почти три десятилетия...

*На фото слева* – выпускники НГУ, физики к. х. н. Ю. А. Гапонов и к. х. н. В. Б. Охотников за исследованием влияния звуковых волн на реакции в кристаллогидратах (1980-е гг.).

*На фото справа* – два Николая, аспирант НГУ физик Н. А. Туманов и итальянец Никола Касати, разрабатывают новые методы расшифровки структур молекулярных кристаллов при высоких давлениях (2009 г.)

**За прошедшие десятилетия на кафедре химии твердого тела НГУ многое изменилось, но остались неизменными энтузиазм и увлеченность своей работой как преподавателей, так и студентов**

младших курсов. Многие из них применяются и в других вузах, в том числе за рубежом. Блочная основа всех курсов позволяет легко перестраивать и адаптировать их под конкретного потребителя.

При таком широком охвате неудивительно, что преподаватели как общих, так и специальных курсов представляют на кафедре разные исследовательские институты СО РАН: химии твердого тела и механохимии, катализа, неорганической химии, органической химии, фундаментальной медицины и биоорганической химии, геологии и минералогии, а также фирму «Шлюмберже» – одну из крупнейших мировых нефтесервисных компаний.

На кафедре, пожалуй, как нигде соблюдается провозглашенный Лаврентьевым принцип связи между наукой и образованием: все ее преподаватели без исключения являются совместителями. При этом здесь традиционно преподают много научной молодежи, но одновременно работают и «живые классики» – ветераны СО РАН.

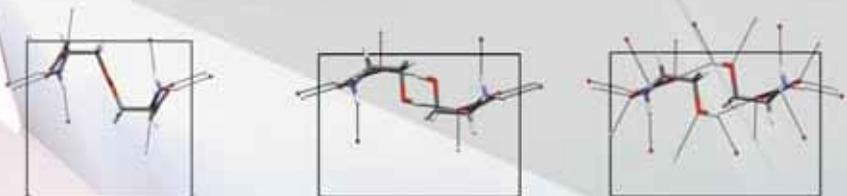
Основные направления научных исследований сотрудников кафедры разнообразны: исследования

механизма химических реакций и фазовых переходов с участием твердых веществ и поиск методов управления их скоростью, пространственным развитием, составом, структурой и свойствами продуктов; получение новых материалов с заданными свойствами для различных практических приложений; исследование веществ и материалов в экстремальных условиях высоких температур и давлений; разработка новых методов получения биологически активных веществ на основе возобновляемого природного сырья или отходов производства.

Научные работы преподавателей кафедры широко известны в мире. Об этом свидетельствуют и высокие рейтинги цитируемости, и международные премии, и приглашения с докладами на конференции и с лекциями в ведущие зарубежные центры и университеты, и избрание сотрудников кафедры на руководящие посты в международных научных союзах и организациях.

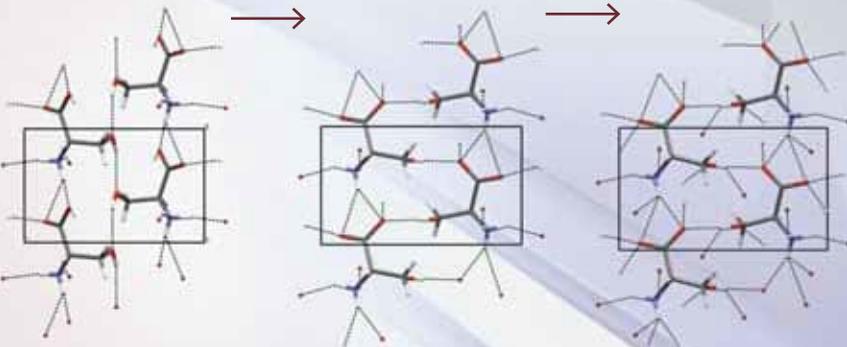
Не менее показательна и готовность зарубежных исследователей работать с новосибирцами по совместным международным проектам, в том числе не только принимать у себя наших молодых ученых, но и организовывать «обратный» поток научной молодежи.

Боковая проекция



Кристалл L-серина

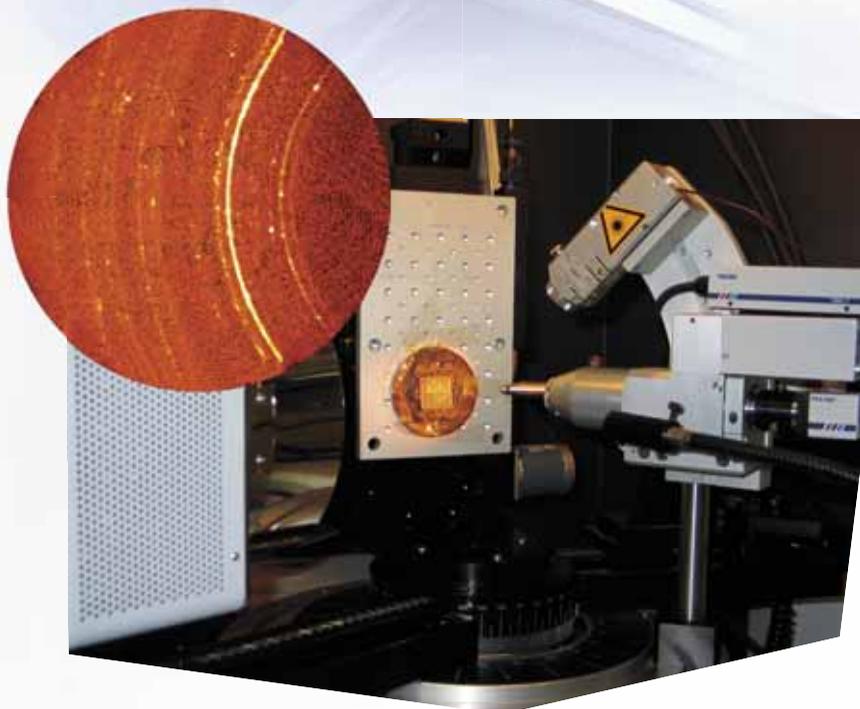
Верхняя проекция



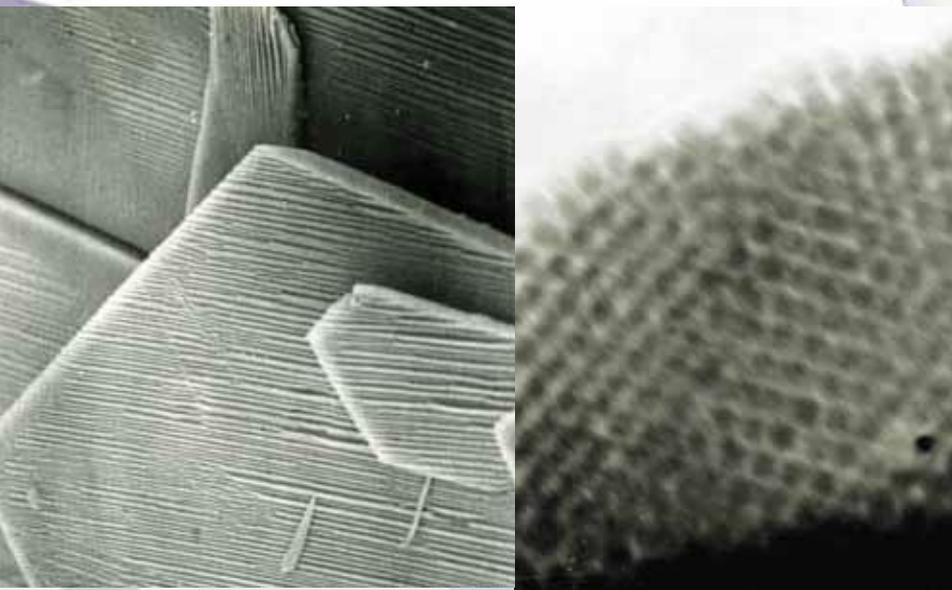
Одно из направлений работы кафедры ХТТ, получившее мировое признание, – исследование кристаллов аминокислот в условиях экстремальных температур и давлений. Сотрудники кафедры под руководством д. х. н. Е. В. Болдыревой первыми в мире начали исследовать кристаллические структуры аминокислот в условиях высоких давлений дифракционными методами и получили ряд новых полиморфных модификаций. Эти исследования важны для физики и химии, медицины и биологии

▲ В кристалле аминокислоты L-серина цепочки из отдельных молекул аминокислоты ведут себя подобно пружине: под давлением они сначала сжимаются, а затем резко растягиваются в точках фазового перехода за счет кооперативных поворотов боковых фрагментов, связывающих цепочки между собой в слои. Подобным образом «работают» серин-сериновые молнии в клеточных мембранах. Граница раздела фаз быстро распространяется по кристаллу, но кристалл не разрушается – переход обратим

▼ Современное оборудование позволяет изучать древние артефакты рентгеновскими методами без разрушения образца



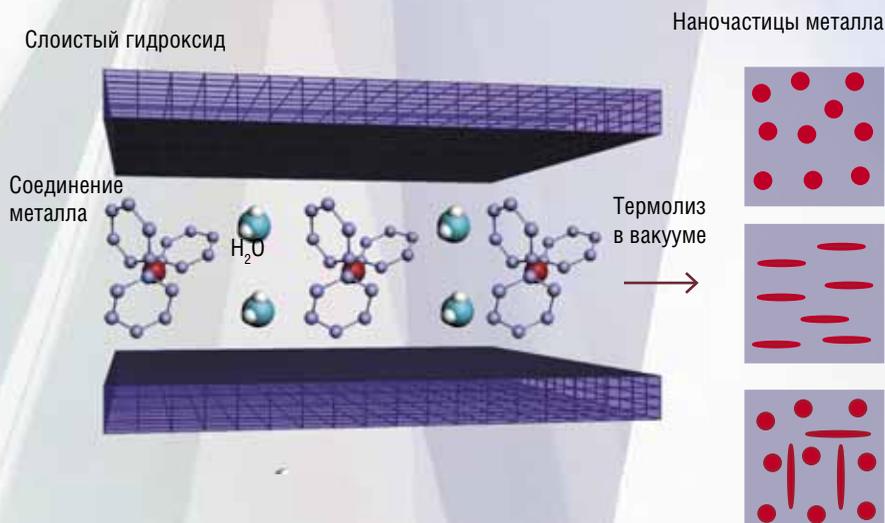
Химия твердого тела не только позволяет создавать материалы и технологии будущего, но и помогает раскрывать загадки далекого прошлого. С помощью современных методов исследования композитных материалов (рентгенографии и термического анализа) уже получена объективная количественная информация об образцах древней керамики Сибири и Дальнего Востока, что позволило определить технологию их изготовления и назначение. Работы ведутся сотрудниками кафедры к. х. н. В. А. Дребушаком и к. х. н. Т. Н. Дребушак под руководством акад. В. В. Болдырева и акад. В. И. Молодина совместно с археологами из ИАЭТ СО РАН



Стеарат серебра используется не только в термопроявляемых фотографических процессах, но и в медицине и некоторых технических областях. Новосибирские ученые совместно со специалистами фирм 3M и Kodak (США) впервые установили связь между структурой кристалла и формирующимся в нем скрытым фотографическим изображением.

Термическое разложение того же стеарата серебра и некоторых других карбоксилатов в особых условиях приводит к образованию «коллоидных кристаллов», построенных из абсолютно одинаковых по размерам и форме наночастиц серебра. Такие наноматериалы находят много интересных приложений

Микрофотография кристаллов стеарата серебра (слева) и коллоидные кристаллы из наночастиц серебра, получаемые при термическом разложении стеарата серебра в специально подобранных условиях (справа).  
Фото д. х. н. Б. Б. Бохонова (ИХТТМ СО РАН)



Интерес исследователей к особому классу слоистых соединений вызван возможностью их использования в качестве ионообменных материалов.

Процесс выхода ионов лития в межслоевое пространство слоистых гидроксидов алюминия с добавкой лития позволяет:

- селективно извлекать литий из природных высокоминерализованных вод;
- создавать мягкие антидепрессанты пролонгированного действия;
- использовать межслоевое пространство как мини-реактор для проведения необычных химических реакций.

Исследования по этому направлению, начатые в ИХТТМ СО РАН под руководством акад. В. В. Болдырева, успешно продолжаются в группе д. х. н. В. П. Исупова с участием студентов и аспирантов кафедры ХТТ

Используя слоистые соединения, можно получать наночастицы металлов с очень узким распределением по размерам, вкрапленные в диэлектрическую матрицу. При варьировании химического состава такого нанореактора получают частицы разной морфологии. Такие гетерогенные наноструктуры находят различное применение, например в составе антирадарных покрытий. Схема д. х. н. В. П. Исупова (ИХТТМ СО РАН)



Международные научные связи кафедры химии твердого тела НГУ говорят сами за себя

**С**егодня мы оптимистично смотрим в будущее. За многие годы своего существования кафедра химии твердого тела НГУ, несмотря на очень трудные 1990-е гг., не только не распалась и не зачахла, но, напротив, обрела второе дыхание.

Даже невозможно сравнивать нынешний уровень оснащенности оборудованием с тем, на чем когда-то ее сотрудникам приходилось работать и учить студентов. Мы полны идей и планов, более того – к нам приходит молодежь, способная эти планы реализовать. Остается только одно – работать, чтобы и впредь в России и в мире для всего научного сообщества слова «химия твердого тела» и «Новосибирск» продолжали ассоциироваться друг с другом.

#### Литература

*Болдырев В. В., Швейкин Г. П. Химия твердого тела // Знание – сила. – 1977. – № 1. – С. 8–11.*

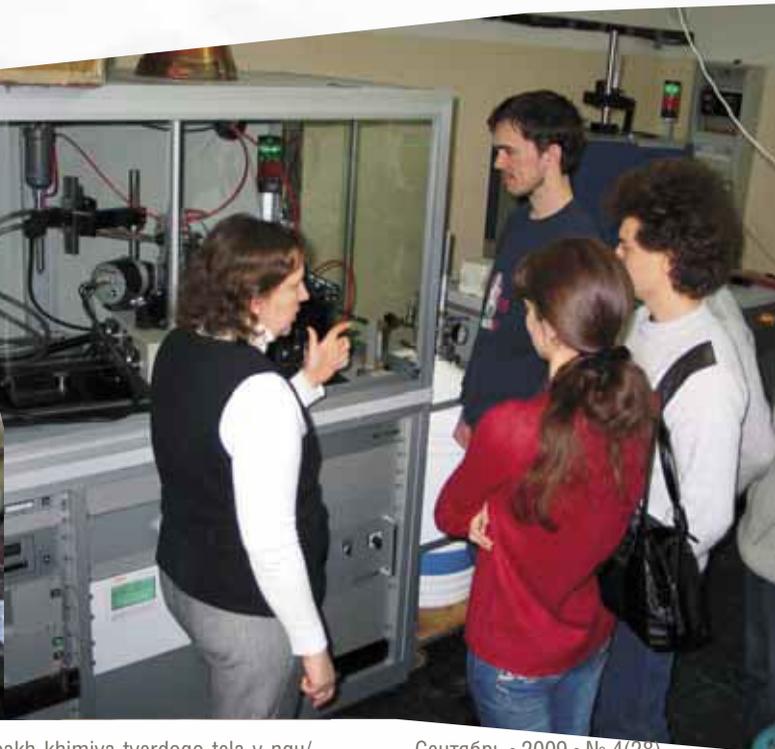
*Болдырев В. В. Реакционная способность твердых веществ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 303 с.*

*Болдырева Е. В. Между алмазными наковален // Наука из первых рук. – 2007. – № 2. – С. 78–85.*

*Чупахин А. П., Болдырев В. В., Ляхов Н. З. Химия твердого тела. – М.: Знание, 1982. – 61 с.*

*Boldyreva E. V. An experience of teaching solid-state chemistry as a comprehensive course for chemistry students // J. Chem. Educ. – 1993. – V. 70. – P. 551–556.*

*Varnek A. A., Dietrich B., Wipff G., Lehn J.-M., Boldyreva E. V. Supramolecular Chemistry. Computer-Assisted Instruction in Undergraduate and Graduate Chemistry Courses. // J. Chem. Educ. – 2000. – V. 77. – P. 222–226.*





П.М. БОРОДИН



# КОШКИ И ГЕНЫ: 30 ЛЕТ СПУСТЯ

*Некоторые ученые всю жизнь занимаются одним-единственным объектом и одной-единственной проблемой. Меня же все время носило из стороны в сторону. Одним из таких «заносов» было увлечение кошками. Не могу сказать, что я их страстный любитель... Но я посвятил этим домашним хищникам изрядную часть своего свободного времени, потому что их генетика оказалась безумно интересной. Да и знакомиться с наукой о наследственности намного увлекательнее на таком обаятельном объекте, чем на классической мушке-дрозофиле*

БОРОДИН Павел Михайлович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск)

*На фото* – автор с телевизионной ведущей И. Ермиловой и котом Василием в учебном фильме «Геногеография, или Идем считать кошек», снятом в 1984 г.



**В**се началось много лет назад, еще в бытность мою студентом НГУ. В качестве домашнего задания по английскому языку нужно было приготовить пересказ научной статьи, причем такой, что была бы интересной моим сокурсникам. При просмотре журналов мне бросилось в глаза фото на обложке *Journal of Heredity* с изображением фонтана на городской площади. Там, вокруг фонтана и на нем самом сидели, стояли и гуляли 94 кошки! Фотография отсылала к статье под названием «Некоторые коты из Сан-Паулу, Бразилия» – одной из цикла статей, посвященных геногеографии кошек.

Кошки оказались идеальным объектом для подобных исследований благодаря тому, что в их популяциях с высокой частотой встречаются мутанты по разным генам окраски (серые, черные, белые, рыжие, пятнистые и т. д.). Еще в конце 1940-х гг. на это явление обратил внимание великий английский генетик Дж. Б. С. Холдейн, и по его инициативе по всему миру генетики начали считать кошек. В итоге стала прорисовываться всемирная кошачья геногеографическая карта. Сравнение разных популяций по частотам генов окраски пролиvalo свет на эволюцию кошки и факторы, которые ее определяли: естественный и искусственный отбор, миграции, изоляция, дрейф генов.

У этой карты был один недостаток: вся наша страна (тогда СССР) была изображена сплошным белым пятном. Естественно, я взялся этот недостаток восполнить. Сначала я пересчитал кошек в Академгородке, а затем во всех городах нашей необъятной Родины, куда меня заносила судьба.

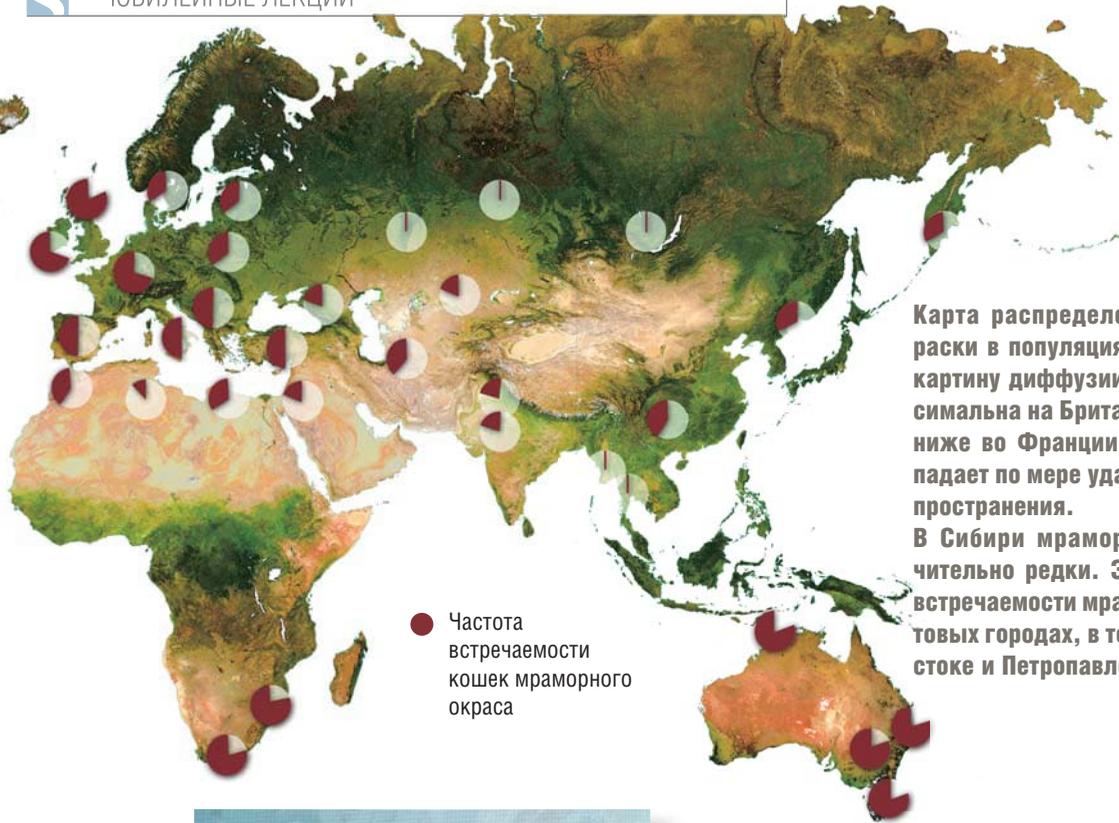
Сам подсчет кошек был страшно увлекательным, азартным и даже в некотором роде опасным занятием. Приходилось считаться не только с самими зверями, но и общественным мнением – ведь человек, что-то высматривающий и вынюхивающий во дворах и подворотнях, вызывает обоснованные подозрения. В лучшем случае его принимают за налогового инспектора, в худшем – за иностранного агента. А когда этот человек потом достает записную книжку и что-то в нее записывает, то крепнущие подозрения могут привести к крайне нежелательным последствиям.

Поэтому котам мне приходилось наблюдать и регистрировать незаметно, по возможности – на ходу, и не замедляя шаг. Когда в моей памяти «накапливалось» более пяти котов, я заходил в телефон-автомат, снимал трубку и просил мифическую Марию Ивановну продиктовать телефон не менее мифического Ивана Ивановича. После этого я спокойно записывал информацию в книжку, благодарил Марию Ивановну и вешал трубку.

Затем я попытался расширить масштаб своих геногеографических операций, завербовав многомиллионные массы советских школьников. Для этого сделал учебный фильм на Центральном телевидении, где с самой красивой дикторшей телевидения Инной Ермиловой гулял по Москве и якобы случайно встречал кошек. Я диагностировал их по генотипам, а Инна регистрировала.

На самом деле вся операция была построена по принципу «рояль в кустах». Усилиями нашего режиссера были мобилизованы учителя биологии из нескольких

Первая в мире клонированная домашняя кошка по имени Копирка. Подробнее на с.147  
*Фото Л. Вэдсворта*



● Частота встречаемости кошек мраморного окраса

Карта распределения мраморной окраски в популяциях кошек напоминает картину диффузии. Концентрация максимальна на Британских островах, чуть ниже во Франции и далее постепенно падает по мере удаления от центра распространения.

В Сибири мраморные кошки исключительно редки. Это видно по частоте встречаемости мраморных кошек в портовых городах, в том числе во Владивостоке и Петропавловске-Камчатском



Кошки с нормальным геном, задающим рисунок окраса, – привычно полосатые.

Рецессивная мутация в том же гене – «мраморный тэбби» – превращает поперечные полосы в завитки или разводы.

На фото – именитый мраморный кот породы селкирк рекс (с кудрявой шерстью). Владелец: Н. Иерусалимова (Новосибирск).

Фото Live Studio



московских школ. В свою очередь, они мобилизовали своих учеников, выдали каждому по пузырьку валерьянки и послали на отлов бродячих кошек. Нас с Инной на казенном микроавтобусе привозили «на точку». Мы становились в задумчивые позы (я – весь в белом, она – в красном), режиссер командовал «Мотор!», и в этот момент очередной школьник выпускал на нас очередного кота.

После этого школьники со всех концов нашей Родины прислали мне три мешка писем с описаниями локальных популяций кошек. Письма были замечательными, но научно малоинформативными. Пришлось рекрутировать специалистов – коллег-генетиков.

Плодом всех трудов стали две научные статьи в тот же *Journal of Heredity* и монография «Генетика кошки». Увлечись, я написал и две научно-популярные книжки – «Этюды о мутантах» (1983) и «Кошки и гены» (1995).

Кроме всего прочего, я написал еще две научно-популярные статьи для журнала «Химия и жизнь». Первая из них под названием «Кошки, гены и география» вышла в 1979 г., вторая – «Кошки и гены: 10 лет спустя» – в 1989 г. Так что нынешнюю поневоле пришлось назвать «Кошки и гены: 30 лет спустя».

## Кошачьи хромосомы

Что же произошло в генетике домашней кошки за последние 20 лет? С одной стороны, ситуация с геногеографией практически не изменилась. Глобальные карты стали достаточно информативными уже 20 лет назад, и добавление новых данных перестало влиять на интерпретацию. Поэтому публикации по этой теме постепенно сошли на нет. С другой стороны, за истекшее десятилетие в генетике кошки произошли важные события, связанные в том числе и развитием методов секвенирования геномов.

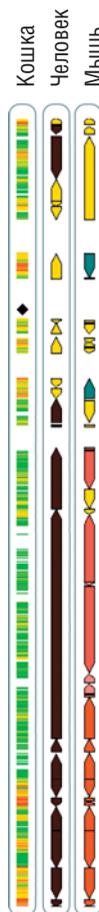
Первые результаты расшифровки генома кошки появились в 2007 г. Пока расшифровано примерно 65 % кошачьих генов. Сравнение генома кошки с хорошо исследованными геномами человека, шимпанзе, собаки, коровы, мыши и крысы позволило идентифицировать у нее 20 285 генов. Следовательно, общее число генов кошки, по-видимому, близко к количеству генов человека, т. е. тридцати тысячам.

Очень интересные и неожиданные результаты дало сравнение генетического состава хромосом кошки и других млекопитающих. Оказалось, что кошка, как и человек, довольно незначительно перестроила свои хромосомы за 80–90 млн лет эволюции от общего предка.

При этом, несмотря на то, что хромосомы кошки выглядят крайне консервативными в макроэволюционном контексте, они оказались чемпионами среди хромосом



На хромосоме В1 у кошки локализованы гены белой и мраморной окраски



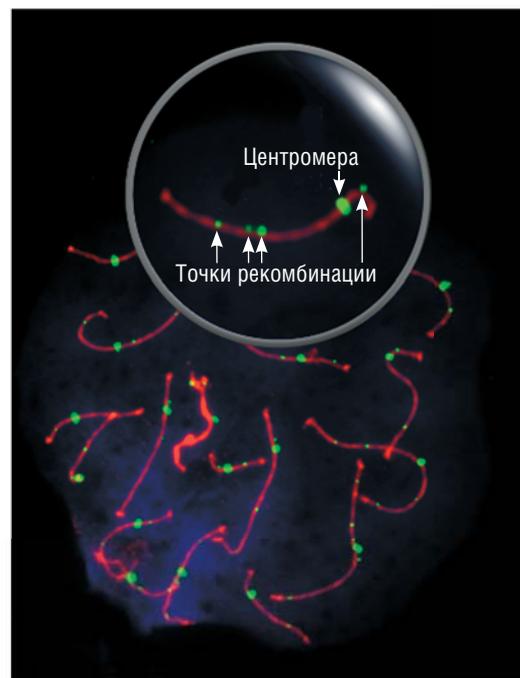
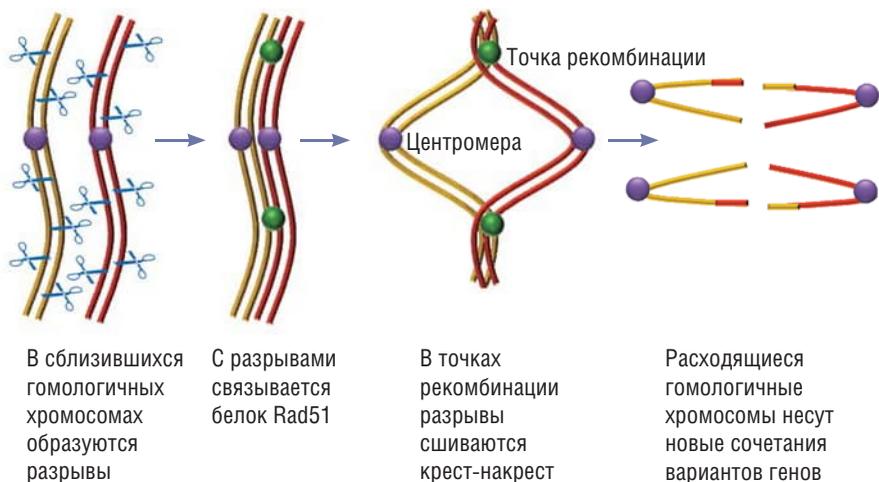
На хромосоме D1 локализован ген альбинизма



Люди не так уж и далеко ушли от своих домашних любимцев. Например, хромосома В1 кошки состоит из фрагментов хромосом 4 и 8 человека, а D1 практически идентична хромосоме 11 человека. По сравнению с кошкой хромосомы мыши претерпели гораздо более значительные перестройки. Так, хромосома В1 кошки содержит фрагменты пяти, а хромосома D1 – четырех мышиных хромосом

млекопитающих по частоте *генетической рекомбинации* – перераспределения генов путем обмена участками парных хромосом. А, как известно, рекомбинация является главным поставщиком новых сочетаний генов, которые являются базой для естественного отбора, микро- и макроэволюционных процессов.

Оказалось, что по плотности *рекомбинационных событий*, т. е. обменов отдельными фрагментами цепочек ДНК на единицу длины хромосомы, кошка занимает первое место среди всех изученных млекопитающих. Среднее расстояние между точками рекомбинации



Кошки – чемпионы по частоте генетической рекомбинации, т. е. обмена участками парных хромосом при мейотическом делении клеток. На хромосомах кота, окрашенных флуоресцентными антителами, хорошо видны центромеры, которые дают сильный сигнал, и точки рекомбинации (сайты связывания белка MLN1), дающие более слабый сигнал. Обратите внимание, как близко на некоторых хромосомах друг от друга и от центромер расположены точки рекомбинации

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ КАК ИСТОЧНИК НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Рекомбинация происходит в первом делении мейоза – процесса, в результате которого после двух клеточных делений из одной обычной клетки образуются четыре половые, содержащие не двойной, а одинарный набор хромосом. При подготовке к первому делению гомологичные (парные) хромосомы сближаются и выравниваются по длине. В это время в их ДНК возникают множественные двунитевые разрывы. В воссоединении разорванных нитей ДНК активно участвует белок Rad51, который связывается со свободными концами разорванных ДНК и внедряет их в ДНК гомологичных хромосом, одновременно расплетая ДНК-мишень.

Найдя комплементарный участок, внедрившаяся нить ДНК с ним спаривается. Однако большая часть связей между ДНК разрезается и сшивается так, что восстанавливается исходное состояние цепей ДНК (безобменный путь). У всех исследованных млекопитающих (кроме кошки!) лишь менее десяти процентов связей сшивается крест-накрест (обменный путь). При этом ДНК одного из гомологов в пунктах обмена соединяется с ДНК другого. Это и есть точки рекомбинации.

Опознавательным знаком для точек рекомбинации служит белок MLN1, принадлежащий к семейству белков репарации, чья функция – исправлять ошибки спаривания ДНК, т. е. устранять неспаренные нуклеотиды. С помощью антител к MLN1, меченных флуоресцентными красителями, можно проанализировать частоту и распределение рекомбинационных событий по геному

у кошки равно 3,7 мкм (для сравнения: у мыши – 7,1 мкм, у человека – 6,0 мкм). При этом нижний предел этого расстояния составляет всего 0,05 мкм, т. е. на грани разрешения микроскопа.

Высокая плотность рекомбинации у кошки сопряжена с высокой эффективностью этого процесса. У всех других исследованных млекопитающих только небольшая (меньше 10 %) часть первичных связей между ДНК гомологичных хромосом сшивается крест-накрест, приводя к образованию рекомбинантных хромосом. У кошки доля связей, разрешаемых по рекомбинантному пути, составляет 25 %. То есть процесс рекомбинации у кошки организован более экономично, чем у других млекопитающих: при меньшем числе двунитевых разрывов ДНК он обеспечивает достаточно высокий уровень рекомбинации.

## Сиамская замена

Двадцать лет назад генетическая карта хромосом кошки содержала всего несколько десятков генов; сейчас их число приближается к двум тысячам. В том числе картированы и расшифрованы гены окраски и выявлены критические точки, мутации в которых приводят к ее изменениям.

Так, на одной из *соматических* (неполовых) хромосом локализованы две мутации по окраске. Мутация доминантной белой окраски, находящаяся в протоонкогене *c-kit*, нарушает способность к миграции у *меланобластов* – предшественников пигментных клеток эмбриона. И поскольку меланобласты не успевают достигнуть вовремя кожи, пигмент не попадает в волосы.

В результате шерсть вырастает совершенно белой. Если же иногда меланобластам все же удастся внедриться в волосяные фолликулы, расположенные на голове кошки, то там появляются небольшие окрашенные участки. У носителей этой мутации количество меланобластов, достигших сетчатки глаза, может различаться. Если их много, то глаза будут иметь нормальный желтый цвет, если очень мало – голубой.

В той же хромосоме находится ген, задающий рисунок окраса. Нормальный *аллель* (структурная форма) этого гена дает полосатую, тигровую окраску. Иногда эти полосы сплошные, иногда – разорванные. Известна полудоминантная мутация *абиссинский тэбби*. У *гомозигот* (т.е. у особей, имеющих

пару одинаковых аллелей) по этой мутации никаких полос на теле не обнаруживается: звери имеют однородную окраску. А вот у гетерозигот по этой мутации полосы располагаются на хвосте, морде и лапах. Рецессивная мутация в том же гене – *мраморный тэбби* – превращает поперечные полосы в завитки или разводы неправильной формы. Часто у таких котят по спине тянется широкая черная полоса.

При *альбицизме* – явлении, широко встречающемся у разных видов млекопитающих, – имеются мутации в гене, кодирующем фермент тирозиназу. При этом синтез фермента либо полностью блокируется, либо синтезируется дефектный фермент с измененной активностью.

У кошек описано несколько таких мутаций. У гомозигот по мутации *бирманского альбицизма* активность тирозиназы несколько снижена по сравнению с нормой. Причем степень подавления активности фермента зависит от температуры тела: при более низкой по сравнению с нормальной температурой он более активен. Именно поэтому у бирманских кошек более интенсивно окрашены участки шерсти на кончиках лап, хвоста, ушей, на носу, то есть в тех районах тела, где температура понижена.

То же самое можно сказать и относительно мутации *сиамского альбицизма*. Однако уровень депигментации при этом гораздо выше: у сиамских кошек шерсть на туловище, как правило, не имеет пигмента, а окраска сохраняется лишь на кончиках лап, хвоста, на ушах и на носу. Но даже и эти участки пигментированы слабее, чем у бирманских

Кошки, гомозиготные по мутации «абиссинский тэбби», имеют однородную окраску. Этот гордый красавец – самый дипломированный в мире абиссинский кот из питомника *Des Cavalier* (Москва). *Владельцы: И. Кудрявцева и В. Каланча*





кошек. Глаза, как правило, голубые из-за снижения количества пигмента в сетчатке.

Сейчас мы точно знаем молекулярную природу этих мутаций: они получаются благодаря замене в генной последовательности одного-единственного нуклеотида! У сиамских кошек в гене, ответственном за синтез тирозиназы, заменяется нуклеотид, стоящий в 422-й позиции от начала гена. У нормальных кошек там находится гуанин, у сиамских – аденин. В результате последовательность нуклеотидов, кодирующая аминокислоту аргинин, превратилась в последовательность, кодирующую глицин. Замена аргинина на глицин в белке тирозиназе привела к снижению его ферментативной активности при нормальной температуре тела.

У бирманских кошек аналогичное ослабление окраски на теле обусловлено заменой нуклеотида в 227-й позиции.

## Родственница лошади

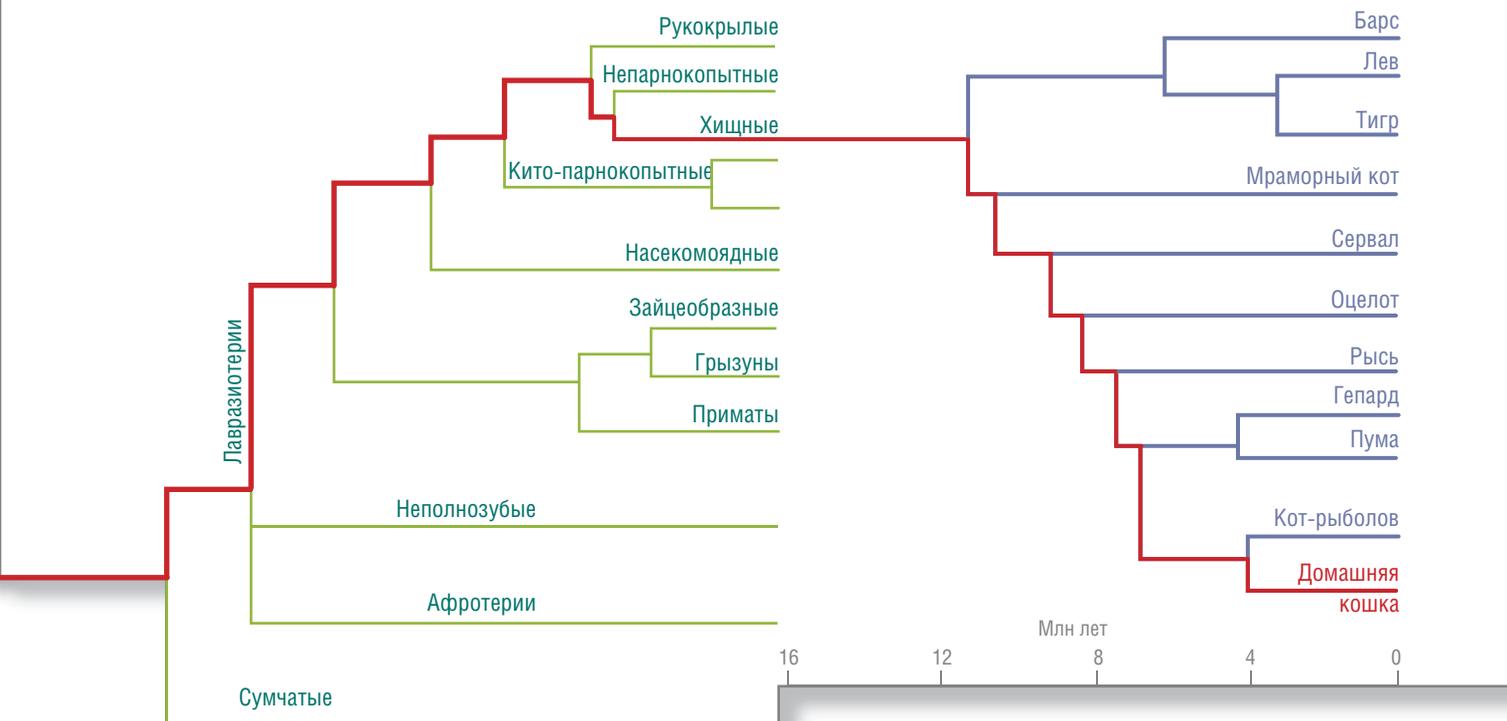
Детальный анализ геномов кошки и других млекопитающих привел к радикальному пересмотру всего родословного древа млекопитающих. До этого филогенетическое древо выглядело вовсе даже не как древо, а как куст, у которого все ветви – отряды – отходили от одного корня. Сейчас на нашем общем родословном древе мы можем различать последовательные ветвления.

Выделяются три главные ветви: *афротерии* (слоны, сирены, даманы, трубкозубы, златокроты и др.), *непол-*

Современные тайские кошки – представители самого старого фенотипа сиамских кошек. Характерный окрас – темные конечности, хвост и «маска» на мордочке при светлом корпусе – один из видов альбинизма с частично подавленным синтезом пигмента, причиной которого является точечная мутация в гене, кодирующем фермент тирозиназу. На фото – помет тайских котят. Заводчик М. Шубина. Фото Е. Челябиной (Новосибирск)

*нозубы* (эндемики Южной Америки – броненосцы, ленивцы и муравьеды) и *лавразиотерии* (все остальные плацентарные млекопитающие). Эти три ствола образовались из-за раскола древнего суперконтинента Пангеи на Гондвану (современные Африка, Индия, Южная Америка, Антарктида и Австралия) и Лавразию (соответственно Евразия и Северная Америка). Гондвана затем раскололась на составляющие материки, причем первой отделилась Африка. На этом изолированном континенте и появился надотряд афротериев.

Интересующие нас кошки входят в отряд хищных, который принадлежит к ветви лавразиотериев, включающей наибольшее число видов. Дальнейшее ветвление приводит, в числе прочего, к хищно-копытно-рукокрылым млекопитающим. И как бы ни безумно выглядела эта группа, ее общее происхождение убедительно подтверждается молекулярными данными. Более того,



Благодаря молекулярно-генетическим данным на общем родословном древе млекопитающих выделены последовательные ветвления. По: (Nishihara, Hasegawa & Okada, 2006)

Судя по филогенетическому древу семейства кошачьих, домашняя кошка появилась в Евразии около 5 млн лет назад. По: (Brien et al., 2008)

эти же данные показывают, что дальнейшее ветвление внутри этой группы происходило вовсе не так, как можно было бы заключить из внешнего облика животных, ее составляющих.

Первыми отделились *кито-парнокопытные*. (Это не опечатка: именно так – кито-парнокопытные. В старом, «домолекулярном» древе китов выводили прямо от корня куста млекопитающих. Сейчас оказалось, что ближайшим родственником китов является бегемот). Другая ветвь – *пегасохищные* – ветвится на *непарнокопытных* (лошади, тапиры, носороги), *хищных* (кошки, собаки, медведи, моржи и др.) и *рукокрылых* (летучие мыши).

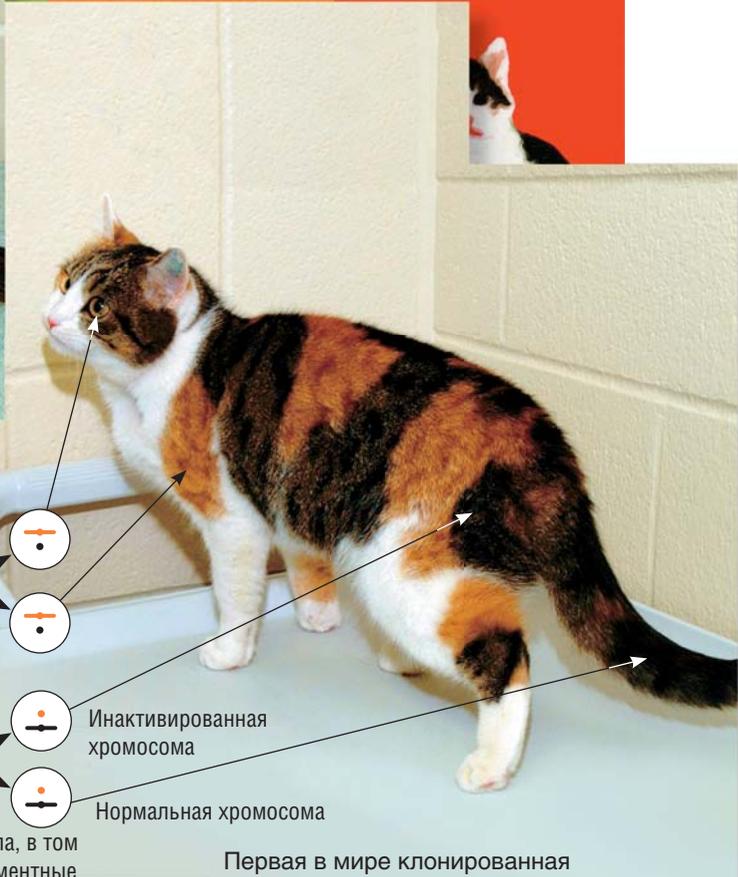
Порядок ветвления в пределах надотряда пегасохищных пока не вполне понятен, но есть указания на то, что первыми выделились рукокрылые, а уже потом произошло разделение непарнокопытных и хищных. Но что совершенно определено, так это то, что последний общий предок лошади и кошки существовал позже (т. е. ближе к нашему времени), чем последний общий предок лошади и коровы.

Родословное древо самих кошачьих было также существенно пересмотрено за последние 20 лет. Выясни-

лось, что первое разделение этого семейства произошло около 11 млн лет назад в Азии, когда от него отделилась линия больших рычащих кошек (лев, тигр, леопард, ягуар и снежный барс). Многие виды, принадлежащие к этой группе, имеют практически идентичные хромосомные наборы. В природе они сохраняются как отдельные виды, но в неволе от них легко получить гибридное потомство. Многие зоопарки имеют тигрольвиц, лигров и т. д. И хотя большинство из них стерильно, сама возможность получения жизнеспособных гибридов между этими видами указывает на большое генетическое сходство рычащих кошек друг с другом.

Вторая группа, выделившаяся тоже в Азии, состоит из мраморного кота и азиатской золотистой кошки, ныне обитающих в Юго-Восточной Азии. От этой линии отделилась и мигрировала в Африку ветвь, к которой относится сервал, каракал и африканская золотистая кошка. Это произошло 6–10 млн лет назад, когда уровень мирового океана был довольно низким, и между Африкой и Азией существовала перемычка в районе современного Красного моря.

В это же время остальные кошки широко расселились по Азии, а часть их перешла по Берингийскому мосту



### ПОЧЕМУ У КОПИРКИ НЕТ РЫЖИХ ПЯТЕН?

Как известно, у кошек, как и других самок млекопитающих, в геноме присутствуют две X-хромосомы. И именно в них находится ген, отвечающий за окраску шерсти. У гена имеется два аллеля – рыжей и черной окраски.

В зиготе – клетке, образующейся при слиянии яйцеклетки и сперматозоида, – активны обе X-хромосомы. В ходе клеточных делений и последующей дифференцировки во всех клетках тела, в том числе в будущих пигментных клетках, одна из X-хромосом инактивируется. Если кошка гетерозиготна по гену окраски, то в одних клетках может инактивироваться хромосома, несущая аллель рыжей окраски, в других – несущая аллель черной окраски. Дочерние клетки строго наследуют состояние X-хромосомы. В результате формируется черепаховая окраска.

Очевидно, что при клонировании в ядре реконструированной яйцеклетки, взятом из обычной соматической клетки трехцветной кошки, не произошла полная реактивация выключенной X-хромосомы.



Первая в мире клонированная кошка Копирка не похожа ни на свою суррогатную полосатую мать (фото слева), ни на свой генетический оригинал черепахового окраса (фото справа) – у нее нет рыжих пятен, как положено кошкам этого генотипа.

*Фото Л. Вэдворта*

в Северную Америку. Именно там находят самые древние останки рыси, оцелота и пумы. Затем потомки североамериканцев мигрировали назад в Азию и затем в Африку, где дали начало евроазиатской рыси и африканскому гепарду. В конце плейстоцена (2–3 млн лет назад) образовался Панамский перешеек между Северной и Южной Америкой. В Южную Америку проникла линия оцелота и дала начало семи новым видам кошек. Туда же перебрались из Северной Америки пума и ягуар.

Разделение остальных азиатских кошек на отдельные роды и виды произошло в Евразии в течение последних 5 млн лет. Именно к этой группе принадлежит домашняя кошка.

## Сколько жизней у кошки?

Как известно, первым клонированным животным стала овца: знаменитая Долли родилась в 1996 г. Через пять лет на свет появилась первая клонированная кошка, метко названная СС (Carbon Copy) или, по-русски, Копиркой.

Оригиналом для копирования выбрали *черепашую* (серо-рыжую) кошку с белым пятном по имени Радуга. Из ее яичника были выделены яйцеклетки и обычные соматические клетки. Из каждой яйцеклетки удалили ядро и заменили его ядром, выделенным из соматической клетки. После стимуляции электрошоком реконструированные яйцеклетки трансплантировали в матку серой полосатой кошки. От этой суррогатной матери и родилась Копирка (Shin et al, 2002).

По генотипу Копирка была точной копией Радуги, но вот по внешнему виду она отличалась от оригинала: у нее не было рыжих пятен. Авторы статьи в *Nature* довольно уклончиво объясняли это различие: «Характер пигментации у многоцветных животных определяется не только генетическими факторами, но факторами развития, не контролируемые генотипом».

Такое высказывание можно понимать как угодно. Я это понимаю так. В соматической клетке, из которой взято ядро для создания Копирки, была инактивирована одна из двух половых X-хромосом – та, которая как раз и несла аллель рыжей окраски. А, как известно, состояние X-хромосомы стойко передается в поколениях соматических клеток.

В случае с Копиркой поразительно то, что перенос ядра соматической клетки в яйцеклетку не привел к реактивации X-хромосомы. Следовательно, процедура клонирования не приводит к полному репрограммированию ядра. Может быть, с этим явлением связаны и проблемы со здоровьем и размножением у клонированных животных. Правда, Копирка на здоровье не жалуется. Ей сейчас уже 8 лет, а три года назад она стала счастливой матерью трех котят.

Компания *Genetic Savings & Clone*, финансировавшая создание Копирки, попыталась сделать на этом бизнес. К сожалению, клиент не пошел: удалось продать только двух клонированных домашних любимцев (за 50 и 32 тыс. долл.), и на это дело закончилось.

Однако эстафету подхватили в Южной Корее: первая кошка была клонирована там в 2004 г. Корейские исследователи рассматривали ее клонирование не как самоцель, а как промежуточный этап в решении другой, гораздо более амбициозной задачи.

Их интересовало получение GM (генетически модифицированных) кошек. Для этого они выделили клетки соединительной ткани – *фибробласты* – из уха белого ангорского кота. Фибробласты культивировали в питательной среде, в которую был добавлен мобильный

генетический элемент, содержащий ген, который кодировал красный флуоресцентный белок.

После того как мобильный элемент проник в ядра фибробластов и встроился в хозяйскую ДНК, эти ядра выделили и перенесли в яйцеклетки, из которых предварительно удалили собственные ядра. Из этих реконструированных яйцеклеток развились два GM котенка, у которых красный флуоресцентный белок синтезируется практически во всех клетках тела. В результате под ультрафиолетовым излучением эти коты светятся мистическим красным светом (Yin et al., 2008). В статье, опубликованной в 2008 г. в журнале *Biology of Reproduction*, особенно интригует последняя фраза: «Данная технология будет полезна для направленного создания дизайнерских котов».

Трудно представить, сколько будут стоить подобные дизайнерские GM коты и кому они могут понадобиться. При этом меня ничуть не пугают генетически модифицированные кошки. Ведь если подумать хорошенько, то все кошки в мире были генетически модифицированы за долгие поколения естественного и искусственного отбора, которому подвергались их предки.

*P.S. Памятью о последствиях своей научно-популярной деятельности, сообщаю, что котов не клонирую, генетически не модифицирую, рекомендаций по случке не даю и котенка в мои руки прошу не предлагать.*

### Литература

- Бородин П. М. *Этюды о мутантах*. – М.: Знание, 1983  
Бородин П. М., Рувинский А. О. *Генетика кошки*. – Новосибирск: Наука, 1992  
Бородин П. М. *Кошки и гены*. – ЗАО Зоосалон, 1995.  
Бородин П. М. *Кошки, гены и география*. // *Химия и жизнь*. – 1979. № 4. С. 40–46  
Бородин П. М. *Кошки и гены: десять лет спустя*. // *Химия и жизнь*. – 1989. № 4. С. 40–45  
Shin T, Kraemer D, Pryor J, Liu L, Rugila J, Howe L et al. *A cat cloned by nuclear transplantation*. // *Nature*. – 2002. V. 415(6874). – P. 859.

*Работа по анализу рекомбинации у кошек выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-04-48024-а*

*Автор и редакция благодарят И. Бодунову (Клуб любителей кошек «Азия», Новосибирск), М. Вестузину и Л. Вэдворта (Texas A&M College of Veterinary Medicine, College-Station) за помощь в подготовке иллюстраций*



# ПЕРЕД СТАРТОМ

## В МИКРОКОСМ

Коллайдер готовится к запуску



*В Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) скоро должен начать работу новый ускоритель элементарных частиц под названием Большой адронный коллайдер (БАК). Эта экспериментальная установка отражает магистральное развитие науки, изучающей строение вещества на микроскопическом уровне.*

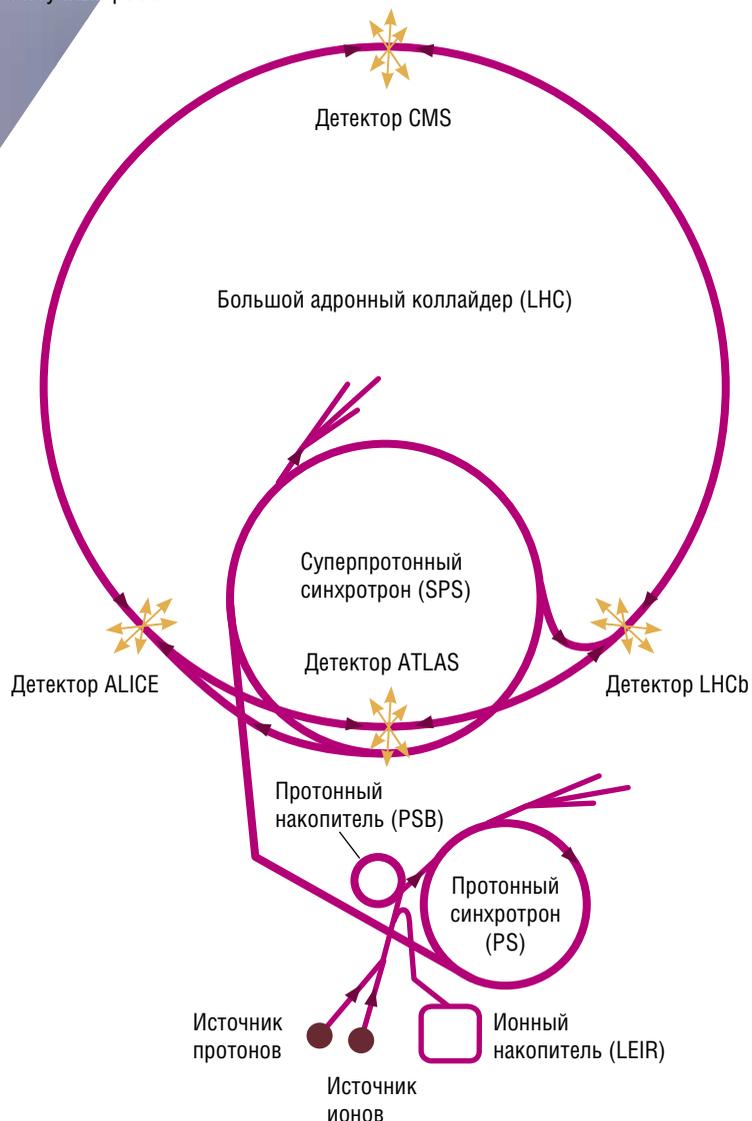
*Жажда человека узнать, как устроена материя, требует все больших энергий сталкивающихся частиц и все больших интеллектуальных и финансовых ресурсов. В международном проекте участвуют десятки стран и тысячи физиков и инженеров. Ускоритель под Женевой – самая крупная научная установка, когда-либо создававшаяся человечеством*



БОНДАРЬ Александр Евгеньевич – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск), профессор НГУ. Член Комитета научной политики Европейского центра ядерных исследований. Область научных интересов: физика элементарных частиц. Автор и соавтор около 400 научных работ

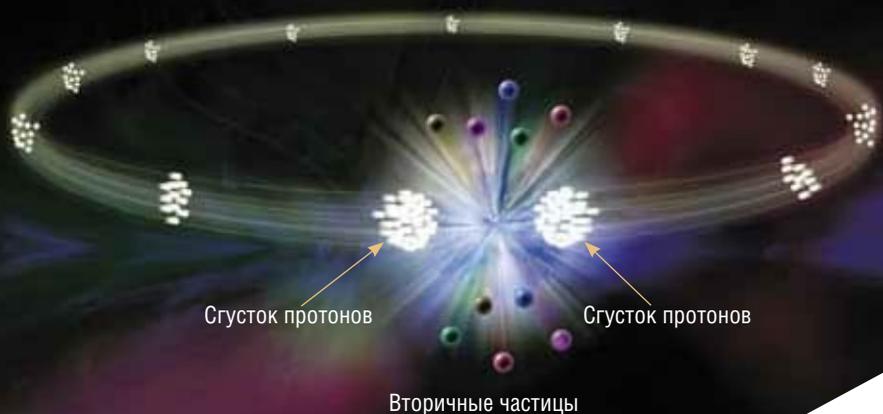
**В** проекте Большого адронного коллайдера (коллайдер – это ускоритель со встречными пучками. – *Прим. ред.*) отразились все характерные особенности современной физики частиц. Эта область естествознания сегодня, как никогда ранее, имеет ярко выраженный интернациональный характер, интегрируя научно-исследовательские программы развитых стран мира. Проверка предсказаний существующих теорий, поиск и открытие новых фундаментальных частиц и закономерностей требуют создания ускорителей на предельно доступные энергии и регистрирующих приборов, способных обрабатывать в ходе эксперимента колоссальные объемы данных. Решение столь сложных задач по силам лишь большим международным коллаборациям ученых, специалистов во многих областях науки и техники, обладающим значительными интеллектуальными и материальными ресурсами и современными промышленными технологиями.

Ведущие научные центры России, такие как Институт ядерной физики СО РАН, Институт ядерных исследований, Петербургский институт ядерной физики, ФИАН, Петербургский физтех, Институт физики высоких энергий, Курчатowski



Большой адронный коллайдер, построенный в ЦЕРНе, имеет длину окружности главного тоннеля 27 км и в полной мере оправдывает свое название. В одной связке с ним будет работать целое семейство ускорителей, где частицы последовательно разгоняются до скоростей, предельно близких к скорости света.

*На схеме ускорительного комплекса относительный масштаб отдельных элементов не соблюден*



В. И. Векслера и Г. И. Будкера.

## Очень быстро, очень глубоко, очень холодно

До настоящего времени самым мощным в мире ускорителем был протон-антипротонный коллайдер в Лаборатории им. Ферми в США. На нем достигнута энергия 1 ТэВ в каждом пучке, т. е. при столкновении выделяется до 2 ТэВ. Большой адронный коллайдер в ЦЕРНе будет работать с протонными пучками в 7 раз большей энергии. А чем больше энергия, тем меньшие расстояния становятся доступны ученым при исследовании физики микромира.

Что в самых общих чертах представляет собой БАК? Это 27-километровый кольцевой тоннель, пробитый в толще горных пород на глубине 100 м, в котором смонтирован собственно коллайдер. В одной связке с ним работает целое семейство ускорителей, где частицы последовательно разгоняются до скоростей, предельно близких к скорости света, совершая в большом кольце 11 тыс. оборотов в секунду!

Два пучка протонов обращаются навстречу друг другу в вакуумных камерах коллайдера (каждый – в своей) и сталкиваются в определенных местах. В точках встречи и будет происходить самое интересное. Удерживаются частицы в пучке с помощью сверхпроводящих магнитов. Каждый *диполь* – один из элементов системы сверхпроводящих магнитов – весит около 25 т и достигает в длину 15 м. Он создает магнитное поле напряженностью более 8 Тл и может работать только при температуре 1,8 К, для чего охлаждается сверхтекучим жидким гелием. Всего в коллайдере более 1200 таких диполей, и эту систему еще дополняют 860 *квадруполей* и более 6 тыс. корректирующих магнитов.

Два пучка протонов обращаются навстречу друг другу в вакуумных камерах коллайдера (каждый – в своей) и сталкиваются в определенных местах. В точках встречи и будет происходить самое интересное. Удерживаются частицы в пучке с помощью сверхпроводящих магнитов. Каждый *диполь* – один из элементов системы сверхпроводящих магнитов – весит около 25 т и достигает в длину 15 м. Он создает магнитное поле напряженностью более 8 Тл и может работать только при температуре 1,8 К, для чего охлаждается сверхтекучим жидким гелием. Всего в коллайдере более 1200 таких диполей, и эту систему еще дополняют 860 *квадруполей* и более 6 тыс. корректирующих магнитов.

## Четыре четверти пути

Помимо коллайдера – физического устройства, сталкивающего частицы, для проведения эксперимента необходимы приборы, которые регистрируют продукты взаимодействия этих частиц. Дело в том, что в результате столкновений высокоэнергетичных протонов будут во множестве рождаться другие частицы, т. е. энергия исходных частиц будет расходоваться на образование новых, возможно ранее не наблюдавшихся частиц.

Два пучка протонов обращаются навстречу друг другу в вакуумной камере коллайдера и сталкиваются. Энергия частиц – 7 ТэВ в каждом пучке, т. е. при столкновении выделяется до 14 ТэВ. Эта энергия будет расходоваться на образование вторичных частиц, например пионов, каонов и, как надеются физики, совершенно новых, ранее не наблюдавшихся частиц.

При встрече двух протонных сгустков в среднем должно происходить около десятка протон-протонных столкновений – но в каждом рождается более тысячи вторичных частиц! Интервал между соседними сгустками, летящими в одном направлении, составляет всего несколько метров

институт и другие, с самого начала активно участвовали в проекте. Один пример: только сотрудники ИЯФ СО РАН разработали, изготовили, установили и наладили 360 дипольных и 180 квадрупольных магнитов для инжекционных каналов коллайдера, сверхвысоковакуумное оборудование, электронный охладитель тяжелых ионов и множество другой высокотехнологичной аппаратуры суммарным весом около 5000 т!

На всех уровнях руководящих органов Европейского центра ядерных исследований неоднократно подчеркивалось, что вклад ученых, специалистов, институтов и предприятий России в проработку и реализацию проекта Большого адронного коллайдера исключительно велик. Это касается не только материально-технического обеспечения ряда ключевых позиций, но также использования передовых идей и достижений в физике частиц и технике ускорителей, ранее выдвинутых и развитых нашими учеными. Неслучайно две улицы в ЦЕРНе носят имена российских физиков, внесших основополагающий вклад в мировую ускорительную науку, – академик

Чтобы разобраться, что конкретно происходит в каждом событии, требуется сложный комплекс оборудования, который называется детектором.

Всего на БАКе построено четыре детектора, они имеют собственные имена: ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), CMS (Compact Muon Solenoid), LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment) и ALICE (A Large Ion Collider Experiment). Почему четыре? Это связано с широтой научных задач, стоящих перед исследователями.

Охватить все направления при помощи одного, пусть и очень сложного, набора экспериментальной аппаратуры невозможно. Поэтому пошли по следующему пути: есть два детектора максимально универсальных – ATLAS и CMS, и они решают задачи на самом острие науки. Это физика взаимодействия элементарных частиц на предельно малых расстояниях (в том числе поиск бозона Хиггса и частиц темной материи). Детекторов два, потому что для надежности результатов, для возможности независимой перекрестной проверки лучше иметь две соизмеримые по возможностям установки.

Специализированный эксперимент LHCb направлен на углубленное изучение физических вопросов, связанных с современным пониманием симметрии в природе, симметрии между материей и антиматерией. Хотя такая симметрия, как мы знаем, лишь слегка нарушена, это нарушение приводит к фундаментальным следствиям в устройстве Вселенной.

Что касается ALICE, то это детектор, ориентированный на эксперименты с ионами, а не протонами. Таким образом, основной режим работы коллайдера – протон-протонные столкновения, но, кроме того, предусмотрен режим сталкивающихся пучков тяжелых ионов, вплоть до урана.

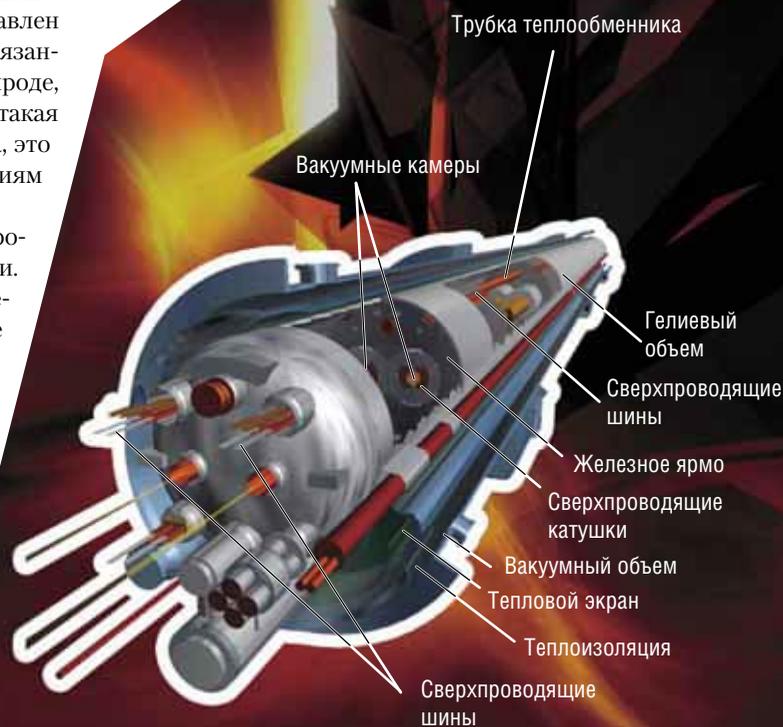
## Стандартная модель микромира

За последние 40 лет в физике частиц достигнут существенный прогресс. Что же мы сегодня знаем, а чего не знаем и хотим узнать на новой установке?

Существует четыре типа фундаментальных взаимодействий элементарных частиц. Электромагнитное – всем хорошо известно со школьной скамьи. Слабое взаимодействие ответственно за распады долгоживущих частиц, например  $\beta$ -активных ядер. За удержание кварков внутри адронов и адронов внутри ядер ответственно сильное взаимодействие. И наконец, обыденная гравитация, которая в масштабах микромира очень слабо проявляется, поэтому о ней можно временно забыть.

Современная теория, именуемая *Стандартной моделью*, рассматривает три фундаментальных взаимодействия – электромагнитное, слабое и сильное – как родственные явления. Хотя они заметно отличаются по своим свойствам, но, по-видимому, являются следствием некоего более общего взаимодействия в природе. Наша убежденность в этом крепнет, основываясь на успехах единого описания электромагнитных и слабых взаимодействий в модели *Вайнберга–Салама*.

Физики надеются, что глобальная теория однозначно свяжет сильное взаимодействие с электромагнитным и слабым. Вероятно, на гораздо меньших расстояниях, чем доступны пока в эксперименте, эти взаимодействия ведут себя универсально. Если знать эту более глубокую связь, можно будет с гораздо меньшим числом предположений описать все наблюдаемые явления в микромире.



Заряженные частицы (протоны, ионы) удерживаются в пучке с помощью системы магнитов. Стандартная секция коллайдера представляет собой сверхпроводящий магнитный диполь длиной 15 м и весом 25 т. Он создает магнитное поле напряженностью более 8 Тл и может работать только при температуре 1,8 К, для чего охлаждается сверхтекучим жидким гелием. Всего в коллайдере более 1200 таких магнитов. © CERN



Так выглядит тоннель Большого адронного коллайдера. Для передвижения по многокилометровому кольцу инженеры и техники, обслуживающие ускоритель, вынуждены пользоваться транспортными средствами (в том числе обычными велосипедами). © CERN

Важные достижения физики частиц последних десятилетий совершены в ходе проверки теоретических представлений об универсальности электромагнитного и слабого взаимодействий. Были открыты предсказанные ранее  $W$ - и  $Z$ -бозоны, детально исследованы их свойства, обнаружен  $t$ -кварк и многое другое. Эти успехи позволили в основном завершить построение Стандартной модели. Но не хватает последнего штриха в этой картине – экспериментального наблюдения бозона Хиггса.

## Сколько весит «ХИГГС»?

Как уже говорилось, поиск хиггсовского бозона – одна из главных задач экспериментов ATLAS и CMS. Что же это за частица? Почему физики так ждут ее открытия? Чтобы ответить на эти вопросы, обратимся к истокам.

Как исторически развивалась Стандартная модель? Первой релятивистской теорией взаимодействия (электромагнитного) элементарных частиц можно считать квантовую электродинамику, завершенную в конце 40-х – начале 50-х гг. прошлого века. Квантовая элект-

родинамика позволила количественно описать взаимодействие заряженных *лептонов* (электронов и мюонов) посредством обмена безмассовыми незаряженными квантами – фотонами. Предсказательная сила теории оказалась просто фантастической: скажем, магнитный момент электрона можно рассчитать с точностью более 10 значащих цифр!

Для того чтобы достичь таких успехов, теории пришлось преодолеть математические проблемы, возникающие при вычислении целого ряда фундаментальных величин. Например, если формально вычислять поправки к массе электрона, они оказываются расходящимися, т. е. бесконечными. Если предположить, что расходящиеся величины на самом деле конечны (из-за каких-то эффектов, которых мы сегодня не знаем), и заменить их величинами, известными из эксперимента (эту операцию надо проделать только с массами и зарядами), – все остальное можно вычислять со сколь угодно высокой точностью: сечения процессов, аномальные магнитные моменты и т. д. Этот подход и привел к созданию первой *перенормируемой* теории поля – квантовой электродинамики. Многие физики полагают, что свойство перенормируемости вообще

является фундаментальным свойством любой теории, которая претендует на описание природы.

Позже оказалось, что особый класс математических моделей – *теории полей Янга–Миллса* – позволяет построить перенормируемую теорию для взаимодействий, в которых безмассовые кванты поля могут излучаться не только зарядами, как в квантовой электродинамике, но и самими полями.

Как известно, фотон не заряжен. Он не может излучать фотоны – он может взаимодействовать только с источниками, так сказать, фотонного поля, т.е. электрическими зарядами. Если направить два лазерных пучка навстречу, они будут пролетать друг сквозь друга практически без всякого взаимодействия. (Свет может рассеиваться на свете только из-за взаимодействия высокого порядка – за счет рождения виртуальных электрон-позитронных пар).

Описанная ситуация характерна для электродинамики. При попытке построить теорию слабого взаимодействия выяснилось, что кванты слабого поля одновременно могут и должны излучать сами себя. Например,  $W$ -бозон может излучать  $Z$ -бозоны и наоборот. Вот тут и пригодилась теория полей Янга–Миллса. Однако проблема заключалась в том, что в теории Янга–Миллса переносчики взаимодействия – безмассовые. А из эксперимента известно, что переносчиками слабого взаимодействия являются массивные бозоны. Каким образом сделать так, чтобы частицы-переносчики имели массу, и при этом сохранить перенормируемость теории? Оказалось, что эту задачу можно решить путем введения нового фундаментального поля. Квант этого поля и есть бозон Хиггса.

До сих пор хиггсовские частицы не наблюдались. Из экспериментальных данных мы можем утверждать, что, вероятно, масса бозона Хиггса больше 115 ГэВ, а из теоретических

## КВАРКИ, ГЛЮОНЫ, АДРОНЫ И ДРУГИЕ

Согласно Стандартной модели вещество состоит из 12 фундаментальных частиц, являющихся истинно элементарными, т.е. не имеющих внутренней структуры: 6 кварков ( $d, u, s, c, b, t$ ) и 6 лептонов (электрон, мюон,  $\tau$ -лептон и соответственно 3 сорта нейтрино). Строго говоря, кварков в действительности 18, а не 6, поскольку они обладают дополнительной внутренней характеристикой – так называемым цветом, который может принимать 3 различных значения ( $6 \times 3 = 18$ ). Все эти частицы – фермионы и имеют спин (собственный момент), равный  $1/2$ .

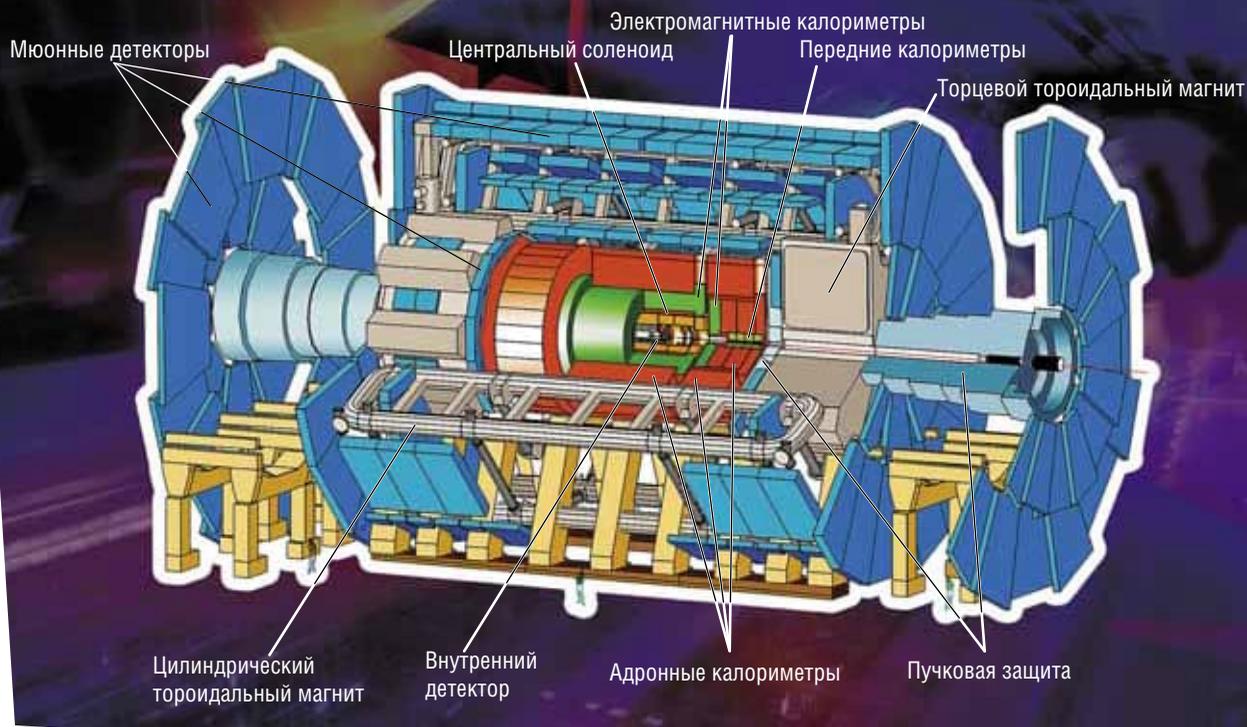
Частиц-переносчиков взаимодействия также двенадцать: 8 безмассовых глюонов – для сильного взаимодействия, 3 тяжелых калибровочных бозона ( $W^+, W^-$  и  $Z^0$ ) – для слабого взаимодействия, 1 фотон – для электромагнитного взаимодействия. Частицы из этой дюжины в отличие от фундаментальных фермионов обладают единичным спином и, следовательно, являются бозонами.

Кварки участвуют во всех трех типах взаимодействий. Из кварков состоят адроны, которые подразделяются на две основные группы: барионы (состоят из трех кварков) и мезоны (из одного кварка и одного антикварка). Самые стабильные и поэтому наиболее распространенные в природе барионы – это хорошо всем известные протоны и нейтроны, образующие атомные ядра. 6 сортов кварков группируются в 3 поколения: в каждом поколении один кварк имеет положительный электрический заряд  $2/3$ , а другой – отрицательный заряд  $1/3$ :

	Название кварка	Заряд	Масса
Первое поколение	d нижний (down)	$-1/3$	$\sim 5$ МэВ
	u верхний (up)	$+2/3$	$\sim 3$ МэВ
Второе поколение	s странный (strange)	$-1/3$	95 МэВ
	c очарованный (charm)	$+2/3$	1,3 ГэВ
Третье поколение	b прелестный (beauty)	$-1/3$	4,2 ГэВ
	t истинный (truth)	$+2/3$	174 ГэВ

соображений – что не более нескольких ТэВ. Значит, такие частицы могут и должны рождаться на Большом адронном коллайдере.

Как отличить эту частицу от других известных? У нее особые свойства. Бозон Хиггса тем сильнее взаимодействует с фундаментальными полями и частицами – калибровочными бозонами и кварками, чем больше их масса. Если, например, масса «хиггса» больше, чем удвоенная масса  $t$ -кварка (которая равна 174 ГэВ), то бозон с большой вероятностью будет распадаться на  $t$ -кварк и  $t$ -антикварк. В зависимости от того, какая конкретная масса окажется у бозона Хиггса, его свойства будут разными, но вполне определенными. И если такая частица существует в природе, мы ее обязательно найдем.



Помимо собственно коллайдера – физического устройства, сталкивающего частицы, – для проведения экспериментов необходимы приборы, которые регистрируют продукты взаимодействия этих частиц, – детекторы. Здесь представлена схема детектора ATLAS. Основная его научная задача – поиск бозона Хиггса и новых тяжелых частиц темной материи. Сложность детектора можно оценить по объему информации, который принято измерять в каналах электроники. В детекторе ATLAS около 100 млн электронных каналов! Информационной единицей является элементарный микродетектор, который сопряжен со своим усилителем, оцифровщиком, памятью. В таком качестве выступают, например, полупроводниковые и газовые трековые детекторы, которые требуются для точной реконструкции координат пролетевшей частицы. Другой важный параметр – энергия частиц – определяется с помощью калориметров различных типов. Общая длина этого гигантского детектора – 46 м, диаметр – 25 м, вес – 7000 т. Обратите внимание на человеческие фигурки, которые даны для масштаба. © CERN

## Суперсимметрична ли темная материя?

Но даже после того, как бозон Хиггса будет обнаружен, картину Стандартной модели нельзя считать полностью завершенной. Одно из актуальных ее расширений – *суперсимметрия*. Эта современная теория устраняет некоторые внутренние проблемы Стандартной модели и одновременно решает ряд других важных вопросов, в частности, объясняет присутствие *темной материи* во Вселенной.

Теория суперсимметрии предполагает наличие целого класса новых фундаментальных частиц. Каждой известной частице Стандартной модели ставится в соответствие *суперпартнер*, т.е. частица-родственник, но обладающая другой массой, другими свойствами.

Каждому фермиону соответствует бозон и каждому бозону – фермион. В эксперименте эти частицы не наблюдались, возможно потому, что не хватает энергии.

Можно себе представить, что в суперсимметричном секторе имеется легчайшая, а потому стабильная частица, которая электрически не заряжена. Она не может распасться на обычные частицы подобно тому, как протон является легчайшим *барионом* и не распадается ни на какие другие частицы, так как барионный заряд сохраняется.

Предполагается, что все суперсимметричные частицы, которые возникли в первые мгновения Большого взрыва, в конце концов распались на обычные частицы плюс легчайшие нейтральные суперсимметричные частицы. Эти частицы практически ни с чем не взаимодействуют, кроме как с гравитационным полем.

Возможно, именно из таких частиц и состоят сгустки темной материи, наблюдаемые астрофизиками.

Когда-то температура Вселенной была высока и суперсимметричные частицы находились в термодинамическом равновесии с остальным веществом. Зная сечение рождения, время жизни, вероятность распада, можно подсчитать, сколько с того времени должно остаться этих частиц. Точно так же, как теоретики сегодня умеют рассчитывать, какое в результате Большого взрыва должно быть количество водорода, гелия, протонов, фотонов. Таким образом, из микроскопических свойств суперсимметричных частиц, которые мы обнаружим на БАКе, можно оценить, сколько темной материи должно быть во Вселенной, если суперсимметрия является ее источником. А фактическая масса темной материи известна из астрономических наблюдений.

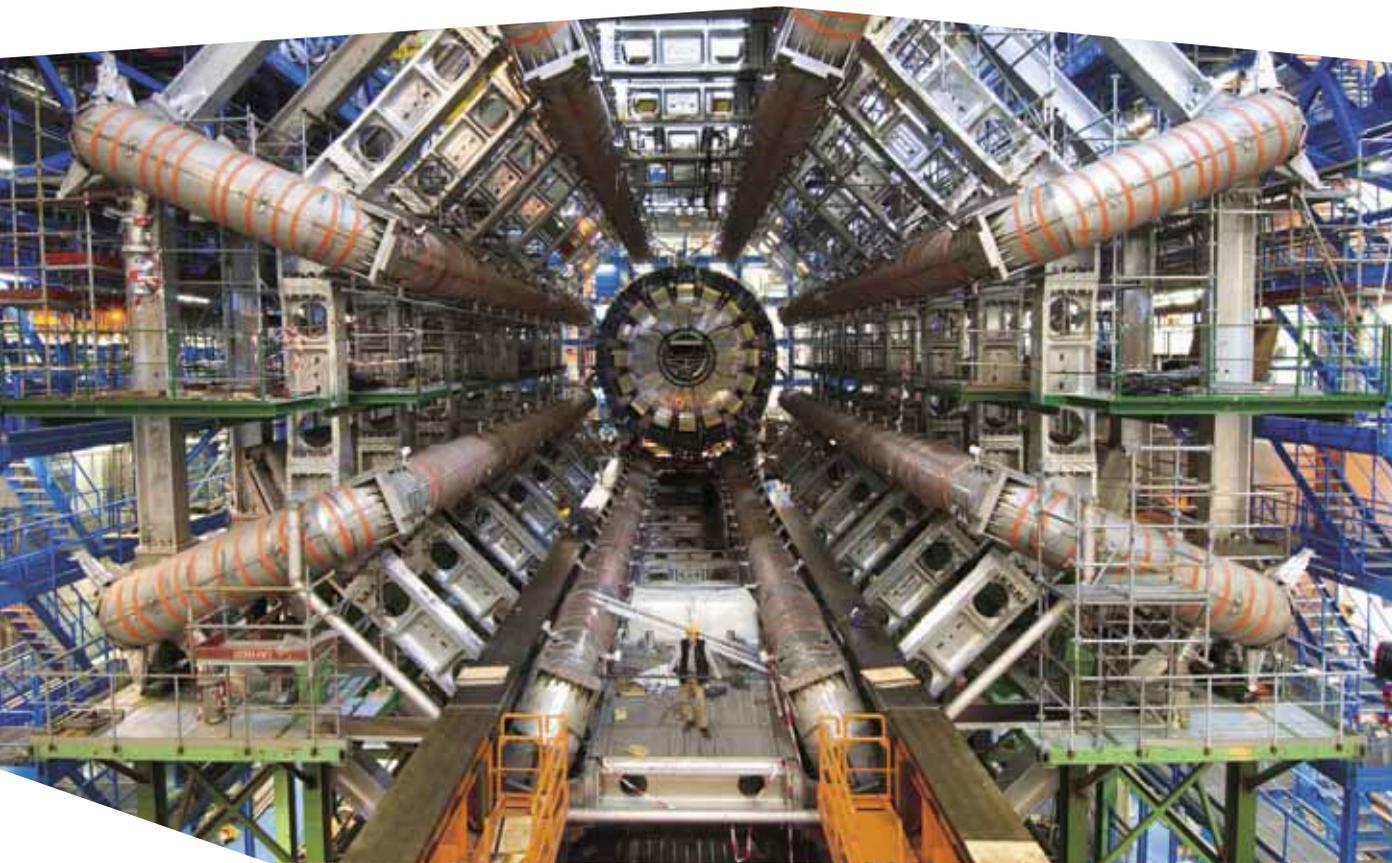
Что если суперсимметричные частицы на детекторах ATLAS и CMS не найдут? Это лишь будет означать, что целый класс моделей, которые сегодня очень популярны в силу своей внутренней красоты, в действительно-

сти не реализуется. В науке нет другого пути установить истинность теории, кроме проведения критического эксперимента.

## Кварк-глюонные чудеса «Алисы»

Специфические ожидания связываются со сверхвысокой энергией ионных столкновений на детекторе ALICE. Хотя ATLAS и CMS, наверное, тоже будут работать в ионном режиме, но возможности этих детекторов не оптимизированы для исследования таких процессов. Особенность столкновений ионов в том, что они относительно редки (из-за малой плотности ионных пучков), но в каждом возникает чрезвычайно большое число вторичных частиц – несколько тысяч или даже десятков тысяч.

Что происходит, когда сталкиваются ионы? Кинетическая энергия первичных частиц (а если нуклонов в ионе около 100, то эта энергия порядка нескольких сотен ТэВ) переходит в температуру адронов, т.е.



Вид детектора ATLAS с торца в процессе сборки. Восемь расходящихся «лучей» – это сверхпроводящие катушки, создающие тороидальное магнитное поле для искривления траектории частиц и измерения их импульса. На момент снимка калориметры еще не установлены, и центральная часть установки пуста.  
© CERN

происходит очень быстрый нагрев ядерной материи. Предполагается, что при этом возникают условия для *фазовых превращений*. Затем сильно нагретая ядерная материя начинает разлетаться и охлаждаться, превращаясь в конечном счете в мезоны, барионы и другие частицы. Исследуя конечные продукты, можно извлечь информацию о процессах, происходивших с ядерной материей в таких экстремальных условиях.

Что это за процессы? Как известно, протоны и нейтроны состоят из кварков. Кварки удерживаются внутри нуклонов посредством взаимодействия с *глюонами*. Глюоны – переносчики сильных взаимодействий. По современным представлениям, кварки не могут существовать в свободном состоянии. Если попытаться, говоря условно, вытащить один кварк из протона или нейтрона, то нам это не удастся, потому что поля, удерживающие кварк, становятся настолько сильными, что из вакуума рождается кварк-антикварковая пара – и мы выдернем не кварк, а мезон.

Существует гипотеза, что при высокой плотности и температуре ядерной материи нуклоны как бы плавятся. Выделить отдельные нейтроны и протоны уже

нельзя, а сама ядерная материя выглядит как связанное состояние большого количества кварков и глюонов. Это состояние называется *кварк-глюонной плазмой*.

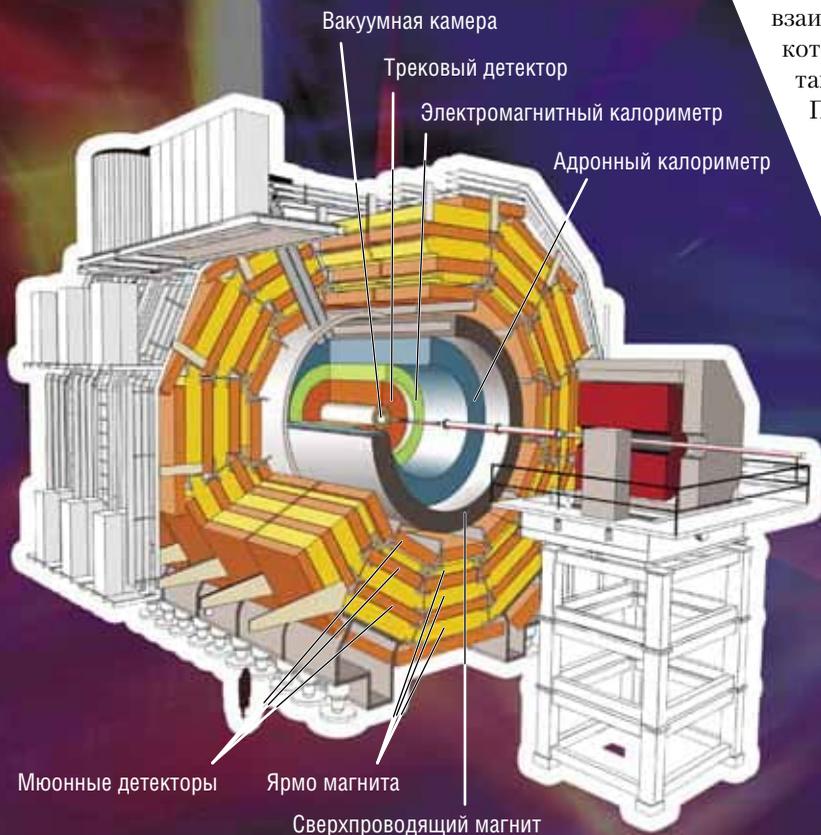
Усилия по поиску кварк-глюонной плазмы предпринимаются давно. Есть надежда, что на БАКе, а именно на детекторе ALICE, удастся получить такое экзотическое состояние вещества и исследовать его физические свойства.

## Изюминка В-мезонов

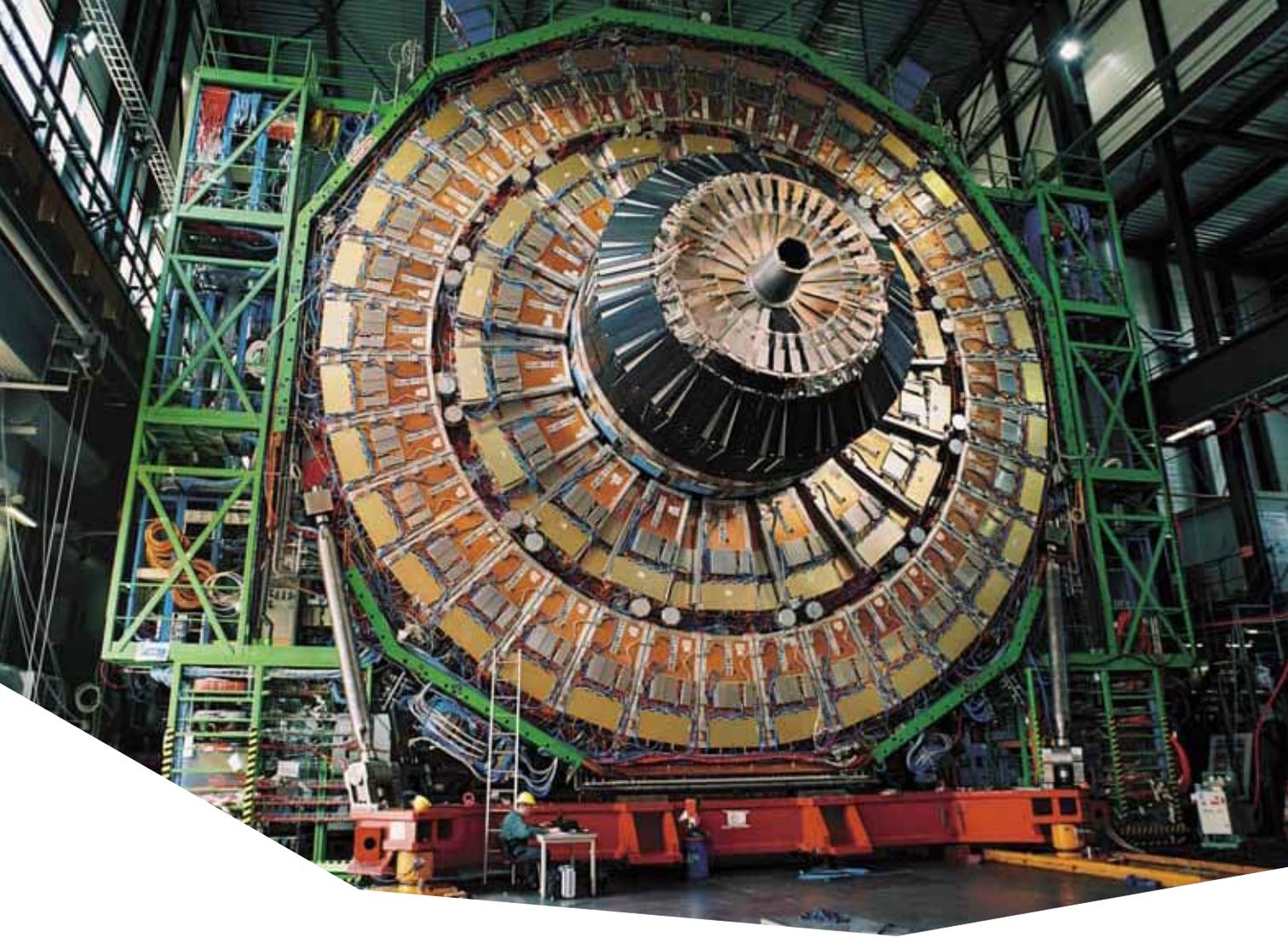
Важное место среди задач БАКа занимает физика В-мезонов. В-мезоны – это частицы, состоящие из b-кварка и легкого антикварка (u, d или s). Главная изюминка в том, что в этом мезоне присутствует b-кварк – самый тяжелый кварк с зарядом  $1/3$  (напомню, что шесть известных кварков сгруппированы в три поколения: в каждом поколении, как правило, более тяжелый кварк имеет положительный электрический заряд  $2/3$ , а более легкий – отрицательный  $1/3$ ).

Чем эти мезоны интересны? Их свойства позволяют понять механизмы нарушения симметрии между веществом и антивеществом.

Вселенная асимметрична относительно вещества и антивещества. Почти вся наблюдаемая материя состоит из протонов, нейтронов и электронов, а антивещества очень мало. С другой стороны, взаимодействия частиц и античастиц, которые исследуются в экспериментах, исключительно симметричны. По состоянию на начало XXI в. наблюдалось единственное явление, которое в микроскопическом



Проект CMS нацелен на решение тех же научных задач, что и ATLAS, но в этом детекторе используются несколько другие методы регистрации частиц. Обнаружение новых физических явлений будет считаться надежно установленным в случае их подтверждения обоими детекторами. © CERN



Благодаря особенно мощному и большому магниту детектор CMS – супертяжеловес в семье детекторов БАКа: его масса составляет 12500 т! А вот габариты несколько умереннее, чем у гиганта ATLAS: длина – 21 м, диаметр – 15 м. © CERN

масштабе нарушало симметрию между частицами и античастицами, – это знаменитое *несохранение комбинированной четности* (CP-четности) в распаде долгоживущих нейтральных каонов. Каоны иногда – редко! – распадаются с нарушением CP-симметрии (CP – это последовательное применение двух преобразований: С означает замену всех зарядов на противоположные, а P – отражение в зеркале, т.е. замену векторов на противоположные).

В современной теории именно CP-преобразование переводит частицы в античастицы. И оказывается, что в Стандартной модели CP-симметрия уже нарушена. Этот факт дает основание думать, что наблюдаемая во Вселенной асимметрия не случайна. В момент возникновения мира вещества и антивещества было поровну, но в процессе эволюции, в результате взаимодействия частиц и античастиц последние исчезли, а остались практически одни частицы, из которых потом образовались звезды, галактики и мы с вами.

Чтобы понимать детали этого процесса, представля-

ется важным подробно исследовать нарушение симметрии между частицами и античастицами. В-мезоны предоставляют такую возможность. И специализированный детектор Большого адронного коллайдера под названием LHCb как раз нацелен на то, чтобы исследовать эффект нарушения CP-симметрии в распадах В-мезонов. А в столкновениях протонных пучков на БАКе будет рождаться рекордно большое число В-мезонов.

Кстати говоря, все четыре детектора работают одновременно. Те же В-мезоны будут рождаться и на ATLAS'e, и на CMS. Но там информация о таких событиях в основном пропадет, а вот детектор LHCb оптимизирован под эти цели. С другой стороны, на LHCb трудно зарегистрировать хиггсовские бозоны, а может быть, вообще невозможно.

## Всемирный поток

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА GRID



Для хранения и обработки экспериментальных данных, которые будут поступать с детекторов Большого адронного коллайдера, разработана специальная система GRID. Она представляет собой вычислительную среду, состоящую из большого числа компьютеров (более 20 тыс. процессорных ядер), соединенных высокоскоростными линиями связи. Эта географически распределенная инфраструктура объединяет ресурсы – процессоры, долговременную и оперативную память, хранилища и базы данных, сети, – доступ к которым пользователь сможет получить независимо от места их расположения.

С целью оптимизации потока данных система GRID разделена на несколько ярусов. Нулевой ярус, находящийся в ЦЕРНе, ответствен за сохранение первичной информации и передачу ее национальным центрам.

Первый ярус, распределенный по национальным центрам, занимается реконструкцией физических событий. Здесь из первичной информации (амплитуды сигналов, времена) извлекается физическая (углы вылета, импульсы, типы частиц).

Второй ярус – компьютерные кластеры в университетах и институтах, занятых исследованием событий определенных типов для конкретных научных задач и численным моделированием эксперимента.

И наконец, третий ярус – это ресурсы рабочих групп, используемые для доступа к экспериментальным данным, визуализации и временного хранения результатов анализа.

Ярус 1 (национальные центры). В каждом центре хранится часть общих данных (~ 2000 Тб/год). Здесь выполняется реконструкция физических параметров частиц

Ярус 2 (компьютерные кластеры институтов, университетов и т.д.). С этого уровня начинается научный анализ данных

Ярус 3 (пользовательский)

Одна из особенностей Большого адронного коллайдера – качественно новый масштаб потока информации. И новый масштаб количества людей, участвующих в экспериментах.

В каждом из четырех проектов задействованы тысячи специалистов, и все они должны иметь доступ к данным. Конечно, они не могут находиться в ЦЕРНе, иначе там просто негде будет жить. Поэтому организована такая система: каждый участник, работая у себя в институте или университете, имеет доступ к информационной базе эксперимента и, более того, предоставляет свои вычислительные ресурсы всей коллаборации. Анализ и обработка данных распределены в сети из нескольких тысяч (!) компьютеров по всему миру. Любой член коллаборации, запуская программу, даже не заботится, в каком конкретно компьютере происходит процесс – система сама распределяет ресурсы. Эта система называется GRID.

Планируется, что БАК будет работать круглосуточно, примерно 10 месяцев в году; пучки будут непрерывно сталкиваться, данные – непрерывно регистрироваться. Процесс должен быть построен так, чтобы обработка данных успевала за потоком поступающей с детекторов информации. Перерывы предусмотрены только на профилактические и ремонтные работы.

Как это реально организовано? В местах встречи пучков происходит огромное количество событий – десятки миллионов в секунду! Неинтересные события сразу же отфильтровываются с помощью многоуровневой системы триггера детекторов (что позволяет уменьшить поток данных почти на 6 порядков), а потенциально заслуживающие внимания – записываются на магнитные носители для длительного хранения и последующей обработки. Эти данные определенным образом каталогизируются; каждый детектор имеет свою информационную базу.

В целях оптимизации система GRID разделена на несколько так называемых ярусов. Нулевой ярус, расположенный в ЦЕРНе, ответственен за сохранение первичной информации и передачу ее национальным центрам. Прежде чем анализировать физику явления, нужно первичную информацию – то, что непосредственно измеряет прибор (амплитуды сигналов, времена), – превратить в физические параметры (типы частиц, импульсы, энергии, углы вылета). Это делается в национальных центрах первого яруса. Собственно научный анализ начинается со следующего яруса.

Рутинная экспериментальной физики частиц состоит в том, что подавляющее большинство событий – увы! – неинтересны. Для изучения отбирается чрезвычайно малая часть, которая имеет отношение к интересующей исследователя научной задаче, и складывается в отдельный каталог. И уже потом отфильтрованная информация с разных точек зрения анализируется,

чтобы получить окончательные физические результаты. Например, можно искать ранее не наблюдавшиеся частицы, определять вероятности, с которыми происходят события определенного типа, и т. д.

А затем пишется научная статья. Ее обязательно обсуждают внутри коллаборации, потому что за достоверность результатов несет ответственность весь коллектив, участвующий в эксперименте. И лишь когда все согласовано, статья направляется в журнал и становится доступной научной общественности.

**П**ервые пучки протонов были успешно инжектированы в БАК еще в сентябре прошлого года. Однако, как часто бывает в науке, запуск новой установки на пределе технических возможностей человечества неожиданно осложнился аварией. После нескольких дней успешной работы во время испытания основных магнитов на максимальное поле произошло ЧП: в результате неконтролируемого срыва режима сверхпроводимости часть установки была повреждена.

Авария вскрыла ряд технических недочетов в конструкции магнитных элементов ускорителя. Ее причины были тщательно проанализированы и выработаны меры, которые должны предотвратить подобные происшествия в будущем. Предполагается, что к концу 2009 г. в конструкцию будут внесены все необходимые коррективы и коллайдер возобновит работу.

В заключение следует сказать, что в настоящее время проекты, подобные Большому адронному коллайдеру, конечно, не делаются исключительно ради рекордов. Чтобы сконцентрировать такие колоссальные ресурсы, требуется четкое представление перспективы: что же человек узнает нового? В этой статье я попытался показать, что такое понимание у физиков есть. Однако нужно быть готовыми к тому, что природа может преподнести и сюрпризы. И по большому счету, то неизвестное, что нас ожидает, может оказаться самым интересным.

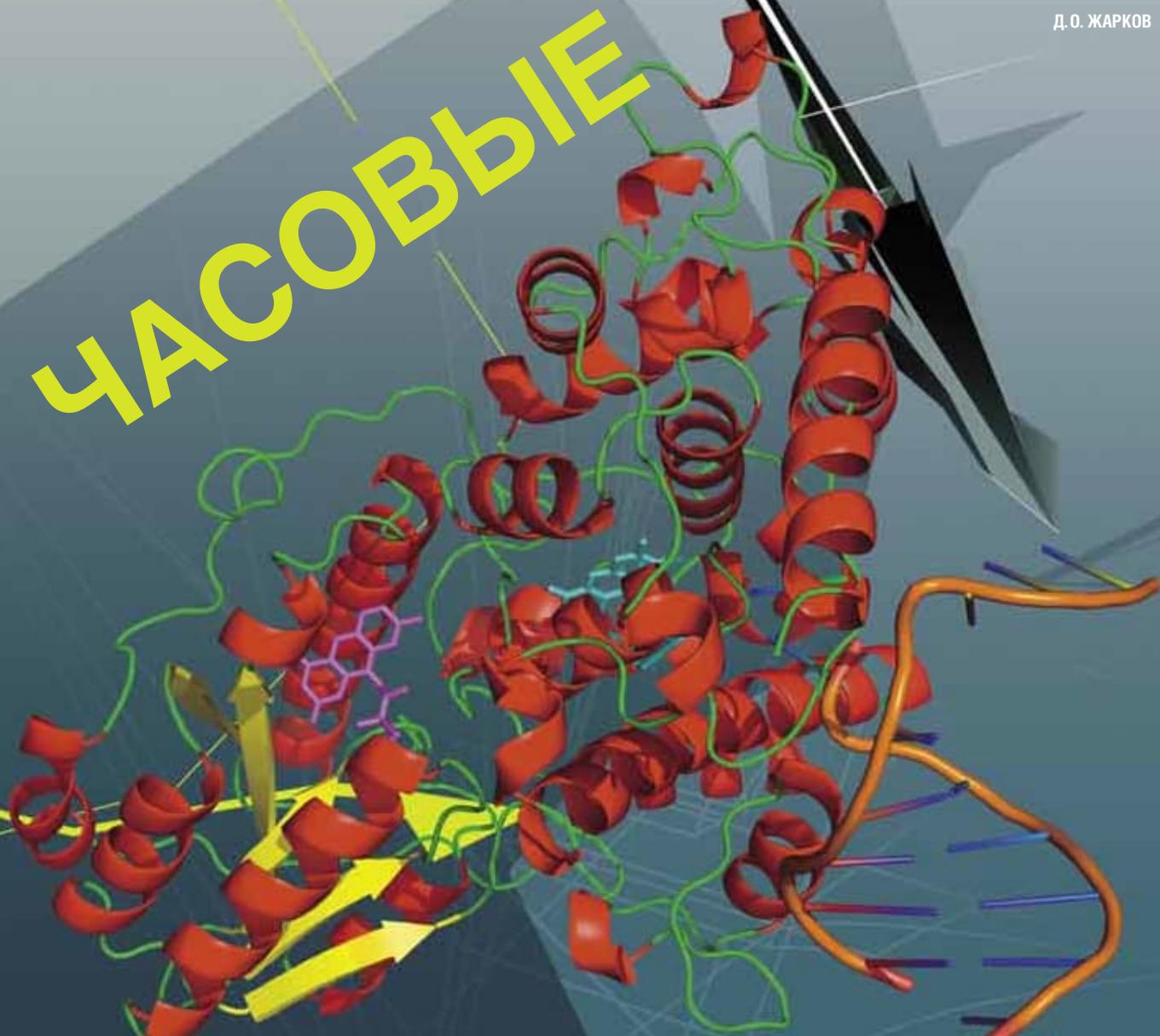
#### *Литература*

*Вайнштейн А. И., Захаров В. И., Шифман М. А. Хиггсовские частицы // УФН. – 1980. – Т. 131. – № 8.*

*Дремин И. М. Физика на Большом адронном коллайдере // УФН. – 2009. – Т. 179. – № 6.*

*Дремин И. М., Кайдалов А. Б. Квантовая хромодинамика и феноменология сильных взаимодействий // УФН. – 2006. – Т. 176. – № 3.*

# ЧАСОВЫЕ



# ГЕНОМА

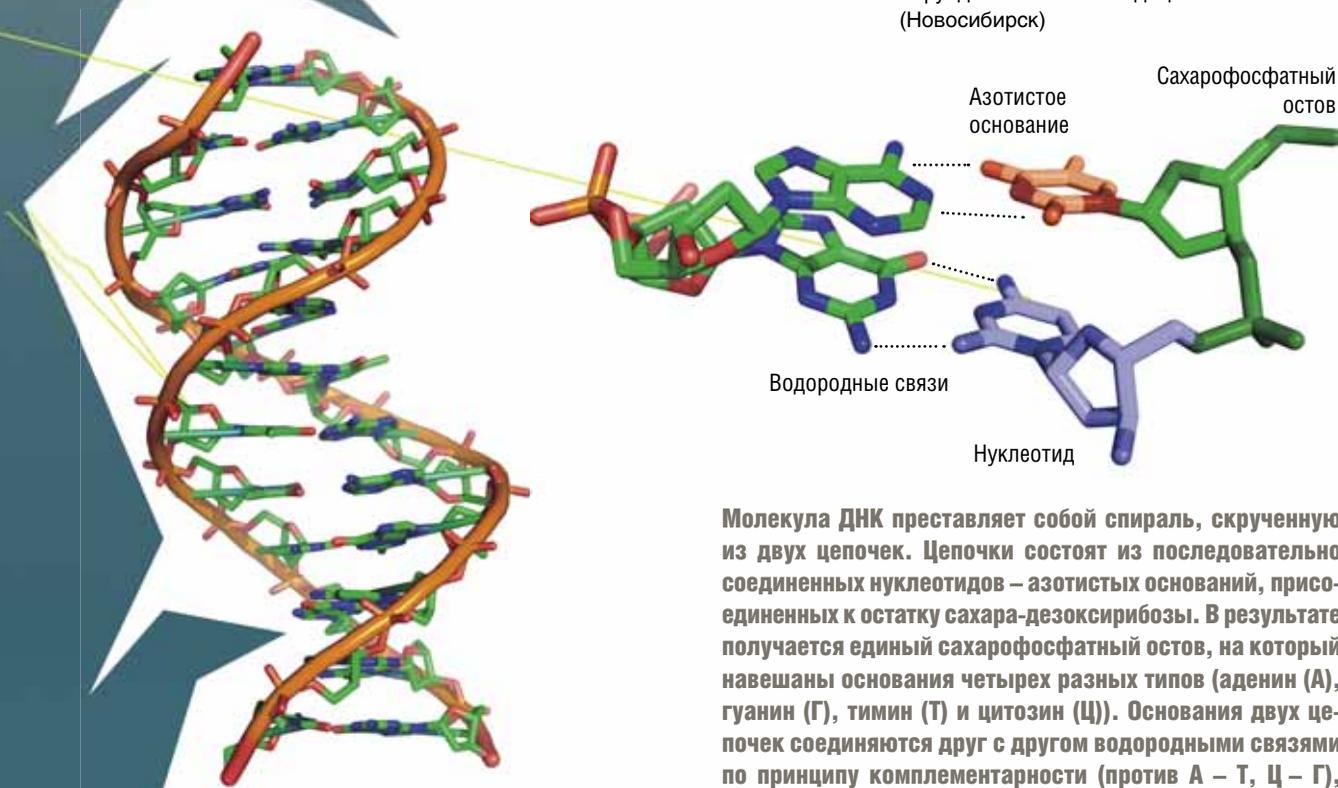
*На нашу хранильницу наследственной информации – ДНК постоянно воздействуют разнообразные вредные факторы. И это не только пресловутая «плохая экология» – химическое загрязнение окружающей среды, радиация или ультрафиолет. В самих клетках повреждать ДНК может множество веществ, участвующих в клеточном метаболизме, и даже вездесущая вода представляет опасность. Нарушения в структуре ДНК чреваты мутациями и даже гибелью клеток. Результат – наследственные болезни, рак, старение... К счастью, на страже нашего генома стоит целая рота сложно устроенных репарационных систем, многократно дублирующих работу друг друга*

Эта история началась как в персидской поэме-сказке «Восемь райских садов» Амира Хосрова Дехлеви, написанной еще в XIV в. Жили некогда три брата-принца на острове Цейлон, именуемом тогда Серендипом. И была у них особенность – когда они что-то искали, то находили совершенно другое, но при этом еще более нужное. Почти пять столетий спустя это сказание прочел английский писатель Г. Уолпол и придумал слово *serendipity*. Считается, что оно входит в список десяти английских слов, самых трудных для перевода, но суть его понятна из легенды – это способность делать неожиданные удачные открытия «по случаю». Неудивительно, что именно в научном мире слово это употребляется особенно часто.

Вот так «по-серендипски» все и произошло... В 1946 г. А. Кельнер из знаменитой лаборатории молекулярной биологии в Колд-Спринг-Харборе занимался важным делом – искал новые антибиотики. Дело было сразу после войны, и успех пенициллина был у всех на слуху. Работая с бактериями стрептомицетами, Кельнер решил проверить, можно ли каким-то стрессовым воздействием заставить их вырабатывать больше

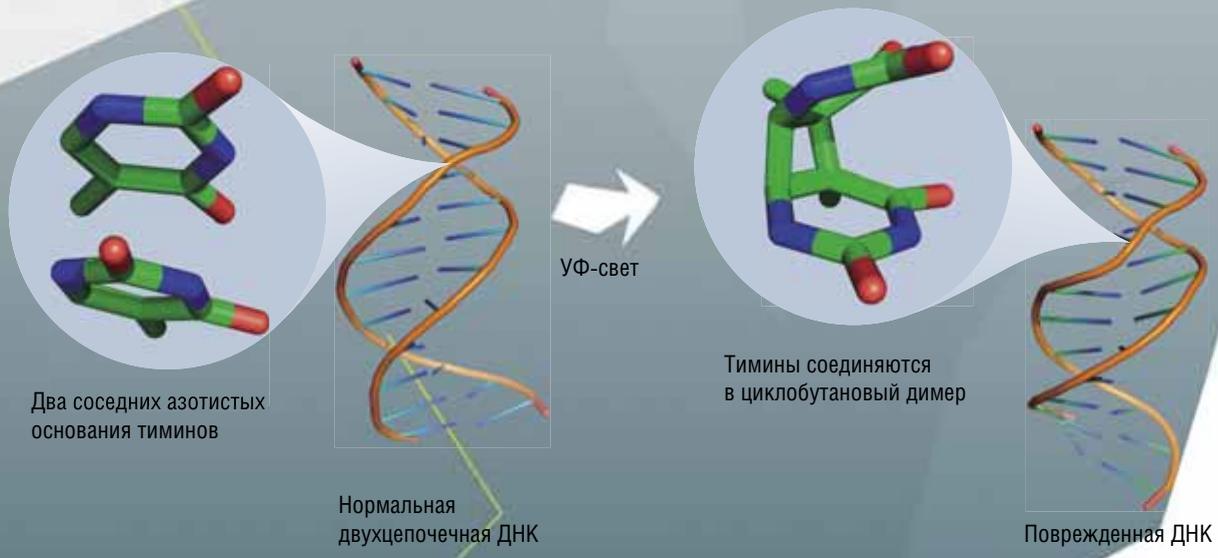


ЖАРКОВ Дмитрий Олегович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск)



Двойная спираль ДНК

Молекула ДНК представляет собой спираль, скрученную из двух цепочек. Цепочки состоят из последовательно соединенных нуклеотидов – азотистых оснований, присоединенных к остатку сахара-дезоксирибозы. В результате получается единый сахарофосфатный остов, на который навешаны основания четырех разных типов (аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т) и цитозин (Ц)). Основания двух цепочек соединяются друг с другом водородными связями по принципу комплементарности (против А – Т, Ц – Г), что обеспечивает конструкции прочность. Вследствие действия негативных факторов различной природы могут повреждаться как отдельные основания, так и целые нуклеотиды и сахарофосфатный остов

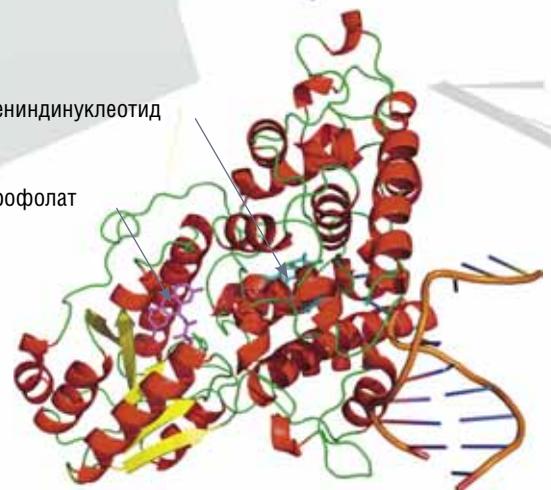


Нарушение ДНК распознается белком фотолиазой

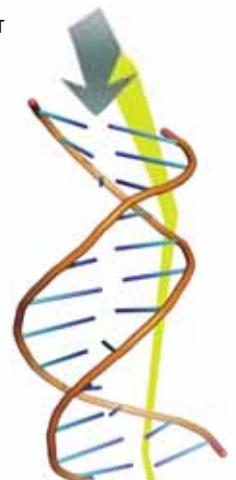
Ферменту фотолиазе для работы требуется «антенна» – молекула тетрагидрофолата, улавливающая видимый свет. Энергия поглощенного фотона передается на другую вспомогательную молекулу – авинадениндинуклеотид, а затем – на поврежденную ДНК

Авинадениндинуклеотид

Тетрагидрофолат



На свету фотолиаза расщепляет цикlobутановый димер



Солнечный свет (его ультрафиолетовая часть) вызывает у ДНК повреждения: два основания тимина, в нормальной молекуле аккуратно лежащие параллельно друг другу, сшиваются вместе, образуя цикlobутановый димер. Поэтому там, где у нормальной ДНК спираль идет гладко, у поврежденной возникает изгиб.

Бактериальный фермент фотолиаза использует энергию видимого света, чтобы расщепить связи между основаниями в цикlobутановом тимининовом димере. При этом фермент можно уподобить мастеру, который не делает работу голыми руками, а пользуется инструментами – вспомогательными молекулами. Из всех механизмов репарации (ремонта) ДНК именно фотореактивация была открыта первой

нужного продукта. В качестве стрессового фактора он использовал облучение ультрафиолетом. Но вот беда – ему никак не удавалось подобрать нужную дозу облучения, при которой бактерии выживали. Данные по выживаемости стрептомицетов, оцененной по росту их колоний, «скакали» в зависимости от условий, в которых они находились после облучения.

К счастью, будучи очень аккуратным, Кельнер скрупулезно записывал мельчайшие детали своих экспериментов. Оказалось, что сразу после облучения выживаемость стрептомицетов была низкой. Ситуация не особенно улучшалась, если их затем держали какое-то время в темноте. А вот на свету выживаемость постепенно увеличивалась, и чем больше света – тем быстрее!

Перепроверка всех результатов заняла у Кельнера три года. А тем временем инактивацию ультрафиолетом бактериофагов (вирусов бактерий) изучал Р. Дульбекко, будущий нобелевский лауреат (в то время он был молодым научным сотрудником в группе С. Лурии, тоже будущего нобелевского лауреата). Ученый пришел точно к таким же выводам, как и Кельнер.

Удивительное совпадение: когда Кельнер написал статью о своих результатах, он послал ее именно Лурии для прочтения и критики. К чести Дульбекко и Лурии, они не стали зажимать работу конкурента, а, напротив, поделились с ним своими достижениями. Статьи обоих ученых вышли в одно и то же время. В общем-то, уже тогда было известно, что ультрафиолет повреждает генетический материал клетки. Результаты исследований свидетельствовали, что видимый свет помогает ему восстанавливаться. Этот процесс назвали *фотоактивацией*.

Вот так, совершенно случайно и «попутно» было сделано открытие *процесса репарации ДНК*, не менее важного, чем широко известные другие молекулярно-генетические процессы репликации, транскрипции и трансляции генетического материала. История принцев Серендипа в очередной раз повторилась...

## Зачем это нужно?

Как известно, ДНК состоит из азотистых оснований четырех разных типов и сахарофосфатного остова, образующего непрерывную цепочку, на которую эти основания навешены. Повреждаться могут как основания, так и остов. Всего насчитывают около сотни возможных различных повреждений, механизмы возникновения которых также различаются.

Например, при *дезаминировании* (отщеплении аминогруппы NH<sub>2</sub>) из обычного для ДНК основания цитозина возникает урацил, в норме встречающийся только в РНК. Основания ДНК могут подвергаться окислению. К некоторым позициям в основаниях охотно присоединяются другие углеродсодержащие группы – происхо-

дит *алкилирование*. Под влиянием ультрафиолетового света соседние тимины могут сшиваться друг с другом, образуя *димеры*. Очень часто основания отрываются от остова ДНК: так возникают *АП-сайты*. А ионизирующая радиация приводит к появлению в цепи ДНК одно- или двухцепочечных разрывов.

Повреждения ДНК, особенно если их много, могут вызывать не только мутации, но и гибель клетки. Тут необходимо отметить, что повреждение ДНК и мутация – не одно и то же. Чтобы повреждение превратилось в мутацию, нужно, чтобы произошла *репликация* – синтез новой цепочки ДНК на матрице «старой». Обычно при репликации соблюдается принцип комплементарности. Однако если в матрице есть поврежденное звено, то напротив него в дочернюю цепь включится совсем не то, что нужно.

Например, напротив АП-сайта может включиться в принципе все, что угодно – ведь на матрице нет основания-подсказки. Вот так и возникнет *мутация*, т. е. отклонение последовательности ДНК от исходной. Мутации в половых клетках передаются следующему поколению, а в остальных клетках организма могут приводить к раку. Как полагают сейчас многие ученые, и самая неизлечимая «болезнь» – старение – тоже тесно связана с накоплением мутаций в клетках нашего тела.

Кстати сказать, еще одним источником появления ошибок в ДНК служит неправильное включение нуклеотидов при самой репликации. Ферменты ДНК-полимеразы делают такие ошибки с частотой примерно 0,001–0,00001. Частично полимеразы могут сами исправлять свои ошибки, сразу вырезая неправильно включенное звено, что повышает их надежность еще в 100–1000 раз. Однако даже такая точность соответствует десяткам или даже сотням ошибок, которые возникают в каждой нашей клетке при ее делении.

Все ошибки, возникшие в нуклеотидной последовательности ДНК, необходимо исправлять. Поэтому в процессе эволюции возникли несколько систем, известных под общим названием «системы репарации ДНК», защищающие нас от мутаций, вызванных повреждениями наследственного материала. Дать их даже очень схематичное описание в небольшой статье – задача практически невыполнимая. А полное их описание в главном талмуде ученых-репарационщиков – книге Э. Фридберга «Мутагенез и репарация ДНК» (2006 г.) – занимает полторы тысячи страниц убористого текста. Тем не менее получить общее представление о работе этих систем вполне возможно.

## Врачу, исцелися сам!

При штатной работе систем репарации наш геном вполне стабилен. Однако, как и в любой достаточно

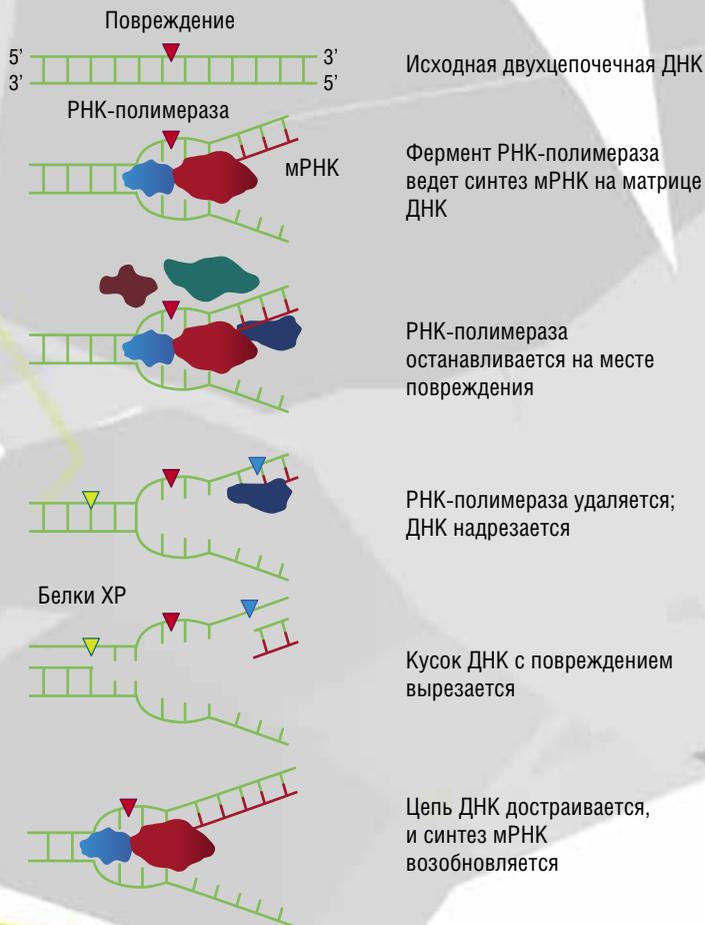
### РЕМОНТНАЯ МАСТЕРСКАЯ ДНК: УЧИМ МАТЧАСТЬ

На сегодняшний день известно шесть разных механизмов репарации (ремонта) ДНК, которые работают независимо, но иногда могут и взаимодействовать. Еще одна ремонтная система не восстанавливает поврежденную ДНК, но помогает клетке выжить.

**РЕАКТИВАЦИЯ.** Этот процесс идет с помощью одного специфического белка-фермента, предназначенного для исправления только определенного повреждения. Среди них есть ферменты-самоубийцы, способные катализировать только одну реакцию, т. е. исправить одну «ошибку». При этом их структура меняется, и работать дальше они не могут.

**ЭКСЦИЗИОННАЯ РЕПАРАЦИЯ ОСНОВАНИЙ.** По этому пути происходит репарация небольших поврежденных оснований, не вносящих значительных искажений в структуру ДНК. Сначала такое основание узнается ДНК-гликозилазами, которые вырезают его из ДНК. Таких ферментов более десятка, и каждый из них удаляет только определенные поврежденные основания. После этого в ДНК остается «пустое место» (АП-сайт), в которую в конечном счете встраивается «правильное» основание.

**ЭКСЦИЗИОННАЯ РЕПАРАЦИЯ НУКЛЕОТИДОВ.** Этот один из самых сложных механизмов репарации задействован в случае повреждений, сильно искажающих структуру ДНК. В нем различают две ветви. В первом случае поврежденное основание может располагаться в любом месте генома; во втором – только в тех сравнительно немногочисленных участках ДНК, которые служат матрицей для синтеза РНК, необходимой для белкового синтеза



Повреждение, значительно искажающее структуру ДНК, мешает считывать с нее информацию, т.е. синтезировать мРНК, являющуюся матрицей для синтеза белка. Транскрипционнозависимая репарация, осуществляемая комплексом специальных репарационных белков, обеспечивает в результате синтез «правильной» РНК

(как известно, большая часть нашей ДНК ничего не кодирует). В процессе задействованы более двух десятков разных белков. В глобальной геномной репарации основную роль играют белки, названия которых начинаются с букв ХР (по латинскому названию болезни пигментной ксеродермы, которая вызывается нарушениями в их работе). Повреждение распознается, двойная спираль ДНК разделяется на отдельные цепи. Потом из такого «глазка» в ДНК вырезается кусок размером 27—29 нуклеотидов, а на его месте достраивается «правильный» недостающий участок. Транскрипционнозависимая репарация чуть-чуть попроще, происходит во время синтеза мРНК, в дальнейшем служащей матрицей для синтеза белка. Повреждение при этом находится РНК-полимеразой, которая попросту застревает на аварийном участке в ходе синтеза РНК.

сложной схеме, у них есть свои слабые точки, неполадки в которых приводят к сбою всего механизма.

Гены, кодирующие белки репарации, ничем не отличаются от других генов – в них тоже могут происходить мутации. Если такая мутация не позволяет белку нормально функционировать, соответствующий путь репарации отключается. Тогда в организме проявляется так называемый мутаторный фенотип, в котором новые мутации появляются гораздо легче, со всеми вытекающими отсюда неприятными последствиями. Дефекты определенных генов репарации проявляются как наследственные болезни, для которых обычно повышен риск возникновения рака, но вообще их проявления могут быть достаточно разнообразны.

Пожалуй, самая известная и хорошо изученная из таких болезней – *пигментная ксеродерма*. Она даже оставила следы в художественной литературе: любители триллеров Д. Кунца могут вспомнить, что именно ей страдает детектив-любитель Кристофер Сноу, главный герой цикла «Лунная бухта». На самом деле это даже не одно заболевание, а целых восемь, но с довольно схожими проявлениями. Большая часть случаев связана с неисправностями системы эксцизионной репарации нуклеотидов (недостатком любого из семи белков ХРА–ХРГ, в ней участвующих) либо белка ХРV, который представляет собой ДНК-полимеразу, участвующую в транслезионном синтезе.

Фотографиями людей, больных пигментной ксеродермой, специалисты по репарации любят пугать аудиторию на лекциях или научных конференциях. Главный признак болезни – тяжелые ожоги, остающиеся на коже после самого непродолжительного пребывания на солнце. После ожогов быстро появляются пигментные пятна, кожа сохнет и растрескивается, а кончается все раком кожи, который развивается примерно к 7–8 годам. Поражаются и глаза, которые очень болезненно реагируют на солнечный свет. Менее половины больных пигментной ксеродермой доживают до 20 лет. Хорошо, что болезнь эта встречается довольно редко: среди европейцев – примерно у 4 человек из миллиона. А вот у японцев частота встречаемости пигментной ксеродермы в шесть раз выше.

Внимание ученых эта болезнь привлекает в том числе и своей многоликостью. Нечасто бывает, что повреждение одного и того же гена вызывает разные заболевания, но в данном случае дела обстоят именно так. Причина в том, что один и тот же белок может входить в состав разных белковых комплексов, выполняющих в клетке разные функции. И одна мутация может нарушать только способность белка работать в одних комплексах, в других же он будет вполне работоспособен.

Например, некоторые мутации в гене, кодирующем репарационный белок ХРD, вызывают типичную ксеродерму, а другие мутации в том же гене – совершенно дру-



Пигментная ксеродерма – хорошо изученное тяжелое наследственное заболевание, при котором даже непродолжительное пребывание на солнце вызывает тяжелые ожоги. Оно вызывается мутациями в генах, кодирующих белки, участвующие в процессах репарации ДНК.

© 2008 Halpern et al. (2008); licensee BioMed Central Ltd.

гую болезнь, *синдром Кокейн*, при которой в первые два года жизни начинаются проблемы с ростом и развитием. В результате у таких детей развивается карликовость и истощение, а лицо приобретает характерную «птичью» форму – ввалившиеся глаза и выдающийся нос. Разрушаются оболочки нервных волокон, многие нейроны отмирают, в сосудах головного мозга откладываются соли кальция – создается впечатление, что нервная система при этом синдроме стареет намного быстрее остального организма. Средняя продолжительность жизни таких больных еще меньше – около 12 лет.

А еще мутация в том же самом гене может вызывать и третью болезнь – *трихотриодистрофию*, при которой репарация ДНК происходит практически нормально, но при этом в организме нарушается синтез некоторых белков-кератинов. Результат – ломкие волосы, чешуйчатая кожа и почти полное отсутствие жировой ткани на лице.

Всего насчитывают несколько десятков наследственных заболеваний, связанных с неисправностями систем репарации. По большей части такие болезни, как и следовало ожидать для мутаторного фенотипа, отличаются повышенным риском развития рака и зачастую – ускоренным старением.

В частности, синдром Вернера, при котором не работает одна из ферментов-геликаз репарации, практически точно воспроизводит картину нормального старения.

### РЕПАРАЦИЯ ГЕТЕРОДУПЛЕКСОВ.

Гетеродуплекс – пара некомплементарных нуклеотидов – обычно образуется при ошибках копирования ДНК ферментом ДНК-полимеразой. Поскольку оба нуклеотида пары сами по себе вполне «правильны», для репарации нужно различить, какой из них находился в матричной цепи и, следовательно, не должен удаляться.

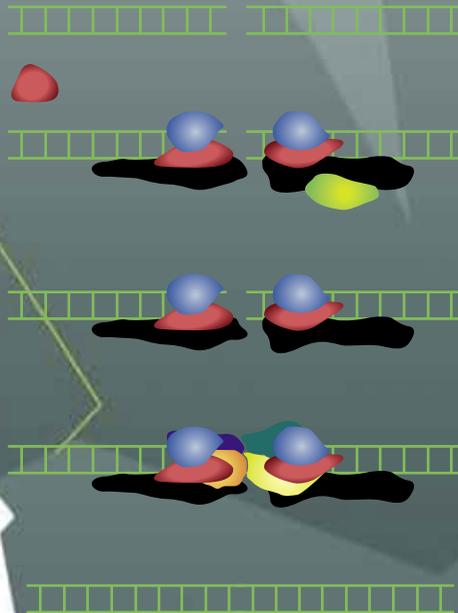
Эту работу выполняет комплекс белков, который ищет ближайший разрыв в цепочках ДНК – с большой вероятностью это будет как раз то место, где находится ДНК-полимераза, виноватая в ошибке. Значит, именно эта цепь и была неправильно синтезирована. Вся дочерняя цепь ДНК до гетеродуплекса включительно разрушается, и синтез идет заново.

**ВОССОЕДИНЕНИЕ НЕГОМОЛОГИЧНЫХ КОНЦОВ.** В спирали ДНК могут встречаться повреждения в виде двуцепочечных разрывов. В ходе репарации несколько звеньев по концам разрыва отщепляются и цепи сшиваются.

Однако при этом теряется часть ДНК, где находился разрыв. Поэтому такой процесс характерен в основном для клеток высших организмов, у которых основную часть генома составляет нефункциональная ДНК, и риск потери смысловой ДНК невелик. Такая репарация необходима также при переформировании генов, кодирующих иммуноглобулины, целью которого является создание новых последовательностей ДНК.

**ГОМОЛОГИЧНАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ.** Этот довольно сложный процесс позволяет «заштопать» двуцепочечные разрывы безошибочно. Для этого используется неповрежденная копия той же самой последовательности, например, во второй хромосоме из диплоидного набора. Подробно описать процесс затруднительно: в нем принимают

### Разрыв спирали ДНК



Поврежденная ДНК

Концы разрыва распознаются белками-ферментами

Концы ДНК «зачищаются» с помощью комплекса белков

Разрыв ДНК сшивается

Репарированная ДНК

При воссоединении нехомологичных концов двуцепочечных разрывов спирали ДНК часть нуклеотидной последовательности утрачивается.

К счастью, для высших организмов, обладающих «избыточным» геномом, вероятность потери кодирующей ДНК мала



Так выглядит ДНК-лигаза I человека – фермент, сшивающий разрывы в ДНК. Благодаря своей необычной форме он обхватывает ДНК, словно рука палку. Мутации в гене, кодирующем лигазу, приводят к иммунодефициту и задержке роста

участие много ферментов, а нити ДНК тасуются туда-сюда, как карты в руках искусного фокусника.

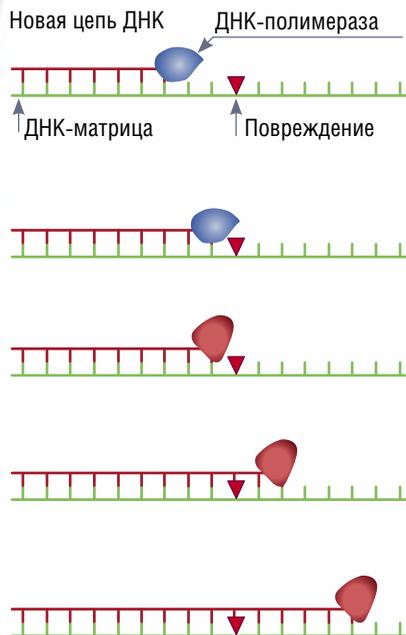
**ТРАНСЛЕЗИОННЫЙ СИНТЕЗ.** Используется не для репарации, а для «купирования» повреждений ДНК при ее копировании, когда ведущая синтез дочерней цепи ДНК-полимераза на него уже наткнулась и застопорилась. Тогда обычная ДНК-полимераза заменяется на одну из большого семейства транслезионных полимераз.

По традиции эти ферменты обозначаются буквами греческого алфавита, и их так много, что пока неизвестно, что кончится раньше – полимеразы или греческий алфавит. Специальная полимераз вставляет один-два случайных нуклеотида на месте повреждения, а потом за работу вновь принимается обычная. При этом повреждение не удаляется, и на его месте в будущем может возникнуть мутация. Но клетка, тем не менее, выживает.

Вот только обычный срок человеческой жизни при этом сжат до 30–50 лет... А еще дефекты репарации часто проявляются в нейродегенеративных заболеваниях. Все знают, что «нервные клетки не восстанавливаются», и хотя это на самом деле не совсем так, но все же типичный нейрон действительно должен служить человеку всю жизнь. А за это время в его ДНК возникает множество повреждений.

## Крем с ферментами

Разумеется, такие мощные и специфичные защитные средства, как ферменты репарации, не могли пройти мимо внимания медиков. Хорошо было бы научиться использовать их для предохранения нашего генома от повреждений! Теоретически это возможно, но есть огромная проблема: пока что никто не придумал способа, с помощью которого молекулы белка, используемые в качестве лекарства, могли бы проникать во все клетки тела. Более того, белки вообще плохо проникают в клетки – для этого приходится использовать всяческие ухищрения. Например, их можно запаковать в специальные мембранные пузырьки – липосомы, которые будут сливаться с клеточными мембранами и высвобождать свое содержимое внутрь клетки.



Фермент ДНК-полимераза синтезирует новую цепь ДНК

ДНК-полимераза останавливается перед поврежденным элементом

Репликативная ДНК-полимераза заменяется на транслезионную

Транслезионная ДНК-полимераза добавляет звенья на месте повреждения

Обратная рокировка полимераз. Синтез ДНК продолжается

Транслезионный синтез не удаляет повреждение в ДНК, но дает возможность продолжить копирование ДНК. При этом остается возможность для появления мутации в будущем

Однако этим способом пока можно доставить терапевтические ферменты не во все ткани, а лишь в такие легкодоступные места, как кожа. Тут ферменты репарации действительно уже нашли применение в медицине – ведь кожа, частенько находящаяся под действием солнечного света, принадлежит к числу органов, больше всего страдающих от генотоксического стресса.

Американская компания *AGI Dermatics* выпускает кремы с липосомами, содержащими фототиазу и эндонуклеазу V – два фермента, участвующие в репарации циклобутановых димеров, образующихся в ДНК под действием ультрафиолета. Небольшая баночка крема стоит около сотни долларов, и, по уверениям фирмы, ее продукт работает гораздо лучше обычных защитных кремов. Возможно, это действительно так: в отличие от большинства косметических продуктов, которые никогда не проходили жесткого тестирования, обязательного для лекарств, липосомы *AGI Dermatics* сейчас находятся на последней стадии клинических испытаний по профилактике рака кожи, в том числе и у больных пигментной ксеродермой.

По-видимому, использование ферментов репарации для предохранения барьерных тканей (кожи и слизистых оболочек) от генотоксического стресса имеет большое будущее. Уже сейчас ДНК-гликозилазы,

исправляющие окислительные повреждения ДНК, испытываются (пока на животных) в качестве средств для предупреждения рака легких – органа, подвергающегося самой массивной атаке кислородными радикалами.

## Репарацию у врага – подавить!

Итак, если у нас работают системы репарации – это хорошо. Плохо, когда они работают у наших врагов – болезнетворных бактерий, вирусов и опухолевых клеток. Можно ли каким-то образом на них воздействовать, подавив в них репарацию? Такие примеры уже имеются.

Проще всего, как ни странно, оказалось использовать системы репарации в качестве мишени для лекарств при онкологических заболеваниях. Как известно, очень многие химиопрепараты действуют, повреждая ДНК раковой клетки. При этом эти повреждения, разумеется, подвергаются репарации, что снижает эффективность действия лекарств. Поэтому ингибирование репарации рассматривается сейчас как перспективный метод усиления действенности химиотерапии. Например, на последней стадии клинических испытаний находится бензилгуанин – ингибитор фермента-самоубийцы MGMT, который «ремонтирует» алкилированные основания ДНК и тем самым мешает работе таких широко применяемых противоопухолевых агентов, как кармустин и темозоломид.

Ингибиторы репарации для борьбы с бактериями и вирусами существуют пока только в проекте. Однако известно, что некоторые вирусы, например поксвирусы (в том числе вирус натуральной оспы), герпесвирусы (вирусы простого герпеса и ветряной оспы) и лентивирусы (ВИЧ), нуждаются для своего размножения в репарационном ферменте урацил-ДНК-гликозилазе, либо собственной, либо заимствованной у хозяина. Ингибиторы этого фермента также уже испытываются как противовирусные лекарства.

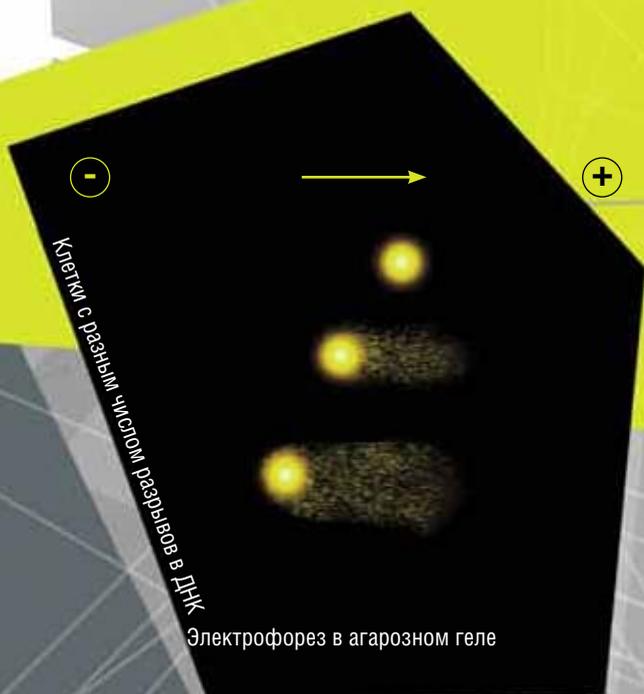
Что касается болезнетворных бактерий, то наши иммунные клетки-макрофаги при встрече с ними пытаются убить интервентов «окислительным взрывом», выбрасывая огромное количество кислородных и азотных радикалов, повреждающих бактериальную ДНК. Только мощная система репарации помогает бактериям выжить в таком столкновении; если ее удастся подавить, собственным защитникам человеческого организма будет легче справиться с инфекцией.

## ДНК, как здоровье?

То, что повреждение ДНК может доставить массу неприятностей – понятно. А есть ли способ как-то оценить «здоровье» ДНК, померить, сколько в ней «ошибок»? Это очень важно, например, для оценки потенциальной степени мутагенности окружающей среды, влияния нового лекарства на человеческий организм, да мало ли еще для чего...

Один такой способ изобрел в 1988 г. Нарендра Сингх из американского Национального института старения. Речь идет о *кометографии*, или методе кометного хвоста. В самом простом варианте при этом измеряется число двухцепочечных разрывов в ДНК. Отдельные клетки (например, лейкоциты крови) заплывают в агарозную плашку, разрушают их оболочку особыми реагентами и помещают в электрическое поле – ведут знакомый всем биохимикам электрофорез. Молекула ДНК, заряженная отрицательно, движется к аноду. Но так как она очень длинная, то с места почти не сдвигается. Но если в ДНК есть разрывы, то более короткие фрагменты быстро «убегают», за ними тянутся более длинные и т. д. Так что если окрасить ДНК специальными красителями, то будет видна характерная фигу-

Здоровье ДНК можно оценить по количеству повреждений-разрывов. Принцип метода кометографии основан на том, что молекула ДНК заряжена отрицательно. Соответственно, в электростатическом поле более короткие фрагменты будут двигаться к аноду быстрее. Благодаря специальным красителям эту разницу в скорости можно увидеть воочию: чем больше разрывов, тем длиннее «кометный хвост»



Штамм *Salmonella typhimurium* 1535, несущий плазмиду для синтеза зеленого флуоресцирующего белка (GFP), был обработан химическими агентами, повреждающими ДНК (они были нанесены на среду, содержащую бактерии, в виде аббревиатуры GFP и слова LUX). Фото К. Баумштарк-Хан



При освещении обычным видимым светом



При освещении светом с длиной волны 395 нм, вызывающим зеленую флуоресценцию

ра – «кометный хвост». Чем хвост длиннее, тем больше в ДНК коротких фрагментов, тем больше разрывов и тем сильнее она повреждена.

С момента изобретения кометографии придумали множество ее разновидностей для обнаружения разных видов повреждений. Например, если вести электрофорез в щелочных условиях, то двойная спираль ДНК разделяется на отдельные цепочки. В результате можно увидеть не только двухцепочечные, но и одноцепочечные разрывы и даже АП-сайты. А если всю плашку предварительно хорошенько замочить в растворе, содержащем какую-нибудь ДНК-гликозилазу, то можно будет установить, сколько в ДНК было поврежденных оснований, которые этот фермент вырезает.

Помимо совершенствования методов кометографии постоянно ищутся и новые объекты. Например, несколько лет назад немецкие исследователи предложили для оценки состояния природных водоемов проводить кометографию на пресноводных губках, которые легко «разобрать» на отдельные клетки. Немцы даже приехали на Байкал, собрали там губки и удостоверились, что байкальская вода генам на пользу.

Легко и быстро оценивать генотоксичность внешней среды помогает система, основанная на SOS-ответе бактерий. Известно, что некоторые бактериальные гены, в том числе гены репарации, включаются только при повреждении ДНК. В начале всех таких генов есть специальный регуляторный элемент – SOS-бокс. Если под него вместо штатного гена подставить какой-нибудь репортерный элемент (например, ген, кодирующий излюбленный биохимиками зеленый флуоресцентный белок), то в условиях, повреждающих ДНК, бактерия будет давать соответствующий цветной сигнал. Таким образом, светящиеся бактерии будут свидетельствовать об опасности для человеческих генов.

Сегодня насчитывается несколько десятков конструкций подобных биосенсоров – некоторые послали даже в космос для исследования повреждающего действия космических лучей.

Автор и редакция благодарят К. Баумштарк-Хан (Институт аэрокосмической биологии, Германия) за помощь в подготовке иллюстраций

Практически закончив писать эту статью, автор зашел в базу данных PubMed, где собраны аннотации почти всех статей по биомедицинской тематике, когда-либо выходявших в мире.

Беглый поиск выдал 33 646 публикаций по тематике «репарация ДНК». Почти все новые «горячие» направления в биологии так или иначе пересекаются с репарацией – есть работы и по репарации в стволовых клетках, и по генотоксичности наночастиц... Как видно, интерес к этой теме огромен, и он будет только расти, ведь безопасность личного генома волнует нас всех.

И, будем надеяться, чудесная особенность принцев Серендипа, с которой началась история открытия репарации ДНК, еще не раз послужит ученым, работающим в этой области.

#### Литература

Жарков Д. О. Загадки «ржавой» ДНК // *Наука из первых рук.* – 2006. – № 6. – С. 24–35.

Ходырева С. Н., Лаврик О. И. Как клетка ремонтирует ДНК // *Наука из первых рук.* – 2007. – № 3. – С. 82–89.



Экипаж глубоководного аппарата «Мир-2» – д. т. н. Ю. Башкуев, мастер подводного пилотажа Герой России Е. Черняев и академик М. Кузьмин – занял свои рабочие места. Участникам погружения предстоит отработать на дне Байкала трудный, но плодотворный день и доставить наверх контейнеры с уникальными образцами.

Это погружение – одно из сотни, совершенных летом 2009 г. в рамках Международной научно-исследовательской экспедиции «Миры» на Байкале», организатором которой является Фонд содействия сохранению оз. Байкал.

*Подробнее о глубоководной экспедиции на Байкале – в следующем выпуске журнала. Фото В. Короткоручко*