

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

2 <sup>(8)</sup> март 2006



ТРЕХМЕРНЫЙ МИР,  
В КОТОРОМ  
МЫ НЕ ЖИВЕМ...

НАУКА И ОБЩЕСТВО  
ГЛАЗАМИ ФИЗИКОВ

БЕРЕМЕННОСТЬ  
ПРОТИВ ОЖИРЕНИЯ

ЛЮДИ И  
ЛЫЖИ

КЛАД  
ТАГАРСКОГО  
ЖРЕЦА

ISSN 1810-3960



9 771810 396003 08



Что общего между людьми и мышами? Например, — **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ** в системе мозга, регулирующей **ВЕС** и **АППЕТИТ**. С. 22

**УСКОРИТЕЛИ** и **ДЕТЕКТОРЫ** элементарных частиц — место, где торжествует принцип единства **МАТЕРИИ** и **ЭНЕРГИИ**. С. 34

.01

#### **КРУГЛЫЙ СТОЛ**

6 Наука и общество глазами физиков

.02

#### **ГИПОТЕЗЫ И ФАКТЫ**

22 **Н. М. Бажан**  
Беременность как средство борьбы с ожирением

.03

#### **НАУЧНАЯ МАСТЕРСКАЯ**

34 Экскурсия по государству ИЯФ: там, где рождаются частицы

.04

#### **ОТКРЫТИЕ СИБИРИ**

52 **В. Е. Ларичев, А. П. Бородовский**  
Древние клады Южной Сибири

.05

#### **БИБЛИОТЕКА**

##### **Книжные новинки**

66 Лесные нэнцы



В культовом **КИНЖАЛЕ** древнего **ЖРЕЦА** из **КЛАДА**, обнаруженного на берегах **Июсса**, воплощен мир, упорядоченный Создателем С. 52

*На первой стороне обложки: бронзовое навершие жезла жреца в виде горного козла теко (VIII—VI вв. до н. э.), Июсский клад. Фото В. Кавелина. (Стр. 52)*

*На второй стороне обложки: девочка в традиционной одежде лесных нэнцев. Фото А. Мариничева*

*На четвертой стороне обложки: тундра (Ямало-ненецкий автономный округ). Фото А. Мариничева. (Стр. 66)*



Сейчас НЕВОЗМОЖНО осуществить глобальные ЭКСПЕРИМЕНТЫ, чтобы узнать, в каком из МНОЖЕСТВА трехмерных МИРОВ мы живем. С. 86

Странные колпачковидные РАКУШКИ — моноплакофоры — ПОЛЗАЮТ по океанскому дну с помощью мускулистой ноги уже около ... 500 МЛН ЛЕТ! С. 98

.06

**ФАКУЛЬТЕТ**

**Математика**

86 **А. Д. Медных**  
Трехмерный мир,  
в котором мы не живем

**Палеонтология**

98 **С. В. Наугольных**  
Живые ископаемые

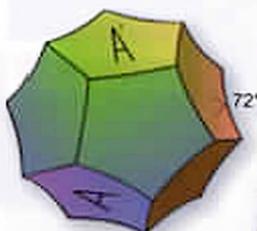


Мазать или не мазать ЛЫЖИ — ЭТО целая НАУКА. Причем в прямом смысле слова... С. 110

.07

**НАУКА И ЖИЗНЬ**

110 **А. В. Коптюг, М. Тиннстен,  
М. Бэкстрем**  
Люди и лыжи



«...Ляля увидел, как от груди отца отделился молодой олень-хор и побежал в сторону солнца. Вслед за оленем бежит другой олень. Это была душа Ляли» С. 66



# НАУКА И ОБЩЕСТВО ГЛАЗАМИ ФИЗИКОВ

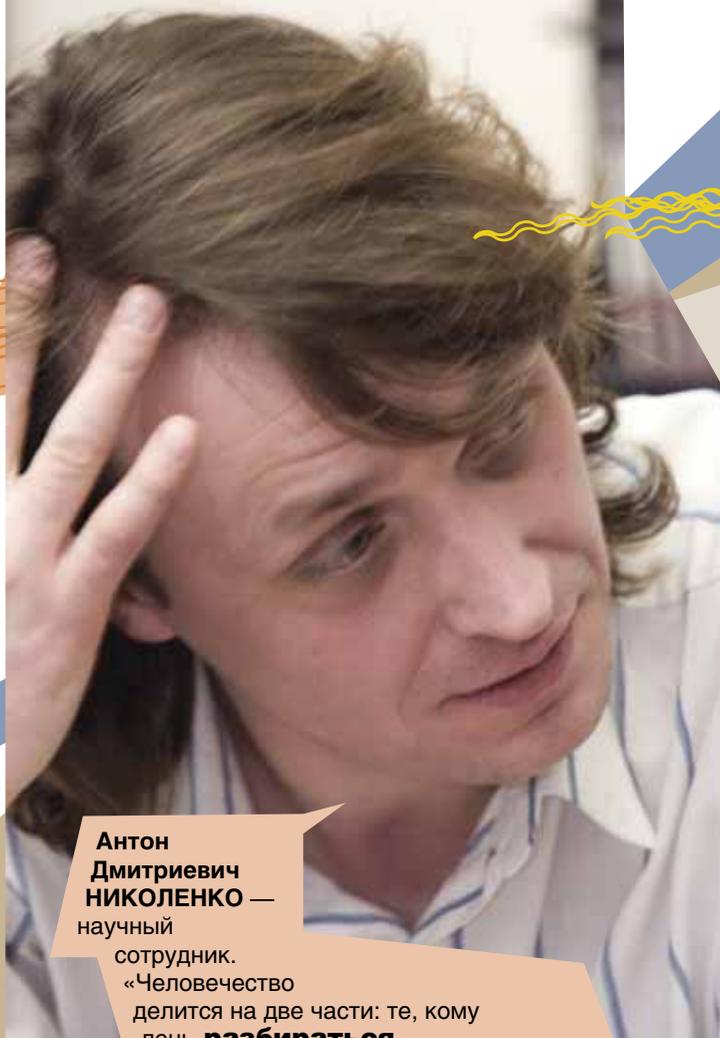
**Человечество делится на тех, кому ЛЕНЬ разбираться в физике, и тех, кому трудно ее ОБЪЯСНЯТЬ**

ФОТОРЕПОРТАЖ  
В. ДУБРОВСКОГО\*

ПРОШЕДШИЙ 2005 ГОД БЫЛ ОБЪЯВЛЕН ООН ВСЕМИРНЫМ ГОДОМ ФИЗИКИ, ПОВОДОМ ЧЕМУ ПОСЛУЖИЛО 100-ЛЕТИЕ СО ДНЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ ПЕРВОГО ТРУДА ЭЙНШТЕЙНА ПО ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. В ЭТОЙ СВЯЗИ ПО ВСЕМУ МИРУ ПРОШЛО БОЛЬШОЕ ЧИСЛО НАУЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ: КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, ВСЕВОЗМОЖНЫЕ ЛЕКЦИИ, ЧТЕНИЯ И СЕМИНАРЫ, ПРИЗВАННЫЕ ПРИВЛЕЧЬ ВНИМАНИЕ ОБЩЕСТВА К ФИЗИКЕ И НАУКЕ ВООБЩЕ.

НЕ СЕКРЕТ, ЧТО ОТНОШЕНИЕ К НАУКЕ СЕГОДНЯ ЗАМЕТНО ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ТОГО ПОДЧЕРКНУТОГО ПИЕТЕТА, КОТОРЫЙ БЫЛ ХАРАКТЕРЕН ДЛЯ СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА. НЕКОГДА ВПЕЧАТЛЯЮЩИЕ ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ СТАЛИ ОБЫДЕННЫ: МАССОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НОВИНОК ПОСТАВЛЕНО НА ПОТОК, И ПРАКТИЧЕСКИ КАЖДЫЙ ЧЕЛОВЕК ПОЛЬЗУЕТСЯ ПЛОДАМИ НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЙ ПОВСЕДНЕВНО. ОДНОВРЕМЕННО С ЭТИМ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ ОТДАЧИ В ОБОЗРИМОЕ ВРЕМЯ МНОГИХ ДОРОГОСТОЯЩИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ В ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКЕ ВЫЗЫВАЕТ СОМНЕНИЯ И НЕ РЕДКО ВОСПРИНИМАЕТСЯ КАК УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ПРАЗДНОГО ЛЮБОПЫТСТВА УЧЕНЫХ ЗА СЧЕТ ОБЩЕСТВА.

НА ФОНЕ ВСЕХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ СЕГОДНЯ, КАК НИКОГДА, СТАНОВИТСЯ АКТУАЛЬНЫМ ВСЕСТОРОННИЙ ДИАЛОГ МЕЖДУ УЧЕНЫМИ И ОБЩЕСТВОМ. КАК ПРЕОДОЛЕТЬ ПОЛОСУ ОТЧУЖДЕНИЯ, НАМЕТИВШУЮСЯ МЕЖДУ НИМИ, И НУЖНО ЛИ ЭТО ДЕЛАТЬ? КАК ВЕРНУТЬ НАУКЕ УТРАЧЕННЫЙ ЕЮ ПРЕСТИЖ? ПОЧЕМУ НЕОБХОДИМА ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ И КАКИЕ ДЛЯ ЭТОГО СУЩЕСТВУЮТ СРЕДСТВА? ЭТИ И ДРУГИЕ СМЕЖНЫЕ ВОПРОСЫ СТАЛИ ТЕМОЙ НАШЕГО КРУГЛОГО СТОЛА, СОБРАВШЕГО УЧЕНЫХ РАЗНЫХ ПОКОЛЕНИЙ ИЗ НОВОСИБИРСКОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ (ИЯФ) ИМ. БУДКЕРА СО РАН



**Антон  
Дмитриевич  
НИКОЛЕНКО** —  
научный

сотрудник.

«Человечество

делится на две части: те, кому

лень **разбираться**

в **физике**, и те, кому лень

ее объяснять. **Исключения**

собираются в **институтах**

и **университетах**»



**Николай  
Сергеевич  
ДИКАНСКИЙ** —  
главный научный сотрудник,  
чл.-к. РАН, ректор НГУ.

«**Фундаментальное  
образование** —

только на основе

**фундаментальной  
науки**»

**А. Д. Николенко:** Общество привыкло к тому, что физика дает ему возможность экспоненциального роста. Физика — тот же локомотив, который тащит постоянно, и люди перестали его замечать. Поэтому престиж физики, да и науки в целом, упал.

Кстати, здесь, в Академгородке, такое отношение к физикам пока не ощущается. А вот стоит выехать за его пределы, пусть даже в почти столичный Новосибирск... Когда говоришь, что ты физик, на тебя смотрят квадратными глазами. Что это за зверь такой — учитель физики или электрик?

**Н. С. Диканский:** Физики, в отличие от более узких специалис-

тов — экономистов, например, или математиков — обладают одним особенным свойством: они владеют пониманием фундаментальных законов природы. Весь технический прогресс за последние 50 лет достигнут прежде всего благодаря разработкам физиков и химиков, т. е. представителей точных наук. А высокий авторитет физики в середине XX века был во многом обязан созданию ядерного оружия, ракетной техники и тому подобного. Это как раз и продемонстрировало, что академическая наука производительна.

Типичный упрек физикам состоит в том, что они создают оружие, однако стоит посмотреть на творения философов или таких «невинных» специалистов, как филологи. Много проблем в современном обществе возникает как раз из-за гуманитариев. Но по большому счету все это деление условно: все — и физики, и лирики, и химики, и биологи — работают в одном направлении и с одними целями.

\* Студия визуальных решений

**А. М. Кудрявцев:** Все-таки физика является одной из самых «продвинутых» наук. Дело в том, что модели, которыми она оперирует, — простейшие из тех, какие можно «придумать» о природе. В обществе, например, не существует столь же прозрачных и объективных моделей развития, особенно в нашей стране, это есть историческая правда.

**Эдуард Павлович КРУГЛЯКОВ** — советник РАН, академик РАН, зав. кафедрой физики элементарных частиц физфака НГУ  
 «... государство практически полностью **задушило** все **научно-популярные издания**»



**И. Б. Хрипович:** Я считаю, что современная ситуация с наукой не нова. Наоборот, скорее исключительной была ситуация после Второй мировой войны, когда мировые державы пустились в гонку вооружений. Все хотели иметь бомбу и ракеты. Не было бы счастья, да несчастье помогло.

**Андрей Михайлович КУДРЯВЦЕВ** — ученый секретарь, к. ф.-м. н., доцент НГУ.  
 «Мне кажется, что приближается в каком-то смысле кризис науки фундаментальной. Потому что **общество перестает понимать** совсем...»

**А. М. Кудрявцев:** Вообще-то говоря, наука ранее — вплоть до XVIII—XIX вв. — существовала просто при богатых людях. При богатых дворах, где ученые занимали место гораздо выше шутов, но ниже... Их дер-

достаточно тяжелой. Поразительный факт: отец квантовой механики Макс Планк, который происходил из аристократической немецкой семьи и успешно закончил

жали, чтобы можно было с кем-нибудь умно побеседовать, а заодно и пользу какую-то получить.

**И. Б. Хриплович:** Многие западные университеты — богатые организации с огромными вкладами в банках, источниками которых были пожертвования от определенных кланов. До сих пор Кембридж богаче Оксфорда лишь потому, что еще в XVII веке поставил на парламент, а не на короля, что, кстати, до сих пор сказывается на их материальном положении. А ситуация с позициями в науке традиционно была

университет, на протяжении многих лет не мог получить штатную позицию. Просто не было свободных.

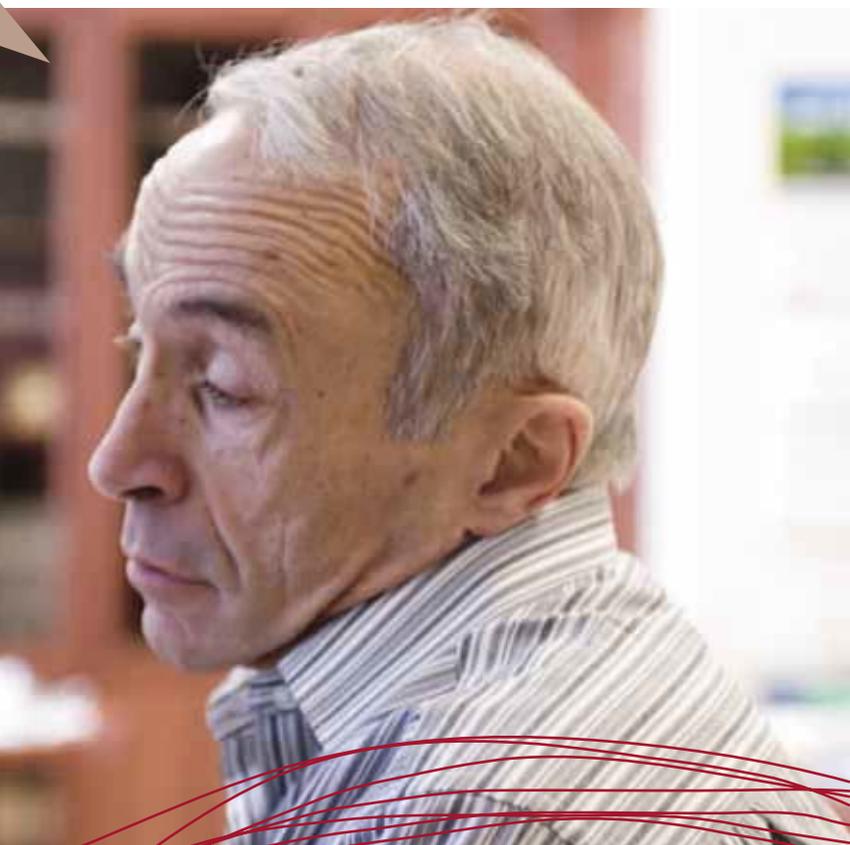
**Э. П. Кругляков:** Если вспомнить историю, то можно заметить, что и оплачивались эти позиции отнюдь не щедро. Кеплер как-то сказал, что на жалованье математика прожить невозможно. Зато знатные вельможи требовали от него как от математика астрологических прогнозов и платили за это деньги. По этому поводу он как-то заметил: «Астрология такая вещь, на которую не стоит тратить время, но люди в своем безумии думают, что ею должен заниматься математик».

**А. М. Кудрявцев:** Хорошо, мы в принципе согласились, что наукой за счет государства должно заниматься очень ограниченное число людей.

**Э. П. Кругляков:** Это неверно. Раньше науку могло двигать ограниченное количество ученых, потому что в то время она находилась в зачаточном состоянии. К тому же в стародавние времена наука могла представлять обывателю лишь забавные игрушки. Сегодня иные

**Иосиф**

**Бенционович ХРИПЛОВИЧ** —  
главный научный сотрудник, чл.-к. РАН.  
«...современная **ситуация**  
с наукой **не нова**. Наоборот, скорее  
исключительной была ситуация после  
Второй мировой войны...»



**Василий Васильевич ПАРХОМЧУК** — зав. лабораторией, чл.-к. РАН.  
«Профессия **«физик»** не может быть **массовой**. Это ведь не солдат, не продавец»

В САМОЙ НАУКЕ СЕГОДНЯ ИДУТ СЛОЖНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЯ ЕЕ РОЛИ И МЕСТА В ОБЩЕСТВЕ, ФОРМИРУЮТСЯ НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДМЕТАМ, МЕТОДАМ И ЦЕЛЯМ НАУЧНОГО ПОИСКА. В НАШЕЙ СТРАНЕ ЭТИ ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ВСЕГО МИРА ТЕНДЕНЦИИ УСУГУБЛЯЮТСЯ ХОРОШО ИЗВЕСТНОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СПЕЦИФИКОЙ: ВСЕВОЗМОЖНЫМИ «СТРУКТУРНЫМИ РЕФОРМАМИ», ХРОНИЧЕСКИМ НЕДОСТАТОКОМ ФИНАНСИРОВАНИЯ, ПОСТОЯННЫМ ОТТОКОМ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ ЗА РУБЕЖ И МНОГИМ ДРУГИМ

времена, совершенно другие обстоятельства. Наука стала слишком широка, ее невозможно охватить одному человеку. В двадцатом веке человечество получило от науки электричество и радио, рентгеновское просвечивание и радиолокацию, лазеры и мобильные телефоны, атомную энергетику, множество новых материалов, лекарственных препаратов... Разве все это богатство могла создать маленькая «кучка» ученых?

## Помогаем великой Швейцарии

**В. В. Пархомчук:** Я недавно побывал в Германии и могу сравнить отношение к науке там и у нас. Например, у нас в удобное вечернее время практически нет настоящих познавательных телепередач. Российское общество в этом смысле полностью дезориентировано. В Германии же в вечернее время я постоянно наткнулся на научно-популярные передачи о черных дырах, астрономии и т.п. У меня создалось впечатление, что их там в десятки раз больше, чем у нас.

Наше общество сегодня, безусловно, должно знать и понимать, чем занимаются ученые. Например, разработки ИЯФа сейчас востребованы в основном на западных рынках, где наша продукция ценится и покупается. Мы работаем мозгами, руками, железом большей частью на Запад. Это беда российского об-

щества, не понимающего, что нас можно эффективно использовать для научно-технического прогресса.

**Ю. А. Тихонов:** Практически нет ни одного зарубежного центра, где бы ни работала какая-нибудь наша установка, естественно, на них, а не на нас. И мы помогаем «великой» Швейцарии, помогаем Америке, потому что делаем всё очень хорошо и достаточно дешево, значительно дешевле, чем они бы сделали это у себя. Для нашей страны это крайне нерациональное использование интеллектуального ресурса. На уровне правительства и президента произносятся разные высокие слова, но делается все наоборот.

Отношение сейчас ко всей науке, и к физике в частности, очень простое. Напоминает пресловутую свинью под дубом: «Были б только желуди!». Голый прагматизм: все, что не дает сиюминутные деньги, большие или маленькие, просто отбрасывается.

**В. В. Пархомчук:** Вот президент недавно объявил, что Россия должна в ближайшее время стать законодательницей мод в новых энергетических технологиях. А как в реальности дела обстоят – судите сами. Например, один московский институт некогда создал новую технологию использования горючих сланцев для выработки энергии. В середине 1980-х были созданы центры в Эс-





**Юрий  
Анатолевич  
ТИХОНОВ** — зам.  
директора по науке,  
д. ф. - м. н., доцент НГУ.  
«У нас **отношение** ко всей  
науке очень простое —  
**напоминает пресловутую  
свинью под дубом**»

тонию и в Красноярске. Сейчас в эстонский центр водят экскурсантов,

а красноярский выглядит, как после бомбежки. Хотя и принципы были заложены одинаковые, и технология... Но в России безмерно дешевый газ и поэтому никому эти технологические инновации экономически невыгодны, а государством они, соответственно, не поддерживаются.

**Ю. А. Тихонов:** Взгляните на графики, где показаны данные о финансировании фундаментальной науки в мире, в частности физики высоких энергий. Небольшое сокращение финансирования в Америке и колоссальное – в России, бывшей некогда одной из ведущих мировых держав в этой области, а теперь еле заметной на этом графике... И экспоненциальный рост финансирования в Китае и в Корее, где раньше о науке и речи не было. Причем эти страны вкладывают деньги именно в фундаментальную науку, которая заведомо в ближайшие 20–30 лет не даст выхода в практику: в физику высоких энергий, ядерную физику...



У нас же рассуждают, вероятно, на таком уровне: чтобы смотреть телевизор, все уже изобретено, зачем зря тратить деньги на науку? Дальше под предлогом реорганизации науки финансирование срезается. Ну не может такой институт, как наш, существовать на такие мизерные бюджетные деньги! Если бы у нас не было возможностей самим зарабатывать, мы бы уже давно закрылись. Мы сумели сохранить институт, т. е. возможность работать в науке, но та фундаментальная наука, ради которой мы, собственно, и живем, держится у нас в «черном теле». Вы даже не можете себе представить, что бы у нас было, если бы мы те деньги, которые вынуждены зарабатывать, получали бы из бюджета. Эти установки, что есть в нашем институте, просто ноль по сравнению с тем, что могло бы быть.

В науке заранее предсказать ничего нельзя. На ускорителях, например, сейчас моделируются процессы, имеющие непосредственное отношение к устройству мира: как возникла Вселенная, был ли большой взрыв? И вот мы, напрягаясь и тратя силы, выполняем огромный контракт по поставке комплектующих для ускорителя, строящегося в Швейцарии. А это ведь только говорится, что наука «международная», но тем не менее все хотят сделать у себя. Потому что это основа для национального прогресса, для прикладных работ каких-то и так далее.

**А. А. Иванов:** Еще пример. Существует международная программа создания термоядерного реактора «ИТЭР», проект, рассчитанный на десятилетия. Наша страна, кстати, там тоже формально участвует. И вот с удивлением нахожу в Интернете объявление, что за рубежом специально создаются рабочие места, открываются физические факультеты в университетах для обучения специалистов. А осуществится проект только через 30 лет! У нас же в Москве возраст ученых, которые этими проблемами занимаются, 60–70 лет. Кто будет



**Александр Александрович ИВАНОВ** — зам. директора по науке, д. ф.-м. н.  
**«Жизнь в науке.** Это — отдельная вещь, которая вряд ли зависит даже от финансирования»

«затоптанными» внешними обстоятельствами. Я имею в виду, что в глазах общества российские физики сейчас выглядят обиженными со всех сторон. Но часть вины в этом наша, и корнями она уходит в прошлые времена. Академическая наука всегда очень вяло пыталась

внедрить те результаты, которые представляли практической ценность. Научная общественность воспринимала идеи типа поясов внедрения и прочего с недоверием и скепсисом. И теперь мы пожинаем плоды. А ведь очевидно, что технологическая революция, которая произошла лет 20 назад и сейчас в каком-то смысле продолжается на Западе, в немалой степени была обусловлена адекватным откликом ученых. Если бы мы так же себя вели, влияя на правительство...

**Ю.А. Тихонов:** Абсолютно с этим не согласен. Кроме нас, российских, я не знаю ни одного западного физика, кто бы там что-нибудь внедрил. Никто из них не ушел в бизнес. Это бизнес, напротив, смотрел, что можно выгодного из науки извлечь.

**Э.П. Кругляков:** Ну, насчет ухода в бизнес вы не совсем правы. В свое время был такой физик Колгейт, я даже знал его. Он осознанно ушел в бизнес и, думаю, не жалеет об этом. Сейчас благодаря рекламе зубной пасты эту фамилию и не захочешь, а выучишь наизусть. Если теперь вернуться к вопросу о вине ученых России, то даже возражать по этому поводу не хочется. У государства имеются рычаги, способствующие востребованности промышленностью новых разработок и изобретений. Каждый должен

работать через 30 лет на этом международном реакторе? Специалистов надо уже сейчас начинать готовить.

**Н. С. Диканский:** По моему мнению, на западе в вузах точные науки, физика в том числе, преподаются существенно меньше, чем у нас. Корпоративные же университеты нам в принципе не нужны. Чтобы не получилось, как у компании «Русский алюминий», которая создала Университет алюминия. А то таблица Менделеева – она, извините, большая!

## На науку у нас нет социального заказа...

**А. М. Кудрявцев:** Я предлагаю вынести на обсуждение другой, достаточно провокационный тезис, чтобы ученые не выглядели такими уж невинными агнцами,

заниматься своим делом.

**Н. С. Диканский:** Вот хороший пример. Вспомним Хрущева, человека с 3-мя классами церковно-приходской школы. Руководя огромной страной, он в свое время поставил стратегическую задачу перед Академией наук. И она была решена: «внедрены» атомная бомба, ракеты... А сейчас у нас руководители с университетскими значками, со степенями, но при этом не способные сформулировать свои требования. Понимаете? Вот цена вопроса – системный подход и стратегия.

Наша беда в том, что мы в течение последних лет разрушаем всё, что у нас было. А китайцы, посмотрите, за это время совершили чудо. Вышли на первое место по производству угля, обогнав Россию почти в 6 раз. Производят автомобили, электронику, сотовые телефоны... Почему-то в одном месте руководители все разрушают, а в другом создают!

**А. Д. Николенко:** Да, китайцы в мире представляют собой очень большую силу благодаря своему трудолюбию, мировоззрению, государственному устройству... Но вот пожелаем ли мы себе жить, как китайцы? Наверное, нет.

**В.В. Пархомчук:** Ну, физики-то китайские живут точно лучше, чем мы. Они получают нормальное финансирование, создают новые установки. Однако эти установки – фактически продолжение наших идей, в развитие которых были вложены многие десятилетия труда. И дальше они будут развиваться в Китае, а не в России. И уровень жизни у китайских физиков соответствующий. Специалисты, которые еще только обучаются у нас (уровня наших средних научных сотрудников), получают в густонаселенном Китае квартиры по 100–150 кв. м!

**Н.С. Диканский:** На науку у нас сегодня нет социального заказа. Он только-только начал появляться. Вот, например, реализация идеи создания у нас технопарков и т. п. Мы, вообще говоря, потеряли в этом смысле довольно много времени.

**В.В. Пархомчук:** Я посетил подобный центр в Китае. Там построили научный городок на побережье океана, недалеко от Пекина: современнейшие здания, огромный университет, МГУ такой размер и не снился, где готовят ребятшек для работы в лабораториях и фирмах. Каждый день приплывают корабли и контейнерами загружают мобильники и другую электронику, изготовленную на этих предприятиях.

**А. Д. Николенко:** Да, но в Китае направление экономического развития все-таки другое: они исходят из потребностей промышленности. Есть, к примеру, фирма, выпускающая мобильники. На базе этой фирмы создается научная организация, которая ведет прикладные разработки. У нас же ситуация обратная: есть академический институт, и его достижения мы пытаемся внедрить в практику. И вообще, возможно ли на базе такого института, как ИЯФ, создать какой-то замечательный продукт, который можно, фигурально выражаясь, «намазать на хлеб»?

**В.В. Пархомчук:** Делаем. Например, была создана целая серия промышленных ускорителей, которые работают в Китае, Японии, в Корее, в Польше. Правда, не в России. Вот это вопрос: почему не у нас?

**Г.Н. Кулипанов:** Да, для Китая сделали и около двухсот рентгеновских установок. Мы здесь часто вспоминаем китайцев, но я бы сказал, что нам не стоит во всем на них равняться. Однако развитие экономики в Китае иллюстрирует несколько полезных, хотя и невостребованных в России



**Геннадий Николаевич КУЛИПАНОВ** — зам. директора по науке, академик РАН.  
«Вот появится важная **задача, державная**, которую смогут решить **только физики**, тогда и общество сразу поймет, что они нужны...»

**А. Д. Николенко:**  
«Не дай бог нам той востребованности, на основании которой ученые изобретали бомбу, новую броню и пушки. С другой стороны, что-то новое, наверное, создается не от хорошей жизни. Тут уж нужно выбирать – **спокойную жизнь или быстрое развитие**»



истин. Вот мы говорим, что рынок всё поставит на свои места. Но простой пример – промышленные ускорители.

До 1990 года ИЯФ выпустил их около сотни, в большинстве своем они были установлены в республиках СССР, лишь несколько удалось поставить за рубеж. После 1990 года также произведено около сотни ускорителей. Из них только три купили в России, остальные – в Китае, Южной Корее, Японии, США, Европе. Это означает, что мы ускорители производим высококачественные и при этом дешевые. В результате Россия сейчас покупает некую продукцию (тот же высокопрочный полиэтилен), которая выпускается на наших ускорителях в Китае. Почему же в России за это дело никто не берется? Рынок не всё расставляет на свои места, во многих областях требуется определенная государственная политика.

## Городу не стоять, если в нем нет праведника...

**Г. Н. Кулипанов:** О роли государства в развитии экономики и науки говорят много, но при этом велика и роль отдельной личности. Возьмите опыт Сибирского отделения Академии наук. Лаврентьев, Христианович, Соболев – они первыми осознали, что нужно вывозить науку из Москвы и Ленинграда, где она была до этого сконцентрирована. Хрущев, которого мы должны наравне с Лаврентьевым почитать и благодарить, в 1957 году подписавший указ о создании Сибирского отделения. Еще одна личность в истории Академгородка – Славский (в течение многих лет бывший главой Министерства атомной промышленности СССР), благодаря которому Академгородок построили за 4 года, что сейчас кажется просто безумием. Вот личности, которые определили будущее Сибирского отделения, будущее науки, освоение природных богатств Сибири и, в конечном счете, всю будущую экономику страны.

**А. С. Лахтычкин:** Без коллектива нет личности, без личности нет коллектива. Это как курица и яйцо, всё завязано. Вот раньше, что Галилею было нужно для работы? Взял ядро, залез на башню, кинул, взял, еще раз кинул. Он один этим занимался. А сейчас наука очень сильно стала напоминать промышленное производство. Огромные установки, сотня людей что-то делает.

**А. Д. Николенко:** Дело в том, что наукой могут заниматься только люди, которые в ней разбираются, а менеджментом в науке должны заниматься люди, которые разбираются и в менеджменте, и в науке. Таких у нас крайне мало, этому не учат. А люди,

**Александр Сергеевич ЛАХТЫЧКИН** – старший лаборант, студент физфака НГУ.  
«**Наука** — это отрасль деятельности с самым длинным периодом **окупаемости инвестиций**. Поэтому, если в стране что-то начинает резко меняться, инвестиций в науку не будет»



которые могут на серьезном уровне заниматься популяризацией науки, вообще редкость. Таких в истории существовало всего несколько.

**Г. Н. Кулипанов:** Здесь мы говорили о государственных деятелях как о менеджерах. На самом деле высокий профессионал, будь то физик или химик, он почти всегда является и хорошим менеджером. Одно из важных достижений Сибирского отделения за прошедшие 50 лет состоит в создании научных школ. А научные школы создавали именно личности. Мы говорим: школа Борескова, школа Трофимука... И сейчас успешно работают те институты, где во главе стояла личность.



**Константин**

**Владимирович**  
**ЛОТОВ** — старший

научный сотрудник, к.ф.-м.н.,  
доцент НГУ.

«Наша задача —

**сохранить**  
**научные школы**, чтобы  
потом было, откуда расти. Есть  
другие люди, задача которых —  
устроить в государстве всё правильно.  
И если они делают свое дело плохо,  
это не повод нам делать  
плохо свое»

У нас в институте таким абсолютным научным авторитетом был Будкер, который создал не только новые научные направления, но и сам алгоритм работы института, систему «круглого стола». Это ведь только кажется: сидят, кофе пьют, что-то говорят без повестки дня и т.п. А на самом деле только благодаря системе «круглого стола» институт до сих пор существует и нормально функционирует. Благодаря ей молодые сотрудники имеют возможность общаться с дирекцией.

Крайне важно, чтобы у руководителя была возможность смотреть в глаза молодым и видеть их блеск или, наоборот, потухшие глаза.

**К. В. Лотов:** Говорят, городу не стоять, если в нем нет праведника. Я не знаю, каким был Будкер, но если бы эти годы у нас был другой директор, не Скринский, мы бы запросто могли развалиться. Компетентные менеджеры, талантливые люди – это хорошо, но кто-то должен быть праведником.

## Наукой занимаются «иные»

ВГЛЯДЫВАЯСЬ В АРХИВНЫЕ ФОТОГРАФИИ ИЯФА, НЕВОЛЬНО ОСТАНАВЛИВАЕШЬ ВЗГЛЯД НА ЛИЦАХ МОЛОДЫХ, СЧАСТЛИВЫХ ЛЮДЕЙ, ОБЪЕДИНЕННЫХ ОБЩИМИ ИДЕЯМИ И ЦЕЛЯМИ. ИМ СУЖДЕНО БЫЛО НЕ ТОЛЬКО СДЕЛАТЬ ВПЕЧАТЛЯЮЩИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КАРЬЕРЫ, НО И ВОЗВЕСТИ НАСТОЯЩУЮ НАУЧНУЮ ЦИТАДЕЛЬ, СПОСОБНУЮ ЗАЩИТИТЬ ДЕЛО ИХ ЖИЗНИ ОТ ПОДЧАС НЕ СЛИШКОМ ДРУЖЕЛЮБНОГО ВНЕШНЕГО МИРА. РЕЗУЛЬТАТ: У СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК ИНСТИТУТА ВИДНЫ ВСЕ ТЕ ЖЕ МОЛОДЫЕ ВОДУШЕВЛЕННЫЕ ЛИЦА. НЕВОЛЬНО ВОЗНИКАЕТ ВОПРОС: ОТКУДА БЕРУТСЯ ТАКИЕ ЛЮДИ В НАШЕ ПРАГМАТИЧНОЕ ВРЕМЯ, СПУСТЯ ПОЧТИ 50 ЛЕТ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОГО «РЕНЕССАНСА» ПРОШЛОГО ВЕКА?

**И. О. Орлов:** А это просто естественный отбор.

**Г. Н. Кулипанов:** Такие люди появляются у нас благодаря и Физматшколе, и НГУ, и раннему обучению непосредственно в самом ИЯФе.

**В. В. Пархомчук:** Наш институт в чем-то похож на древний монастырь, где послушники, вообще-то говоря, вначале должны были пройти какой-то довольно суровый «подготовительный» курс.

**И. О. Орлов:** На самом деле ситуация простая. Начинается всё еще на этапе Физматшколы и поступления на физфак университета. Абитуриентам сразу говорится, что на физфаке учиться нелегко. В результате те, кто начинает там учиться, сразу имеют в мозгах некий «вектор»: это тяжело, но интересно, поэтому я это делать буду. Дальше ситуация продолжает развиваться. Те молодые ребята, которых вы видите здесь, в «подвалах» ИЯФа, уже прошли несколько этапов отбора. А те, кому стало неинтересно, у кого в глазах вместо науки «доллар», сюда просто не попадают или потихоньку уходят.

**Н. С. Диканский:** На Западе считается, что наукой занимаются «ненормальные», кто, так сказать, не от мира сего. Ведь всегда можно найти другое место, где получать можно много больше. Должен действительно существовать сильный интерес к предмету.

**К. В. Лотов:** Раньше физика и наука были не только способом заниматься любимым делом, но и способом получить в обществе социально значимое место, квартиру, зарплату. В какой-то момент этого



**Илья Олегович ОРЛОВ** — старший лаборант, аспирант, ассистент кафедры общей физики физфака НГУ. «**Интерес к науке** скорее всего заложен **генетически**»

не стало, и остались только энтузиасты.

**И. О. Орлов:** Это личности, которые сумели заинтересоваться на достаточно ранних стадиях своего развития. Что скорее всего заложено генетически.

**Г. Н. Кулипанов:** Есть интересный результат конкурсов в университет. Хотя год от года сама цифра меняется – от 6 до 1,8 человека на место, но, как говорят, число толковых студентов среди принятых не зависит от конкурса. Отбираются люди, генетически предрасположенные заниматься наукой. Сколько их есть, столько и идет учиться. Отмечен любопытный факт: из одной алтайской деревни в ИЯФе – два члена-корреспондента, и доктор наук, жена последнего, тоже с Горного Алтая, – декан в университете. И добиться этого им удалось только благодаря нашей системе «физматшкола-университет».

**Н. С. Диканский:** Есть проблемы, в том числе связанные с платой за обучение. Но главное то, что мы сохранили Физматшколу как систему обучения.

**Е. М. Балдин:** Уровень современных учеников Физматшколы заметно упал. Говорю это как «старый» преподаватель.



**Ю.А. Тихонов:** «Люди, которые в науке работают, **счастливы** от самого процесса, понимаете? Сам процесс **очень интересный**»

**К. В. Лотов:** Охват Физматшколы и университета действительно сейчас упал. Если раньше выпускниками университета, хорошими выпускниками, «опылялись» вся Сибирь и Дальний Восток и еще на европейскую часть хватало, то сейчас всех толковых выпускников забирают те институты, сотрудники которых работают в НГУ внештатными преподавателями. Поэтому и у нас в институте есть эти ребята. Но уже ни для Красноярска, ни для Томска, например, наших выпускников не хватает. И даже мы уже начинаем ощущать дефицит молодых кадров, потому что падает охват абитуриентов.

**Н. С. Диканский:** Иногородних студентов у нас до сих пор много, около 50%.

**Е. М. Балдин:** Менее десяти лет назад в Физматшколе были вообще одни иногородние: из Академгородка было всего 2–3 человека. Между тем многие из тех, кто приезжает сейчас к нам на летнюю школу, хотели бы здесь остаться учиться. Но не могут – финансовые проблемы.

**Н. С. Диканский:** У нас предусмотрены скидки на образование, победители олимпиад учатся бесплатно. Вот вы всё время подчеркиваете, что обучение в Физматшколе стало платным. А как вы считаете, кто за образование должен платить, если государство не хочет этого делать?

**А. С. Лахтычкин:** Собираются технопарк строить, тратить на это много денег. А вот на Физматшколу не хватает. Как-то это странно.



**Евгений Михайлович БАЛДИН** – научный сотрудник, преподаватель

Физматшколы.

«Идеи вряд ли могут истощиться, но вот их авторы и носители... Этот

**ресурс должен** каким-то образом **самовосстанавливаться»**

и так мало, а если в нашей стране с не самым богатым населением ввести еще и имущественный барьер... В результате желающих просто не окажется.

**А. С. Лахтычкин:** Когда человек поступает в Физматшколу, он же заранее не может знать, будет ли он там отличником. Получает грант, начинает учиться, «хватает» тройку за семестр, за год... и всё. Полгода ушло коту под хвост, а деньги за обучение по гранту он уже должен, причем немаленькие. Для деревни это просто непомерная сумма, в какой-нибудь Малаховке всех свиней заколоть придется.

**А. В. Кузьмин:** У меня такой вопрос. Если мы введем систему грантов на образование и тому подобное, это

**Н. С. Диканский:** Ну, во-первых, это не так. Имейте в виду, что сейчас запланировано при развитии Академгородка и университета расширение Физматшколы. Приблизительно вдвое увеличатся площади, в том числе и общежития. Поэтому не говорите, что об этом не думают. Но снижения оплаты не будет, обучение всегда стоит денег.

**И. О. Орлов:** За тех, кто хочет и может хорошо учиться, должны платить не родители.

**А. С. Лахтычкин:** Я думаю, Россия может позволить себе 3–4 таких бесплатных школы на всю страну. Потому что важна сама идея. Молодой человек должен быть уверен, что если он захочет и сможет учиться, у него такая возможность будет.

**Н. С. Диканский:** Но тогда должна существовать система кредитования, какая-то целевая подготовка. Должна найтись компания, которая стала бы финансировать будущего студента. Но при этом он, естественно, должен брать на себя определенные обязательства в будущем.

**Е. М. Балдин:** В случае фундаментальной науки подобная схема не проходит. Никакая коммерческая фирма в здравом уме не будет вкладывать в нее деньги. Думать о будущем нации – прерогатива государства, а не самих обучающихся. Тех, кто потенциально может двигать науку (а фундаментальную физику тем более),

**А. С. Лахтычкин:** «Вот я не победитель областной Олимпиады, занял только 7-е место.

А в Физматшколе занял уже второе место по физике. И что, на мне надо было тогда крест ставить?»



все будет очень сильно напоминать западную систему. Тогда чем мы будем отличаться от Запада? Стоит ли нам вообще пробовать?

**Г. Н. Кулипанов:** Проблема с оплатой образования очевидна. Она отражает реальную ситуацию в стране. Ничего здесь неожиданного и особенного нет. Проблемы есть, их надо вскрыть и попытаться решить.

**Н. С. Диканский:** Рынок труда сейчас, конечно, сильно деформирован. IT-ишные компании «сгребли» к себе почти всех информатиков, а технопарк затребует еще и физиков, и химиков, и биологов. Руководство СО РАН должно думать, что делать.

**А. А. Иванов:** Появление новых возможностей на самом деле неплохо. Для академических институтов это, может быть, и хуже, но у молодежи будет выбор. Все равно какая-то часть «сумасшедших» останется у нас, в фундаментальной науке.

**А. Д. Николенко:** Падение конкурса на физфак – это в какой-то мере отражение падения престижности науки в целом. Но на самом деле это во многом обуславливается государственным заказом. Вот 50 лет назад была строгая установка: наши физики



**Александр Викторович КУЗЬМИН** — старший лаборант, студент физфака НГУ.  
«**Наука** — как огромный **динозавр**. Мозг маленький, а всё остальное многотонное»



должны сделать атомную бомбу. А заодно и еще что-нибудь. Речь шла о служении Отечеству, в этом был приоритет. Отсюда, как следствие, – высокий престиж науки. Сейчас это практически вымысел. В среде политиков появилось много людей, говорящих правильные слова о развитии науки, но одновременно делающих очень странные вещи в этом направлении. И тут же, по закону сохранения, интерес общества пропадает.

## Наука напоминает огромного динозавра

В XX ВЕКЕ ВЫСОКИЙ ПРЕСТИЖ ФИЗИКИ БЫЛ, КАК НИ ПАРАДОКСАЛЬНО, В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ОБУСЛОВЛЕН СОЗДАНИЕМ НЕБЫВАЛОГО ОРУЖИЯ МАССОВОГО ПОРАЖЕНИЯ. ОВЛАДЕНИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГИЕЙ ИЗМЕНИЛО НЕ ТОЛЬКО ВОЕННУЮ СТРАТЕГИЮ, ПОЛИТИКУ И ЭКОНОМИКУ, НО И СИЛЬНЕЙШИМ ОБРАЗОМ ВОЗДЕЙСТВОВАЛО НА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ. ОЖИДАЮТСЯ ЛИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ ОТКРЫТИЯ, ЕСТЬ ЛИ ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУКИ, КОТОРЫЕ МОГУТ РАДИКАЛЬНЫМ ОБРАЗОМ ИЗМЕНИТЬ ЖИЗНЬ НАШЕГО ОБЩЕСТВА В НОВОМ ТЫСЯЧЕЛЕТИИ?

**А. Д. Николенко:** Когда мы проводим для школьников экскурсии по нашему институту, то я обычно говорю, что честно на этот вопрос мы вам не ответим, но приведем массу исторических примеров, из которых все станет ясно.

**Н. С. Диканский:** Если сделать акцент на стоимостном выражении того, что сейчас производится, то надо признать, что одну из важнейших ролей начала играть математика. Та же информатика, к примеру. Однако, по моему мнению, основной прорыв в науке в ближайшее время будет в области биотехнологии, очень сложной науки, включающей в себя и биологию, и химию, и физику.

**К. В. Лотов:** Обязательно появится нечто совсем новое. Но на то оно и новое, чтобы быть непредсказуемым. А то, что мы сейчас можем предсказать, уже не новое.

**И. О. Орлов:** Представьте, если бы этот вопрос задали лет сто назад, то наговорили бы многое, но точно не то, что случилось на самом деле.

Более ста лет назад Фарадей так сказал про электромотор: «Ясно, что никто никогда это использовать не будет. Ведь каждому дураку понятно, что цинк гораздо дороже, чем овес».

**И. Б. Хрипович:** Говорят, что когда основоположник учения об электромагнитном поле Фарадей демонстри-

ровал отклонение магнитной стрелки около проводника с током, его спросили: а кому это, собственно, нужно? Очень естественный вопрос. И известен его ответ: вы как-нибудь найдете способ применить это...

**В. В. Пархомчук:** Мы можем очень много рассказывать о прикладных направлениях. Если построить такую установку, можно лечить рак, на такой – производить хороший полиэтилен. Их много, этих направлений, существующих пока в зародыше, мы видим их лет на 5 вперед. А вот предугадать то, что будет лет через 50... Кто бы смог 50 лет назад предсказать, что у нас будет телевидение? Я, например, тогда еще строил детекторный приемник из спичек, сжигая серу, и слушал с его помощью первый спутник.

Вот, например, из чего 80 % нашей Вселенной состоит? Называется это темная энергия или темная материя. Мы этого не видим и не знаем, что это такое.

**А. В. Кузьмин:** Наука напоминает огромного динозавра. Мозг, который его ведет, вот тако-о-ой маленький, а все остальное тело многотонное.

**К. В. Лотов:** Но, в отличие от динозавра, сказать, где находится мозг... Сегодня, в принципе, можно, а вот через 10 лет – нельзя. Поэтому надо все тело поддерживать, ведь неизвестно, какая его часть завтра станет мозгом.

**В. В. Пархомчук:** В 30-е годы были получены первые микрограммы какого-то радиоактивного вещества, которое портило фотопластинки. А сейчас на атомной энергии в той же Франции 85 % своего электричества получают.

**А. А. Иванов:** Откуда взялись вот эти лампочки? Сто лет назад ничего подобного не было, и никто не мог себе даже представить. Могли бы жить сейчас со свечкой, пили бы квас и рассуждали.

На самом деле наука совсем иначе действует на общество, ни как что-то конкретное, а опосредованно, например через образование, через какие-то идеи. Фундаментальная наука – это просто условие жизни нормального общества.

**Е. М. Балдин:** Всё, чем наше общество сейчас пользуется, в прямом смысле прикладные «отходы» фундаментальной науки. Будущее непредсказуемо, но в любом случае, если бы не было фундаментальной науки, то не было бы всех, ставших уже обыденными, вещей, к которым мы так привыкли.

## Общество перестает понимать нас...

**К. В. Лотов:** Мы, рожденные еще в СССР, попали в самое счастливое время: мы жили «тогда», пережили перестройку и живем сейчас, при капитализме. **Это такой *experience***, который в другой ситуации и на другом месте получить невозможно

**А. М. Кудрявцев:** Вот если не принимать во внимание прикладные науки, а взять только изучение

устройства мира... Сто лет назад об этом мире «не знали» гораздо больше, чем сейчас. Сегодня наука вышла уже на такой уровень, что нормальному человеку становится просто непонятно, чем же конкретно ученые занимаются.

Начиная с механики всегда можно было объяснить, что ты изучаешь. «Вот, хочу выяснить, как устроен атом кислорода, потому что он непонятно себя ведет» и т.д.. Всё, что ясно современному школьнику, соответственно, вполне понимает и общество. Но когда мы переходим к миру элементарных частиц и тех странных законов сохранения, которые в нем существуют и которые невозможно объяснить «просто», возникает вопрос: а для чего это вообще надо изучать? Мне кажется, что тут популяризаторы науки (в том числе и мы, если хотим наладить диалог с обществом) на частностях никогда никого ни в чем не могут убедить. Нужен какой-то общий подход. Чего же мы хотим? Сравняться с богом? Или выяснить, зачем он вообще это всё создал? Мне кажется, что в каком-то смысле приближается

кризис науки фундаментальной. Потому что общество перестает понимать нас совсем.

**Э.П. Кругляков:** Для начала заметим, что сразу после развала СССР государство практически полностью «задушило» научно-популярные издания. Их просто лишили поддержки. Общество «Знание», игравшее раньше огромную воспитательную роль,

САМИ ТЕОРИИ, МОДЕЛИ И КОНЦЕПЦИИ, КОТОРЫМИ ОПЕРИРУЕТ СОВРЕМЕННАЯ НАУКА, СТАЛИ НАСТОЛЬКО ВЫСОКО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫ И ОСНАЩЕНЫ ТАКИМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ АППАРАТОМ, ЧТО ИХ АДЕКВАТНОЕ ПРОЧТЕНИЕ ТРЕБУЕТ НЕЗАУРЯДНЫХ УСИЛИЙ И БОЛЬШОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ. НО ВЕДЬ ДАВНО ИЗВЕСТНО, ЧТО НАДО ДЕЛАТЬ, ЕСЛИ МАГОМЕТ НЕ ИДЕТ К ГОРЕ...



Редакция благодарит А.М. Кудрявцева и Е.М. Балдина, а также журналиста А.В. Лучанского за помощь в организации и проведении «Круглого стола»



приказало долго жить. Сегодня оно только-только начинает возрождаться. Первые шаги к возрождению научно-популярной литературы сделаны и в Сибирском отделении; мы издали первый десяток книг.

**И. Б. Хриплович:** Я имею некоторое представление о научно-популярной литературе в Америке, которая не хуже нашей заведомо. Издается она частными издательствами. Я не говорю, плохо это или хорошо, просто констатирую факт. Можно иметь много претензий к старой системе, но в этом смысле научно-популярная литература у нас была на уровне классики.

Но государство прекратило поддержку, система была разрушена. К новой же мы не пришли. Нормой следует, наверное, считать то, что выживает. Поэтому надо стремиться к конкретной жизни сейчас. Безусловно, нужна поддержка государства, но в идеале такая литература, по-видимому, должна перейти на самоокупаемость.

**Э. П. Кругляков:** Пройдет 40 лет, и всё войдет в норму. Но сегодня наша заработная плата не позволяет приобретать научно-популярную

литературу по ценам, приемлемым для американцев. Мы не можем себе этого позволить.

**А. М. Кудрявцев:** Дело не в деньгах, а в том, что обществу, за исключением определенной части, действительно стало наплевать на все эти высокие материи. Нет ни идеи государственной в нашей стране, ни идеологии.

Интересно, что социологи неоднократно и независимо отмечали, что население России составляют как минимум две разнокачественных, можно сказать, популяции. И одна из них – «западники», интеллигенция. Те люди, по объективным причинам всегда резко отличавшиеся от крестьянства, от «крепостных», если можно так выразиться. Они языки изучали, науки.

Конечно, это все статистика, процесс с определенными закономерностями, но в целом такое двуробое распределение до сих пор существует. Скажем, в Питере, где я жил, Васильевский остров был пролетарским районом. В нашем классе примерно половина ребят абсолютно не интересовалась ни музеями, ни театром и т. п. Другой «живой» половине было интересно всё. Когда я попал в Новосибирск, то соотношение среди жителей в самом городе в этом смысле было гораздо хуже. А вот в Академгородке – наоборот. Там раньше невозможно было встретить человека, который не пошел бы на премьеру.

В советском обществе все ориентировались на эту образованную часть, т.е. интеллигенцию. Считалось, что от этого всем хорошо. При свободе же и демократии выяснилось, что половине народа, как тогда, так и сейчас, эти высокие материи не нужны. Но они налоги платят, ученых содержат.

Я опять возвращаюсь к тому, что наука от государства кормится. Значит, надо как-то учить, объяснять, пропагандировать... Чтобы не одичало окончательно общество и не утерало даже ту технологию, на основе науки созданную, которую оно имеет. Роль учителя должно выполнять государство, используя для этих целей какие-то научные структуры, которые могут обществу хоть что-то внятное объяснить.

**А. С. Лахтычкин:** Вот в одном токшоу затронули какой-то спорный вопрос. Дискуссия шла минут двадцать, все свои мнения высказывают, эмоции. Потом доходит очередь до какого-то академика, а он и говорит: «Я вот тут немного прикинул...» И бумажку показывает, на которой цифры. На том весь спор и закончился. Это пример того, почему так важно, чтобы ученые и люди с таким складом ума были как можно выше, в правительстве например. Люди, которые не на уровне своих внутренних ощущений, а реально понимают, что происходит на самом деле в том же обществе. Может быть, тогда и проблемы наши разрешатся сами собой?

БЕРЕМЕННОСТЬ

# КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С ОЖИРЕНИЕМ

Н. М. БАЖАН





*Ожирение как проблема — феномен, свойственный исключительно развитому человеческому обществу. Для первобытного сообщества, равно как и для дикой природы, скорее характерна другая проблема — голода. Почему здоровая упитанность издавна служила показателем физического и социального благополучия — вспомним хотя бы изображения пышнотелых «первобытных Венер». В современном обществе подобная реакция сохранилась, пожалуй, лишь в отношении детей и домашних любимцев. Что же такое ожирение — «вредная привычка» или болезнь? Почему так трудно избавиться от лишних килограммов? Возможна ли коррекция избыточного веса? Исследования на модельных объектах — мышах с генетически обусловленным ожирением — позволяют пролить свет на эту современную «чуму» негодного человечества*



БАЖАН Надежда Михайловна — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск). Профессор кафедры физиологии Новосибирского государственного университета. Области научных интересов — эволюционная генетика, эндокринология. Проблемами репродукции и регуляции веса тела занимается с 1975 г.

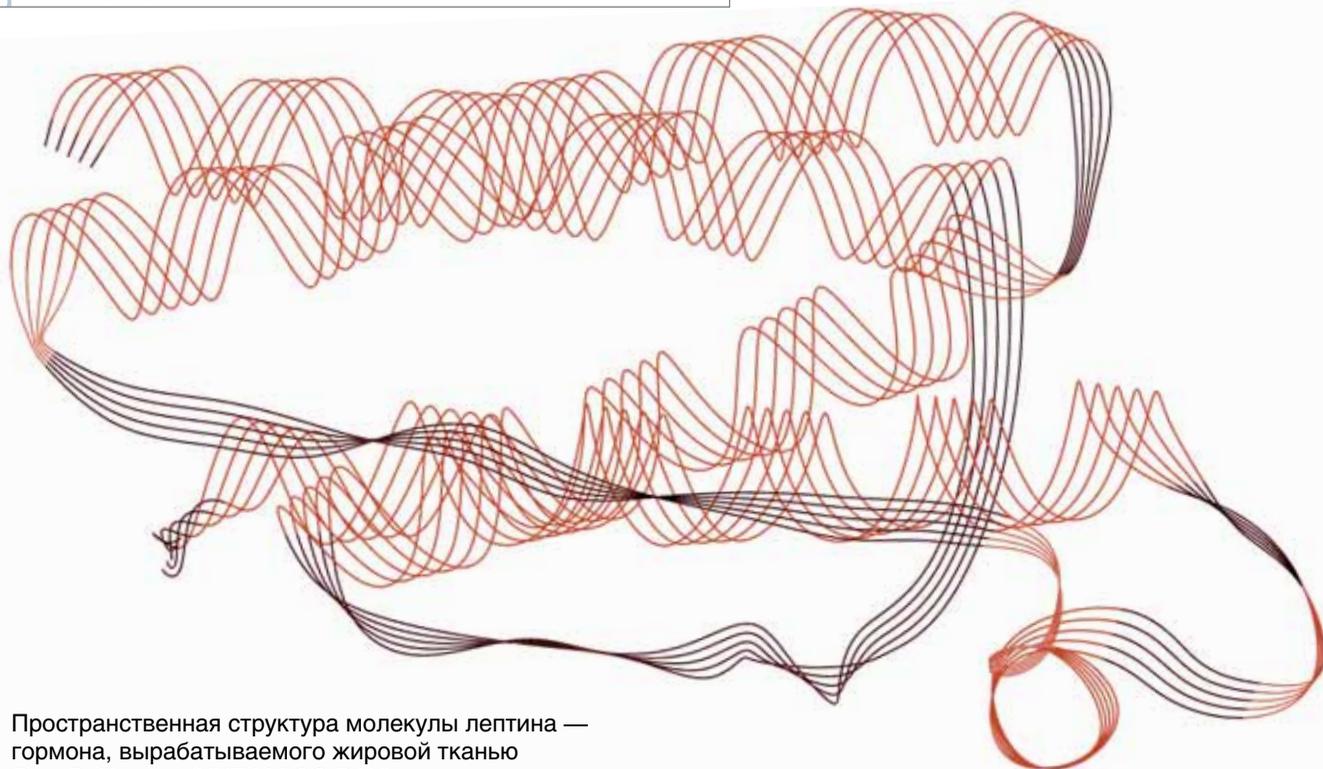
**В** настоящее время в индустриально развитых странах мало кто не обеспокоен проблемой лишнего веса: в той же Америке, например, говорят даже об эпидемии ожирения.

Проблема ожирения страшна не только тем, что носители лишних килограммов далеки по внешнему виду от эфемерных созданий, принятых современной модой за идеал, и даже не тем, что им приходится тратить больше денег и времени на покупку одежды и обуви. Главное, ожирение неизбежно влечет за собой вереницу заболеваний. У людей, страдающих ожирением, возрастает риск смерти от таких болезней, как диабет, гипертония, закупорка сердечных сосудов, инсульт, заболевания желчного пузыря и печени, рак, даже от остановки дыхания во сне...

Уже много лет ученые и медики пытаются найти способы предотвращения развития ожирения. Хорошо известно, что отложенный про запас жир — это попросту лишняя, не израсходованная энергия, поступившая с пищей. Еще 10 лет назад считалось, что ожирение является результатом лени и переедания, поэтому лечить его легко: надо просто меньше есть и больше двигаться. Основанные на подсчете съеденных калорий жесточайшие диеты приводили у большинства людей к временному снижению веса, который неуклонно стремился восстановиться после снятия ограничений.

Однако в 1994 г. произошли два события, в корне изменившие наше отношение к проблеме лечения ожирения.





Пространственная структура молекулы лептина — гормона, вырабатываемого жировой тканью  
 Рис. В. Коваля (ИХБФМ СО РАН)

Во-первых, был открыт гормон жировой ткани *лептин*. Во-вторых, описана *меланокортиновая система* мозга, через которую этот гормон осуществляет регуляцию метаболизма жиров.

## Лептин — контролер жировых запасов

Оказалось, что жир — это не просто «подушка», портящая фигуру, но еще и эндокринный орган, нарабатывающий белковый гормон. Если же орган выделяет в кровь гормоны, значит, он способен влиять на функции других органов и физиологических систем. Таким образом, именно благодаря лептину жир как бы «борется» за свое существование (Cone et al., 2001).

По мере увеличения размера жировых клеток растет и уровень экскретируемого ими лептина. В высоких концентрациях он препятствует дальнейшему развитию ожирения: подавляет аппетит, усиливает расход энергии. Однако если резко сократить долю жира в организме (например, за счет липосакции или диеты), то снижается и уровень лептина и, соответственно, снимается его ингибирующее действие на аппетит. Поэтому у людей, которые резко похудели, также резко падает уровень лептина и увеличивается аппетит. Другими словами, лептин препятствует как дальнейшему развитию ожирения у людей с нормальным весом, так и снижению веса у полных людей. Почему же тогда

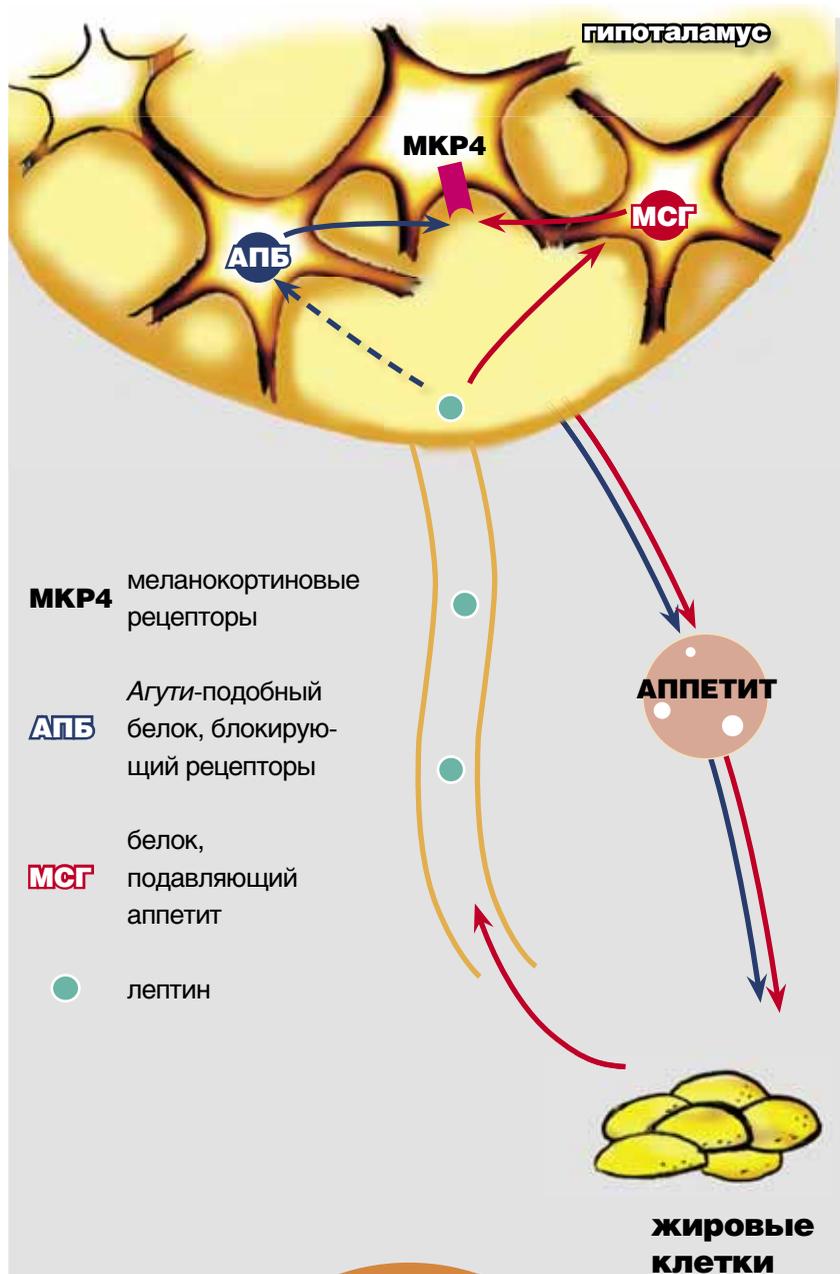
люди все-таки способны так сильно увеличить вес? Да потому что при достижении в крови очень высоких уровней лептина у них развивается нечувствительность к этому гормону. Но это уже совсем другая история.

## Кто отдаст ужин врагу?

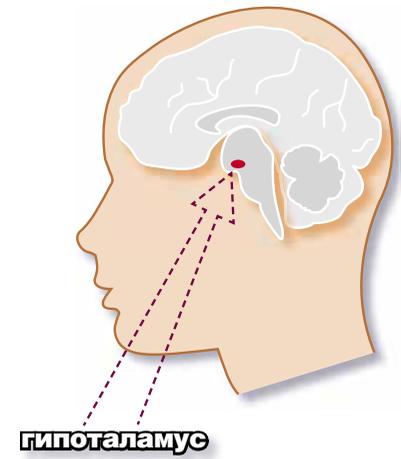
Итак, лептин способен влиять на аппетит, т.е. на сложный физиологический признак, называемый *пищевым поведением*. Как и все формы поведения, оно регулируется различными отделами мозга и прежде всего гипоталамусом. В конце 1990-х годов удалось установить, что лептин действует на аппетит через меланокортиновую систему (МК-систему) гипоталамуса.

Для начала сделаем небольшое отступление на тему семейства особых *меланокортиновых гормонов*. К этой группе относятся *меланоцитстимулирующие гормоны* (МСГ), в том числе регулирующие выработку пигментов, и *адренокортикотропный гормон* (АКТГ), регулирующий функцию надпочечников. Все они имеют общую молекулу-предшественник, сходные последовательности аминокислот в структуре и распознаются рецепторами, относящимися к одному семейству.

Поначалу, когда была обнаружена общность этих гормонов, никто не мог и предположить, что эта система имеет также свое локальное представительство в гипоталамусе, которое и занимается регулированием поступления и расходом энергии. Именно на эту так

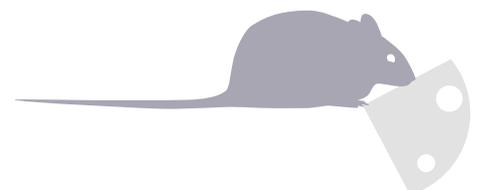


От соотношения в гипоталамусе продукции особых белков зависит то, с какой легкостью вы способны отказаться от ужина



**В организме существует замкнутая система регуляции аппетита и веса тела.**

При ожирении увеличивается число жировых клеток, которые нарабатывают гормон лептин. Из крови лептин проникает в отдел головного мозга — **гипоталамус**, где подавляет аппетит двумя путями. Во-первых, стимулируя наработку анорексигенного фактора (меланоцитстимулирующего гормона, **МСГ**), который активирует меланокортиновые рецепторы 4-го типа (**МКР4**). Во-вторых, подавляет экспрессию Агути-подобного белка (**АПБ**), который блокирует действие МСГ на рецепторы. Активация рецепторов приводит к снижению аппетита, соответствующему снижению количества жира и падению уровня лептина в крови. Мутация *A<sup>y</sup>* у мышей вызывает неконтролируемый постоянный синтез Агути-белка (АБ) в гипоталамусе, который, подобно АПБ, блокирует связывание МСГ с рецепторами и, хронически увеличивая аппетит, приводит к ожирению. *Стимулирующие сигналы обозначены красными, ингибирующие — синими стрелками*



называемую МК-систему гипоталамуса и действует лептин. Для того чтобы понять механизм его действия, кратко познакомимся с функцией меланокортиновой системы.

Нейроны гипоталамуса способны нарабатывать один из меланоцитстимулирующих гормонов ( $\alpha$ -МСГ), который активирует в нем особые меланокортиновые рецепторы, что, в свою очередь, и приводит к подавлению аппетита. Поэтому гипоталамический  $\alpha$ -МСГ относят к *анорексигенным факторам* — факторам, подавляющим желание есть. Если бы наряду с анорексигенными не существовало орексигенных факторов, усиливающих аппетит, то не было бы и проблемы ожирения. Возникла бы, правда, более страшная проблема — умереть с голоду при обилии пищи.

Природа разумна: наряду с анорексигенным  $\alpha$ -МСГ в других нейронах того же гипоталамуса нарабатывается орексигенный пептид (*Агути-подобный белок*, АПБ). АПБ способен блокировать связывание  $\alpha$ -МСГ с его рецепторами и в результате усиливать аппетит. От соотношения в гипоталамусе продукции анорексигенных и орексигенных факторов —  $\alpha$ -МСГ и АПБ — и зависит то, с какой легкостью вы способны отказаться от ужина, следуя рекомендациям диетологов.

Лептин является дирижером этого ансамбля: он стимулирует синтез  $\alpha$ -МСГ и подавляет синтез АПБ, что приводит к снижению аппетита. Если уровень в крови лептина падает, то происходит обратный эффект: аппетит растет. В естественных условиях у диких видов проблемы ожирения нет: способность лептина приводить аппетит в соответствие с имеющимися запасами жира является эффективным механизмом адаптации к условиям голода. При недостатке пищи события разворачиваются

Черные мыши имеют рецессивную мутацию в гене *Агути*, благодаря чему белок *Агути* у них нигде (в том числе и в коже) не нарабатывается

следующим образом: снижается доля жира, снижается уровень лептина, повышается аппетит и одновременно снижается скорость расходования имеющихся энергетических запасов.

## Генетическое ожирение

Возвращаясь к проблеме ожирения, еще раз уточним, какие же изменения в МК-системе гипоталамуса неминуемо должны привести к повышению аппетита и увеличению веса. Стимуляция аппетита будет достигнута в одном из следующих случаев: 1) снизится продукция  $\alpha$ -МСГ; 2) снизится число меланокортиновых рецепторов или их способность связывать  $\alpha$ -МСГ; 3) повысится продукция АПБ или другого блокатора меланокортиновых рецепторов.

Правильность этого заключения подтверждается тем, что сейчас созданы линии лабораторных мышей с искусственными мутациями, нарушающими работу генов названных белков, а значит, и их продукцию. В результате эти мыши страдают так называемым *меланокортиновым ожирением*. Кстати сказать, мыши появились на нашей сцене неслучайно. К счастью для нас, система регуляции веса тела схожа у всех млекопитающих, в том числе у человека и мышей — удобных объектов физиологических исследований.

Отдельно хочется выделить одну линию мышей — *C57Bl/6J*, у которых мутация, приводящая к ожирению, возникла спонтанно. Ее можно рассматривать как поощрительный приз ученым, исследующим механизмы развития МК-ожирения. Вообще-то эта линия мышей

была давно известна тем, что в ней возникают мутации в локусе *Agouti*, который контролирует цвет шерсти. Мыши с доминантной мутацией этого локуса *Agouti yellow* ( $A^y$ ) имеют желтый цвет шерсти, а с рецессивной мутацией *nonagouti* ( $a$ ) — черный. У желтых мышей после полового созревания развивается ожирение и диабет 2-го типа, чего черные мыши счастливо избегают.

Связь между цветом шерсти и склонностью к ожирению долгое время оставалась загадкой, пока Бульгман с соавторами (1992) не показали, что мутация *Agouti yellow* нарушает характер *экспрессии*, т. е. работы гена *Agouti*. Если в норме этот ген экспрессируется только в клетках кожи, где и влияет локально на цвет шерсти, то у мышей с мутацией  $A^y$  он начинает работать во всех тканях, в том числе, в гипоталамусе. Оказалось, что продукт гена *Agouti* — *Agouti-белок* — так же, как и орексигенный агутиподобный белок гипоталамуса, препятствует связыванию  $\alpha$ -МСГ с рецепторами. Выступая в роли добровольного помощника АПБ, он день за днем повышает аппетит. А хроническое переедание уже неминуемо приводит к ожирению...

Мыши линии *C57Bl/6J* с мутацией  $A^y$  особенно привлекательны для исследователей тем, что их можно рассматривать как модель генетической формы ожирения, встречающегося у человека. Конечно, далеко не все люди, страдающие ожирением, обращаются к врачам с просьбой исследовать их геном. Однако у большинства из тех, кто обратился, действительно удалось выявить мутации в различных звеньях меланокортиновой системы гипоталамуса. Так что исследования механизмов развития и путей предотвращения МК-ожирения у мышей могут иметь в будущем вполне практический выход...

Мыши,  
несущие два гена  
доминантной мутации  
*Agouti yellow* ( $A^y/A^y$ ), нежизне-  
способны. Поэтому для получения  
желтых мышат скрещивают гетеро-  
зигот по этой мутации ( $A^y/a$ ) с гомозиго-  
тами по рецессивной мутации *nonagouti*  
( $a/a$ ). Согласно менделеевскому рас-  
щеплению потомство получается  
разноцветным: половина мышат  
имеет генотип  $A^y/a$  и желтый цвет  
шерсти, а половина — гено-  
тип  $a/a$  и черный цвет  
шерсти

Еще 10 лет  
назад счита-  
лось, что ожи-  
рение является  
результатом ле-  
ности и пере-  
едания



У большинства людей, страдающих ожирением, удалось выявить мутации в различных звеньях меланокортиновой системы гипоталамуса



У желтых мышей ген *Агути* экспрессируется во всех клетках организма, в том числе и в гипоталамусе



Основной причиной ожирения у желтых мышей является постоянное переедание. Они начинают есть больше нормы уже с 6-ой недели жизни, в результате чего уже через неделю начинают превосходить черных по весу тела



ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИЩИ (г / день)



ВЕС ТЕЛА (г / день)



## Желтая, толстая, больная... мышь

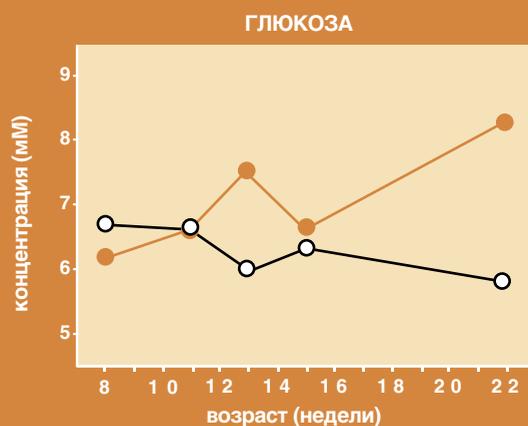
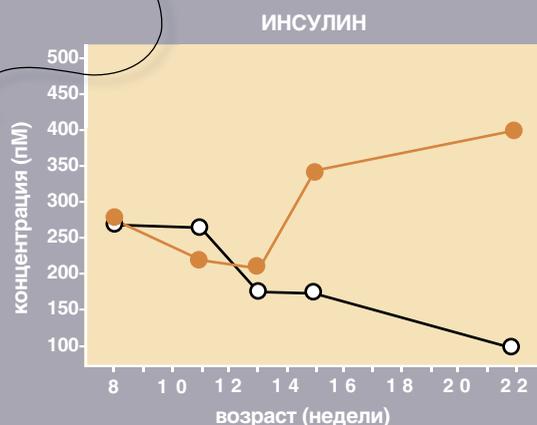
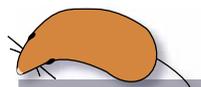
Не следует забывать, что наряду с центральной системой регуляции веса тела, локализованной в мозге, в организме существует и периферическая система. Она включает в себя такие органы, как печень, мышцы, жировая ткань, поджелудочная железа, кора надпочечников, желудок и др. Система реагирует на количество и качество съеденной пищи, на увеличение энергетических затрат, связанных с физической нагрузкой, терморегуляцией, умственной деятельностью.

Известно, что основными носителями энергии, поступающей с пищей, являются жирные кислоты и глюкоза. В крови всегда должен поддерживаться постоянный уровень глюкозы (мозг не признает никаких других носителей энергии — только сладкое!). Избыток же энергии откладывается в виде жира. Процессы перераспределения энергетических ресурсов среди органов и тканей, использование их для нужд клеток регулируются гормонами поджелудочной железы (инсулином и глюкагоном), коры надпочечников, уровнем свободных жирных кислот в крови и многими другими гормонами и метаболитами жиров и углеводов.

Деятельность этой системы, регулирующей энергетический гомеостаз, при ожирении нарушается. В крови повышаются уровни лептина, инсулина, глюкозы, жирных кислот, а чувствительность органов-мишеней к инсулину падает. Эти нарушения, названные *синдромом ожирения*, приводят, в свою очередь, к образованию тромбов, инсультам, нарушениям сердечного кровообращения и другим заболеваниям. Взрослые ожиревшие желтые мыши не являются исключением, у них также развивается диабет второго типа, однако при этом неясно, что есть причина, а что — следствие. Поэтому мы решили исследовать динамику веса тела, потребления пищи, концентраций в крови гормонов и энергетических субстратов у желтых мышей, контролем же послужили черные мыши, не склонные к ожирению.

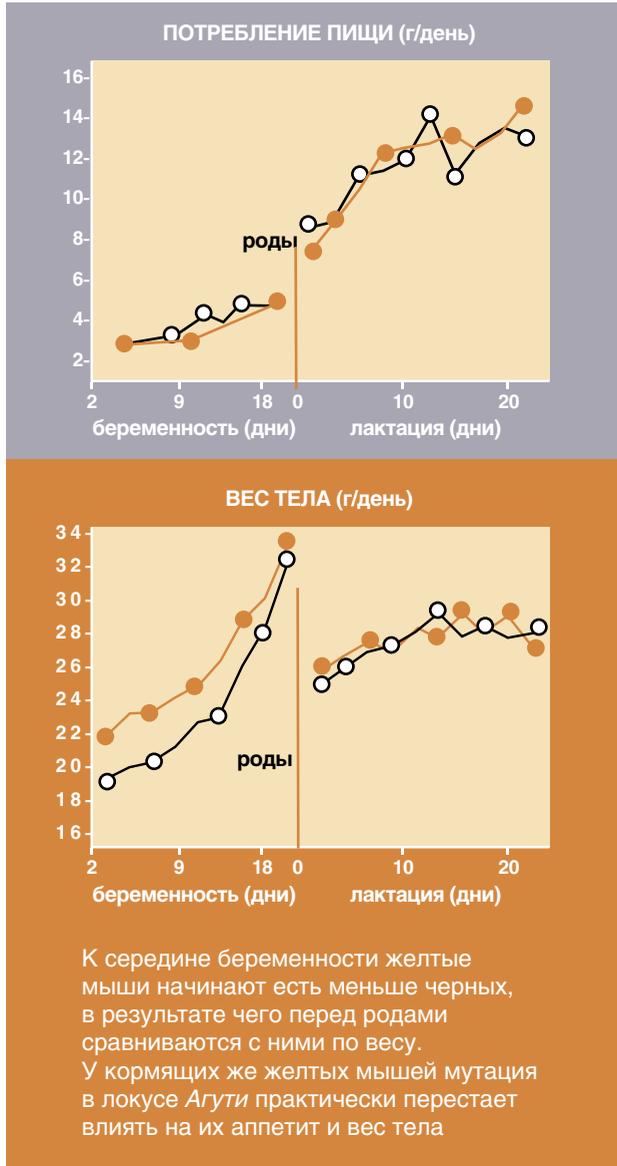
Что же показал мониторинг мышинной жизни? Оказалось, что уже 6-недельные желтые мыши склонны к хроническому перееданию, что приводит к прогрессирующему увеличению веса. С возрастом различия в весе между мышами увеличиваются, и в возрасте 22 недели желтые самки весят в 2 раза больше черных! Вот к каким результатам приводит незначительное, но постоянное повышение аппетита, вызванное неуместной экспрессией *Agtti*-белка.

«Симптомы» ожирения у желтых мышей предшествуют появлению признаков диабета. В период с 8 по 11 неделю жизни самки продолжают накапливать жир, о чем говорит повышенный уровень лептина, но пока не отличаются по другим показателям. Однако



Развитие метаболического синдрома ожирения у желтых мышей предшествует появлению первых признаков диабета второго типа. Уровень лептина в крови повышается на две недели раньше, чем уровни глюкозы, жирных кислот и инсулина.





Любой биологический эксперимент не столько дает ответы, сколько ставит новые вопросы. Не обошлось без них и в нашем случае. Почему «лишний» *Агути*-белок, который постоянно нарабатывается в гипоталамусе желтых мышей, в первые недели жизни никак не влияет на аппетит и вес тела? Каким способом жир, накопленный в жировой ткани, может препятствовать действию инсулина на клетки других органов? Для ответа требуются дальнейшие эксперименты.

## Беременные и стройные

Еще вопрос, возникающий после подобных экспериментов: можно ли предотвратить развитие ожирения? К сожалению, несмотря на заметный прорыв в нашем понимании механизмов развития ожирения, о возможных путях его купирования почти ничего не известно.

Занимаясь разведением желтых и черных мышей в виварии Института цитологии и генетики СО РАН, старший научный сотрудник, к.б.н. Е. Н. Макарова заметила, что желтые самки не набирают лишний вес в случае, когда приносят и выкармливают потомство. Это наблюдение заставило нас провести специальный эксперимент. Выяснилось, что если желтая самка забеременеет вскоре после полового созревания (в 8 недель), то к концу беременности она теряет свои «лишние» граммы и уже во время лактации практически не отличается по весу от всегда стройных черных особей.

В чем же причина этого удивительного явления? Сначала мы предположили, что у желтых самок, возможно, повышена плодовитость, и они тратят больше энергии на выкармливание помета, почему и не набирают лишний вес. Однако проверка показала, что это не так.

Затем мы изучили влияние беременности и лактации у желтых самок на аппетит и показатели углеводно-жирового обмена. Обычно при беременности, особенно во второй половине, когда плод интенсивно растет, аппетит повышается. И именно в это время что-то ломается в механизме действия мутации *A<sup>y</sup>*: желтые самки начинают есть меньше черных! В результате к родам желтые и черные самки приходят уже с равным весом тела. Удивляет то, что и в дальнейшем, во время выкармливания желтые самки по потреблению пищи и метаболическим показателям почти не отличались от черных самок с нормальным метаболизмом.

Что же происходит с мутацией *A<sup>y</sup>* при беременности и лактации — особенных физиологических состояниях, испытать которые дано только «прекрасной» половине вида? У самок вообще не существует такой физиологической системы, функция которой не менялась бы в ходе размножения. Значительное напряжение при этом приходится и на систему регуляции энергетического баланса. Если у самцов большинства видов энергетические траты на размножение с оплодотворением

уже в возрасте 13 недель в крови у них повышаются уровни жирных кислот и глюкозы — первые грозные признаки развития нечувствительности к инсулину, когда ткани теряют способность под действием гормона захватывать из крови энергетические субстраты. Через две недели повышается уровень самого инсулина — как последняя попытка добиться ответа тканей, действуя не умением, но числом. Но все напрасно: после 15-недельного возраста происходит полная разбалансировка гормонально-метаболического статуса организма мышей. Все показатели достигают максимума — вес, аппетит, концентрации в крови лептина, инсулина, глюкозы, жирных кислот. Если же глюкозы много в крови, то, значит, она не может проникнуть в ткани, которые так в ней нуждаются, а это и есть диабет второго типа.

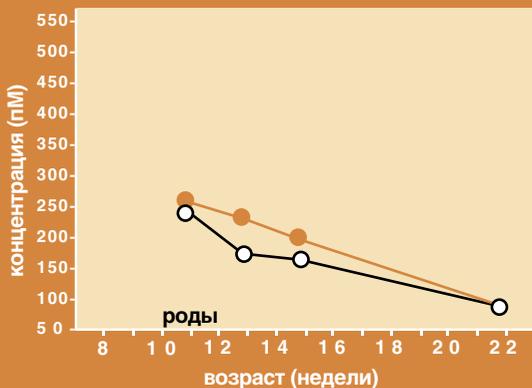
Рождение и выкармливание потомства избавило, по крайней мере временно, самок с генетически детерминированным ожирением от лишнего веса и связанного с ним диабета



ГЛЮКОЗА



ИНСУЛИН



ЛЕПТИН



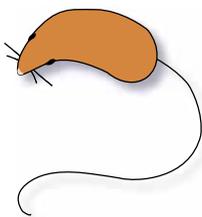
яйцеклетки прекращаются, то у самок они только начинаются. И затраты эти немалые! У мелких млекопитающих аппетит самок, особенно при лактации, возрастает в 3–4 раза! Кормящая мышь при весе тела 26–28 грамм съедает в день 12–14 грамм пищи, то есть половину собственного веса. Такое потребление пищи — большой труд. Должна существовать сильнейшая пищевая мотивация, призванная повысить аппетит до степени, которая позволяет компенсировать огромные затраты энергии, связанные с выработкой молока.

Действительно, показано, что при лактации значительно повышается продукция пептидов, стимулирующих аппетит, в том числе АПБ, сходного по структуре и свойствам с *Агути*-белком (Chen et al., 1999). Мы предполагаем, что при лактации продукция этого стимулирующего аппетит белка так высока, что он полностью блокирует связывание анорексигенного меланоцитостимулирующего гормона на рецепторах гипоталамуса, за счет чего потребление пищи многократно возрастает у всех мышей поголовно. На фоне такой мощной физиологической стимуляции аппетита прибавка в съеденной пище, вызванная мутацией *A<sup>y</sup>*, и ее эффект на вес тела просто «теряется». Эту гипотезу мы собираемся проверить экспериментально в самое ближайшее время.

## Если хочешь быть здоров — размножайся!

Осталось ответить еще на один непростой вопрос: как долго у желтых мышей длится «оздоровляющее» действие репродуктивной функции на метаболизм? Мы измерили гормонально-метаболические показатели рожавших желтых самок почти через два месяца после окончания лактации и обнаружили, что в возрасте 22 недели все показатели у них находятся практически

Во время лактации у желтых матерей нормализуются все параметры углеводно-жирового обмена. Затем уровни лептина, глюкозы и инсулина сохраняются в норме еще на протяжении почти более полутора месяцев после отсадки мышат



в норме. Таким образом, можно утверждать, что рождение потомства избавило, по крайней мере временно, желтых мышей от ожирения и связанного с ним диабета второго типа. Однако потребуются еще много экспериментов, чтобы объяснить этот феномен.

В заключение вернемся к человеку и его проблемам, связанным с ожирением. Наши результаты позволяют если не решить их, то хотя бы по-новому на них взглянуть. Так, широко распространено мнение, что беременность и лактация портят фигуру женщины. Но, как мы уже убедились, по крайней мере у мышей все происходит совсем наоборот.

После родов у женщины, так же как и у мышей, существует множество стимулов для продукции молока, начиная с гормональной регуляции и заканчивая самым видом младенца, его криком, запахом. У кормящей женщины для компенсации энергии, затраченной на выработку молока, резко повышается аппетит. И если женщине удастся долго и в полном объеме кормить младенца грудью, то ее фигуре ничего не грозит. Если же повышенный после родов аппетит сочетается с нежеланием или невозможностью кормить младенца, то лишние килограммы обеспечены. Но виновата в этом вовсе не лактация, а как раз ее отсутствие.

Вероятно, рано или поздно наступит время, когда всех людей, страдающих ожирением, будут обязательно тестировать на наличие у них мутаций, затрагивающих меланокортиновую систему мозга. Не исключено, что молодые женщины из семей, предрасположенных к развитию такого генетического ожирения, воспользуются сведениями, полученными на желтых мутантных мышках: дабы избежать ожирения, они будут рожать и выкармливать детей. И согласитесь, ведь гораздо лучше тратить силы на выращивание своего потомства, чем на безнадёжную и бессмысленную борьбу с лишним весом.

Исследования поддержаны грантом  
РФФИ (№ 04-04-48760)

### Литература

- Бажан Н. М. и др. Изменения углеводно-жирового обмена в ходе развития меланокортинового ожирения у мышей с мутацией *Agouti yellow* *Росс. физиол. журн. им. И. М. Сеченова*, 2005, № 12, в печати.
- Cone RD et al. *The arcuate nucleus as a conduit for diverse signals relevant to energy homeostasis* *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 2001, v. 25, Suppl. 5, p. S63–S67.
- Bultmann et al. *Molecular characterization of the mouse agouti locus*, *Cell*, 1992, v. 71, p. 1195–1204.
- Chen Pet et al. *Altered expression of agouti-related protein and its colocalization with neuropeptide Y in the arcuate nucleus of the hypothalamus during lactation*. *Endocrinology*, 1999, v. 6, p. 2645–2650.



д. б. н. М. П. МОШКИН,  
Институт систематики  
и экологии животных  
СО РАН (Новосибирск)

### КОММЕНТАРИЙ

## Размер имеет значение

Лозунг «хочешь похудеть — размножайся» вряд ли станет популярным в густонаселенных странах юго-восточной Азии. Но в России, где число жителей неуклонно падает, а доля женщин с избыточным весом возрастает, такой вывод ученых полностью отвечает самым заветным чаяниям как простых людей, так и государственных деятелей. Что случается не часто.

Относительное снижение массы тела, которое наблюдается у размножающихся самок мышей с генетически детерминированным ожирением, сочетающееся к тому же с уменьшением аппетита, — факт действительно интригующий, порождающий ряд вопросов. Прежде всего снижение веса после родов и грудного вскармливания приходит в противоречие с нашим бытовым опытом, обогащенным рядом примеров прямо противоположного характера. В чем же причина столь разительных видовых отличий?

Важным обстоятельством, определяющим особенности биоэнергетики у разных видов, являются размеры тела. У мелких млекопитающих (например, у 6-граммовой крошки *малой бурозубки, Crocidura suaveolens*) вес всех новорожденных может достигать 50% и более от собственного веса матерей. При увеличении размеров взрослых особей до 10 кг и выше относительная масса новорожденных чаще всего не превышает одну десятую материнской. Люди как биологический вид вполне вписываются в это правило: относительные размеры их новорожденных лежат в диапазоне, соответствующем размерному классу человека.

Чем больше относительные размеры потомства, тем, соответственно, выше энергетические затраты матерей. При этом нужно учесть, что поскольку мелкие животные имеют невыгодное в смысле теплопотерь соотношение поверхности и объема тела, интенсивность энергетического метаболизма на единицу массы тела по мере уменьшения размеров животных также возрастает. Поэтому энерготраты у мелких животных велики везде, куда ни посмотри. И хотя у них в этом же

направлении изменяется и способность к максимальной ассимиляции энергии пищи, однако они не успевают за ростом относительных размеров потомства.

В результате действия всех факторов у видов, чей вес меньше 1 кг, беременность и выкармливание зачастую протекает при отрицательном энергетическом балансе материнского организма. Узким местом, ограничивающим энергетическое обеспечение беременных самок, является желудочно-кишечный тракт (Wainer, 1987, 1992). Вот уж действительно «кишка тонка». У людей, как и у других млекопитающих с массой тела более 10 кг, таких проблем не возникает, поэтому беременность и может сопровождаться накоплением жира в материнском организме.

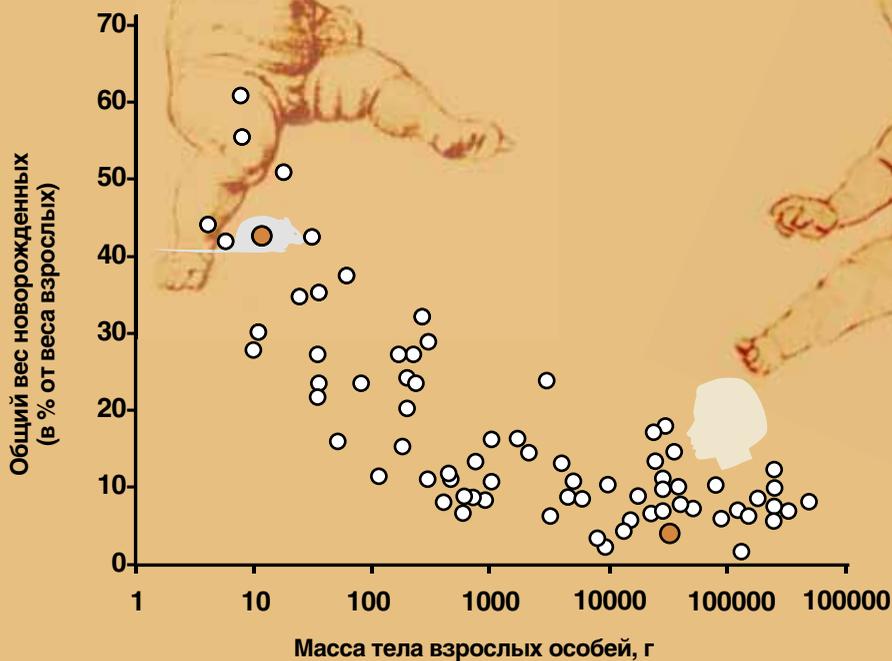
Итак, если снижение массы тела у беременных мышей вытекает из закономерностей энергетики, что же «заставляет» самок с генетичес-

ки детерминированным ожирением уменьшать потребление корма? Частично ответ на этот вопрос дан в статье Н. М. Бажан. Но это лишь физиологическое объяснение феномена. А можно ли найти какой-нибудь адаптивный смысл в подобном снижении аппетита?

Логический анализ значимости биологического явления (иными словами, подмена естественного отбора собственными размышлениями) — занятие спекулятивное, но небесполезное. Как в любой философии, здесь лучше всего опереться на авторитеты, например на Ричарда Докинза. После его книги «Эгоистичный ген» легко согласиться с тем, что беременная и кормящая самка в качестве «машины для выживания генов» имеет большую ценность, чем небеременная. С этих позиций самка, вынашивающая 10 потомков, становится в 6 раз более ценной, поскольку в каждом детеныше содержится половина материнского генома. Поэтому если накопленные еще до беременности запасы жира достаточны для

вынашивания и выкармливания потомства, то стоит ли рисковать, отправляясь на поиски корма? В реальной жизни мышей (и не только!) это занятие небезопасное: можно столкнуться с хищником, отравиться, получить пищевую инфекцию и т.д. В этом смысле даже патологическое ожирение матери можно рассматривать как крайнее выражение адаптации, направленной на безопасное обеспечение будущего потомства.

Следует отметить, что подобные адаптивные корни имеют многие неинфекционные болезни. Причем конкретные патогенетические механизмы «болезней адаптации» весьма разнообразны. В этой связи можно поздравить автора и ее коллег с тем, что им удалось выйти на перспективный путь изучения механизмов и разработки методов коррекции меланокортинового ожирения, которым страдает немало людей.



Общая масса новорожденных по отношению к массе тела матери у млекопитающих разного размера в диапазоне от «мыши до слона».

График построен с использованием данных Л. В. Полищука и В. Б. Цейтлина (2001)





## ЭКСКУРСИЯ ПО ГОСУДАРСТВУ

 ПРОДОЛЖЕНИЕ

# ИЯФ: там, где рождаются частицы

**В**опрос о пределах делимости материи восходит ещё к V в. до н.э. В древности наряду с дискретной картиной мира, известной как *атомизм*, распространена была и вера в бесконечную делимость материи. Даже сам основоположник атомизма Демокрит полагал, что *атомы* — неделимые, вечные и неизменные частицы — состоят из еще более мелких, практически не имеющих размеров частей. Впрочем, полемика об этих тёмных предметах носила в античное время исключительно умозрительный характер.

Результатом экспериментального изучения строения вещества в конце XIX в. стало открытие атомного ядра и элементарных частиц. Начало новому взгляду на частицы положил Поль Дирак, разработавший в конце 1920-х гг. теорию для описания движения электрона. Она обнаружила фундаментальную симметричность материи и антиматерии, предсказав существование «антиэлектрона», обладающего массой электрона, но

противоположным зарядом. И такая частица — *позитрон* — действительно была открыта через два года.

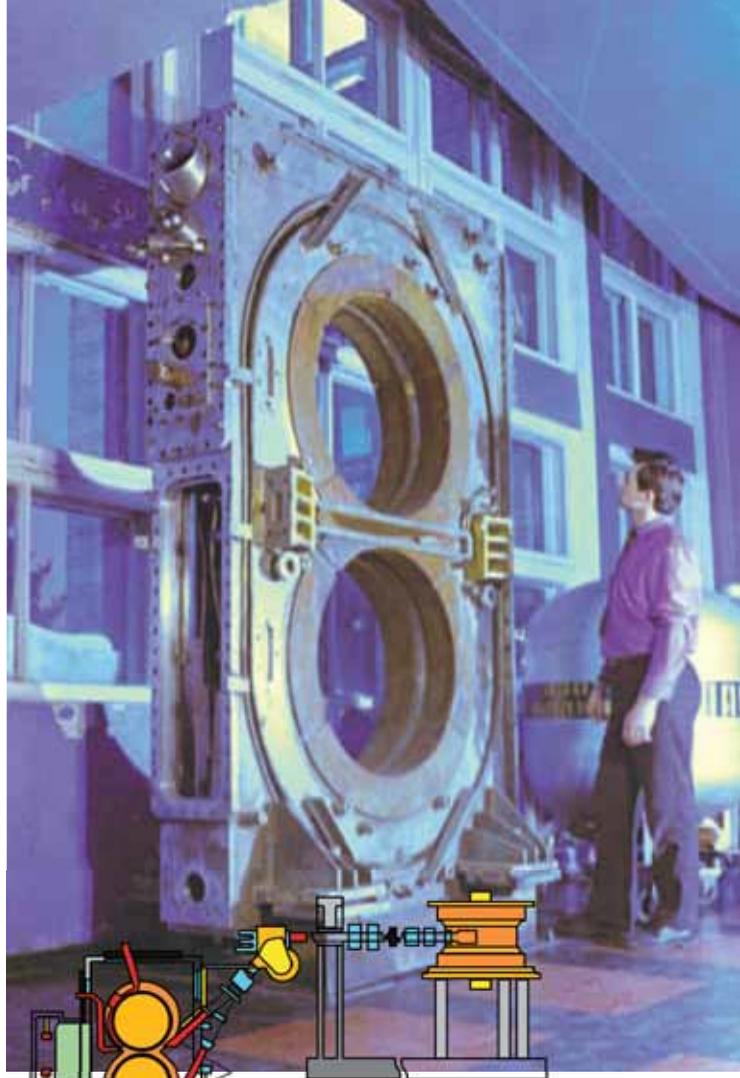
Когда стало ясно, что вся наблюдаемая материя состоит из атомов, а последние, в свою очередь — из нейтронов, протонов и электронов, физики были готовы поверить, что им наконец-то удалось отыскать последние «строительные кирпичики» мироздания, предельно малые, неделимые единицы материи.

Однако в начале тридцатых годов XX в. наступил принципиально новый этап в изучении субатомных явлений. Усовершенствование техники проведения эксперимента и разработка новых приборов детекции элементарных частиц помогли открыть новые их разновидности. Так, к 1935 г. было известно уже шесть элементарных частиц, к 1955 — восемнадцать, а к настоящему времени их известно уже более сотни. В такой ситуации применение к частицам эпитета «элементарный» является просто данью традиции.

В результате проблема делимости материи решается сегодня совершенно непредвиденным образом. Оказалось, что две частицы с высокой энергией при столкновении разбиваются на части, размеры которых, однако, оказываются не меньше размеров исходных частиц. Новые частицы возникают из кинетической энергии, задействованной в процессе столкновения. И единственный способ дальнейшего деления частиц заключается в их столкновении с использованием высокой энергии. Таким образом, мы можем снова и снова делить материю, но при этом не получать более мелких частей — новые частицы просто возникают из используемой нами энергии.

Итак, элементарные частицы одновременно делимы и неделимы. Это положение дел кажется парадоксальным до тех пор, пока мы придерживаемся идеи «строительных кирпичиков». Однако все встает на свои места, если начать воспринимать частицы как некие динамические «сущности» или, скорее, как процессы, задействующие некоторое количество энергии, заключенное в их массе. В процессе столкновения двух частиц их энергия перераспределяется и образует новый набор «сущностей». И, если кинетическая энергия столкновения была достаточно велика, новый набор может включать дополнительные частицы, которых не было в исходном.

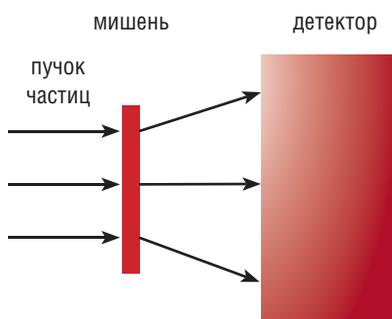
Высокоэнергетические столкновения элементарных частиц — основной метод, используемый в наше время для изучения их свойств, почему этот раздел физики носит также название *физики высоких энергий*. Высокий уровень кинетической энергии частиц достигается в огромных, окружённых в несколько миль, установках — *ускорителях* частиц, в которых они разгоняются до скорости, близкой к скорости света.



ВЭП-1 — первая экспериментальная установка ИЯФ СО РАН со встречными электронными пучками с энергией  $2 \times 160$  МэВ

Что делает ребёнок, если хочет узнать, из чего состоит игрушка? Сначала он пытается разобрать её руками. Если это не удаётся, в ход идут почти научные методы: объект исследования разгоняется посредством руки и бросается в стену. Результатом могут быть осколки, которые и исследуются с помощью глаз, рук и языка. Если осколков не образуется, то эксперимент повторяется с большей энергией разгона — и так до победного конца. Аналогично работают ускорители на выведенных пучках

Схема эксперимента в физике элементарных частиц



Следующим шагом научной мысли по пути получения «осколков» элементарных частиц стали **ускорители на встречных пучках**. Представьте себе уже двух детей с одинаковыми игрушками, которые кидают их навстречу друг другу. Осколков в случае удаchi будет явно больше, но точность при проведении опыта требуется не в пример выше. Один из первых подобных ускорителей был создан в 1964 г. под руководством Г. И. Будкера — первого директора института ядерной физики СО РАН

Если частицы считаются элементарными — как получаются при их столкновении какие-то осколки? В случае электрон-позитронных ускорителей сталкиваются не просто одинаковые частицы, но частица (электрон) и её античастица (позитрон). В результате аннигиляции могут родиться новые структуры, а вот они уже и дают осколки, которые можно изучить. Чем больше энергия сталкивающихся частиц, тем более тяжелые частицы могут родиться в эксперименте

Юрий Анатольевич РОГОВСКИЙ,  
аспирант, старший лаборант:

## Релятивистская машина

Установки со встречными пучками являются сегодня одним из основных источников информации в физике элементарных частиц и высоких энергий. При этом энергия частиц, взаимодействующих в таких ускорителях, непрерывно повышается: от 250 МэВ на первом электронном накопителе ВЭП-1 (ИЯФ СО РАН) до  $2 \times 7$  ТэВ на протон-протонном ускорителе LHC, строящемся сейчас в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН).

ИЯФ обладает богатым опытом по созданию электрон-позитронных накопителей с высокой светимостью. В 1972–2000 гг. здесь успешно эксплуатировался ускоритель ВЭПП-2М с возможной энергией рождения частиц от 0,36 до 1,4 ГэВ. На ВЭПП-2М впервые в мире наблюдался процесс радиационной самополяризации пучков и внедрен в практику метод прецизионного измерения энергии

**КОЛЛАЙДЕР** — от collide (столкновение), ускорители заряженных частиц на встречных пучках

**ВЭПП** — встречные электрон-позитронные пучки

**ЭЛЕКТРОН-ВОЛЬТ (эВ)** — единица измерения энергии, популярная в физике высоких энергий.

**1 эВ** — энергия, которую приобретает электрон, пройдя потенциал в 1 В; соответствует примерно 10000 °С;

**МэВ** (мега-электрон-вольт) — миллион эВ; **ГэВ** (гига-электрон-вольт) — миллиард эВ;

**ТэВ** (тера-электрон-вольт) — миллион миллионов эВ

**СВИТИМОСТЬ** — важный параметр ускорителя, характеризующий число столкновений частиц в месте столкновения пучков в поперечном сечении в единицу времени. Чем больше число столкновений, тем больше шансов, что в результате «родится» что-то интересное

**ОХЛАЖДЕНИЕ пучка** — уменьшение скоростей элементарных частиц в системе отсчета пучка. Иными словами — мало разогнать частицы, нужно, чтобы они летели плотной группкой и не разлетались



электронов, с успехом использующийся в мире для измерения масс элементарных частиц. За эти годы комплекс претерпел несколько последовательных модернизаций, сменилось и несколько поколений детекторов элементарных частиц.

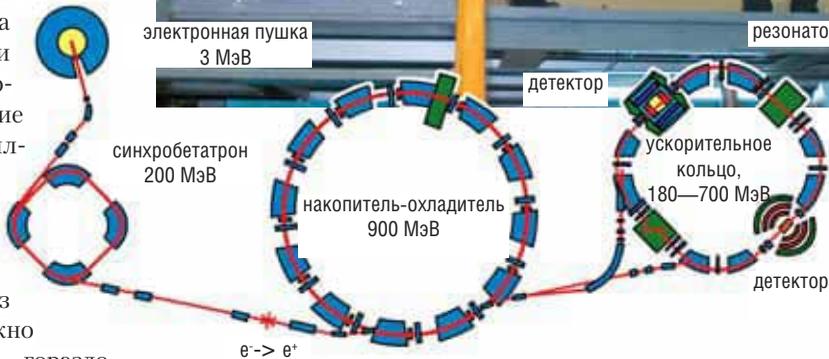
В 1999 г. в ИЯФе было принято решение о значительной модернизации комплекса ВЭПП-2М для повышения светимости и увеличения максимальной достижимой энергии до 2 ГэВ. Новый проект получил название ВЭПП-2000, где цифра 2000 означает не миллион, как думают многие, но как раз число «будущих» МэВ. Возникает резонный вопрос: зачем нужен ускоритель с такой относительно маленькой энергией, в то время как уже существуют почти в тысячу раз более мощные машины? Однако, когда нужно забить гвоздь, вы не берете для этого кувалду — гораздо удобнее воспользоваться небольшим молотком.

Любой современный ускоритель представляет собой сложную многокомпонентную систему, которую можно рассмотреть на примере состава комплекса ВЭПП-2000.

Во-первых, это *электронная пушка*, служащая источником электронов. Затем — *синхротатрон*, в котором энергия электронов увеличивается от 30 до 250 МэВ. В *накопителе-охладителе БЭП* происходит накопление полученных ранее частиц с дальнейшим увеличением их энергии вплоть до 900 МэВ. И, наконец, основное ускорительное кольцо ВЭПП-2000 с периметром 24 м, где, как и во всех циклических ускорителях, движение заряженных частиц происходит по замкнутым круговым траекториям.

Как известно, заряженная частица, находящаяся в магнитном поле, движется по круговой траектории, поэтому для создания основной замкнутой орбиты в ускорителе используются *дипольные магниты* с вертикальным магнитным полем. Размеры ускорителя обычно ограничены доступным пространством, почему приходится использовать достаточно сильные магниты. Так, для достижения проектной энергии пучка в 1 ГэВ величина магнитного поля должна составлять 24 кГс, что превосходит магнитное поле Земли более чем в тридцать тысяч раз!

Для управления пучком в прямолинейных промежутках используются магниты со специальной конфигурацией магнитного поля — так называемые *квадрупольные линзы*. Такое название эти магниты заслужили из-за своего воздействия на пучок. Как обыкновенная



Комплекс ВЭПП-2М.  
Работал в диапазоне энергий 0,4 — 1,4 ГэВ.  
Максимальная достигнутая светимость —  $5 \times 10^{30} \text{ см}^{-2} \times \text{сек}^{-1}$  на энергии 510 МэВ

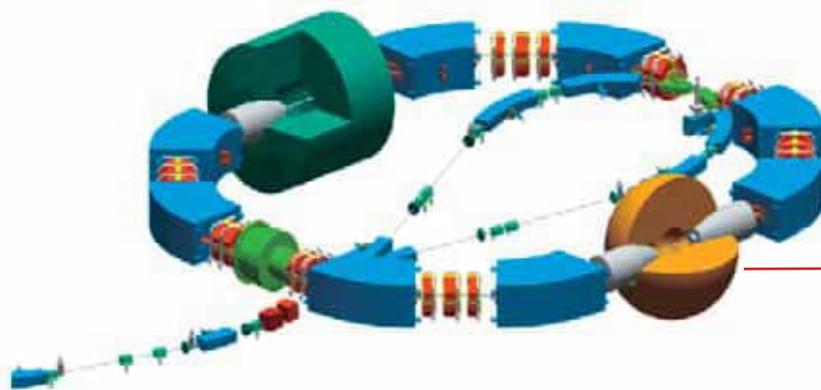


БЭП — накопитель электронов/позитронов на энергию до 900 МэВ



Музейный экспонат ИЯФ — поворотный магнит ускорителя ВЭПП-2М

Детектор элементарных частиц СНД в экспериментальной промежулке вновь создаваемого ускорительного кольца ВЭПП-2000



оптическая линза преломляет световой поток, так и эти магниты способны фокусировать или дефокусировать пролетающий сквозь них пучок частиц.

Неотъемлемой частью ускорителя является *резонатор*. Это устройство, в котором происходит ускорение пучка электрическим полем, поскольку известно, что заряженная частица движется с ускорением в продольном электрическом поле. Резонатор по своему виду напоминает замкнутый цилиндр, в котором формируется электрическое поле, имеющее максимальное значение во время и в месте пролета пучка. При прохождении резонатора на каждом обороте пучок ускоряется, получая энергию маленькими порциями, и за большое количество оборотов ускоряется до скорости, мало отличающейся от скорости света.

Столкновения электронного и позитронного пучков, в результате которых может родиться новая частица, происходят в двух диаметрально противоположных местах, окруженных современными *детекторами элементарных частиц*.

Особенностью ВЭПП-2000 является применение нетрадиционной оптики для достижения высокой проектной светимости  $10^{32} \text{ см}^{-2} \times \text{сек}^{-1}$ .

В оптической схеме ускорителя реализована концепция круглых пучков, предложенная в ИЯФ в 1989 г. Метод основан на устранении бетатронных резонансов связи поперечного движения, влияющих на динамику циркулирующих пучков, благодаря созданию дополнительного интеграла движения — продольной компоненты момента импульса. Практическая реализация этой схемы будет достигнута применением сверхпроводящих соленоидов для фокусировки пучков в месте встречи. ВЭПП-2000 будет первой в мире установкой с таким типом оптики



Сверхпроводящие соленоиды работают при очень низкой температуре, поэтому у каждого их блока есть буферный объем емкостью 200 л для хранения жидкого гелия (его температура — 4 °K или — 269 °C)



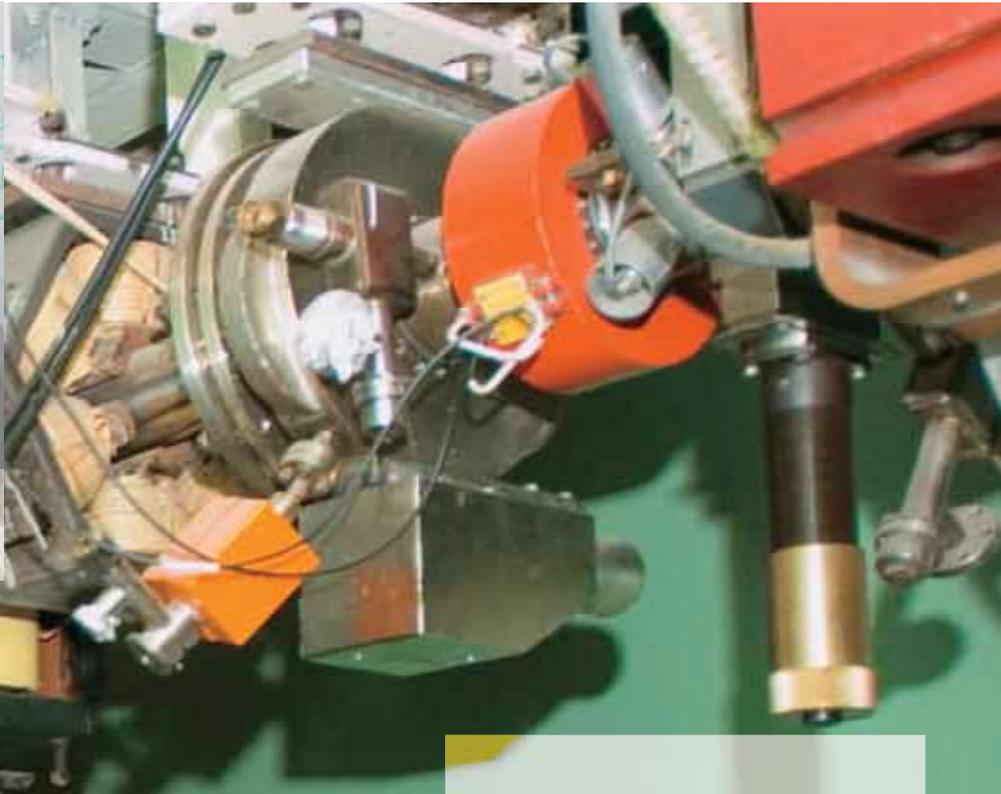


В так называемом ускорительном туннеле. Видны фокусирующие (красные) и дефокусирующие (синие) магниты вокруг вакуумной камеры, в которой движутся пучки элементарных частиц

Один из многочисленных геознаков — геодезических постов, необходимых для выравнивания элементов ускорителя с точностью до 100 мк



Евгений Михайлович БАЛДИН,  
научный сотрудник:



## Основной инструмент

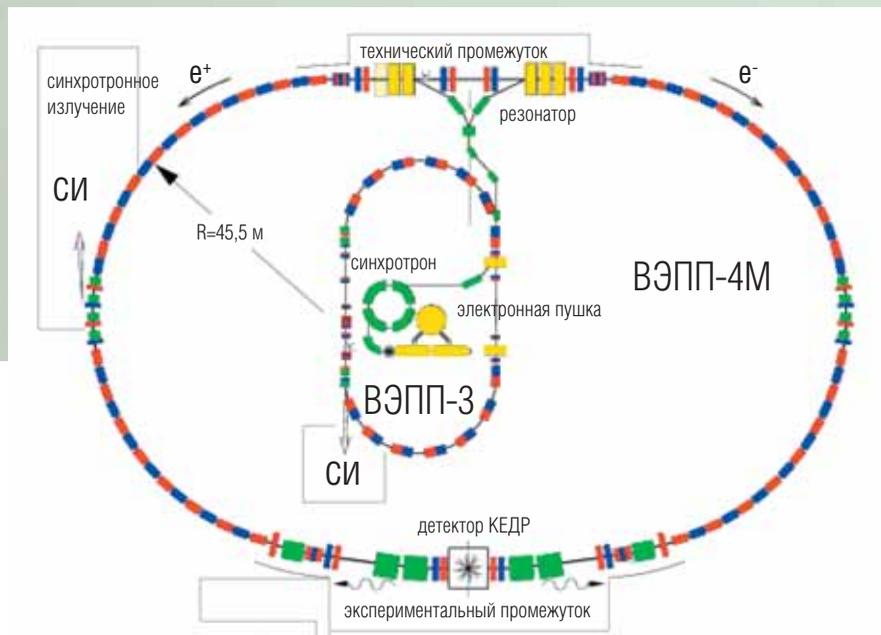
**В**ЭПП-4М — ускоритель на встречных электрон-позитронных пучках — представляет собой модернизированную установку, на которой ещё в 1980—1985 гг. в ИЯФе проводились исследования по физике высоких энергий. Сейчас это основной коллайдер института, на котором проводятся как эксперименты по физике высоких энергий и фотоядерные исследования, так и эксперименты с синхротронным излучением.

После 1985 г. в экспериментальном промежутке ускорителя был установлен новый детектор элементарных частиц КЕДР. Первоначально ускоритель предназначался для исследования физики  $Y$ -мезонов (*ипсилон-мезоны*) — сложных

систем, составленных из тяжёлого  $b$ -кварка и его антикварка, а также и двухфотонных процессов, где вместо электронов в ускорителе сталкиваются фотоны.

Однако в последние годы было решено сконцентрировать усилия

в области энергий 3,0—3,6 ТэВ. Во-первых, в связи с возросшим интересом научного сообщества к исследованиям физики  $\psi$ -мезонов (*пси-мезонов*) и  $\tau$ -лептона, а во-вторых, что немаловажно, — жесткой конкуренции в области более высоких энергий.





На экране монитора — фотонный «след» движущегося в ускорителе пучка частиц

Частица	$\Delta m/m$
нейтрон	$4 \times 10^{-8}$
протон	$4 \times 10^{-8}$
электрон	$4 \times 10^{-8}$
$\mu$	$9 \times 10^{-8}$
$\pi^{+/-}$	$2,5 \times 10^{-6}$
$J/\psi$	$4 \times 10^{-6}$
$\pi^0$	$4,5 \times 10^{-6}$
$\psi'$	$5 \times 10^{-6}$

Одной из отличительных особенностей ускорительного комплекса является *прецизионное измерение энергии* с помощью метода *резонансной деполаризации*, о котором будет рассказано ниже. Только благодаря этому способу удастся точно измерять массы и параметры *резонансов* — нестабильных частиц с массой, превышающей массу протона, которые рождаются только в экспериментах при наших энергиях.

$\Delta m/m$  — отношение точности измерения массы к массе, т. е. относительная точность. В экспериментальной физике ответом является не число, а число плюс/минус — «ошибка» измерения. В большинстве случаев трудозатраты по оценке точности измеряемой величины многократно превышают сложность получения самого числа. Это как в спорте, только там идет гонка за увеличением скорости/дальности, а здесь гонка за увеличением точности. Нейтрон, протон и электрон — это то, из чего состоит всё вещество на Земле. Мюоны ( $\mu$ ) и пионы ( $\pi$ ) можно без особых проблем обнаружить в космических

лучах. А вот мезоны  $J/\psi$  и  $\psi'$  в достаточных для изучения количествах рождаются только на эксперименте. Наиболее точные измерения масс  $J/\psi$ - и  $\psi'$ - мезонов были проведены в новосибирском Институте ядерной физики СО РАН. Точные измерения масс этих частиц позволяют создать надежную энергетическую шкалу в этой области энергий, что способствует дальнейшему увеличению точности измерения параметров элементарных частиц. Теория в этой части физики пока далека от завершения. Элементарные частицы являются самыми простыми объектами, изучаемыми физикой, но до сих пор многие вещи предсказать не получается; например, до сих пор непонятно, почему массы частиц именно такие. А правильность той или иной теории можно проверить только экспериментом



Иван Борисович НИКОЛАЕВ,  
младший научный сотрудник:

## Запредельная точность

Эксперименты по сверхточному определению масс элементарных частиц требуют и суперточной системы измерения энергии пучков электронов и позитронов, сталкивающихся в коллайдере. Один из таких методов — *метод резонансной деполяризации* — был предложен в нашем институте ещё в 1975 г. С его помощью были измерены массы элементарных частиц из класса мезонов, сейчас же идет работа над измерением массы  $\tau$ -лептона.

Суть метода резонансной деполяризации заключается в следующем. Заряженные частицы (в нашем случае — электроны) в ускорителе движутся по круговой орбите со скоростью всего лишь на сорок миллиардных меньше скорости света, составляющей, как известно, около 300 000 км/час. При таком движении они излучают *фотоны* — кванты света. Это излучение называется *синхротронным*. Кроме того, в ускорителе электроны образуют своеобразные сгустки, в каждом из которых содержится примерно десять миллиардов частиц.

Каждый электрон представляет собой маленький вращающийся

волчок. Это вращение невозможно ни ускорить, ни замедлить, поэтому у него есть даже специальное название — *спин*. В ускорителе само направление вращения *прецессирует* (вращается) вокруг направления магнитного поля ускорителя, причем скорость этого вращения зависит от энергии электрона. Поэтому, измеряя скорость прецессии спина, можно измерить энергию самих элементарных частиц.

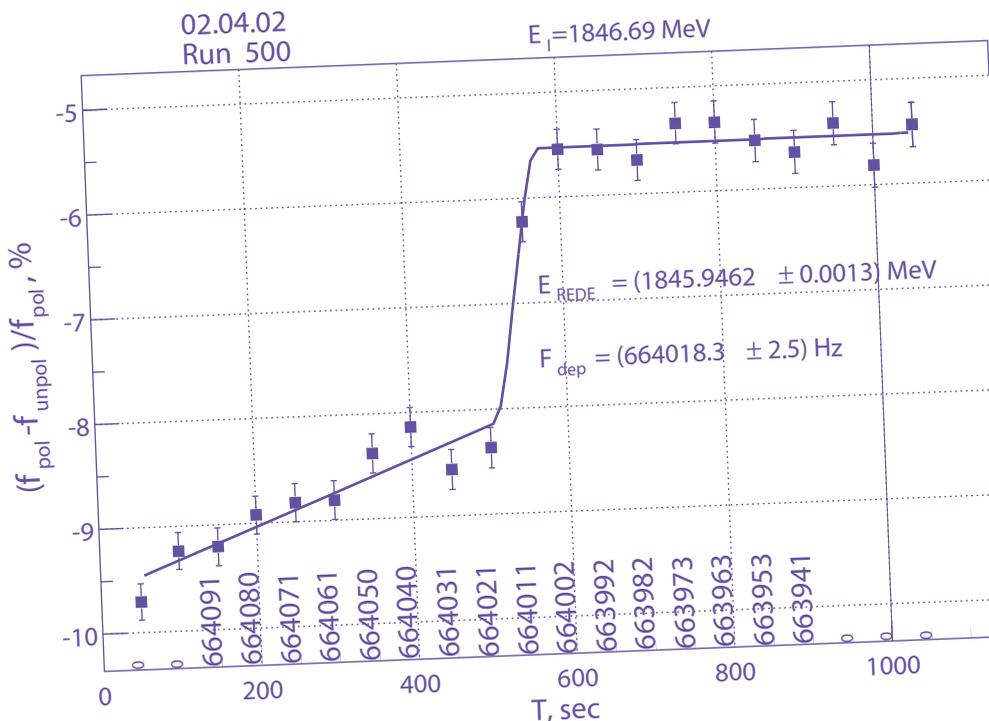
Спины всех электронов в пучке «смотрят» в разные стороны, и «увидеть» вращение отдельного электрона невозможно. И вот здесь на помощь приходит синхротронное излучение. Благодаря его действию спины электронов постепенно

выстраиваются примерно в одном направлении — против направления магнитного поля: происходит, как говорят, поляризация сгустка. В ИЯФе электроны сначала поляризуются примерно в течение часа на ускорителе ВЭПП-3, а затем уже поляризованными перепускаются в ВЭПП-4М.

Когда спины всех десяти миллиардов электронов начинают смотреть в одну сторону, поляризацию и скорость прецессии спина можно уже измерять. На сгусток воздействуют переменным электрическим или магнитным полем, создаваемым специальным устройством — *деполяризатором*. Когда частота этого поля достигает определенного зна-

В наших измерениях мы используем два сгустка электронов, один из которых поляризован, и сравниваем интенсивности рассеяния электронов внутри сгустков. Резкий скачок относительной разности количества рассеявшихся электронов в поляризованном сгустке по сравнению с неполяризованным соответствует моменту деполяризации сгустка. Подписи под точками показывают энергию электронов в пучке, соответствующую данной частоте деполяризатора.

Точность измерения энергии составляет 1—2 кэВ — всего одну миллионную от энергии самого пучка



чения, происходит деполяризация сгустка — спины всех электронов снова направлены в разные стороны.

Поляризацию электронов можно отследить по процессу рассеяния электронов друг на друге внутри сгустка, поскольку часть электронов выбивается из него и, сделав один-два оборота по кольцу ускорителя,

«падает» на стенки. Регистрируя с помощью счетчиков такие электроны, можно по незначительному (всего 1–2 %) изменению их количества определить момент разрушения поляризации, а значит, и частоту прецессии спина. А посчитать после этого энергию самих элементарных частиц в пучках — уже дело техники.

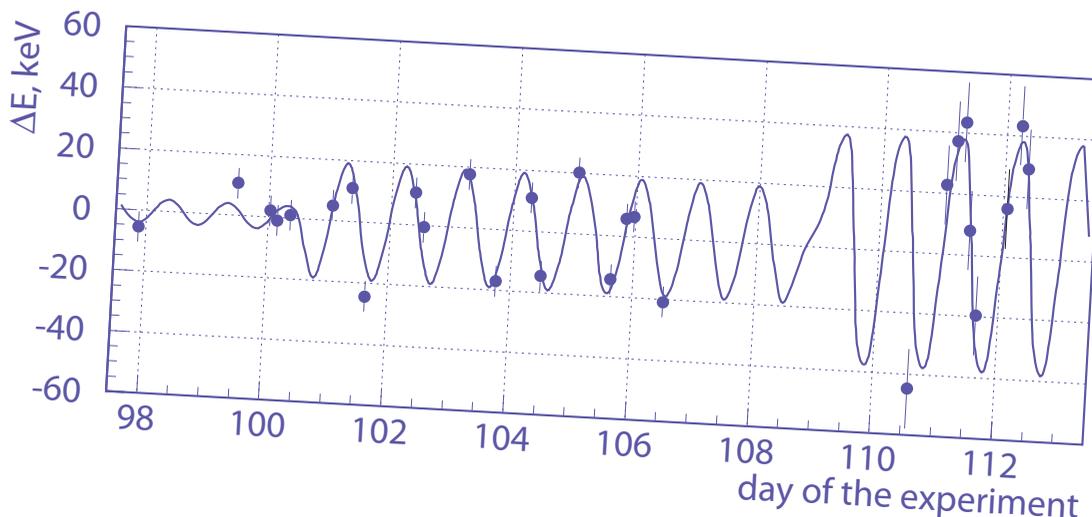
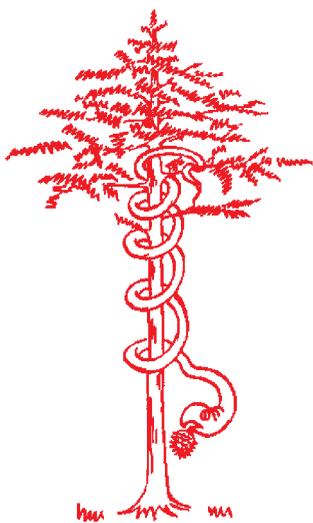


График колебаний энергии, достигнутой в ускорителе. По оси ординат указано расхождение между энергией измеренной и предсказанной, по оси абсцисс — время в сутках. Хорошо видна выраженная суточная динамика. Заметный рост амплитуды колебаний связан с весенним сезоном: сначала оттаяла одна половина ускорителя, затем — другая. Сибирь — не Швейцария!

Е. М. Балдин:

## Просто — КЕДР



**КЕДР**

Почему детектор называется именно так, история ИЯФа умалчивает. «КЕДР» — просто имя, как у человека.

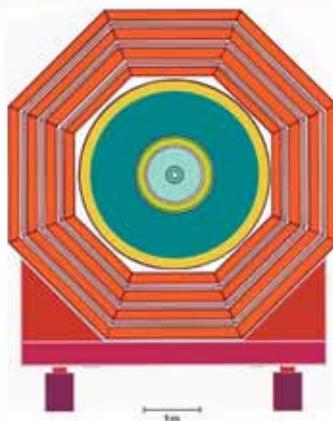
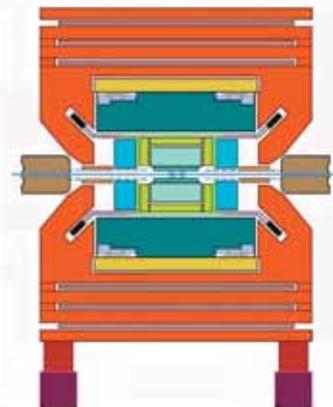
КЕДР — классический детектор элементарных частиц. Хотя в учебник включай: в той или иной степени в нем присутствуют все части или системы, из которых и состоят современные детекторы.

Детектор подобен матрешке: каждая из систем заключает внутри себя предыдущую. В самом центре находится «место встречи»: место, где сталкиваются электронный и позитронный пучки, где может родиться новая частица. Родившись, она через некоторое время распадается. Судить о том, что произошло, мы можем только по относительно стабильным осколкам, которые долетают до систем детектора. Поэтому, чтобы сложить эту своеобразную «мозаику», все осколки надо зарегистрировать, измерить их параметры и идентифицировать.

Чтобы узнать об «осколке» все, достаточно измерить его импульс и энергию, но сделать это нужно с высокой точностью. Так как точность измерения всегда имеет свои пределы, то, чтобы облегчить жизнь при анализе наблюде-



- Вершинный детектор
- Дрейфовая камера
- Аэрогелевые счетчики
- Сцинтилляционные счетчики
- LKг калориметр
- CsI калориметр
- Мюонная система
- Сверхпроводящая катушка
- Ярмо магнита

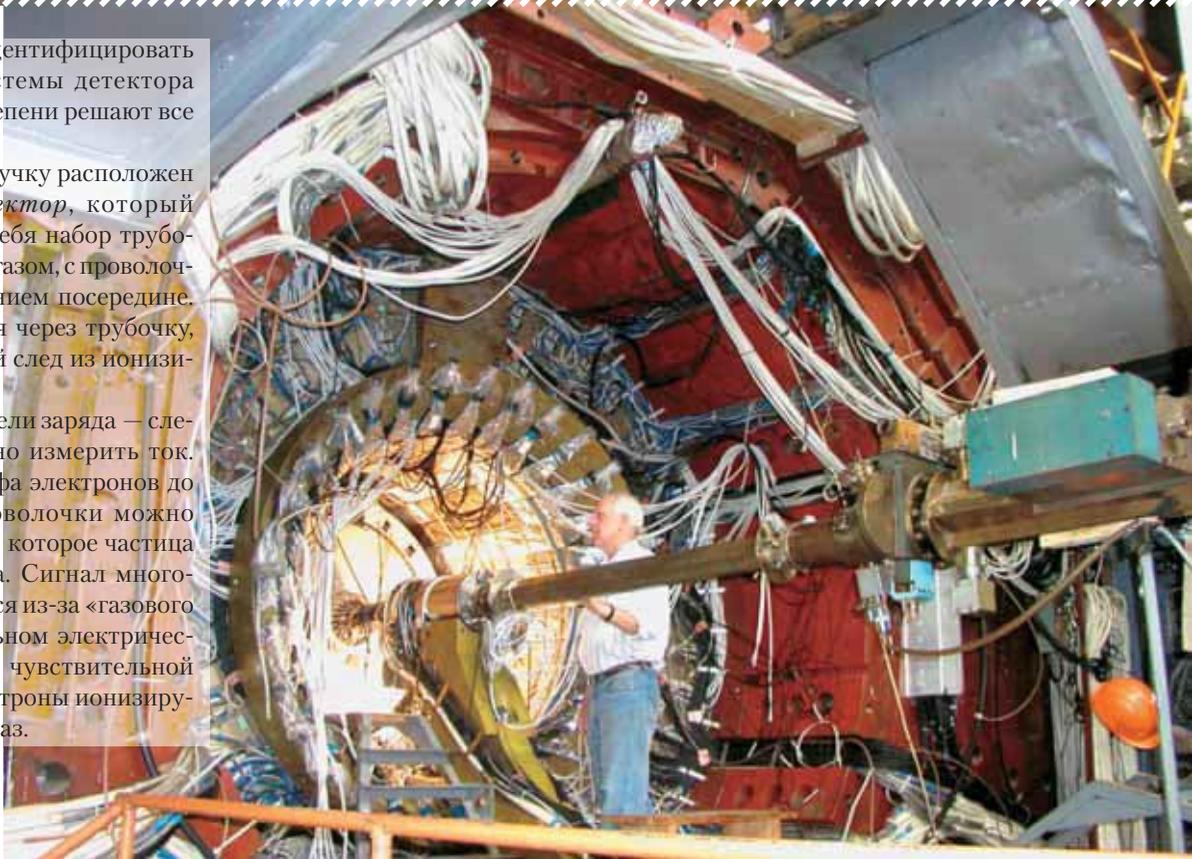


Детектор в рабочем (закрытом) состоянии во время сборки/разборки

ний, требуется идентифицировать осколок. Все системы детектора в той или иной степени решают все эти задачи.

Ближе всего к пучку расположен *вершинный детектор*, который представляет из себя набор трубочек, заполненных газом, с проволочкой под напряжением посередине. Частица, пролетая через трубочку, оставляет за собой след из ионизированного газа.

Если есть носители заряда — следовательно, можно измерить ток. По времени дрейфа электронов до центральной проволочки можно найти расстояние, которое частица прошла от центра. Сигнал многократно усиливается из-за «газового усиления»: в сильном электрическом поле рядом с чувствительной проволочкой электроны ионизируют окружающий газ.



Виктор Сергеевич БОБРОВНИКОВ, младший научный сотрудник:

## Легкий, как перышко

АЭРОГЕЛЬ — песок, правда, весьма необычный. Своим внутренним строением он напоминает обычную губку и является довольно хрупким материалом. Шарики кварца нанометровой величины, из которых состоит песок, в аэрогеле соединяются в цепочки. Они в свою очередь образуют сложные трехмерные конструкции, пространство между которыми заполнено воздухом.

Из-за своей пористой структуры аэрогель хрупок, зато обладает отличными теплоизоляционными свойствами. Даже если вы будете нагревать одну сторону блока аэрогеля газовой горелкой, а рукой прикоснетесь к противоположной стороне — вы ничего не почувствуете. Однако использовать его в быту нерационально из-за высокой стоимости. В коробках из под обуви можно найти лишь «младшего брата» аэрогеля — *силикогель*, вещество со сравнимой пористой структурой, которое способно активно поглощать влагу и применяется там, где нужно «высушить» воздух.

Поскольку цепочки кварца в аэрогеле можно располагать различным способом, плотность его может меняться в широких пределах. Показатель преломления аэрогеля, напрямую зависящий от его плотности, для производимого в Новосибирске вещества варьирует в пределах от 1,01 до 1,13. Поэтому в обычных условиях аэрогель занимает место между газами и твердыми телами, являясь в своем роде уникальным материалом.

Зачем нужен аэрогель в Институте ядерной физики? В детекторе КЕДР в так называемых *черенковских счетчиках* для идентификации частиц в нужном диапазоне импульсов требуется материал с показателем преломления 1,05. И использовать для этих целей аэрогель, по сути, — единственно возможное решение. В результате выполнения проекта по созданию аэрогелевых черенковских счетчиков Институтом катализа им. Г. К. Борескова совместно с ИЯФом был создан аэрогель с высокой оптической прозрачностью, не уступающий зарубежным аналогам, а зачастую и превосходящий их.

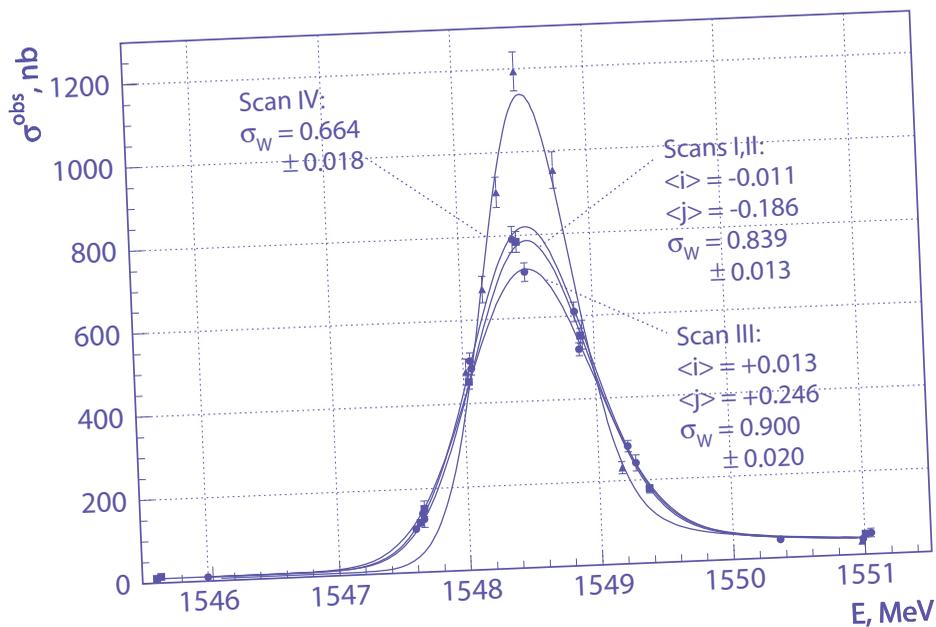
Дрейфовая камера работает примерно на том же принципе, что и вершинный детектор, только все проволочки-электроды расположены в одном большом объеме. Часть проволочек создают поле, в котором «дрейфуют» электронные «следы» от пролетевших частиц, а часть проволочек используется для измерения токового сигнала. (Оцените общее число проволочек из следующего факта: чтобы избежать провисания, их натягивали каждую с силой около 100 г, а в результате общее давление на торцы оказалось равным 2,5 т!) Так как дрейфовая камера находится в сильном магнитном поле, то по радиусу кривизны траектории частицы можно определить импульс.

Общеизвестно, что быстрее света ничто перемещаться не может. Есть только одно *no*: скорость света в веществе меньше скорости света в вакууме. Поэтому высокоэнергетичная элементарная частица, пролетая через объем, заполненный веществом, может превысить скорость света. В этом случае возникают своеобразные «ударные световые волны», которые можно зарегистрировать с помощью аэрогелевых *черенковских счетчиков*. Эта система позволяет отделить тяжелые частицы, скорость которых не превышает скорость света в веществе счетчика аэрогеле, от легких, имеющих при том же импульсе большую скорость.

*Время-пролетная система* представляет собой пластины из прозрачной сцинтиллирующей пластмассы, которые просматриваются с помощью фотоумножителей. Пролетая, частица оставляет часть



Старший научный сотрудник  
к. ф.-м. н. Е. А. Кравченко  
тщательно очищает  
поверхность блока аэрогеля  
перед оптическими измерениями



Прецизионное измерение массы  $J/\psi$ -мезона. Показаны четыре сканирования в области энергии  $J/\psi$  мезона с разными параметрами пучка

Сигнал мало получить — его надо оцифровать! Здесь, в машзале детектора, аналоговый сигнал превращается в «цифру»



своей энергии в пластмассе. Часть потерянной энергии в сцинтиляторе преобразуется в видимый свет, который можно зарегистрировать. Кроме определения времени пролета частиц от места встречи до счетчика, эта система используется также для запуска процесса «считывания» состояния детектора, так как она из всех самая быстрая.

Для измерения энергии частиц служат *калориметры*. Кроме измерения энергии эти системы используются и для выяснения координат фотонов, не оставляющих «следов» в вершинном детекторе и дрейфовой камере. В детекторе КЕДР используются два типа калориметров: *торцевой калориметр* на основе неорганических кристаллов CsI и *баррельный калориметр* на жидком криптоне (LKr-калориметр).

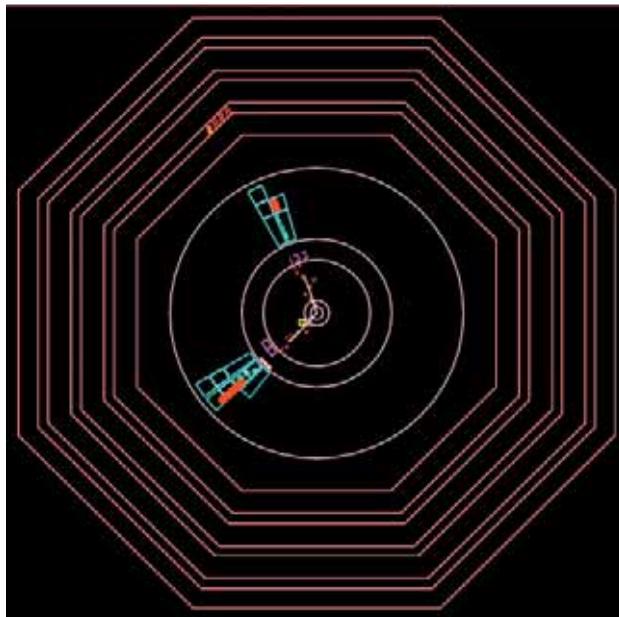
Попадая в вещество, частица может терять энергию. Часть потерянной энергии в торцевом калориметре преобразуется в видимый свет, собираемый с помощью фотоумножителей. В LKr-калориметре потерянная энергия частично идет на ионизацию атомов криптона. Получившиеся в результате электроны и ионы можно собрать простым способом — подав потенциал на элек-

троды. Полученный в результате электронный сигнал дает хорошую оценку для энергии.

LKr-калориметр находится внутри *сверхпроводящего соленоида* — большой катушки (диаметр три с половиной метра, длина четыре метра), создающей магнитное поле в детекторе. Для того, чтобы магнитное поле не выходило за пределы детектора, сверху все «одевается» в железное ярмо магнита.

А в самом железе скрывается еще одна система детектора — *мюонная*. Некоторые короткоживущие частицы разваливаются, не долетев до детекторного объема, часть их полностью теряет свою энергию в калориметрах (электроны и фотоны заведомо), часть вообще не детектируется (нейтрино). А вот мюоны хотя и оставляют «след» в детекторе, но норовят улететь за его пределы и унести часть энергии с собой. Поэтому если мюонная система что-то зарегистрировала, то это скорее всего был мюон или космическая (т. е. прилетевшая извне) частица.

Кстати сказать, фон от космических частиц — проблема при проведении эксперимента, так как он может имитировать «полезный» сигнал. Но в то же время космические частицы позволяют проверить работоспособность всех систем детектора, не включая ускоритель. Даже в «помехе» можно найти что-то полезное.



Реальное экспериментальное событие, «пойманное» детектором. Результат столкновения двух пучков электронов:  $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ . Далее один  $\tau$ -лептон распадается на электрон и два нейтрино, а второй — на мюон и два нейтрино

Внутренние внешние хранилища LKr-калориметра: в экспериментах на КЕДРе используется огромное количество жидкого криптона — 27 тонн!

Хотя детектор КЕДР был создан довольно давно, он до сих пор является вполне современной установкой, так как при создании в него были заложены самые передовые на то время идеи и технологии. Можно сказать, что детектор был по-настоящему экспериментальным: на нем обкатывались технологии, которые теперь используются во многих современных детекторах. Например, опыт, полученный при создании LKr калориметра, очень помог при создании калориметра на жидком аргоне для крупнейшего детектора ATLAS (ЦЕРН); отработано уникальное производство аэрогеля для черенковских счетчиков; наработки в электронике привели к созданию малодозной рентгеновской установки.

Ближих по параметрам к КЕДРу аналогов в России нет и в обозримом будущем не предвидится. Даже в смысле отработанных методик и проверенных идей КЕДР уже внес лепту в мировую физику, но этого для нас мало — надо ориентироваться на физику в целом. *Эксперимент должен продолжаться...*



## Будущее строится сегодня

Основная задача строящегося в ИЯФе инжекционного комплекса ВЭПП-5 — производство интенсивных позитронных и электронных пучков для обеспечения эффективной работы установок на встречных электрон-позитронных пучках (ВЭПП-4М и ВЭПП-2000).

Современные источники позитронов, используемые в ускорительной технике, работают по принципу, впервые реализованному в 50-х гг. прошлого века в Стэнфорде. Интенсивный электронный пучок линейного ускорителя, сфокусированный на мишени из материала с высоким атомным номером, генерирует электромагнитный ливень. Рожденные в ливне позитроны выходят из мишени с большим угловым и энергетическим разбросом, поэтому лишь небольшая их часть с помощью импульсного магнита согласующего устройства попадает во второй линейный ускоритель. Начало этого ускорителя помещено в сильное магнитное поле, благодаря которому позитроны удерживаются на оси ускоряющей ВЧ-структуры до тех пор, пока они не приобретут достаточно большой продольный импульс и, следовательно, малый разброс по углам и энергиям. В остальной части ускорителя используется сильная фокусировка квадрупольными линзами, надетыми на ускоряющие структуры.

На каждые 30 электронов, попадающих в конверсионную мишень, удастся получить в среднем лишь один ускоренный до нужной энергии позитрон. В экспериментах на встречных пучках в коллайдерах необходимо иметь как можно большее количество частиц в каждом из сталкивающихся сгустков, поэтому инжекционный комплекс разработан для производства электронов и позитронов в накопительном режиме.

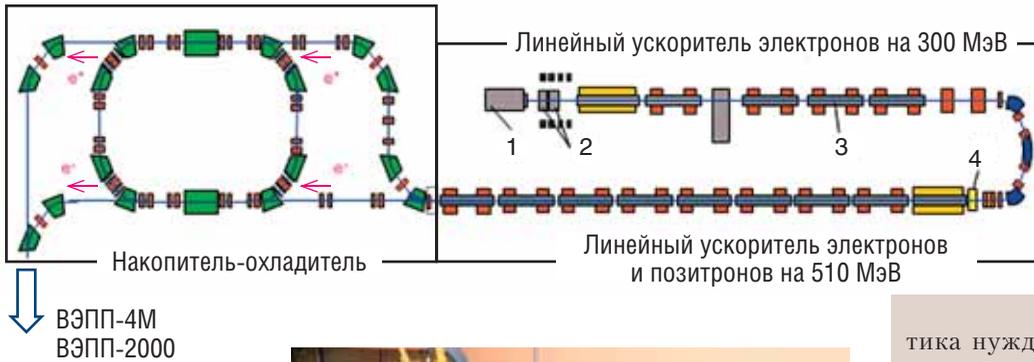
Татьяна Викторовна РЫБИЦКАЯ, аспирант, старший лаборант



Узел конверсионной системы — источника позитронов

На сегодня комплекс ВЭПП-5 состоит из двух *линейных ускорителей* и *накопителя-охладителя*.

Электроны из первого ускорителя после поворота в магнитном поле на  $180^\circ$  попадают на *конверсионную мишень* и производят позитроны, часть из которых затем ускоряется до 510 МэВ во втором ускорителе. Перед позитронной мишенью установлены два импульсных магнита, отклоняющие электроны в противоположных направлениях на небольшой угол. Это позволяет осуществить параллельный перенос электронного пучка и направлять отдельные электронные сгустки мимо мишени во второй ускоритель, настроенный в этом случае для ускорения электронного сгустка с 300 МэВ до 510 МэВ. Затем каждый из ускоренных электронных или позитронных сгустков запускается в циклический накопитель-охладитель



- 1 — электронная пушка
- 2 — система группировки пучка
- 3 — ускоряющая секция
- 4 — конверсионная мишень



Ю. А. Роговский:  
В состав оборудования современных ускорителей входят системы наблюдения и измерения параметров пучка, т. к. их электронная оптика нуждается в постоянной точной настройке. Подобное оборудование используется уже на этапе отладки накопителя для изучения характеристик магнитной системы. Затем его используют для изучения размеров сгустка, причин потери накопленных электронов и т. п. Наконец, уже в двухпучковом режиме исследуется влияние эффектов электромагнитного взаимодействия пучков (эффекты встречи) на их оптические функции и поперечный размер.

Для измерения параметров пучка используются методы, не приводящие к возмущению, и, тем более, к потере частиц в пучке, поскольку большое время жизни (в течение десятков или тысяч оборотов сгустка частиц на орбите) является одним из главных условий проведения экспериментов со встречными пучками.

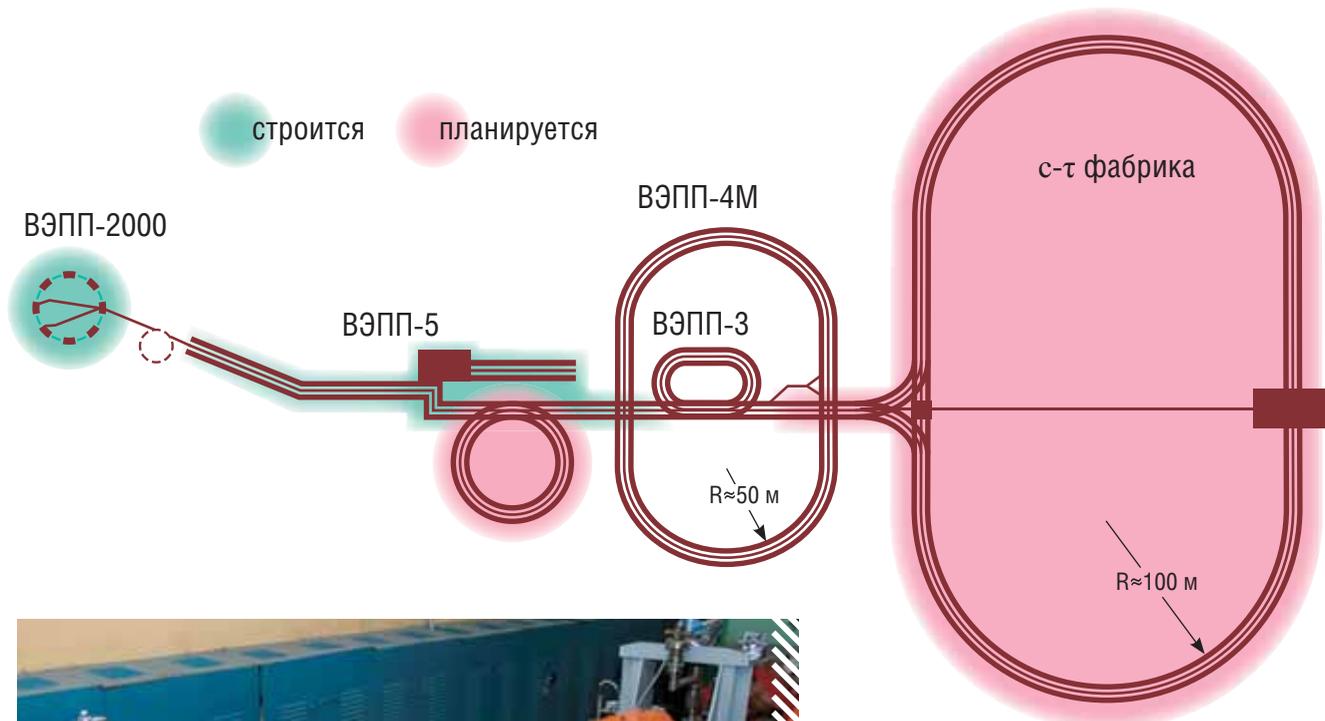
В этом смысле ценную информацию о пучке может дать так называемое синхротронное излучение (СИ), которое испускается заряженной частицей при движении по криволинейной траектории в вакуумной камере. Для СИ свойственна не только высокая интенсивность, но и монохроматичность и малая угловая расходимость, что позволяет широко использовать его для оптической диагностики. Но здесь мы вторгаемся уже в физику синхротронного излучения — другого научного направления и теме будущих публикаций

Циклический накопитель-охладитель — устройство, где сгусток циркулирует по замкнутой траектории и где через определенное количество оборотов к нему добавляется очередная порция электронов или позитронов из линейного ускорителя.

Кроме накопления частиц здесь осуществляется так называемое *охлаждение* пучка. При движении релятивистских заряженных частиц в магнитном поле по искривленным траекториям появляется синхротронное излучение и, соответственно, — сила, направленная против полной скорости частицы.

Средние потери продольного импульса частиц компенсируются в установке за счет ВЧ-резонатора, а радиационное трение приводит к постепенному затуханию поперечных компонент импульса.

Хаотическая скорость частиц уменьшается — пучок охлаждается



## Большому кораблю — большое плаванье!

**В**от и закончилась наша очередная экскурсия по новосибирскому Институту ядерной физики СО РАН — флагману в физике высоких энергий и ускорителях. Несмотря на не самые лучшие для науки времена, то, что есть — работает, что возможно — делается. И, конечно, есть то, о чем мечтается.

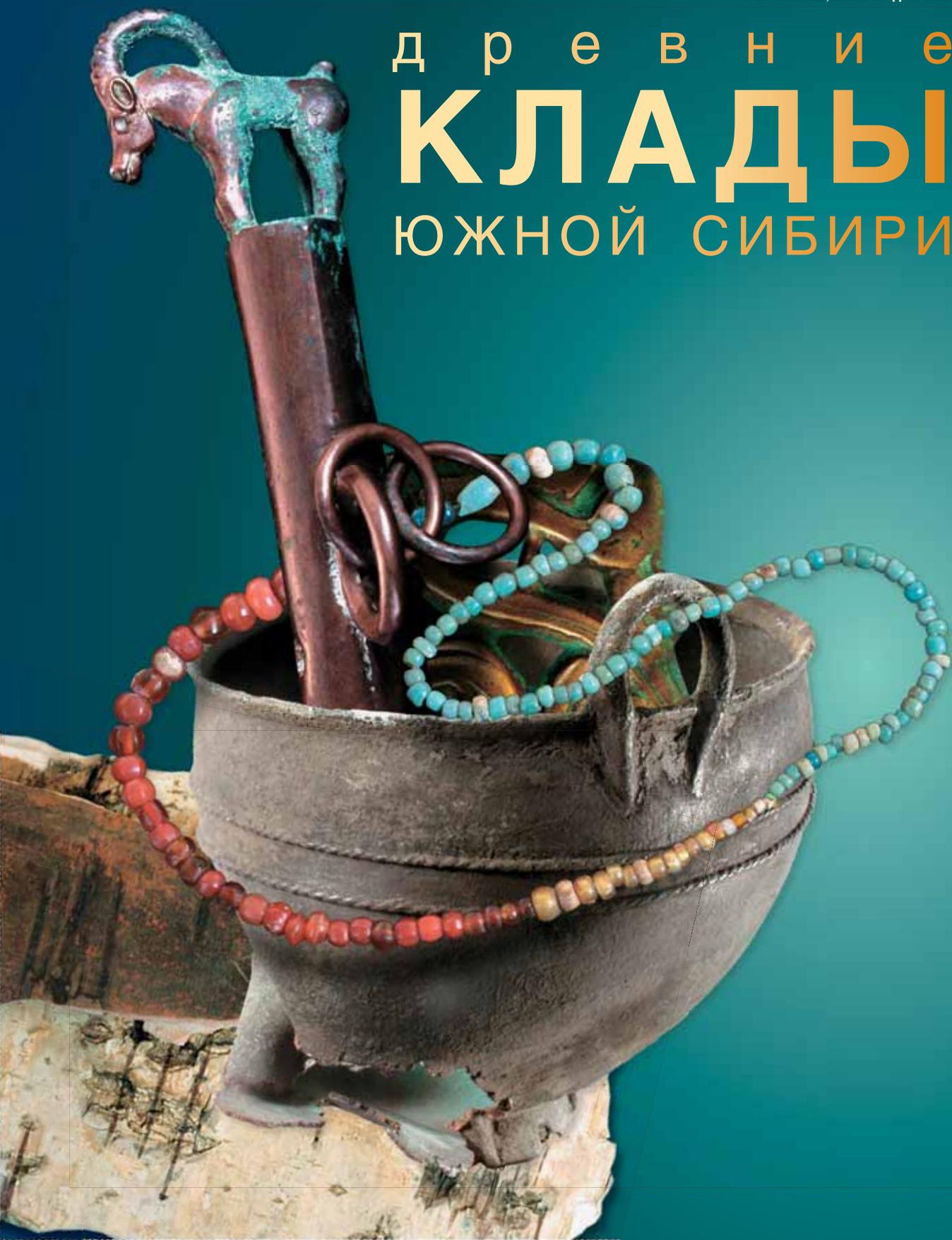
Ускорительщики ИЯФа могут сделать многое — об этом беспристрастно свидетельствуют эффективно работающие современные зарубежные установки, коллайдеры и детекторы, в которые вложено немало идей и труда *наших* ученых. Пусть пока у них маловато ресурсов для себя — мечтать это не мешает. На схеме настоящих и будущих ускорительных установок ИЯФа изображен прототип новой машины, делать пучки для которой должен строящийся сегодня ВЭПП-5. Хочется, чтобы эти планы стали реальностью в обозримом будущем. Все-таки наши люди неисправимые оптимисты — они верят, что мечты сбываются. И реалисты — потому что знают, что в их осуществление им придется вкладывать не только свои ум и силы, но и душу. К этому они готовы...

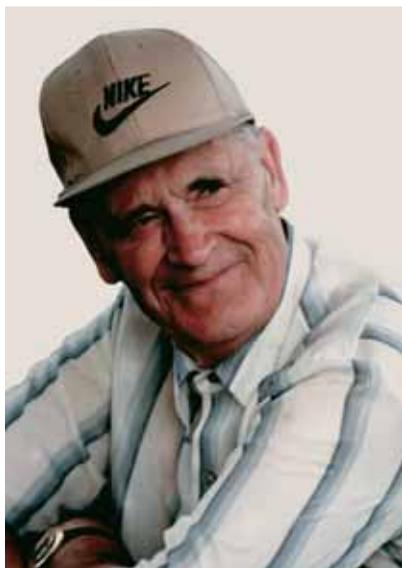


ОТКРЫТИЕ СИБИРИ

В. Е. ЛАРИЧЕВ, А. П. БОРДОВСКИЙ

древние  
**КЛАДЫ**  
ЮЖНОЙ СИБИРИ





ЛАРИЧЕВ Виталий Епифанович — доктор исторических наук, главный научный сотрудник сектора археологической теории и информатики Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Археолог, историк-востоковед, исследователь интеллектуального и духовного мира древнего человека каменного века и эпохи металла



БОРОДОВСКИЙ Андрей Павлович — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). С 1989 г. — начальник Центрально-алтайского археологического отряда, проводил исследования в Северной Кулунде, Верхнем Приобье, на Среднем Енисее, Катунь

*«Наверное, это какая-то деталь, оставленная в поле после ремонта, а затем запаханная» — подумал Семен Алексеевич, когда лемех плуга, тянувшийся за идущим впереди «Кировцем», вывернул из земли нечто громоздкое. И вдруг в глаза бросились клочья ослепительно белой бересты, веером рассыпавшейся на вывернутых черных земляных пластах. «Откуда она тут, в открытой степи?» — Семен Алексеевич сошел с трактора и, ухватившись за массивные торчавшие дужки, вытянул огромный котел, изготовленный из красной бронзы...*

**К**лад — это манящее и тревожащее воображение слово — вызывает у обычных людей массу стандартных, хотя и романтических ассоциаций: пираты, капитан Кидд, «сундук мертвеца», набитый золотом... Археологи и историки более сухи и точны в своих определениях: *клад* — комплекс предметов, намеренно сокрытый в землю после определенного процесса его собирания.

Древние клады относятся к одним из наиболее интересных и информативных археологических и исторических источников в мировой и отечественной археологии. На обширных территориях от Среднего Енисея до Верхней Оби обнаружены десятки кладов, среди них Июсский, Косогольский, Знаменский, Ново-Обинцевский, клад у Черной речки в окрестностях г. Томска. Наиболее древние из кладов, обнаруженных в Южной Сибири, относятся к эпохе мезолита, однако большая часть их приходится на эпоху металлов, особенно на период раннего железного века.

## Сокровище «Сундука»

Открытия обычно делает тот, кто способен увидеть необычное в привычном и повседневном. Июсский клад был обнаружен в 1970-х гг. С. А. Фефеловым, рабочим Июсского совхоза в Хакасии, при обработке поля около небольшого озера Сарат. Когда Семена Алексеевича через несколько дней после этого особого в его жизни события спросили, что подтолкнуло его подойти к тому месту, где залегал «клад», то последовал неожиданный ответ: «Береста». Было, однако, чему удивиться.

Поле это, расположенное в 30 км от поселка Июс, распахивалось в течение уже многих лет. И когда лемех плуга, который тянул за собой идущий впереди «Кировец» сына Фефелова, Владимира, вывернул нечто громоздкое и металлическое, то Семен Алексеевич вначале не обратил на это внимания. Но потом бросились в глаза клочья ослепительно белой бересты на черной земле. «Кировец» старшего Фефелова остановился рядом со

странной находкой, и Семен Алексеевич вытянул из земли бронзовый котел. В нем оказались более сотни разнообразных предметов (в том числе более десяти крупных бронзовых пластин с причудливым узором), часть кожаной сумки и что-то похожее на остатки берестяного туюска, кусочки которого и рассыпал по кромке вспаханного поля плуг сына...

Найденный клад, состоящий из многочисленных бронзовых предметов искусства так называемой *тагарской эпохи* (VIII—III вв. до н.э.), для археологов — находка неслучайная. Вся округа горы Сарат, оконтуренная правым берегом очень крутой излучины реки Белый Июс, насыщена большим количеством разнообразных памятников (могильниками, наскальными изображениями, «поминальниками» и т.п.).

На восточной окраине горы Сарат размещается одно из самых известных скальных астросвятылец,

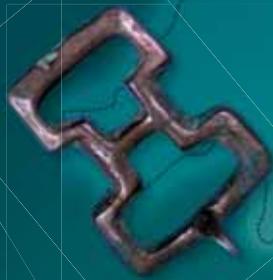
названное местным населением «Саратский Сундук». Сама гора Сарат входит в границы своеобразного природного региона «Сундуки», расположенного в пограничье горно-таежной зоны Кузнецкого Алатау и степей, а также топких болот и озер междуречья долин Июса и Енисея. Судя по открытым в зоне «Сундуков» многочисленным высокогорным святилищам и живописным скальным храмам, долины рек Белого и Черного Июса в районе их выхода из теснин хребтов Кузнецкого Алатау, следует, очевидно, воспринимать как крупнейший кульгово-религиозный центр севера Хакасии времен финала тагарской эпохи (V—I вв. до н.э.).

На обширных территориях Южной Сибири от Среднего Енисея до Верхней Оби обнаружены десятки кладов, и среди них — *Июсский*, состоящий из многочисленных бронзовых предметов искусства тагарской эпохи





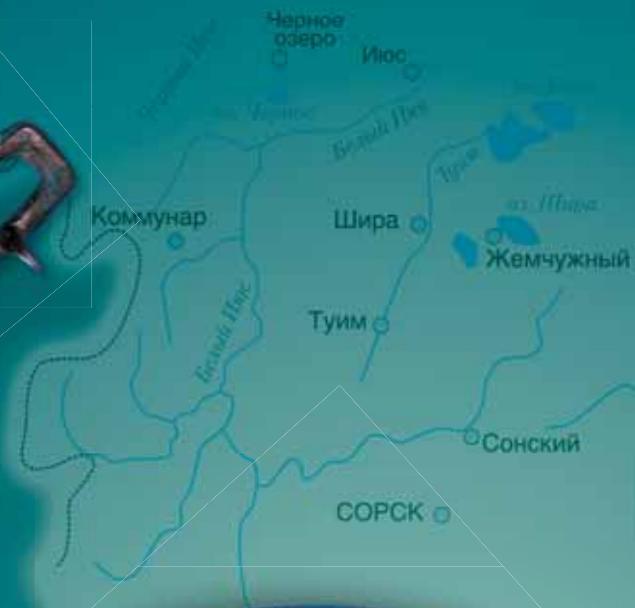
а



в

Бронзовые пряжки (а) и подвеска (б) (конец I тыс. до н.э.); зеркало с кнопчатой рукояткой (в) (середина I тыс. до н.э.). *Июсский клад*

б





## Священные атрибуты

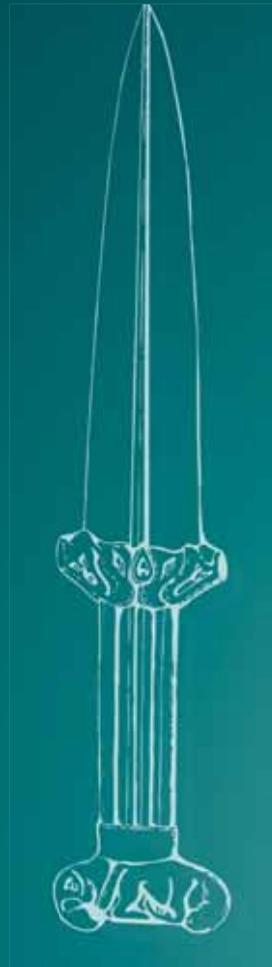
Июсский «клад» — совершенно уникальная по полноте и разнообразию подбора и превосходной сохранности коллекция предметов искусства из бронзы. Благодаря ему стало возможным, наконец, разрешить самую сложную, и в то же время кардинальную по важности, проблему истинного назначения ажурных бронзовых пластин — изделий художественного литья, известных ранее по другим находкам. Большинство из них было определено как поясные бляхи, что стимулировало основное внимание исследователей к способам крепления таких пластин на одежде. На вопрос же о том, кому они могли принадлежать, исследователи обычно ограничивались предположениями, что владельцы таких поясов занимали, очевидно, в древнем обществе какое-то особое высокое социальное положение.

Однако специфический подбор подобных предметов в Июсском кладе, соединенных с помощью превосходно сохранившихся кожаных ремешков, не оставляет сомнений в том, что они представляют собой металличе-

Кожаный ремень со связкой бронзовых колец и пряжек (фото слева); поясные пряжки с изображением дракона (фото справа, конец I тыс. до н.э.).  
*Июсский клад*

Ажурные бронзовые пластины, соединенные с помощью кожаных ремешков, представляют собой металлические детали священного одеяния первобытного жреца







кие детали священного одеяния первобытного жреца. Такие изделия действительно нашивались на одежду или подвешивались к ней, но функции их отнюдь не определялись лишь необходимостью свести вместе полы одежды или концы пояса. Так же, как и разного рода металлические предметы на сибирских шаманских костюмах, хранящихся в этнографических отделах музеев, они несли, прежде всего, значительную смысловую нагрузку. Пластины олицетворяли образы (а при ударах между собой — и «голоса») духов, а также лики небесных светил, и, в первую очередь, — переменчивой, то «умирающей», то «воскресающей» луны.

Сама июсская находка, строго говоря, является не «кладом», а комплектом вещей умершего жреца, предназначенных для его священнодействий. Последние совершались, очевидно, около святилищ-храмов, вроде тех, что были открыты недавно в районе поселка Июс. Найденный среди атрибутов жезл с навершием в виде фигуры горного козла свидетельствует о том, что жрец с берегов Июса мог принадлежать к одной из самых высших категорий служителей древних культов. Считалось, что такой священный посох-жезл мог «при желании» переносить его владельца, как по мановению волшебной палочки, в места, доступные лишь избранным, — в глубины бездонного голубого неба, обитель светлых духов, и в мир мертвых — в мрачные бездны преисподней.

## Мир, «отраженный» в акинаке

Одним из наиболее значимых предметов в Июсском кладе является бронзовый кинжал — *акинак*. Его *перекрестье* (рукоять — клинок) выполнено в виде объемных, двусторонних *протом* (от греч. *protome* — *передняя часть*, скульптурное изображение передней части животного) головы кабана, *навершие* рукояти — двумя объемными фигурами кошачьих хищников, пантер. Общий зооморфный декор на кинжале выполнен таким образом, что для его обозрения и восприятия клинок должен быть расположен острием вверх. Эта особенность достаточно редка для колющего оружия скифского времени. Чаще всего в кинжалах, декорированных в скифо-сибирском зверином стиле, украшение

Бронзовый кинжал скифского времени — *акинак*, ритуальное оружие древнего жреца. В средней части кинжала, над рукоятью, опирающейся на тела двух пантер, расположены кабаны головы (VI—V вв. до н. э.). *Июсский клад*



Бронзовые поясные пластины хуннского времени с изображением единоборств быков. (Конец I тыс. до н.э.)  
*Июсский клад*

рукоятки воспринимается в «правильном положении» лишь при расположении кинжала в ножнах на поясе, т. е. клинком вниз.

Длина рукоятки июсской находки соотносится с длиной клинка по «золотому сечению». Помимо того, в «золотом сечении» соотносятся: рукоять с навершием и клинок с головами кабанов; высота втулки навершия и высота фигур животных; размеры фигур пантер (длина обеих фигур пантер) и втулки; длина обеих голов кабана и ширина рукоятки.

При анализе художественной структуры кинжала обращает на себя внимание целый ряд особенностей. Во-первых, фигуры противоборствующих животных не составляют единую композицию смертельной схватки извечных соперников, столь типичную для сцен «терзания» скифо-сибирского звериного стиля. Они четко отделены друг от друга, как бы разведены рукоятью, размещаясь на разных уровнях изделия. Облик персо-

нажей также отличается: головы кабанов воинственно подняты, а у пантер опущены, что не совсем обычно для хищников. Хотя такое положение головы может соответствовать моменту выслеживания добычи и подготовки к нападению.

Пространственное размещение фигур животных отличается своеобразием: объемные звериные изображения даны в специфической горизонтальной проекции. Кабаньи протомы, имея одно (общее на двоих) ухо, показаны одновременно как бы с двух (левой и правой) сторон; некоторые тела пантер перекрывают тела соседствующих хищников примерно на 2/3. Благодаря такому расположению животных при вращении кинжала в противоположную сторону создается впечатление, что фигурки как бы двигаются друг за другом. Эта особенность изображения пантер при их объемно-скульптурной моделировке отражает, вероятно, круговое бесконечное движение хищников.

Образы же, расположенные в верхней части (голова кабана) — статичны.

Кинжал оформлен так, что для нормального восприятия его украшения острие лезвия должно быть направлено вверх вместе с кабаньими фигурами на перекрестье. Тогда на спины пантер налегает тяжелым грузом трубчатая втулка, гнездо для рукояти и сама рукоятка кинжала. Схожее композиционное оформление характерно для оснований колонн храмовых и административных комплексов у хеттов и ассирийцев.

Образ кошачьего хищника, явно соотносимый в представлениях древних индо-иранцев с так называемым Нижним миром, задает вполне определенную смысловую нагрузку расположению головы кабана. Этот персонаж, стилистически и физиологически сочетающий в себе признаки плотоядного и копытного, является своеобразным посредником между Нижним

и Верхним мирами. Структура оформления иусского кинжала вполне соответствует такой «логике».

Кабаньи головы располагаются в средней части кинжала, над рукоятью, опирающейся на тела двух хищников. Протомы, как известно, имеют явную связь с циклом культовых солярных отправлений с приношением жертв, которые совершались в «среднем мире» — мире людей — при обращении их к всевышним силам. При этом протомы часто отождествлялись с сосудом — *ритоном*, ведущим происхождение от отрубленной головы жертвенного животного. Таким образом, в этой схеме мироздания перекрестье (голова кабана) олицетворяет земное пространство, «обитель жизни» людей и животных, а фигурное навершие (тела пантер) — «иной мир», обитель душ умерших, потусторонних богов и злых сил.

Не исключено, что Верхний небесный мир олицетворяло главное в оружии — сам клинок, его



устремленное вверх треугольное лезвие. Оно могло являться кодовым символом языка пламени, огня, изначального божества и Неба индо-иранцев, зерванистов и зороастрийцев, поклонявшихся Свету и Добру — олицетворениям единого божества Ахурамазды. Оружием в нескончаемых сражениях с Мраком и Злом, воплощенных в Ахримане, и был, вероятно, этот упорядоченный Создателем «мир», воплощенный в кинжале, вознесенном его карающей рукой.

Для семантической интерпретации кинжала можно также проводить параллели с *митраизмом* — более поздней восточной религией, получившей признание в эллинистическом мире в последние века до н. э.

## Культовые кинжалы Сибири

На территории юга Западной Сибири известны всего три находки кинжалов, подобных Июсскому. Один из них, случайно обнаруженный у села Каменка Енисейской губернии, хранится в коллекции, собранной И. А. Лопатыным в конце XIX века. Второй, оказавшийся среди изделий найденного в 1958 г. Бурбинского клада, был передан в Томский областной краеведческий музей Р. А. Ураевым. Еще один — случайная находка в Минусинской котловине — приобретен в 1996 г. Н. П. Макаровым для Красноярского краеведческого музея.



Бронзовое объемное навершие  
жезла жреца в виде  
горного козла *теке*.  
(VIII—VI вв. до н. э.). *Июсский клад*

Найденный среди предметов  
Июсского клада жезл с навершием  
в виде фигуры горного козла  
свидетельствует о том, что жрец  
с берегов Июса принадлежал  
к одной из самых высших  
категорий служителей  
древних культов.  
Считалось, что такой священный  
посох-жезл мог переносить  
его владельца в места,  
доступные лишь избранным, —  
в обитель светлых духов  
и в мир мертвых





Бронзовая поясная пластина хуннского времени со стилизованным изображением змей (конец I тыс. до н.э.).  
*Июсский клад*



Все четыре бронзовых кинжала, вероятно, связаны с культовыми местами эпохи раннего железа на юге Западной Сибири. Основанием для такого предположения может служить несколько фактов из археологических и письменных источников скифской эпохи.

Так, на Алтае в культурном слое поселения скифского времени Чепеш-2 (среднее течение реки Катунь) был найден жертвенник из сланцевых плиток в виде круга диаметром около метра. В северо-восточной части жертвенника в слое костей находился бронзовый кинжал с обломанным еще в древности острием. Типологически этот кинжал близок к июсскому и его аналогам.

Еще один схожий бронзовый кинжал, входящий в состав риту-

ального комплекса V—III вв. до н. э., найден в устье реки Малой Киргизки в Томском Приобье. На самом высоком участке гривы в ямке был установлен бронзовый котел. И он сам, и яма вокруг него были заполнены углистой землей. Наличие кинжала и пережженных костей может свидетельствовать о жертвоприношении, которое, как и в упомянутых алтайских жертвенниках, связано с огнем. На этих ритуальных площадках совпадает целый ряд деталей: расположение на наиболее возвышенном участке местности, размеры культовой площадки, расположение бронзовых предметов в северо-восточной части жертвенника, сожженные кости.

В описаниях скифских святилищ северного Причерноморья, сделанных Геродотом, читаем: «В каждой скифской области по округам воздвигнуты такие святилища Аресу: горы хвороста нагромождены одна на другую на пространстве длиной и шириной почти в три стадии, в высоту же меньше. Наверху устроена четырехугольная площадка, три стороны ее отвесны, а с четвертой есть доступ. От непогоды сооружение постоянно оседает, и потому приходится ежегодно наваливать сюда до полтораста возов хвороста. На каждом таком холме водружен древний железный меч. Это и есть кумир Аресу».

В частности, в характерной для скифо-сибирского мира индо-иранской мифологии расположение ритуального комплекса на самом высоком месте окружающей территории олицетворяет связь с Мировой горой. Июсский и чепошский кинжалы были действительно обнаружены рядом с горными возвышенностями — реальными образами мироздания. А медный или бронзовый нож (кинжал) издавна являлся одним из неотъемлемых атрибутов жертвы божеству достаточно высокого ранга.

## Судьба Июсского клада

С хронологической точки зрения во всем собрании Июсского «клада» именно кинжал, наряду с зооморфным трубчатым навершием «посоха», является наиболее древним изделием. Учитывая его особую семантику, несомненно, что именно с кинжала и начался процесс накопления вещей культового назначения, составивших в дальнейшем Июсский «клад». Как и другие клады Причудымья, он сформировался как комплект ритуальных атрибутов V—I вв. до н. э. накануне опустошительного гуннского нашествия в южные пределы Сибири. Об этом времени свидетельствуют и находки бронзовых блях с быками и драконами.

Особенности мест находок так называемой тагарской бронзы — котлов, кинжалов, блях — позволяет предполагать, что все эти предметы являются атрибутами древних родовых святилищ различного

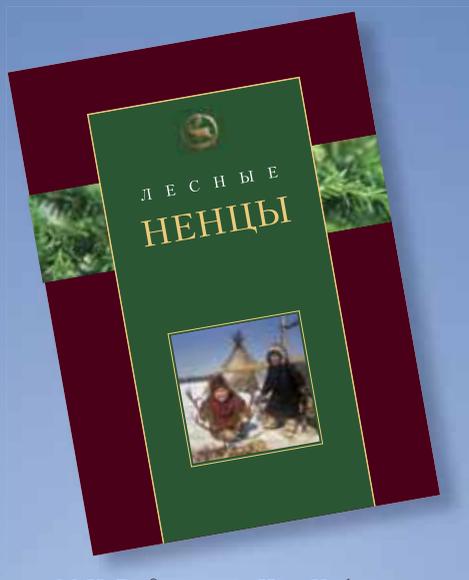
ранга, располагавшихся в степной Хакасии, Мариинско-Ачинской лесостепи, Причудымье. Как известно, в первой половине 1 тыс. до н. э. в рамках тагарской культуры в долине Среднего Енисея складывается мощный бронзолитейный центр. Высококачественные тагарские бронзовые изделия — котлы, ножи, кинжалы, подвески, зеркала — в эпоху раннего железного века получили широкое распространение по всей территории Сибири, включая северные таежные территории. Однако основная концентрация предметов тагарского бронзолитейного производства находилась в районе бассейна реки Чулым, что является следствием существования здесь в древности торгово-обменного пути, связывавшего различные территории от Среднего Енисея до Верхней Оби.

Поскольку «клады» последовательно формировались в течение не менее 300—500 лет, детальное изучение их расположения, относительной хронологии и материаловедческие анализы изделий дают уникальную информацию по истории материальной и духовной культуры народов Южной Сибири в период, соответствующий скифскому и гунно-сарматскому времени. Более того, открытие на берегах Июса позволило проникнуть в святая святых, что обычно остается тайной за семью печатями, в интеллектуальный мир древнего человека с его удивительными представлениями о вселенной и о себе самом.

Разумеется, успех в столь сложных по характеру исследованиях невозможен без тщательного учета мельчайших деталей. И с этой точки зрения Июсскому «кладу» повезло: это бесценное историко-культурное достояние общества попало в руки С. А. Фефелова, настоящего бескорыстного ценителя старины. Повезло и археологам, у которых оказалась не разрозненная и наполовину растерянная, как зачастую случается, коллекция, но все, до мельчайшей бусинки, детали одежды и атрибутики древнего жреца. А это и есть настоящий клад, который настоящий ученый не променяет ни на какие пиратские сокровища...

*Фотографии экспонатов  
В. Кавелина  
(ИАЭТ СО РАН, Новосибирск).  
Прорисовки кинжала —  
А. Бородовского  
(ИАЭТ СО РАН, Новосибирск)*





# СОСЕДИ ЛЕСНЫЕ НЕНЦЫ

*М. И. Гардамина, Н. А. Чеботаева,  
Е. В. Калитенко, Г. П. Саврасова*

Лесные ненцы.

Новосибирск: ИНФОЛИО, 2006, 288 с.: ил.

ISBN 5-89590-086-0

Книга рассказывает о традиционной культуре и быте лесных ненцев: семейном укладе, рациональных знаниях, мифах и верованиях, а также основных занятиях — оленеводстве, рыболовстве, охоте



Фото А. Мариничева

*Мы предлагаем читателям фрагменты из книги «Лесные ненцы», результата реализации многолетнего проекта «Соседи. Лесные ненцы» по изучению и сохранению материальной и духовной культуры лесных ненцев — небольшой этнографической группы, проживающей на юге Ямало-Ненецкого автономного округа в бассейне реки Пур и ее притоков.*

*Уникальность проекта в том, что выполнялся он сотрудниками Губкинского музея освоения Севера совместно с представителями коренных народов, ведущих традиционный образ жизни, которые фиксировали и описывали свои ежедневные хозяйственно-бытовые занятия. Для этого в стойбищах создавались опорные пункты Музея, передавалась видео-фотоаппаратура, диктофоны. Таким образом, на протяжении нескольких лет осуществлялось «самодокументирование» повседневной жизни стойбищ\**

\* Проект реализован благодаря финансовой поддержке Гранта Президента Российской Федерации, Гранта Института «Открытое Общество», Тюменской областной Думы, Администрации Ямало-Ненецкого автономного округа, Департамента по культуре, искусству и кинематографии администрации ЯНАО, Администрации г. Губкинский, ОАО «НК «Роснефть-Пурнефтегаз», Союза предпринимателей г. Губкинский, ООО «Геойлбент», ЗАО «Грант»

Карта расселения ненцев Северо-Западной Сибири на рубеже XIX—XX вв.

В пределах проживания лесных ненцев располагаются тундровая, лесотундровая и таежная природные зоны с характерными для них почвами и растительностью. Территория насыщена большим количеством рек, ручьев и озер. Климат на территории проживания лесных ненцев суровый и континентальный: зимой до минус 55 °С, летом — до +30 °С



лесные  
ненцы



ненцы



административная граница  
Ямало-Ненецкого автономного округа





**Н**енцы, один из коренных народов Сибири, делятся на две группы: тундровые и лесные. Тундровые ненцы, составляющие большую часть народа, занимаются в основном оленеводством. Численность лесных ненцев составляет всего около 2 тысяч человек. Они называют себя *нешан'*, означающее «человек», во множественном числе — *неша*". Исследователь В. Бартнев в 1896 г. так описывал лесных ненцев: «По внешнему виду этот народ ничем не отличается от самоедов, только немного смуглее и с более резко выраженным монгольским типом, но в языке — громадная разница». В ненецком языке два диалекта — тундровый и лесной. Письменность была создана только для тундрового диалекта, на котором сейчас говорят около 95% ненцев.

Род у ненцев представляет собой группу кровных родственников по мужской линии. Дети принадлежат к роду отца и принимают соответствующее имя. В браке жена переходит жить к мужу, причем вдова была обязана или имела право выйти замуж за своего деверя. Сородичи общины владеют определенной территорией, состоящей из зимних и летних пастбищ, промысловых угодий, родовых жертвенных мест. Каждый род имеет свое кладбище. Границы, разделяющие территории обитания семей и родов, достаточно условны и документально не закреплены. В наши дни в результате интенсивного промышленного освоения территорий исконного проживания лесных ненцев многие семьи лишились традиционных мест обитания и были вынуждены переселиться в поселки или на новые земли.

Коренные народы Севера ведут свое хозяйство таким образом, чтобы ресурсов хватало не только всем членам родовой общины, но и потомкам. «Не брать у природы ничего лишнего» — вот главный принцип такого хозяйствования, давно забытый нами.

Мужчина  
из рода Айваседо.  
Стойбище Воен-то



Фото А. Мариничева

Н. А. ЧЕБОТАЕВА

## Традиционное питание



Основная пища лесных ненцев — оленина и рыба, а также дичь. Витамин С, содержащийся в сыром мясе, оленьей крови и рыбьем жире, способствует не только предупреждению заболеваний, но и повышению устойчивости к холоду. Олений жир, кровь, субпродукты (печень, сердце, почки), также являются источником витаминов и минеральных веществ.

Оленина — зимняя еда. Практически никогда не употребляют в пищу мясо ездовых оленей, так как оно нежирное и жилистое. Также не едят и мясо больных оленей, особенно в тех случаях, когда неизвестно, от чего заболело животное. Поскольку в прежние времена соли у лесных ненцев не было, мясо и рыбу впрок не солили, а вялили, коптили и сушили. Наиболее лакомым блюдом у лесных ненцев является мясо только что убитого оленя. Сырое мясо едят прямо около туши, запивая оленьей кровью, которая повышает уровень гемоглобина в крови. Костный мозг, извлеченный из трубчатых костей конечностей, едят сразу же в сыром либо позднее в замороженном виде.

Летом основной пищей являются рыба и дичь. Мясо диких гусей и уток обладает полезными питательными свойствами. Самыми вкусными считаются гусиные окорочка. Женщинам запрещено есть ту часть тушки, в которой находятся сердце и легкие. По поверью, этим они могут навлечь на себя болезни. Если дичи оказывается много, ее коптят и сохраняют на более долгий срок. Кроме того, собирают и едят яйца птиц. Лесные ненцы придерживаются строгих правил: в пищу употребляют только яйца крупных особей, причем две-три штуки всегда оставляют в гнезде, чтобы не уменьшилось количество дичи во время осенней охоты. Осенью охотятся на боровую дичь: глухаря, тетерева.

Многие исследователи отмечают, что употребление рыбы и рыбных продуктов является одной из причин спокойного, доброжелательного нрава северян. Учеными доказано, что витамин D и ненасыщенные жирные кислоты, содержащиеся в рыбьем жире, напрямую влияют на настроение человека, а их нехватка ведет к депрессии. Кроме того, рыбий жир содержит физиологически важные микроэлементы: железо, марганец, хром, йод, медь, молибден, никель, кобальт.



Приучение к охоте.  
Малыш с добычей

Свежая рыба в больших количествах ценится как средство для укрепления организма. Рыбу также вялят, сушат, коптят, готовят рыбную муку. Зимой лучшим лакомством является строганина из замороженной рыбы или оленины. Едят строганину руками, макая в соль или в оленью кровь.

Из парной рыбы — пластов без шкурки, снятых с костей — готовят *согудай*. Спинная и брюшная части самые нежные и вкусные. Считается, что брюшки чира целебные, помогают при заболеваниях пищеварительного тракта. Ими кормят тяжело больных, стариков, детей, женщин перед родами.

Из рыбы лесные ненцы едят, как правило, сырка, язя, щекура, осетра, муксуна, нельму, щуку, налима. Налима едят только в вареном виде. Он считается не совсем чистой рыбой, так как присасывается к погибшим в сетях другим обитателям рек и озер, а это имеет отношение к миру мертвых.

Особое место занимает щука. У некоторых родов лесных ненцев она считается священной. Об этом говорится в легенде, записанной со слов лесного ненца Солу



Фото А. Мариничева

Вэйсовича Пяка: «Однажды братья из рода Пяков взяли на рыбалку своего брата Тачу. Поймали много рыбы, среди них оказалась маленькая щучка, длиной побольше пальца. Тачу очень обрадовался. Схватил ее в руки, рыбка дернулась, и чуть не упала, но Тачу поймал ее на лету. Взрослые начали над ним смеяться и шутить: «Тачу, бросай ее в рот». Немного думая, Тачу бросил ее в рот. Рыбка легко проскользнула в горло.

Утром, проснувшись, Тачу потрогал свой живот и говорит: «Мама, а рыбка шевелится внутри меня». Тачу подрастал, и вместе с ним росла в животе его щучка. И когда она выросла до больших размеров, Тачу умер. Взрослые говорят: «Щучка — не игрушка, а рыба священная. Не надо с ней шутить».

В некоторых семьях чистят и готовят щуку только мужчины. Женщинам запрещается резать и есть эту рыбу. Считается, что если беременная женщина будет разделывать щуку, в ее утробу может вселиться злой дух. Женщинам запрещается есть и сырого осетра, а в определенный период физиологического цикла они не едят и вареного. У лесных ненцев существуют еще некоторые запреты. Так, например, нельзя рыбу живой бросать в кипящий котел.

Основным продуктом питания новорожденных является материнское молоко. Лесные ненки кормят детей грудью очень долго, иногда до пяти лет. Когда дети подрастают, они начинают употреблять в пищу те же продукты, которыми питают-

Рыбная ловля в летний период.  
Стойбище Воен-то

ся взрослые. Отдельно пищу детям не готовят, они едят из «общего котла», но взрослые отдают им наиболее лакомые кусочки. Во время разделывания оленя малышам всегда дают полакомиться оленьими почками, так как они очень нежные, и дети их едят с большим удовольствием. Любимым блюдом у детей лесных ненцев являются жаренная на палочке рыба, вареная рыба икра со свежей брусникой, строганина и горячие лепешки из муки, замешанной на оленьей крови, но главное лакомство — запеченный желудок белки.



Поддужные  
колокольчики

*«Бурные приливы и отливы жизни в Субарктике вынуждали промысловиков придерживаться природного ритма: своевременно появляться в тундре, захватывая доступную добычу, и столь же своевременно ее, пустующую, покидать. Правда, извечная тяга людей к устойчивому, наряду с сопутствующими общественно-кризисными явлениями, в конце концов вызвала становление искусственной природы, — домашнего оленеводства».*

(Головнев, 1995, с. 44)

*«Иногда на луне видно человека, иногда — собаку. На землю Нум спустил их вместе. Только у нее было другое, хорошее. Она все время забывала свое имя. Тогда Нум разозлился и сказал: «Дура ты. Ты все время забываешь свое имя. Будешь теперь собакой, будешь с людьми жить».*

(Головнев, 1995, с. 399)



Пастушеская оленегонная лайка

*«У меня много пожеланий,  
мой маленький тэа.*

*Самый желанный из малышей,  
самый послушный из сыновей,  
самый длинноногий из мальчиков,  
самый удачливый охотник.*

*Пусть твои олени будут самыми  
быстрыми на земле твоих предков  
из племени Дян, лечи.*

*Пусть твоими надежными  
друзьями будут собака-лайка  
и домашний олень.*

*Пусть прирученный олень  
приходит к чуму раньше  
других оленей.*

*Пусть он приносит тебе только  
добрые вести».*

Колыбельная лесных ненцев

Щенок на нежилой половине чума.  
Стойбище Рычи-яха



Олень в ножном путо

Олени, запряженные в нарты.  
Стойбище Нибы-яха

Колодки на шею оленя





Нож  
с деревянными  
ножнами

«На зверином острове случился такой случай. Однажды плывет охотник. Устал. Решил остановиться и покушать. Подплыл к берегу, лодку долбленку вытащил на берег. Зажег костер. Вытащил сухую рыбу, наизал ее на палочку для жарки рыбы и поставил жариться. Заварил чай с листьями. Вдруг услышал шорох. На другой стороне костра стоит медведь, который бьет себя лапой по рту и показывает в сторону озера. Охотник от страха онемел, закрыл глаза и тут снова услышал шорох. А это медведь отошел подальше от костра, снова стал бить себя лапой по рту и показывать в сторону озера. Рыба уже сгорела, а охотник все сидит и не может пошевелиться. Когда медведь ушел, охотник стал думать: «Зачем же приходил медведь? Может быть, медведь лодку испортил». Пошел охотник к озеру, посмотрел, лодка была цела. Сел и поплыл. А на острове чайки кричат, охотник подъехал снова к острову и увидел двух задавленных оленей и рядом стоит теленок. Охотник понял, медведь показывал, что оставил на острове ему покушать. Охотник забрал часть оленей, а часть оставил птицам. Теленка тоже забрал с собой. Лодку вел по берегу, а рядом шел теленок. Теленок к осени попрос. Поехал охотник к соседу Касынки Покалы, привез ему пушнину и стал просить продать ему оленя. Сосед согласился и сказал: «Возьми, какой понравится». У охотника был с собой аркан из тальника. Бросил он его и поймал сразу двух оленей. Ханты заулыбались и отдали второго оленя ему в подарок. Охотник поехал домой, а через год у него стало 5 оленей, а еще через год 8 оленей с хором\*. Так медведь помог стать ему оленным человеком».

\*Хор — самец оленя



Подсумок  
для пороха  
(деревянный)





Фото А. Мариничева



Подсумок  
для дроби  
(кожаный)



Лук со стрелами

«Ему тогда было лет двенадцать. Они с отцом поднялись на священную сопку. По просьбе своего отца Ляля встал на бубен деда. Отец, ударив по своему пензеру, запел. Ляля увидел, как из груди отца отделился молодой олень-хор и побежал в сторону солнца. Вслед за оленем бежит другой олень. Это была душа Ляли. Ляля подумал: «Куда бежит моя душа? Где найдет свою защиту?» Вдруг он слышит голос, который успокаивает его: «Не бойся. Мы сейчас должны лететь к солнечному острову. Впереди нас ждет кипящая река. Держись рядом со мной». Они устремились к горизонту. Впереди виднелся солнечный остров, который со всех сторон окружали семь больших озер. Их встретила женщина, которая, опираясь на трость, медленно шла им навстречу под гнетом своих прожитых лет. Это была дочь небесного глаза — Яля'хэм не ю. Она взяла его руку, на нее привязала луч и, повернувшись к отцу, сказала: «Научи его нашему ремеслу, я буду помогать». Потом она исчезла. Когда Ляля с отцом возвращались назад, их встретил одноглазый человек — распорядитель счастья, радости и удачи на Земле. Одноглазый повернулся и вытащил что-то, протянул Ляле. Он подставил свою ладонь, а одноглазый человек как будто что-то вложил в нее и зажал. Когда они с отцом вышли к свету, Ляля раскрыл руку, но там ничего не было. Посмотрел на отца, а потом увидел на горизонте три солнца. Ляля очень удивился, протер глаза, но они не исчезали. Тогда они в образах оленей побежали навстречу этим солнцам и пришли к своему стойбищу. Так Ляля был посвящен в тадибе — хэмтана» (Лар, 1998, с. 25).

Все свои познания шаман использует при совершении комплекса действий, называемых камланием. Вот как описывает П. Г. Турутина этот обряд: «Камлание всегда происходило в чуме. Камлания могли происходить в любое время дня и ночи и продолжались обычно несколько часов. Шаман надевал специальный костюм или головной убор. Приглашенные лица рассаживались, шаман садился на оленью шкуру около костра, затем брал колотушку и начинал бить в бубен. Сопровождал удары в бубен протяжным монотонным зовом: «Хов, хов, хов!» Затем звуки (бубна) затихали и шаман начинал задавать вопросы духам. Иногда, наоборот, душа шамана якобы путешествовала в мире духов, и тогда в своих напевах под аккомпанемент бубна он описывал свое путешествие в иной мир и встречу с духами. Бывало, что покинутое душой тело шамана падало и лежало без движения до возвращения души».





фото А. Мариничева

Священное дерево  
Бубен шамана с колотушкой



Фото А. Мариничева

## Воспитание детей

### ОБРЯД ВСТРЕЧИ НОВОРОЖДЕННОГО

**Д**ень рождения у лесных ненцев принято отмечать один раз в жизни, когда малыш только появляется на свет. Это день большой радости для родителей и всех родственников. В прежние времена приглашали шамана, чтобы он посвятил ребенка в мир людей и оградил от злых духов. К приезду шамана проводили обряд очищения.

В наши дни шаманов не приглашают, так как настоящие шаманы теперь — большая редкость. Но обряд и сейчас проводят практически в каждой семье. Вот как описывают его М. и О. Приходько (2002 г.): *«Бабушка сожгла клочок бобровой шерсти, древесного гриба чаги и веточку багульника, положила на угольки косточки выдры, присыпала березовой стружкой и окурила дымком люльку Хомани, ее маму и постель. Потом бабушка бросила на угольки кусочек шкурки выдры, березовые почки и обнесла дымком чума, отца Хомани и ее двухлетнего брата — Хомаку».* Несмотря на то, что сохраняются общие правила проведения обряда, в каждой семье существуют свои традиции.

По случаю рождения малыша забивают молодого оленя. Гости из числа родственников и соседей дарят подарки: кусок ситца или сукна, березовую труху для люльки, спички, мешочек с едой. Состоятельные родственники, а также отец, мать, родные братья и сестры дарят новорожденному по молодому олененку. Мать кладет младенцу в колыбель спички, которым приписываются особые магические свойства: считается, что они отпугивают нечистую силу. В прежние времена в колыбель клали уголек и просили огонь сберечь малыша от злых духов.

### КОЛЫБЕЛЬ

Первый год своей жизни ребенок проводит в колыбели. В ней он спит, бодрствует, в ней его перевозят на нарте во время перекочевков. Независимо от количества детей, как правило, колыбель в семье одна, изготавливается она к рождению первенца и передается каждому следующему ребенку. Но по мере износа ее изготавливают снова. Также поступают и в том случае, если малыш умирает.

Часто колыбель является одним из самых дорогих предметов быта у северян. У лесных ненцев колыбель делают мужчины. Она имеет овальную форму и плоское дно. В качестве материала, как правило, использовали березу, но с появлением современных материалов колыбель стали делать из листовой фанеры. С внутренней стороны колыбели доньшко имеет специальные ремешки, которыми фиксируется ребенок. Это удобно для матери: она может, не опасаясь, что малыш выпадет из колыбели, заниматься домашними делами и кормить его грудью, не вынимая из люльки. Немаловажное значение лесные ненцы придают и украшению колыбели. В качестве украшений используют бисер, сукно, металлические пуговицы и другие предметы.

До появления современных средств гигиены по уходу за ребенком внутрь люльки клали шкурку молодого олененка, сшитую конвертом в ножной части, на нее ставили специальный лоток в форме совка, изготовленный из бересты. В лоток клали березовую труху, которая впитывала влагу и служила в качестве клеенки. Сверху укладывали с «бороды»\*

мех, снятый оленя, который заменял пеленку. По мере загрязнения его меняли на чистый. В настоящее время лесные ненцы стали использовать пеленки, подгузники, ватные одеяла, одежду для новорожденного.



\* «Борода» — шкура с густым и длинным подшейным волосом оленя



Люлька лесных ненцев отлично приспособлена к кочевому образу жизни. Легкую и прочную, ее без труда можно перевозить в лодке, привязывать к шесту чума или просто к ветке дерева. Если ребенок спит, на люльку набрасывают платок, чтобы защитить малыша от света, шума, гнуса. При перевозке ребенка в зимнее время для люльки готовят меховой чехол из оленьих шкур или ватного одеяла. Он полностью закрывает колыбель, остается лишь небольшое отверстие для дыхания, поэтому ребенку тепло и уютно даже на открытом воздухе.

#### ДЕТСКАЯ ОДЕЖДА

Всех малышей — и мальчиков, и девочек — одевают одинаково. Для них шьют меховую одежду, по покрою напоминающую мужскую одежду для взрослых. Рукавички пришивают таким образом,



что они образуют единое целое с рукавами; с внутренней стороны рукавов пришивают колокольчики. Мать по звуку колокольчиков всегда может определить, где находится малыш.

Летнюю детскую одежду шьют из замши — кожи оленя без ворса, зимнюю — из оленьего меха. Детские вещи по покрою напоминают взрослые, но украшаются более простым орнаментом: заячьи ушки, головки. По традиции для шитья используют нитки, изготовленные из оленьих сухожилий, так как они гораздо прочнее фабричных. Чтобы одежда была теплее, стараются делать как можно меньше швов. Для плотности шва между кусками меха прокладывают узкую полоску сукна или длинный волос с шеи оленя.

В наши дни лесные ненцы пользуются как национальной, так и современной одеждой. Часто она передается от старших детей к младшим. У каждого ребенка есть нарядная одежда, которую надевают, когда едут в гости или просто в дальнюю дорогу.





Детская люлька  
на женской половине чума

Люлька для младенца

Зимняя рыбалка. Мальчик со щукой.  
Стойбище Нибы-яха

### ПРИНЦИПЫ ИМЯНАРЕЧЕНИЯ

При рождении лесные ненцы дают ребенку имя, но в быту его не используют, заменяя на прозвище («ребячье имя»), которым зовут ребенка примерно до пятнадцатилетнего возраста. Лесная ненка Г. М. Каткилева рассказывала: «*Меня по-ненецки зовут Умы, что значит «поцелуй». Так меня назвал мой старший брат. Мать на улице колола дрова, а брат говорит: я ее целую и целую, а она все плачет. Так меня и назвали Умы. А записали меня потом Галина».* По имени-прозвищу можно узнать место рождения, какой ребенок по счету в семье, был ли он очень желанным, какие надежды на него возлагают.

Настоящие ненецкие имена, как правило, не повторяются. Каждому ребенку дается новое имя, так как имя умершего стараются вслух не произносить. Как правило, если двух человек зовут одинаково и один из них

умрет, то второй меняет имя. В то же время имеются сведения, что лесные ненцы давали имена в честь деда по отцовской линии.

Не принято употреблять собственные имена взрослых людей. При общении между собой лесные ненцы пользуются терминами, обозначающими родственные отношения: мама, отец, брат и др. Влияние русской культуры и общение с русским населением оказало влияние на традицию имянаречения. Лесные ненцы стали использовать русские имена, при этом сохраняя свои родовые фамилии, например Валерий Пяк, Роман Вэлло, Роман Айваседо.

### ТРАДИЦИИ ВОСПИТАНИЯ, ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ

До пяти-семи лет дети обычно находятся под опекой матери, а в случае потери родителей их на воспитание берут дед, бабушка или другие родственники. Примерно с двух лет дети встают утром наравне с другими членами семьи, умываются, вместе завтракают, затем играют с братьями и сестрами возле чума. Дети лесных ненцев очень трудолюбивы. Они помогают родителям заготавливать дрова для очага, снег для питьевой воды, топить печь и мыть посуду. Обязанностью детей является и заготовка ягод. В период их созревания дети берут с собой еду и уходят в лес на весь день.



Капор на девочку

Зимняя обувь на девочку

С самого рождения воспитание детей условно делится на две «школы» — мужскую и женскую, так как работа у лесных ненцев строго поделена между мужчинами и женщинами: мужчины занимаются оленеводством, рыболовством и охотой, а женщины ведут домашнее хозяйство, строят и обустроивают чум, заготавливают дрова, готовят пищу, шьют одежду и заботятся о детях.

Главным воспитателем девочки является мать. Уже года в три дочь помогает матери убирать постель, мыть посуду, чистить рыбу, ощипывать птицу. С раннего возраста ее приучают к шитью. Примерно в шестилетнем возрасте у девочки появляется своя сумочка для рукоделия, в которую она складывает все необходимое для шитья. Девочку учат бережному отношению с иглками: ей объясняют, что если она потеряет иглу, то нечем будет шить, так как иголки в тундре купить негде. Если в семье есть бабушка, внучке предлагают сшить для нее игольницу, затем сумочку для хранения ритуальных принадлежностей. Так девочку не только приучают к рукоделию, но и учат заботиться о других членах семьи. Как правило, в 10–11 лет маленькая мастерица уже умеет сама кроить и шить одежду на кукол, в 14 — шить крупные вещи, чинить рукавицы, шапки. Лет в восемь девочка может вести караван грузовых



нарт при перекочевках, нянчить младших братьев и сестер.

Мальчики стараются во всем подражать взрослым. Уже с пяти лет они постоянно находятся рядом с отцом. Наблюдая за его работой, учатся плести аркан, вырезать деревянные ножны, загибать полозья нартов.

С семи лет под руководством отца и старших братьев мальчики учатся строгать, пилить, рубить, ездить на оленях. Общение с оленями прививает ребенку любовь к этим животным, вызывает интерес к труду оленевода. Взрослые учат детей ухаживать за оленятами, которые родились ослабленными либо лишились матери сразу после рождения. В первое время оленята живут в чуме, спят рядом со своим маленьким хозяином, который заботится о них, собирает для них корм.

Прирученные олени и потом, став взрослыми, держатся возле чума и людей, охотно играя с детьми. Большой любовью у детей лесных ненцев пользуются собаки, которые являются практически членами семьи.

С раннего возраста лесные ненцы учат детей сердечному отношению друг к другу, прививают им такие качества, как щедрость, приветливость, гостеприимство. Маленькому гостю дарят вещи, игрушки его сверстника с разрешения их владельца. В обыденной жизни лесных ненцев выработано много правил, которые считаются признаком хорошего тона. Детей учат выражать благодарность поступками. Например, если тебя угостят чем-то вкусным, нельзя возвращать пустую посуду, необходимо тоже положить в нее какое-то угощение.

У лесных ненцев существует почтительное отношение к пище и определенные правила обращения с продуктами питания. Например, нельзя смеяться над едой; нельзя доедать еду за старыми людьми, так как будешь болеть; мальчику не положено мыть посуду, иначе он будет плохим охотником — звери и птицы будут издалека слышать скрип посуды.

В течение веков складывались этические установки во взаимоотношениях родственников. Одними из основных являются почитание старших и забота о младших. У лесных ненцев, так же как и у других северных народов, не принято возражать родителям, даже если они бывают неправы.

С особым почтением дети относятся к отцу как к главному кормильцу семьи. Взрослые также относятся с уважением к детям. Например, на ребенка не принято повышать голос и тем более поднимать руку.

Взаимоотношения человека и окружающего мира, поведение его в тайге во многом определены стародавними принципами греха — запретами. Родители объясняют, что грешно выкапывать дождевых червей, ра-



Девочка в традиционной одежде. Стойбище Военто

зорять птичьи гнезда, ломать ветки деревьев, мусорить в лесу, иначе Бог может наказать виновного. Детям объясняют, что нельзя плевать на воду, землю, огонь, так как у них есть лицо, нельзя втыкать в землю острые предметы, потому что можно проткнуть глаз Земли, нельзя без надобности махать ножом и топором, это может обидеть лесного духа.

С раннего возраста детей приучают к тому, что нельзя воровать, быть жадным, обижать сирот, обманывать, жаловаться, хвастаться, носить в голове плохие мысли, разбрасывать вещи в чуме, кидать их в лесу, есть на улице. В присутствии взрослых детям запрещается шуметь. Дети твердо знают это правило, поэтому с приходом гостей стараются уходить на улицу играть. Как правило, взрослые вмешиваются в детские игры и конфликты только тогда, когда дело принимает серьезный оборот. Детей разводят, но зачинщиков ссор не ругают. Ябед, как правило, среди детей северных народов не бывает: каждый сам отвечает за свои провинности.

### ДЕТСКИЕ ИГРЫ И ИГРУШКИ

Игра — важный этап в развитии ребенка, через нее ребенок познает мир. В игре дети не просто подражают взрослым, они неосознанно готовятся к самостоятельной жизни. Будущим охотникам и оленеводам необходимы практические навыки, и они их получают через игры.

Меховая игрушка  
(олениенок)



Игрушки и игры мальчиков можно разделить на четыре группы: бытовые, охотничьи, оленеводческие и рыболовные.

Одна из любимых игр — бросание аркана. Состязаясь в ловкости, мальчишки стараются набросить петлю аркана на головки нарт или рога оленя, лежащие на земле. Подражая взрослым, дети прыгают через маленькие нарточки, запрягают собак и катаются на собачьей упряжке. В играх дети часто пользуются шкурками животных, заячьими лапками, оленьими рогами, птичьими крыльями и лапками, прикрепляя их к своей одежде и представляя себя тем или иным животным. Но взрослые не позволяют детям играть со шкурой, костями или зубами медведя, так как это животное является почитаемым у лесных ненцев.

Распространенным занятием мальчиков является игра в «охотника». У мальчиков среди игрушек есть и настоящие капканы, и части ловушек, и другие атрибуты, при помощи которых ребенок учится охотиться. Первый лук сыну делает отец, а в шесть-семь лет мальчик уже сам может изготовить лук и стрелы. Игрушечные стрелы легче и короче настоящих, но ими можно стрелять в цель. Пока ребенок растет, лук несколько раз переделывается и усложняется, постепенно становясь настоящим оружием, с помощью которого можно охотиться на мелких зверьков и птиц.

У девочек — свои игры. Их игрушки состоят из кукол, кукольного гардероба и кукольного хозяйства. В прошлом головы кукол делались из клювов водоплавающих птиц, так как считалось, что перелетные птицы ежегодно улетают к богу и являются чистыми, невинными. Для них из кусочков цветной материи и меха изготавливали одежду. У кукол не было лица, рук и ног, т.е. всего того, что отождествляло бы их с человеком. Считалось, что человеческие лицо и тело могут одухотворить, очеловечить куклу. В прежние времена детям не разрешали играть с вещью, наделенной сверхъестественной силой. В наши дни этот обычай несколько утратил свою силу. Сегодня наряду с традиционной часто используют фабричную куклу, но одевают ее так же, как и прежде.



Фото А. Маринчева

Изготовление нарт.  
Стойбище Воен-то



Некоторые куклы-женщины имеют при себе куклу-ребенка в люльке. У куклы обычно есть маленький чумик, нарты и олени. Девочки делают целые семейства кукол. Первый мир, который строит в своей жизни человек и в котором он сам распределяет роли, — это мир куклы. К куклам относятся с некоторым суеверием. Считается, как сложится жизнь куклы, такая же судьба уготована и ее хозяйке в будущем.

Дети очень любят строить на улице игровой чум и играют в нем целый день. В нем есть и доски для пола, и посуда, и постельные принадлежности — все, как в настоящем. На ночь чум для игр разбирают, так как у лесных ненцев бытует поверье, что в нем могут поселиться злые духи.

В игре дети изображают эпизоды реальной жизни. Взрослые, наблюдая за ними, ненавязчиво корректируют их действия, прививая правила поведения в соответствии с общепринятыми нормами морали. Детские игры, несмотря на их простоту, выполняют важные ритуальные функции по сохранению традиций и подготовке ребенка к его будущей семейной жизни и трудовой деятельности.

*В статье использованы фото А. Мариничева (в том числе фото предметов из фонда Губкинского музея освоения Севера), а также фото, полученные в процессе «самодокументирования» лесных ненцев*



Традиционные куклы

Игра в оленя.  
Стойбище  
Нибы-яха

Детская сумка  
для рукоделия





ФАКУЛЬТЕТ  
МАТЕМАТИКА

А. Д. МЕДНЫХ

# Трехмерные многообразия и орбиболды

Трехмерный мир,  
в котором  
мы не живем...

МЕДНЫХ Александр Дмитриевич — доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН (Новосибирск), профессор НГУ. Работает в области геометрии трехмерных многообразий, теории дискретных групп, комплексного и комбинаторного анализа. Автор более 60-ти научных работ. Среди его учеников — 10 кандидатов и 2 доктора физико-математических наук  
<http://a-server.math.nsc.ru/smedn>

*Математика — наука, изучающая количественные и пространственные формы и отношения действительности.*

*Академик А.Д. Александров*



Окружающий нас мир трехмерен. Мы привыкли к этой мысли с рождения — каждый человек знает, что такое высота, длина и ширина, три основных измерения окружающего нас пространства. В зависимости от традиций, принятых в разных странах, размеры предметов измеряют в метрах, футах, ли, лье и других эталонных единицах длины. Для наших дальнейших рассуждений выберем немного необычную единицу длины. Ею будет служить один *световой год* (1 св. г.), т. е. расстояние, проходимое лучом света за один календарный год. В традиционных мерах длины это составляет невообразимую величину — примерно  $9,46 \cdot 10^{12}$  километров.

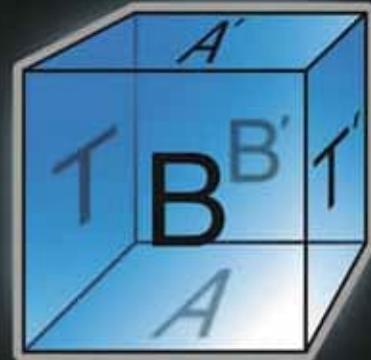
Если из окружающего нас пространства мысленно вырезать куб с ребром, равным 1 св. году, то внутри благополучно разместится дом, в котором мы живем, земной шар, Солнечная система... В общем, все, что необходимо для нормальной жизни человека. Для удобства назовем рассмотренный нами куб *единичным кубом*. А теперь отметим следующий очевидный факт. Несмотря на громадные размеры, наш единичный куб — лишь мельчайшая частица окружающего мира.

Такой воображаемый единичный куб можно вырезать в любой другой точке пространства. При этом можно утверждать, что два куба, вырезанные в разных точках пространства, окажутся одинаковыми. Это и есть основная идея так называемого *евклидова многообразия*, согласно которой любая его точка окружена кубом соответствующих размеров. Более точно можно сформулировать следующее определение. *Трехмерным евклидовым многообразием называется множество  $M^3$ , любая точка которого является центром куба, полностью состоящего из точек данного множества.*

Кстати сказать, в этом определении размеры самого куба не задаются — вовсе не обязательно использовать кубы больших размеров. С таким же успехом можно утверждать, что каждая точка содержится в кубе, ребро которого не превосходит по длине, скажем, один микрон ( $10^{-6}$  см).

Все сказанное выше кратко можно выразить следующими словами: окружающий нас мир является трехмерным евклидовым многообразием. А теперь попробуем ответить на следующий вопрос: как устроен мир за пределами единичного куба, в котором находится наш дом — наша Солнечная система?

*Еще древние греки превратили математику из эмпирической науки в дедуктивную, потребовав вывода доказательств ее утверждений из основных понятий и исключив ссылку на опыт в качестве аргумента. Чистая математика исследует формы и отношения в отвлечении от материального содержания. Ее непосредственным предметом оказываются, например, не те или иные тела шарообразной формы, а «идеальный шар», не те или иные совокупности предметов и даже не отдельные числа, а целые числа вообще и т. п. Однако при всей абстрактности этой науки никто из математиков, по-видимому, не сомневался в том, что все их понятия, теоремы и формулы выражают реальные количественные и пространственные отношения. Математическая геометрия была теорией реального пространства, как позже механика явилась теорией движения*


 Двухмерный тор  $T^2$ 


**Трёхмерный тор** — своеобразный аналог знакомого всем двухмерного тора. Изобразить его непросто. Для построения тора возьмем единичный куб с ребром, равным 1 св. году. отождествим (склеим) противоположные грани куба так, чтобы при параллельном переносе в пространстве буква А наложилась на букву А', буква В на В' и С на С'. Обозначим полученное множество (т.е. куб с попарно отождествленными гранями) через  $T^3$ . Поскольку его размеры конечны (наибольшее расстояние между его точками равно  $\sqrt{3}/2$  световых года), то  $T^3$  действительно является трёхмерной евклидовой формой

Для построения **скрученного трёхмерного тора**  $Q^3$  нужно также отождествить противоположные грани куба способом, показанным на рисунке слева

Для построения неориентируемой евклидовой формы еще раз воспользуемся единичным кубом. Также как и ранее, отождествим грани В и В', С и С' параллельными переносами в пространстве.

Для отождествления граней А и А' используем новый способ: сначала зеркально отразим куб в грани А, а затем параллельным переносом отождествим грани А и А'. В результате получится новая евклидова форма  $K^3$ , называемая **заполненной бутылкой Клейна** (рис. с <http://alem3d.obidos.org>)



## ТРЕХМЕРНЫЙ ТОР И ДРУГИЕ

Если на минуту вообразить, что окружающее нас пространство бесконечно по всем направлениям, то ответ на вопрос о строении окружающего нас мира даст следующая *теорема Адамара*:

*«Бесконечно протяженное по всем направлениям трехмерное евклидово многообразие  $M^3$  совпадает с евклидовым пространством  $E^3$ ».*

Евклидово пространство  $E^3$  с прямоугольной системой координат всем хорошо известно, поэтому не будем подробно останавливаться на изучении его свойств.

Для того же, чтобы сделать наши рассуждения более содержательными и интересными, предположим другой вариант: окружающий нас мир *замкнут*, т. е. имеет конечные размеры и не имеет края. Другими словами, зададимся вопросом, как устроены замкнутые трехмерные евклидовы многообразия, или, другими словами, *евклидовы формы*. Полный ответ на этот вопрос дает теорема, доказанная Дж. Вольфом (1982):

*Существует ровно десять трехмерных евклидовых форм. Причем шесть из них представляют собой ориентируемые, а остальные четыре — неориентируемые многообразия.*

Все евклидовые формы строятся схожим образом, единственное — для построения некоторых из них нужно использовать куб, а для других — правильную шестиугольную призму.

Первой и наиболее известной евклидовой формой является своеобразный аналог знакомого всем *двухмерного тора* — *трехмерный тор*. Обозначим это множество (куб с попарно отождествленными гранями) через  $T^3$ . Еще одной евклидовой формой является так называемый скрученный трехмерный тор, обозначенный соответственно как  $Q^3$ . А теперь проведем простой физический эксперимент, который покажет, что многообразия  $T^3$  и  $Q^3$  различны, причем оба отличаются от евклидова пространства  $E^3$ .

Для этого в центре грани  $A$  трехмерного тора поместим космический корабль, летящий со скоростью света, и заставим его стартовать в вертикальном направлении. Ровно через год космический корабль, продолжая двигаться по прямой, вернется в исходную точку. Теперь эта точка будет находиться в центре грани  $A'$ , которая, по условию, отождествлена с гранью  $A$ . В результате эксперимента обнаружим, что в трехмерном торе  $T^3$  существует замкнутая прямая линия  $l$  длиной в один световой год.

Поставим еще один аналогичный эксперимент. Заставим космический корабль стартовать из точки  $y$ , лежащей в грани  $A$  на расстоянии 1 км от ее центра. Через год корабль благополучно вернется в точку  $y$ . Вы-

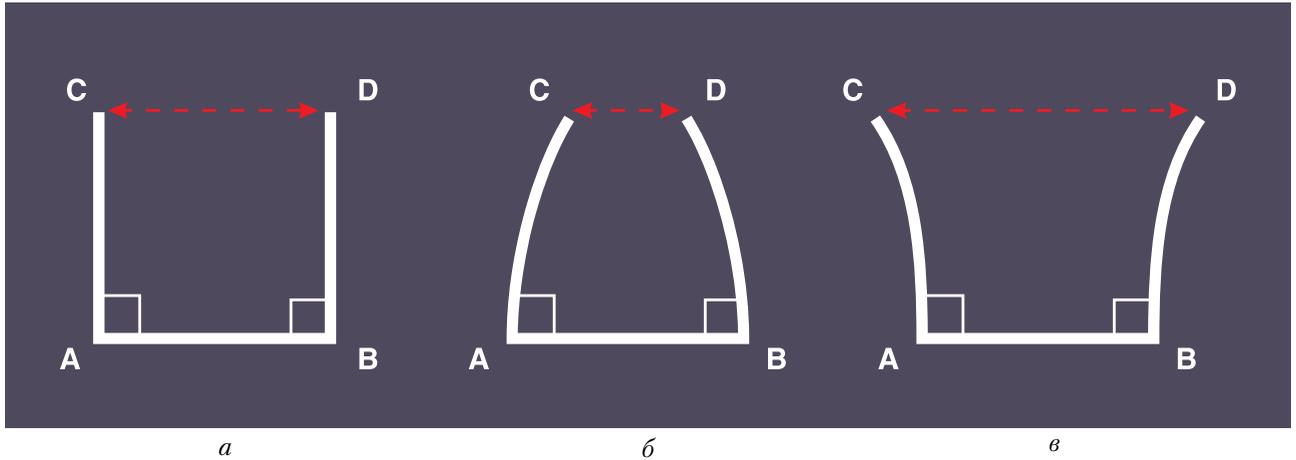
вод из второго эксперимента — через точку  $y$  проходит замкнутая прямая длиной 1 световой год, параллельная прямой  $l$ .

Теперь оба описанных эксперимента проведем в скрученном торе  $Q^3$ . Первый эксперимент даст абсолютно тот же самый результат, что и ранее. Однако во втором эксперименте он будет совершенно иным. Корабль, стартующий из точки  $y$ , через один год достигнет точки  $z$ , которая лежит в грани  $A'-A$  и диаметрально противоположна точке  $y$  относительно центра этой грани. Полет по прямой продолжится и продлится еще один год, по истечении которого корабль вернется в точку  $y$ .

Таким образом, в  $Q^3$  через точку  $y$  проходит замкнутая прямая длиной 2, параллельная прямой  $l$ . Следовательно, многообразия  $T^3$  и  $Q^3$  различны, и оба отличаются от пространства  $E^3$ , в котором нет замкнутых прямых линий.

Следующая евклидова форма — *заполненная бутылка Клейна* (многообразие  $K^3$ ) — в отличие от предыдущих является неориентируемой. Докажем это. Для этого повторим эксперимент с космическим кораблем, стартующим из центра грани  $A$ , но дополнительно снабдим нос корабля пропеллером, с постоянной скоростью вращающимся по часовой стрелке (если наблюдать за ним из кабины пилота). Предположим, что запас топлива у корабля достаточно велик и пропеллер будет вращаться в течение года вплоть до того времени, когда корабль, завершив путешествие по замкнутой прямой  $l$ , вернется в исходную точку. В момент, когда корабль вновь окажется в точке старта, пилот с удивлением обнаружит, что пропеллер вращается против часовой стрелки! (Конечно, имеются в виду те часы, которые пилот забыл на старте.) Последнее означает, что многообразие  $K^3$  — неориентируемо и, следовательно, отличается от построенных ранее евклидовых форм  $T^3$  и  $Q^3$ .

В заключение заметим, что размеры Солнечной системы (ее диаметр равен примерно  $124 \cdot 10^9$  км) малы по сравнению с размерами многообразий, построенных выше на основе линейного куба. Она может быть расположена как внутри  $T^3$ ,  $Q^3$ ,  $K^3$ , так и в любой другой евклидовой форме. При этом для вычисления расстояний, не превосходящих 1 св. год, мы можем пользоваться обычной евклидовой геометрией и даже не догадываться о том, что окружающий нас мир замкнут. В настоящее время человечество не располагает космическими кораблями, летающими со скоростью света. Это означает, что сейчас невозможно осуществить глобальные эксперименты, подобные описанным выше, и, наконец, установить, в каком же из евклидовых миров мы живем.



Рассмотрим одно из различий между **евклидовой** (а), **сферической** (б) и **гиперболической** (в) геометриями. Начнем с евклидовой геометрии. Нарисуем на плоскости отрезок АВ единичной длины и проведем из его концов единичные перпендикуляры АС и ВD, направленные в одну сторону. Проведя несложные вычисления, убеждаемся, что расстояние между точками С и D равно 1 (а). Теперь выполним аналогичные построения в сферической геометрии. Роль плоскости в этом случае играет сфера единичного радиуса (б). Для удобства рассуждений нарисую, как на глобусе, географическую карту. Прямыми в такой геометрии окажутся экватор и меридианы. Расстояние между точками будет определяться длиной, соединяющей их дуги. Теперь рассмотрим лежащий на экваторе единичный отрезок АВ и проведем из его концов единичные перпендикуляры АС и ВD, направленные в сторону северного полюса. Из курса школьной географии известно, что в этом случае длина отрезка CD будет меньше 1. Наконец, рассмотрим четырехугольник АВDC на плоскости Лобачевского (в). Здесь, в гиперболической геометрии, реализуется третья логическая возможность — длина отрезка CD больше 1

## Многообразные многообразия

Как уже было замечено, все рассмотренные выше многообразия обладают евклидовой геометрией. Что это означает и какие еще геометрии существуют?

Наиболее известными и употребляемыми в общечеловеческой практике являются *евклидова, сферическая и гиперболическая геометрии*. Напомним, что сферическую геометрию иногда называют *геометрией Римана*, а гиперболическую — *геометрией Лобачевского*. В трехмерном пространстве, кроме трех указанных, существует еще пять так называемых *синтетических геометрий*.

В соответствии с тем, какие геометрические законы действуют на трехмерном многообразии, будем называть его соответственно евклидовым, сферическим, гиперболическим или синтетическим.

Евклидовы многообразия мы уже рассмотрели выше. Что до остальных, то более двадцати лет назад У. Терстон (1978) доказал замечательную теорему:

*Геометрия, возникнув на почве практического опыта, оставалась по существу физической теорией, получившей лишь строго дедуктивную форму. Физика полностью приняла ее, никакое другое пространство, кроме трехмерного евклидова, не мыслилось и в самой математике. Так было до тех пор, пока не возникла геометрия Лобачевского, которую он сам назвал «воображаемой», и появилось воображаемое пространство Лобачевского. Потом появилось n-мерное пространство, и, наконец, Б. Риман ввел общее понятие математического пространства в лекции «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», прочитанной им еще в 1854 г. Риман дал общее определение пространства в математическом смысле, включая бесконечномерные «функциональные пространства», «точками» которых являются функции. Он также заложил основы теории пространств, получивших потом название римановых и представивших впоследствии математический аппарат общей теории относительности*

почти все трехмерные многообразия являются гиперболическими, то есть подчиняются законам геометрии Лобачевского. За этот результат в 1983 году он был удостоен Филдсовской премии — самой престижной награды для математиков.

Сферические многообразия бывают как трехмерные, так и многомерные (Вольф, 1982). В пространстве любой размерности существует конечное число типов таких многообразий. Синтетических многообразий очень мало (Thurston, 1978; Dunbar, 1981; Терстон, 2001) в отличие от оставшегося класса гиперболических многообразий. Последний неисчерпаемо широк и классификация его к настоящему времени не завершена.

## Сферические многообразия

Все трехмерные сферические многообразия — ориентируемы. Это означает, что по какой бы замкнутой траектории не летал космический корабль с непрерывно вращающимся пропеллером, по возвращении в точку старта его пропеллер вращается в ту же сторону, что и в момент старта.

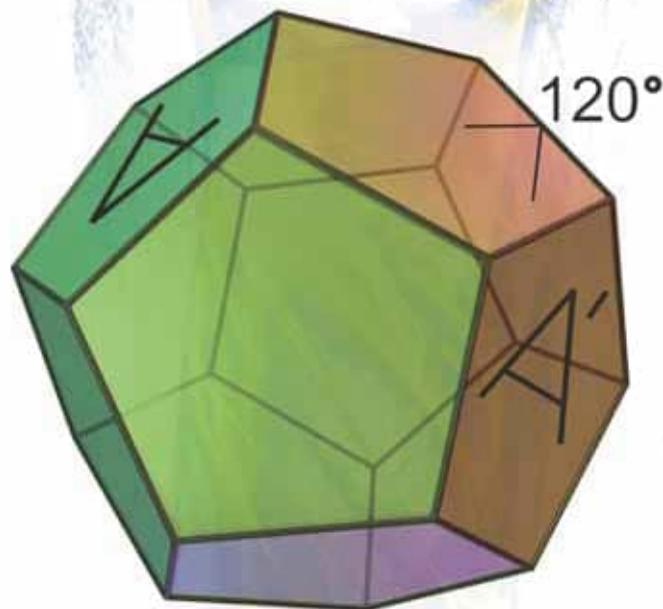
Простейшим сферическим многообразием является трехмерная сфера  $S^3$ . Ее можно определить как границу четырехмерного шара или, что то же самое, как множество точек в пространстве  $E^4$ , удаленных от центра на одинаковое расстояние. С помощью стереографической проекции можно установить взаимно однозначное и взаимно непрерывное соответствие между точками трехмерной сферы  $S^3$  и точками множества  $E^3 + \{\infty\}$ , полученного добавлением к привычному нам евклидову пространству  $E^3$  бесконечно удаленной точки  $\infty$ . Таким образом можно считать, что  $S^3 = E^3 + \{\infty\}$ .

Вторым примером сферического многообразия служит трехмерное проективное пространство  $P^3$ . Его можно легко представить себе в виде шара, диаметрально противоположные точки которого отождествлены.

Третий, и пожалуй, самый нетривиальный пример сферического многообразия — сферическое пространство додекаэдра Пуанкаре или, для краткости, *сфера Пуанкаре*.

Сфера Пуанкаре удивительным образом связана с самыми различными разделами математики — геометрией, топологией, теорией групп, теорией катастроф, теорией узлов и другими (Кирби, Шарлеман, 1982).

Все остальные сферические многообразия, получаемые по единой схеме, представляют собой так называемые *линзовые* и *призматические пространства*.



Самый необычный пример сферического многообразия представляет собой *сфера Пуанкаре*.

Процесс построения этого многообразия очень похож на процесс построения трехмерного тора. Однако в качестве исходной частицы пространства выбирается не куб, а правильный сферический додекаэдр с двугранным углом, равным  $2\pi/3 = 120^\circ$ .

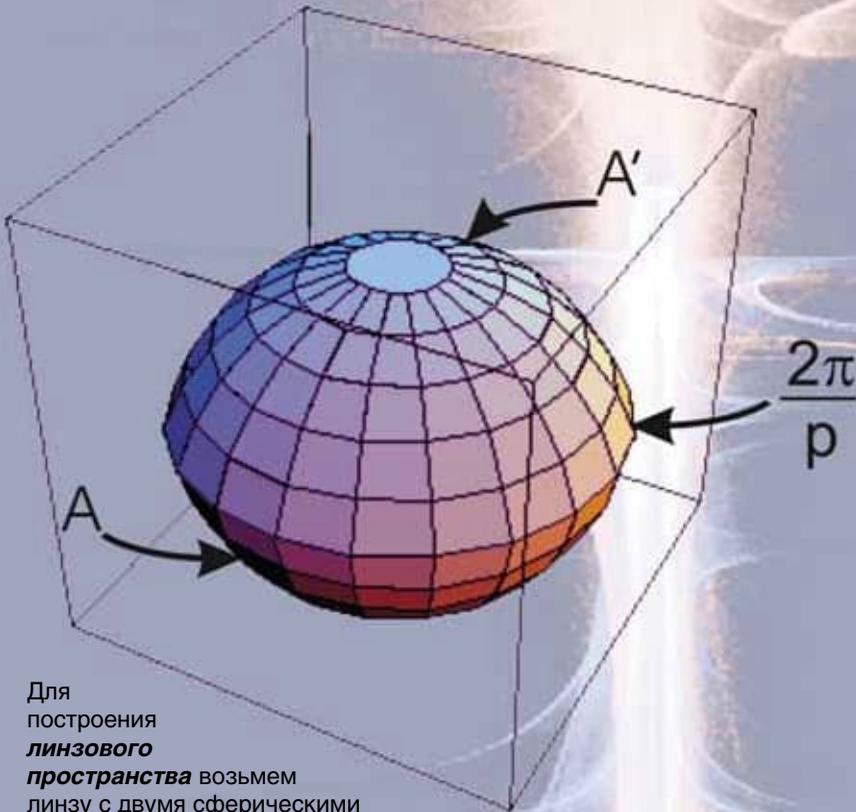
Напомним, что двугранные углы правильного додекаэдра в евклидовом пространстве приблизительно равны  $117^\circ$ . Поэтому сферический додекаэдр можно получить из евклидова, если последний изготовить из резины и слегка надуть воздухом. Параллельным сдвигом и дополнительным поворотом на угол  $2\pi/10 = 36^\circ$  отождествим нижнюю грань додекаэдра  $A$  с верхней гранью  $A'$  — при этом буква  $A$  наложится на букву  $A'$ . Аналогичным образом отождествим оставшиеся 5 пар противоположных граней. Получившееся в результате сферическое многообразие и есть сфера Пуанкаре

*К настоящему времени геометрия из науки о формах и отношениях в реальном пространстве превратилась в совокупность теорий разнообразных «воображаемых», логически мыслимых пространств и фигур в этих пространствах. Евклидова геометрия стала лишь частным случаем среди массы геометрий: римановой, аффинной, проективной,  $n$ -мерной евклидовой или неевклидовой и других. Геометрическая теория трехмерных многообразий, развитая в последнюю четверть прошлого века У. Терстоном и его последователями, еще раз подтвердила справедливость этих общих воззрений*

## Гиперболические многообразия

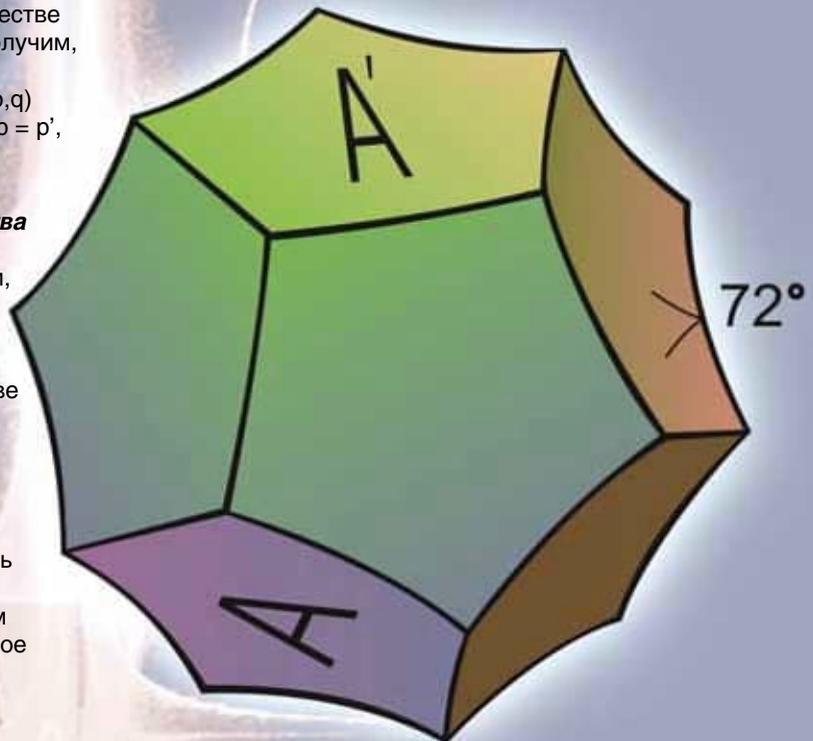
Первое трехмерное замкнутое гиперболическое многообразие было построено немецким математиком Ф. Лебеллем в 1931 г. Однако построение его было достаточно сложным, поэтому двумя годами позже Х. Зейферт и К. Вебер предложили элегантную конструкцию гиперболического пространства додекаэдра.

С точки зрения математики наиболее сложная часть проблемы построения состоит в доказательстве существования этого гиперболического додекаэдра в пространстве Лобачевского. Положительный ответ на этот вопрос дает фундаментальная теорема Е. М. Андреева (1970), в которой сформулированы необходимые и достаточные условия для существования выпуклых гиперболических многогранников. Эта теорема служит одним из краеугольных камней современной теории гиперболических многообразий, созданной У. Терстоном.



Для построения **линзового пространства** возьмем линзу с двумя сферическими сегментами с двугранным углом  $2\pi/r$ , где  $r$  — любое натуральное число. Разобьем край линзы на  $r$  равных дуг, превратив сегменты в два сферических  $r$ -угольника  $A$  и  $A'$ . Отразим  $A$  относительно плоскости края линзы и, повернув его на угол  $2\pi \cdot q/r$ , отождествим стороны линзы. Полученное сферическое многообразие называется линзовым пространством  $L(r, q)$ . Взяв при  $r = 2$ ,  $q = 1$  в качестве линзы шар, а в качестве ее ребра — экватор, получим, что  $L(2, 1) = P^3$ . Можно показать, что линзовые пространства  $L(r, q)$  и  $L(r', q')$  совпадают тогда и только тогда, когда  $r = r'$ , а  $q \equiv \pm q' \pmod{r}$  или  $qq' \equiv \pm 1 \pmod{r}$ .

Для построения **гиперболического пространства додекаэдра** рассмотрим правильный гиперболический додекаэдр с двугранным углом, равным  $2\pi/5 = 72^\circ$ . Представить такой многогранник можно следующим образом. Возьмем правильный резиновый додекаэдр в евклидовом пространстве с двугранным углом  $= 117^\circ$  и будем выкачивать из него воздух до тех пор, пока он не станет настолько «худым», что его двугранный угол окажется равным  $72^\circ$ . Параллельным сдвигом и дополнительным поворотом на угол  $3\pi/5 = 108^\circ$  отождествим грань  $A$  с гранью  $A'$ . С оставшимися пятью парами противоположных граней поступим аналогичным образом. В результате получится гиперболическое пространство додекаэдра Зейферта-Вебера



## Конструируем многообразия из многогранников

Рассмотрим прямоугольный многогранник  $P$ , все двугранные (и плоские) углы которого равны  $90^\circ$ . В евклидовом пространстве в качестве такого многогранника можно взять куб, в сферическом — тетраэдр, а в гиперболическом — *шестиугольную призму Лебелля*, боковая поверхность которой состоит из 12-ти пятиугольников.

Из теоремы Андреева следует, что любой многогранник, у которого нет треугольных и четырехугольных граней, а в каждой вершине сходится ровно по три ребра, может быть реализован как прямоугольный многогранник в пространстве Лобачевского. Шестиугольная призма Лебелля, очевидно, удовлетворяет этим условиям.

Для построения гиперболических многообразий используется способ, заключающийся в окраске смежных граней многогранника в разные цвета и последующего отождествления соответствующих граней, окрашенных в один цвет, у нескольких одинаковых экземпляров многогранников. Такой способ построения многообразий был впервые реализован Ф. Лебеллем (Loebell, 1931) для шестиугольной призмы, японским математиком М. Такахашаи (Takahashi, 1985) — для правильного прямоугольного додекаэдра и А. Ю. Весниным (1987) — для произвольного прямоугольного многогранника  $P$ .

При этом отметим, что все многообразия, построенные по окраске многогранника в четыре цвета, ориентируемы. Однако доказано, что окрашивая грани многогранника  $P$  в пять, шесть или семь цветов, по аналогичной схеме можно построить и неориентируемые многообразия (Mednykh, 1992).

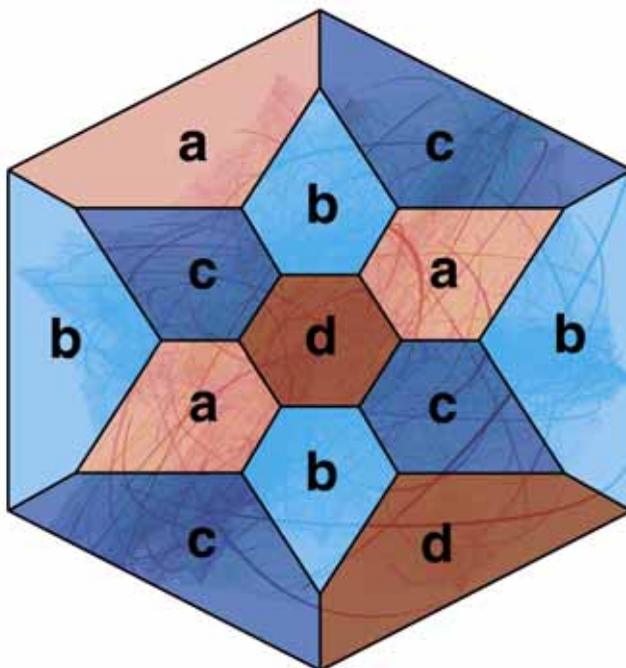
Остановимся еще на одном свойстве прямоугольных многогранников. Пусть  $D$  — правильный прямоугольный додекаэдр в пространстве Лобачевского. Испанский математик Х.-М. Монтезинос (Hilden et al., 1987) доказал следующую замечательную теорему:

*«Любое замкнутое трехмерное многообразие может быть получено из конечного числа экземпляров многогранника  $D$  попарным отождествлением их граней».*

Отметим, что в теореме Монтезиноса все грани склеенных многогранников — конгруэнтны, а все ребра имеют одинаковую длину. При этом каждое ребро окружено четырьмя, двумя или одним додекаэдром. Первую ситуацию легко представить: четыре прямоугольных додекаэдра склеены друг за другом вокруг общего ребра и образуют суммарный угол, равный  $4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$ . Во втором случае пара смежных граней одного додекаэдра отождествляется с парой смежных граней другого додекаэдра. Суммарный двугранный угол вокруг ребра, принадлежащего двум додекаэдрам,

в этом случае равен  $2 \cdot 90^\circ = 180^\circ$ . Третий вариант легко создать, отождествляя смежные грани одного додекаэдра поворотом на угол  $90^\circ$ .

Наличие ребер второго и третьего типа превращает многообразие в *многообразие с особенностями*, или *орбифолд*. В этом случае указанные ребра образуют *сингулярное множество* орбифолда. Заметим, что всюду, кроме сингулярных ребер, многообразие обладает геометрией Лобачевского.



Для построения *шестиугольной призмы Лебелля* в качестве исходной формы возьмем прямоугольный многогранник  $P$ , все двугранные (и плоские) углы которого равны  $90^\circ$ . Окрасим его грани в четыре цвета:  $a$  = красный,  $b$  = голубой,  $c$  = синий и  $d$  = бордовый так, чтобы смежные грани были окрашены в разный цвет.

Один из вариантов окраски показан на рисунке. Для построения нужного многообразия потребуется 8 совершенно одинаковых экземпляров многогранника  $P$ . Отождествим его грани восьми многогранников по следующей схеме:

- $a \equiv (15)(26)(37)(48)$
- $b \equiv (16)(25)(38)(47)$
- $c \equiv (17)(28)(35)(46)$
- $d \equiv (18)(27)(36)(45)$

Символическая запись  $a \equiv (15)\dots(ij)\dots(48)$  означает следующее. Каждая грань, окрашенная красным цветом ( $a$ ) на первом экземпляре  $P$ , отождествляется с соответствующей (точно такой же) гранью на пятом экземпляре  $P$ . Аналогично, красная грань на  $i$ -ом экземпляре  $P$  отождествляется с соответствующей красной гранью на  $j$ -ом экземпляре. Отождествление граней, окрашенных в цвета  $b, c$  и  $d$ , происходит по тому же правилу



Для построения одного из евклидовых орбифолдов — **Борромеевых колец** — возьмем единичный куб и поделаем каждую из его граней пополам так, как показано на рисунке слева. Поворачивая половинки граней на угол  $180^\circ$ , попарно отождествим их.

В результате получится трехмерная сфера  $S^3 = E^3 + \{\infty\}$ , содержащая внутри сингулярное множество.

Наличие сингулярного множества в полученном пространстве можно обнаружить следующим простым экспериментом. Нарисуем окружность радиуса  $r$  с центром в любой точке одного из Борромеевых колец (каждое кольцо образуется из двух ребер, делящих пополам противоположные грани куба). Непосредственным подсчетом убеждаемся, что длина окружности равна  $\pi \cdot r$  — то есть в два раза меньше длины стандартной окружности радиуса  $r$



Примером евклидова орбифолда служит также трехмерная сфера с сингулярным множеством **узел «восьмерка»** с индексом «3». Индекс означает, что любая маленькая окружность с центром на сингулярном множестве имеет длину в 3 раза меньше стандартной.

Отметим следующий любопытный факт — образам криволинейного четырехгранника, являющегося фундаментальным множеством орбифолда «восьмерка» с индексом «3», без просветов и наложений можно заполнить все евклидово пространство  $E^3$



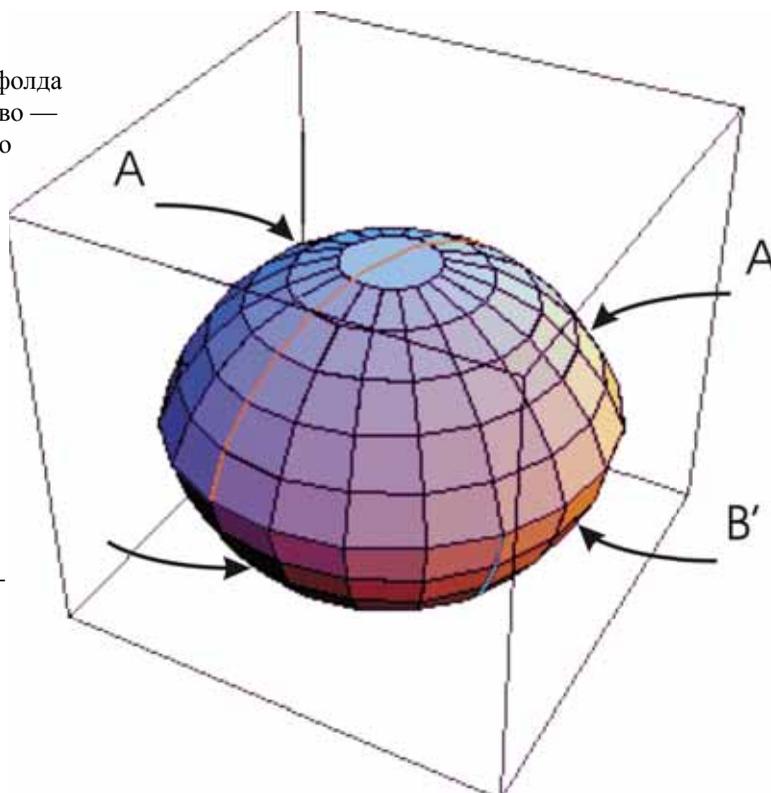
## Трехмерные орбиболды

### Евклидовы орбиболды

Для всякого трехмерного евклидова орбиболда существует фундаментальное множество — криволинейный многогранник, из которого заданный орбиболд можно получить, попарно отождествляя (склеивая) определенные его грани.

Примерами евклидовых орбиболдов могут служить так называемые *Борромеевы кольца* или трехмерная сфера с сингулярным множеством *узел «восьмерка»*.

Всего существует 230 замкнутых трехмерных евклидовых орбиболдов — по числу кристаллографических групп, открытых в конце прошлого века русским ученым Е. С. Федоровым. Строение евклидовых орбиболдов было полностью описано в докторской диссертации У. Данбара, защищенной в 1981 г. в Принстонском университете — крупнейшем математическом центре мира.



### Сферические орбиболды

Сингулярным множеством сферических орбиболдов может служить так называемый *рациональный узел* или *зацепление*. Им может оказаться также заузленный граф, из каждой вершины которого выходит по три ребра. В частности, сингулярным множеством сферического орбиболда будет являться скелет тетраэдра (ребра + вершины), расположенный в трехмерной сфере.

При этом следует иметь в виду, что сильные заузливания тетраэдра могут испортить сферическую геометрию и заставить орбиболд обладать евклидовой, гиперболической или одной из синтетических геометрий.

Недавно австралийцами профессором К. Ходжсоном и его учеником Д. Хеардом создана компьютерная программа, позволяющая вычислять объемы заузленных графов, вложенных в трехмерную сферу (Hodgson and Heard, 2005). Полная классификация трехмерных орбиболдов во всех геометриях, кроме гиперболической, сделана в работах У. Данбара. Как и в случае многообразий, гиперболическая геометрия является наиболее богатой, и полное описание орбиболдов в ней до сих пор не получено.

Пусть  $p/q$  — несократимая дробь с условием  $p > q > 1$ . В сферическом пространстве  $S^3$  рассмотрим линзу с углом, равным  $\pi/p$  и поделим ее ребро точками  $1, 2, \dots, 2p$  на  $2p$  равных частей. Соединим пары точек  $\{p, 2p\}$  и  $\{q, p+q\}$  сферическими дугами, лежащими по разные стороны линзы. Поворотами на  $180^\circ$  в построенных дугах отождествим половины граней линзы  $A, A'$  и  $B, B'$ . В случаях  $p/q = 2/1$  мы получим, соответственно, *зацепление Хопфа*, состоящее из двух сцепленных окружностей; в случае  $p/q = 3/1$  — *узел «трилистник»*; при  $p/q = 5/3$  — уже описанный *узел «восьмерка»*



Слева — **зацепление Хопфа**, состоящее из двух сцепленных окружностей;  
внизу — **узел «трилистник»**



Сингулярным множеством сферического орбифолда будет являться также скелет тетраэдра (ребра + вершины), расположенный в трехмерной сфере. Для простоты будем считать, что все ребра имеют сингулярность с индексом «2».  
В этом случае тетраэдр можно вложить в  $S^3$ , предварительно «закрутив» его ребра, например, способом, указанным на рисунке слева.  
В результате снова получится сингулярное множество сферического орбифолда

## Гиперболические орбифолды

Из теоремы Монтезиноса следует, что каждое трехмерное многообразие может быть превращено в гиперболический орбифолд, если внутрь его поместить подходящее сингулярное множество. Поскольку существует бесконечно много различных многообразий, отсюда следует, что существует также бесконечно много гиперболических орбифолдов.

Один из простейших гиперболических орбифолдов — трехмерная сфера с сингулярным множеством Борромеевы кольца с индексом сингулярности 4. Другой пример — сильно заузленный тетраэдр, все ребра которого имеют индекс сингулярности два. Доказательство таких фактов обычно достаточно сложно и может быть проведено с помощью теорем о геометризации, полученных У. Терстоном, его учениками и последователями. Общий принцип доказательства состоит в следующем: если орбифолд не является евклидовым, сферическим или синтетическим и удовлетворяет некоторым простым геометрическим условиям, то он — гиперболический.

**И**зменения, произошедшие в математике за последние более чем полтора века, не только необозримо расширили ее содержание, но и изменили его принципиально. В предмет математики сейчас входит любая структура, которую можно исследовать путем логического рассуждения с достаточной строгостью и богатством выводов. Найдет ли она применение и прообраз в действительности — это уже вопрос не к математике.

Понятно, что фактически наибольшее развитие получают те теории, которые находят существенные применения в самой математике и тем более за ее пределами. Хотя опыт развития науки уже достаточно число раз показал, как самые отвлеченные теории находили потом чрезвычайно существенные приложения. Но для самой чистой математики это в принципе безразлично. Лучшее всего творческое кредо новой математики выразил создатель теории множеств Г. Кантор, гордо заявив: «Сущность математики... в ее свободе».

### Литература

Винберг Э.Б. *О неевклидовой геометрии*, Соросовский обзорательный журнал, № 3, 1996, С. 104—109.

Терстон У. *Трехмерная геометрия и топология*, М: МЦНМО, 2001 (Перевод с англ. под ред. О.В. Шварцмана).

Hodgson C., Heard D. *Computer program "Orb"*, August 2005, <http://www.ms.unimelb.edu.au/~snap/orb.html>

Изображение на титульной странице статьи взято с <http://sprott.physics.wisc.edu>

Работа поддержана грантом РФФИ (№ 06-01-00153) и INTAS (№ 03-01-3663)

Автор и редакция выражает искреннюю благодарность Н.В. Абросимову (вед. инженеру Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, студенту 6-го курса НГУ), оказавшему неоценимую помощь при подготовке публикации

## Комментарий физика:

Глядя со стороны на теоретические изыскания математиков, даже у ближайших их союзников — физиков часто возникает вопрос: зачем изучать и развивать эти безусловно красивые и интересные, но все же абстракции? Однако даже небольшой экскурс в историю физики ставит все на свои места. Для нас математика — это язык. А когда разговариваешь на каком-то языке, то часто даже не осознаешь, сколько усилий было затрачено для его создания: кажется, что все возникает само собой... И хотя действительно подобное случается — сам сэр Ньютон создал физику одновременно с аппаратом интегрирования и дифференцирования — сценарий обычно другой. Сначала обнаруживается нечто новое, за этим следует серия безуспешных попыток описать это «на пальцах», затем — поиск подходящего аппарата в математике и, наконец, финиш — бурное развитие этого аппарата. Что-то полезное при поиске находится всегда, потому что математики не скованы ограничениями, которые накладывает на остальных ученых окружающий мир, — они творят универсальный язык для всех случаев жизни



# ЖИВЬЕ

Фото К. Квант

## С.В. НАУГОЛЬНЫХ

### НАУГОЛЬНЫХ

Сергей Владимирович — доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории палеофлористики Геологического института РАН (Москва). Научные интересы: морфология и систематика ископаемых высших растений, палеонтология, палеоэкология, фитогеография, исследования палеопочв



# Ископаемые



*Пожалуй, единственная постоянная черта нашего мира — его переменчивость. Меняются русла рек и берега океанов, поднимаются из недр и рассыпаются в прах горы, рождаются и умирают материки... Что же сказать о живой плоти — такой хрупкой и ничтожной в том четвертом измерении, названном временем? Тем не менее именно живая сложно организованная материя, а не бездушный неорганический мир дают нам образцы беспримерного постоянства и стойкости*

**Ф**еномен «живых ископаемых» достоин удивления. Известно, что в масштабах геологического времени эволюция живых существ идет довольно быстро. Конечно, скорость или темпы образования новых таксонов в разных группах организмов различаются. Если не принимать во внимание мир микроорганизмов с его специфическими законами видообразования, то по крайней мере среди эукариот определенный вид организмов существует в среднем несколько сотен тысяч или миллионов лет, а затем сменяется новым или вымирает. В некоторых группах животных, особенно среди простейших, моллюсков (например, двустворчатых и брюхоногих, а также у аммонитов), ряда млекопитающих (например, грызунов) скорость видообразования еще выше. Именно благодаря такой смене форм живых существ мы замечаем, как динамично менялся облик органического мира Земли в минувшие геологические эпохи.

Вместе с тем существуют организмы, составляющие исключение из общего правила. Они представляют собой фактически «застывшие» во времени типы

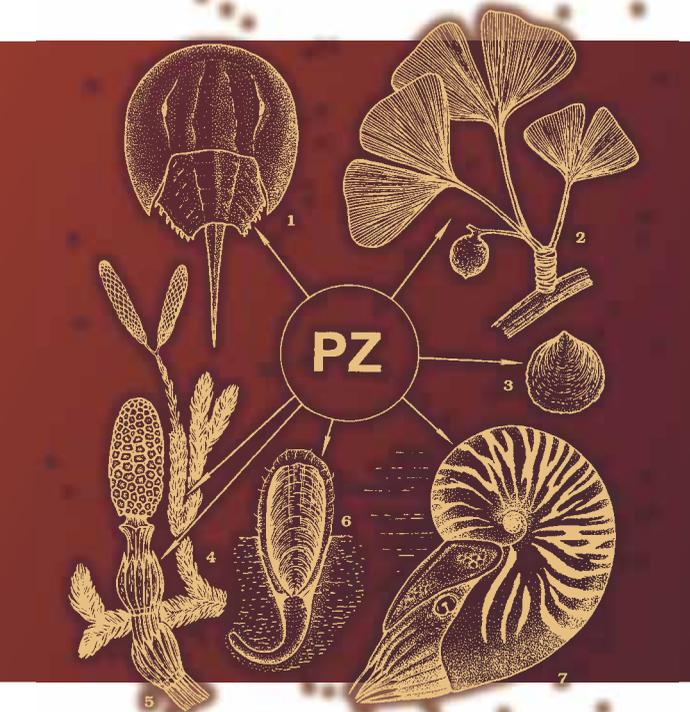
животных и растений, представителей ранее широко распространенных таксономических групп. Именно такие формы и называют «живыми ископаемыми» или, реже, «персистирующими типами» (Schindewolf, 1993), или «реликтами» (Давиташвили, 1969; Яблоков, Юсуфов, 1989).

«Живых ископаемых» не так много. Если относить к ним только те организмы, которые повторяют строение своих предков, живших в начале мезозоя или даже в палеозое, то таких наберется всего несколько десятков. Это очень мало, просто ничтожное количество на фоне многих сотен тысяч видов, обитающих на нашей планете, сотые доли процента от общего разнообразия. Тем не менее важность их для науки трудно переоценить. Дело в том, что одна из серьезных трудностей, с которыми сталкиваются палеонтологи, связана с реконструкцией различных биологических особенностей ископаемых организмов, например физиологии или процессов размножения. Разобраться в строении древних животных и растений трудно потому, что в виде окаменелостей сохраняются, как правило, только твердые части: панцири, раковины и кости... А как были устроены мягкие ткани вымерших видов? Вот тут-то на помощь палеонтологам и приходят «живые ископаемые» — живые музейные образцы, заботливо сохранные природой.

## Вечность, застывшая в раковинах

Первый представитель «живых ископаемых» заставляет нас сделать небольшое отступление в античную мифологию. Один из древнегреческих мифов рассказывает нам о скульпторе Пигмалионе, который, разочаровавшись в современницах, изваял идеал женской

относительно друг друга, а также некоторыми другими архаическими особенностями. Выловленная в Тихом океане моноплакофора оказалась очень похожей на свою кембрийскую (!) родственницу, относящуюся к роду *пилина* (*Pilina*). Ее современную пра-пра-правнучку назвали, естественно, неопилиной, т. е. «новой пилиной» (*Neopilina*), а видовое название дали в честь судна, на котором было сделано открытие, — Галатея (*N. galathea*). К настоящему времени описано уже



«Живые ископаемые», непосредственные предки которых появились на Земле в палеозойскую эру:

1 — мечехвост; 2 — гингко; 3 — неопилина; 4 — плаун; 5 — хвощ; 6 — лингюла; 7 — наутилус

красоты. Прекрасную мраморную статую, названную Галатеей, оживила богиня любви и красоты Афродита, сжалившаяся над скульптором.

Именно в честь красавицы Галатеи и было названо научно-исследовательское судно, проводившее в 1952 г. траление в Тихом океане у берегов Коста-Рики. При разборе очередного улова, поднятого с глубины 3590 метров, была найдена странная колпачковидная ракушка с макушкой, смещенной к одному из краев раковины. После тщательного изучения этого экземпляра оказалось, что он принадлежит моллюскам. Но не к современным группам, широко представленным в морях и океанах, а к *моноплакофорам*, считавшимся давно вымершими.

Моноплакофоры отличались от всех других моллюсков мускулами, симметрично располагавшимися

восемь современных видов моноплакофор, распределяемых по четырем родам. Обитают современные моноплакофоры в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах, в основном на больших глубинах (от 1000 до 6500 м), ползая по дну с помощью мускулистой ноги.

Неопилина галатея и ее родственницы — одно из подтверждений того, что органический мир прошлого нам известен очень и очень неплохо. Если, изучая современную фауну, мы обнаруживаем группы, которые были давно известны по ископаемым остаткам, значит, наши знания о «былых биосферах» вполне сопоставимы с тем, что мы знаем об окружающем нас мире.

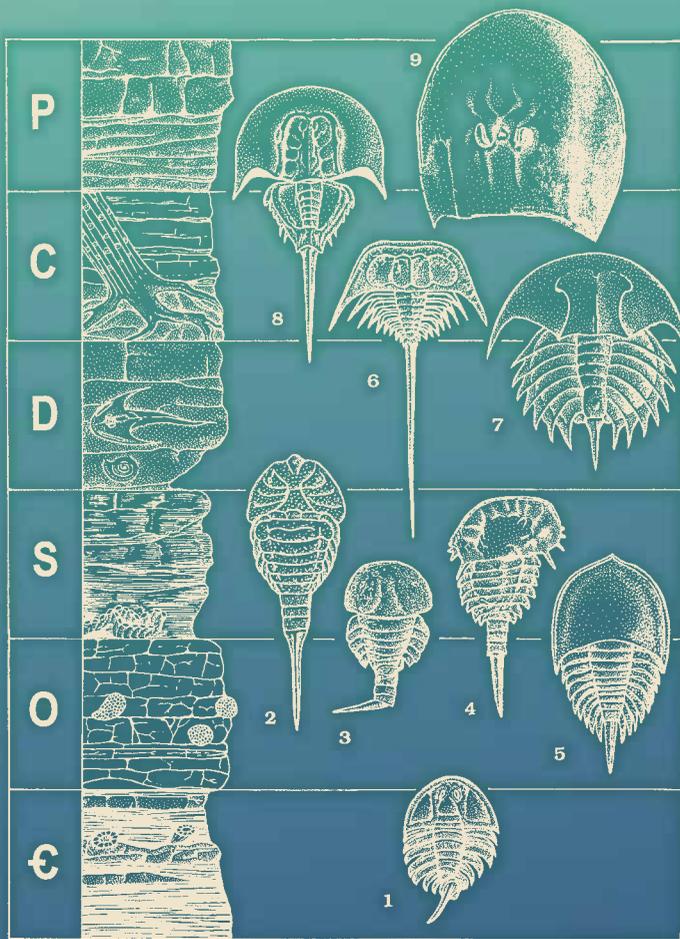
К одним из наиболее популярных представителей «живых ископаемых» относится *наутилус*, обитающий в морях, омывающих берега Индо-Китая, в восточной части Индийского океана и юго-западной части Тихого океана, на глубинах от 100 до 700 метров. Его красивые перламутровые раковины привлекают ювелиров и коллекционеров раковин.

Предки современного наутилуса, головоногие моллюски из подкласса *наутилоидей* (*Nautiloidea*), чувство-

У древних наутилоидей встречались самые разные модификации трубчатой раковины с перегородками: и прямые, и изогнутые, и спирально свернутые. Подавляющее большинство этих животных вымерло в конце палеозоя, на границе перми и триаса



Наутилусы в облицовке  
из красного крымского мрамора  
в московском метро.  
Фото А. Мироненко  
([www.paleometro.ru](http://www.paleometro.ru))



Ископаемые предки современных мечехвостов (правда, относящиеся к другим родам, но до многих мелких подробностей повторяющие строение друг друга) известны в мезозое и даже в палеозое:

- 1 — *Aglaspis catoui*, верхний кембрий, Северная Америка;
- 2 — *Bunodes* sp., силур, Европа;
- 3 — *Bunodes iunula* var. *schrenki*, верхний силур, Прибалтика;
- 4 — *Hemiaspis limuloides*, верхний силур, Англия;
- 5 — *Pseudoniscus roosevelti*, верхний силур, Северная Америка;
- 6 — *Bellinurus reginae*, верхний карбон, Ирландия;
- 7 — *Euproops danae*, каменноугольный период, Северная Америка; близкие формы известны из каменноугольных отложений Западной Европы и Донбасса;
- 8 — *Paleolimulus avitus*, нижняя пермь, Северная Америка;
- 9 — *Limulus oculatus*, верхняя пермь, Приуралье. Длина форм 1—8 составляла несколько сантиметров, последний вид имел гигантские размеры: длина только головогруди превышала тридцать сантиметров

вали себя очень привольно в морях палеозойской эры. Из всего этого разнообразия остался лишь наutilus или, как его еще называют, «жемчужный кораблик», представленный в современной фауне несколькими видами.

В кембрии появляется еще одна группа морских беспозвоночных, современных представителей которой без колебаний можно отнести к «живым ископаемым». Это беззамковые брахиоподы (или плеченогие) с хитиново-фосфатной раковиной, относящиеся к роду *лингула* (*Lingula*), что по латыни означает «язычок».

Просто устроенная двусторонняя раковина лингулы имеет удлиненно-овальную форму и небольшие размеры (около 5 мм в длину). Со стороны макушки раковины высовывается нога, с помощью которой животное закоривается в грунте. С другой стороны раковины лингула могла высовывать длинные «руки» с ресничками, создающими ток воды внутрь раковины, способствующий фильтрации и отцеживанию мелких пищевых частичек.

Лингулы нередко обитают в таких условиях, которые не по вкусу другим донным обитателям. Например, в условиях сильного опреснения морской воды, химического (как правило, серо-водородного) заражения придонных участков. Поэтому часто случается так, что лингулы образуют однородные сообщества. Такие лингуловые «общества» можно наблюдать как в современных морях, так и обнаруживать, что называется, на ископаемом материале. Специалистам по палеозойским отложениям прекрасно знакомы лингуловые глины в верхнепермских (казанских) отложениях европейской России. Буквально нашпигованные мелкими раковинами лингул, они образовались, судя по всему, как раз в серо-водородных условиях. Таким образом, лингул можно использовать и как важный палеоэкологический маркер.

## Братья ракоскорпионов

Если неспециалист и затруднится при установлении «древности» в общем-то обычных на вид моллюсков, то оригинальность облика следующих представителей «живых ископаемых» просто бросается в глаза.

Во-первых, речь идет о *мечехвосте* или *лимулосе* (*Limulus polyphemus*). Несмотря на малосимпатичное видовое название (Полифемом звали циклопа, пытавшегося погубить Одиссея и его спутников), сам по себе мечехвост — милое и безвредное создание. Тело его состоит из головогруди в виде подковообразно изогнутого полусферического панциря (отсюда английское название мечехвоста *horse-shoe crab*, т.е. краб-подкова, хотя к крабам мечехвост никакого отношения не имеет), брюшка и длинного хвоста в виде заостренного меча (потому-то он и мечехвост!). Ничего воинственного в этом

Палеозойские мечехвосты отличались от современных более отчетливой сегментацией брюшка, сегменты которого еще не срослись в единый панцирь. Однако у личинки современного мечехвоста отдельные сегменты брюшка видны так же хорошо, как у палеозойских предков. А на еще более ранней стадии эта личинка и вовсе похожа на трилобита!

Образец из Государственного Геологического музея им. В. И. Вернадского (Москва)

«меч», правда, нет, он используется исключительно для закапывания в грунт.

Обитают мечехвосты в морях Индо-Китая и Карибском море, у берегов с песчаными отмелями, очень подходящих им для выведения потомства. Мечехвосты достигают значительных размеров, попадаются особи не менее одного метра в длину. Панцири умерших особей иногда образуют настолько большие скопления на берегу, что местные жители перемалывают их на удобрения. В большой чести лимулюсы и у собирателей разных морских диковинок.

Удивительно, но многие миллионы лет назад мечехвосты обитали и на территории России. Например, панцирь мечехвоста был найден в нижнемеловых песчаниках Подмосковья вместе с раковинами аммонитов, известные древние остатки мечехвостов из триасовых отложений Поволжья. Головогрудь крупного мечехвоста обнаружена в позднепермских песчаниках Приуралья, а мелкие мечехвосты встречаются в каменноугольных отложениях Донбасса вместе с остатками наземных растений. Известны мечехвосты и из отложений гораздо более древних. Непосредственными родственниками мечехвостов, их «родными братьями», были ракоскорпионы, наводившие ужас на обитателей силурийских и девонских морских лагун и широких устьев рек.

Взглянув на хронологию появления предков мечехвостов в геологической летописи, можно заметить одну важную закономерность. Древнейшие мечехвосты имели тело с большим количеством сегментов. Например, у кембрийского *агласписа колючконогого* (*Aglaspis spinifera*) их было ровно одиннадцать. У эволюционно молодых форм количество сегментов неуклонно уменьшается за счет слияния некоторых из соседних сегментов. В результате пермский мечехвост *палеолимулос авитус* (*Palaeolimulus avitus*) уже похож на современного. Его брюшко представляет собой единый щит, однако на нем еще видны поперечные борозды, отмечающие границы последних шести сегментов, слившихся краями.

Очень схожая эволюционная тенденция наблюдается у многих других ископаемых организмов, обладающих первоначально сегментированным телом, состоящим из одинаковых метамеров. В процессе эволюции число сегментов уменьшается и происходит их последующая специализация. Этот процесс морфологических преоб-





Еще одно знаменитое «живое ископаемое» — **латимерия** (*Latimeria*), представительница кистеперых рыб, появившихся в девонском периоде и считавшихся давно вымершими. Однако в 1938 г. в Индийском океане у южноафриканского побережья был выловлен живой экземпляр, что стало настоящей сенсацией в научных кругах, заставившей переписывать учебники биологии. На рисунке слева — девонская кистеперая рыба эустеноптерон (*Eusthenopteron*), справа — современная кистеперая рыба латимерия (*Latimeria*)

разований, широко распространенный среди животных и растений, принято называть *олигомеризацией*.

Еще один классический пример «живых ископаемых» — **гаттерия** (*Sphenodon punctatus*), рептилия из группы *клювоголовых*, все ближайшие родственники которой исчезли еще в мезозойскую эру, а непосредственные предки появились на Земле еще до динозавров. Сейчас гаттерия сохранилась лишь на небольших заповедных островках у побережья Новой Зеландии.

## Под сенью мезозоя

«Живые ископаемые» встречаются и в мире растений. Так, в средней полосе России растут всем хорошо известные **плауны** и **хвощи** — споровые растения, в большинстве своем предпочитающие сырые тенистые места. В современной растительности и хвощи, и плауны представлены только невысокими травянистыми формами. Однако их палеозойские предки, очень привольно чувствовавшие себя в палеозойских лесах, достигали гигантских размеров.

Нередко в качестве чуть ли не прямых предков современных хвощей упоминаются *каламиты* — огромные членистостебельные растения каменноугольного периода. Вместе с тем это утверждение не совсем верно. Каламиты, безусловно, были близки предкам хвощей по своему таксономическому положению, но родословное древо хвощей восходит, судя по многим признакам, от другой группы палеозойских членистостебельных — от семейства *черновиевых* (*Tchernoviaceae*). Зоны размножения состояли у них из многочисленных органов спороношения, расположенных на нескольких последовательных стеблевых междоузлиях. В процессе эволюции число генеративных зон черновиевых сократилось (опять олигомеризация!) до одной, которая и стала праобразом *стробила* — спороносного колоска современных хвощей.

Первенство же среди растительных «живых ископаемых» следует, безусловно, отдать **гинкго билоба** (*Ginkgo biloba*). Вообще говоря, именно в адрес этого удивительного дерева и был впервые применен эпитет «живое ископаемое», причем сделал это сам творец эволюционной теории Чарльз Дарвин.

Пермский ландшафт с древними членистостебельными рода паракаламита (*Paracalamitina*) из семейства черновиевых — ближайшими родственниками современных хвощей



Хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.) — представитель единственного рода современных хвощевидных

Современное гинкго — довольно большое дерево, достигающее тридцати метров в высоту. У него красивая пирамидальная крона и очень характерные листья с ромбовидной или треугольной пластинкой на длинном черешке, рассеченной на две лопасти (отсюда и видовое название *билоба*, т. е. двулопастный).

В наше время в естественном окружении гинкго встречается лишь в Китае, где известны несколько природных популяций этого вида, да еще, пожалуй, в Корее и Японии, где оно издавна культивировалось как священное и выращивалось вокруг буддийских храмов. В последние десятилетия гинкго стало приобретать в мире большую популярность: его можно увидеть в Париже и Берлине, в Нью-Йорке и Москве, в ботанических садах и просто растущим на улице.

Древние гинкго, практически ничем не отличающиеся от современного гинкго билоба, были широко



распространены в лесах мезозойской эры, особенно в юрском и меловом периодах. Правда, семенные органы мезозойских гинкговых отличались большим количеством семян, прикреплявшихся к генеративной оси. У современного вида семян только два, из которых к концу генеративного сезона вызревает, как правило, только одно. Помимо мезозойских гинкговых сейчас известны и растения палеозоя, обладавшие листьями и семеносными органами, удивительно сходными с таковыми у гинкго. Одно из таких растений — *керпия крупнолопастная* (*Kerria macroloba*) — было обнаружено в пермских отложениях Приуралья.

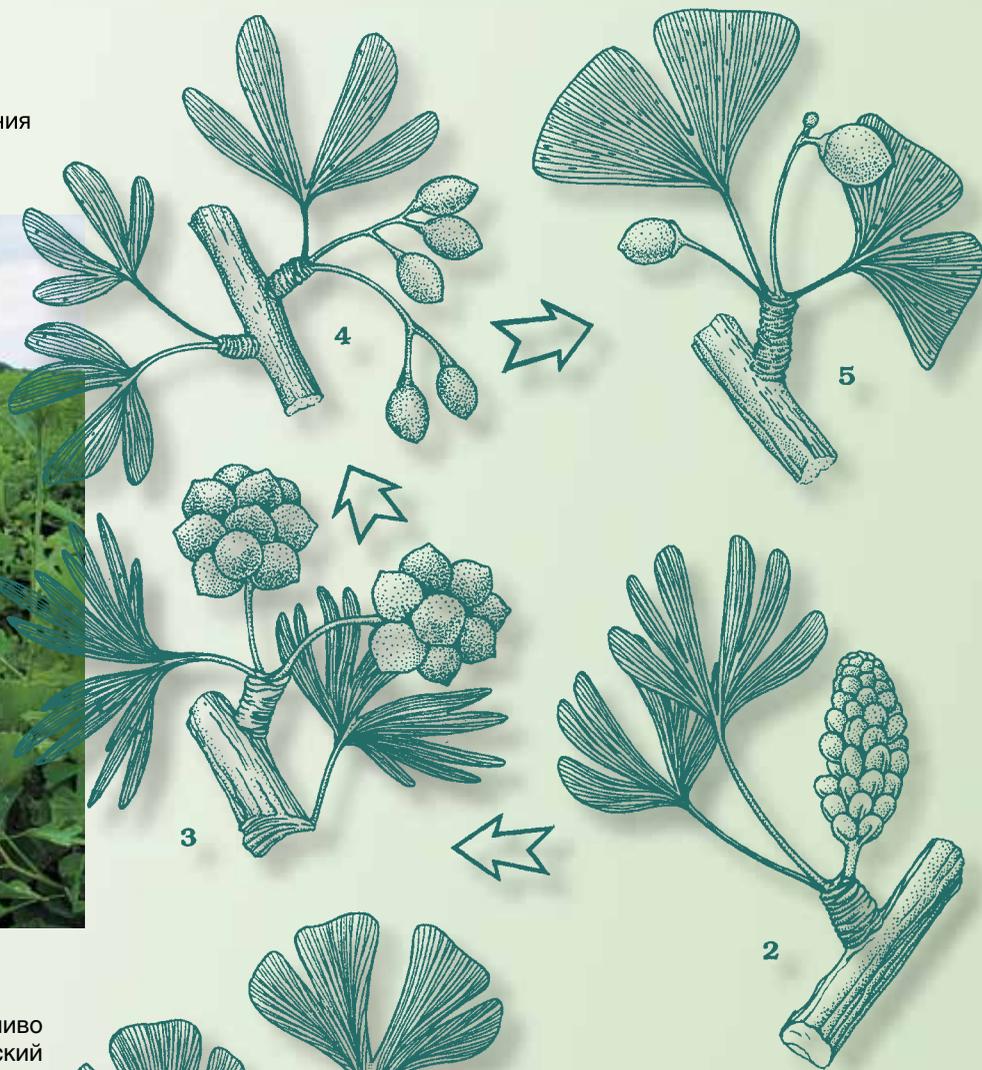


Паракаламитес (*Paracalamites*) —  
хвоцевидное пермского периода

Спороносные весенние побеги  
хвоща полевого (*Equisetum  
arvense* L.), на верхушке которых  
видны стробилы — плотное  
собрание спорофиллов

Сейчас гинкго выращивают  
на плантациях для использования  
в фармацевтических целях.

Фото К. Квант



В эволюции гинкговых отчетливо  
заметен морфогенетический  
тренд, выражающийся  
в упрощении строения  
репродуктивных органов  
и сокращении числа семян:

1 — *Kerpia macroloba* Naug. (слева)  
и *Karkenia* sp. (справа), нижняя  
пермь Приуралья;  
2 — *Karkenia* spp., триас, юра,  
нижний мел, реконструкция (по:  
Archangelsky, 1965);  
3 — *Yimaia hallei* (Sze) Zhou et  
Zhang, юра Китая (по: Zhou, Zhang,  
1992);  
4 — *Ginkgo yimaensis*  
Zhou et Zhang, юра Китая  
(по: Zhou, Zhang, 1989);  
5 — *Ginkgo biloba* L.,  
современный вид

**В** чем же секрет долгожительства «живых ископаемых»? Очевидно, в очень удачном сочетании признаков, необходимых для выживания в постоянно меняющемся мире. К ним, прежде всего, относится эффективная репродуктивная стратегия, позволяющая или производить огромное количество потомства, или же искусно оберегать его от врагов.

Во-вторых, большое значение имеет относительно слабая интегрированность в сообщества других организмов. Практически все «живые ископаемые» могут быть отнесены к ценофобам, т. е. организмам, не образующим устойчивых связей с другими компонентами биоценозов. Поэтому, когда в кризисные эпизоды эволюции экосистемы многие виды, входящие в нее, вымирают, эти «индивидуалисты» по-прежнему сохраняют шанс пережить неблагоприятные времена и устроиться уже в новом биотическом окружении. В-третьих, среди «живых ископаемых» много так называемых эврибионтных организмов, которые могут жить в широком спектре климатических и экологических условий.

*«Живые ископаемые» — организмы, сохранившиеся почти без изменений с древнейших времен — могут многое рассказать об особенностях и образе жизни своих далеких предков, известных палеонтологам по ископаемым остаткам. Но значимость для нас этих осколков далекого прошлого далеко превышает их прагматическую ценность. Разве это не чудо — шагать по мокрым тротуарам, на которые, медленно кружась в воздухе, планируют сердечки облетающих листьев гинкго? Их золотистый ковер так же шуршит под нашими ногами, как в невообразимо далеком прошлом под лапами гигантских динозавров и юрких звероподобных рептилий, первых черновиков будущего царя природы...*

*Исследования поддержаны грантами Президента Российской Федерации (№ МД-1703.2005.5), программы Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы», РФФИ (№ НШ-1615.2003.5)*



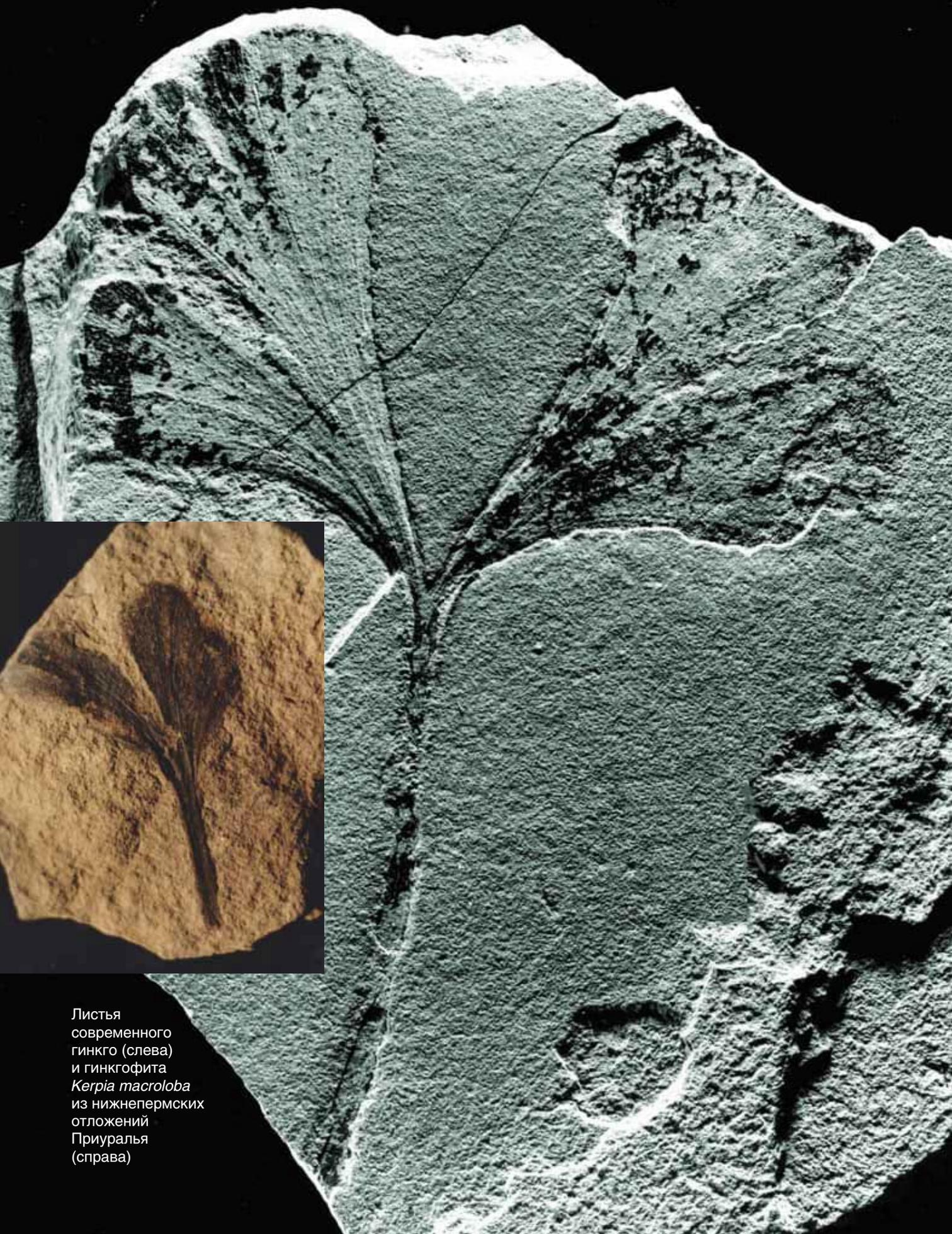
Фото К. Квант



#### Литература

- Давиташвили Л. Ш. Причины вымирания организмов. Москва: Наука, 1969.  
 Яблоков А. В., Юсуфов А. Г. Эволюционное учение (дарвинизм). Москва: Высшая школа, 1989.  
 Holder H. *Naturgeschichte des Lebens*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1996.  
 Schindewolf O. H. *Basic questions in Paleontology. Geologic time, organic evolution, and biological systematics*. Chicago: University of Chicago Press, 1993.

В публикации использованы фото и рисунки автора. Автор и редакция благодарят Кор Квант (Нидерланды, <http://www.xs4all.nl/~kwanten/>) за любезно предоставленные фотографии современного гинкго



Листья  
современного  
гинкго (слева)  
и гинкгофита  
*Ginkgoites macroloba*  
из нижнепермских  
отложений  
Приуралья  
(справа)

А.В. КОПТЮГ, М. ТИННСТЕН, М. БЭКСТРЁМ

*И в России, и в Скандинавии лыжный спорт занимает почетное место. Но если в Норвегии наибольшей популярностью пользуются беговые («равнинные») лыжи, то в России и Швеции пальма первенства безраздельно принадлежит горнолыжным видам спорта. И хотя в последние годы среди молодежи растет увлечение снежной доской, но достигнуть популярности горных лыж ей пока не удастся.*

*Сегодня самое время поговорить о некоторых интересных исследованиях в области технологий зимних видов спорта, в особенности горнолыжного. В 2006 г. в Турине (Италия) состоялась Зимняя Олимпиада, а в будущем 2007 г. чемпионат мира по зимним видам спорта пройдет в шведском местечке Оре — всего в 100 километрах от Эстерзунда, где находится одно из отделений Университета Центральной Швеции, чьи научные результаты в области спортивных технологий мы представляем ниже*



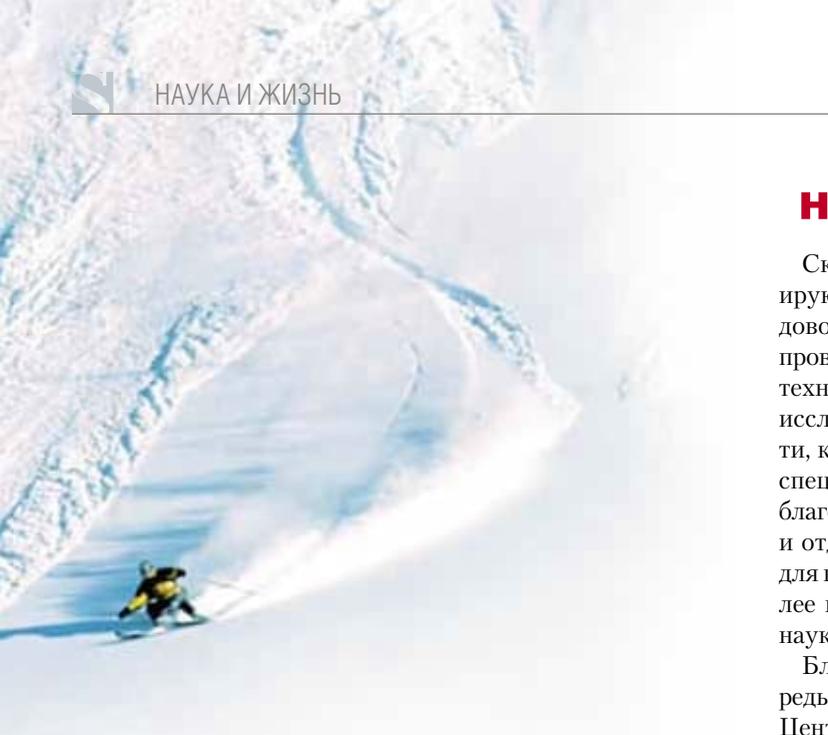
**КОПТЮГ Андрей Валентинович** — кандидат физико-математических наук, доцент факультета информационных технологий Университета Центральной Швеции

**ТИННСТЕН Матс** — доктор технических наук, декан факультета инженерии, физики и математики Университета Центральной Швеции

**БЭКСТРЁМ Микаэль** — доктор технических наук, доцент факультета инженерии, физики и математики Университета Центральной Швеции

# ЛЮДИ и ЛЫЖИ





*Лыжи, в особенности горные, для шведов не просто спорт, а скорее стиль жизни. Это то, что с самого детства очень близко сердцу практически каждого жителя страны и что совершенно не знает возрастных границ. Одна из недель традиционных весенних каникул в Швеции так и называется — лыжная неделя.*

*Шведские дети учатся стоять на лыжах зачастую в то же самое время, как учатся ходить.*

*На горнолыжных склонах можно встретить людей всех возрастов, от 2—3-летней малышни до людей «глубоко пенсионного» возраста. Назвать последних пожилыми язык не повернется — настолько они подтянуты и спортивны. В теплые весенние дни на склонах какого-нибудь из многочисленных шведских так называемых семейных горнолыжных курортов множество молодых родителей «выгуливают» свою мелкоту на взрослых склонах на некое подобии шлейки.*

*Но надо отдать должное шведам — безопасность своих детей они ставят очень высоко: детишки обязательно одеты в защитные шлемы и очки. Частенько можно наблюдать и более экзотические картины. Например, когда молодая, бронзово-загорелая мама катится вниз, придерживая на «шлейке» своего отпрыска в полном горнолыжном снаряжении (шлем, горнолыжные очки, лыжи, ботиночки, комбинезон, но, по традиции, без палок), и одновременно щебечет с кем-то по мобильному телефону.*

*Именно такой поистине всенародной любви к лыжам шведы в значительной мере обязаны и своими достижениями в горнолыжном спорте. Имена таких звезд, как Ингмар Стенмарк, за 10 лет выигравшего 87 (!) чемпионских титулов (включая 13 титулов в одном сезоне), и сегодняшних молодых чемпионов, как обладательница «Большого Хрустального Глобуса» Аня Персон, говорят сами за себя*

## Наука и спорт

Скорее всего эти два понятия не слишком ассоциируются друг с другом у большинства читателей, что довольно естественно. В первую очередь потому, что проводить научные исследования в области спортивных технологий весьма непросто. А во-вторых, потому, что исследовательских центров, работающих в этой области, как и университетов, готовящих соответствующих специалистов, в мире не так уж и много. Вместе с тем благодаря своему быстрому развитию индустрия спорта и отдыха представляет собой перспективную область для прикладных научных исследований, причем наиболее впечатляющие результаты достигнуты на стыках науки и производства.

Благодаря своим традициям и, не в последнюю очередь, своему географическому положению, Университет Центральной Швеции за последнее время превратился в серьезный центр научных исследований и образования в области технологий спорта и активного отдыха. Научные исследования и подготовка студентов здесь ведутся при поддержке и участии национальной шведской сборной по зимним видам спорта и шведского Олимпийского комитета.

Исследовательские группы в области спортивных технологий обычно мультидисциплинальны и включают в себя как специалистов в механике, материаловедении, электронике, компьютерных технологиях и технологиях спорта, так и психологов, врачей, дизайнеров. Многие студенты и сотрудники сами являются активными спортсменами. Все исследования нацелены на разработку новых подходов к решению практических задач,

Наскальному рисунку лыжника из Рёдёр (Норвегия) — около 4 тыс. лет





# Mittuniversitetet

MID SWEDEN UNIVERSITY

*Университет Центральной Швеции, в котором наряду с образованием ведутся научные исследования, — самый молодой из университетов страны. Это единственное подобное образовательное учреждение в провинциях Ямтландия и Вестра Норрланд, составляющих центральную Швецию и занимающих площадь в 71 000 квадратных км. Одной из основных специализаций отделения в г. Эстерзунде являются спортивные технологии. С 2004 года на базе факультета инженерии, физики и математики создано новое научно-образовательное направление «Технологии спорта и отдыха»*

что является значительной поддержкой региональному бизнесу. Успех многих предприятий Ямтландии, где в основном доминирует мелкий и средний бизнес, напрямую определяется высоким уровнем исследований, проводимых университетом. Не в последнюю очередь этим исследованиям обязаны своими успехами в соревнованиях по зимним видам спорта шведские спортсмены, в особенности в отношении лыжного спорта и хоккея.

В спортивных научных изысканиях специалисты вынуждены иметь дело с чрезвычайно сложными динамическими взаимодействиями человеческого тела и спортивного оборудования, да еще при постоянно меняющихся внешних условиях. Человеческое тело уже само по себе является непростым объектом исследования таких привычных дисциплин как физиология, анатомия и медицина. Свойства материалов и механизмов также традиционно изучаются серьезными самостоятельными дисциплинами такими, как химия, материаловедение, механика и т.д. Исследования же спортивных технологий, идущие на «стыках» многих дисциплин, не только обязаны быть мультидисциплинарными, но и требуют при этом особой подготовки специалистов. В Швеции, как и в России, к этим проблемам относятся очень серьезно, вкладывая значительные ресурсы в обучение и исследования в этих областях.

## Непростые лыжи

Все сказанное выше в полной мере относится к зимним видам спорта, в том числе к лыжам. И если в прошлом практически единственным материалом, применяемым при изготовлении лыж и лыжных палок, являлось дерево, то сегодняшние технологии производства лыжного инвентаря по сложности сравнимы с космическими. В производстве современного лыжного снаряжения высокого класса дерево практически не используется, его вытеснили различные пластмассы,

*Программа образования по специализации «Технологии спорта и отдыха» Университета Центральной Швеции является уникальной не только для Швеции, но и для Европы в целом. Тематика исследований по этому направлению обширна: спортивный инвентарь, увеличение эффективности как самого инвентаря, так и самой главной части спортивных состязаний — человека, минимизация риска травматизма, спортивные технологии для инвалидов и т.п.*

*Более подробную информацию можно узнать на сайтах: [www.miu.se](http://www.miu.se) (университет), [www.sportstech.se](http://www.sportstech.se) («Технологии спорта и отдыха»), [www.are2007.com](http://www.are2007.com) (чемпионат мира по горнолыжному спорту в г. Оре)*



композитные материалы и металлы (сталь, титан, алюминий), которые при меньшем весе обладают значительно большей прочностью и износоустойчивостью.

Вопросы износоустойчивости лыж могут показаться надуманными, но это далеко не так. Пусть снег, особенно свежеснеговываливший, и кажется совсем мягким, но спрессованный на лыжне или горнолыжном склоне он при столкновении ведет себя почти как асфальт. К тому же при высоких скоростях скольжения обдирает скользящие поверхности лыж не хуже наждачной бумаги. Однако при этом поверхность лыж должна обеспечивать легкость скольжения на всех возможных скоростях и при разных погодных условиях.

Лыжи, лыжные палки, ботинки и крепления при «работе» подвергаются значительным нагрузкам (вибрационным, растяжения, сжатия, кручения и т. д.). Вместе с тем они должны по возможности «гасить» эти нагрузки, не передавая их спортсмену, поскольку человеческие мышцы, сухожилия и кости могут таких нагрузок и не выдержать. Лыжные крепления должны обеспечивать определенную подвижность, но при этом препятствовать «ненужным» движениям, а также должны автоматически отстегиваться при падении лыжника, чтобы не допустить травм. И это — лишь часть проблем, над которыми работают исследователи в области спортивных технологий Университета Центральной Швеции.

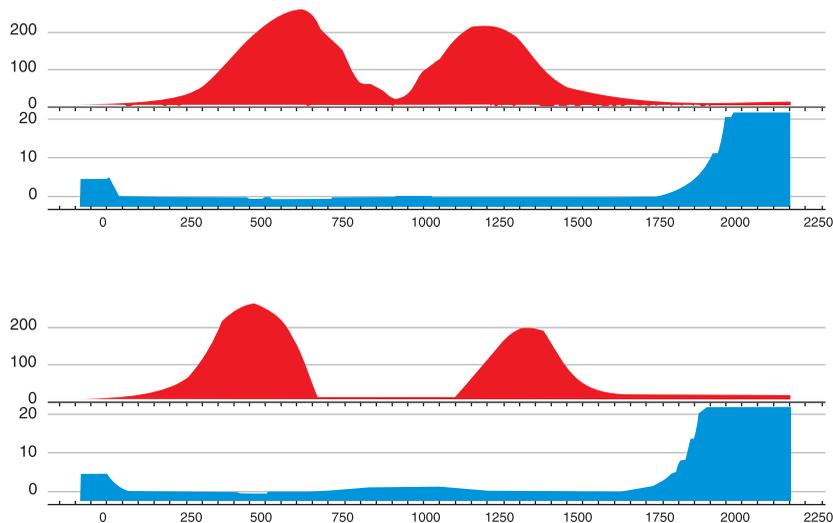
## Эксперименты: что и как измерять

Серьезная наука всегда основывается не на голословных утверждениях, но на экспериментальных данных. Только так можно достичь глубокого понимания основ задействованных процессов, достигнув в конце концов одной из основных целей, а именно — возможности де-

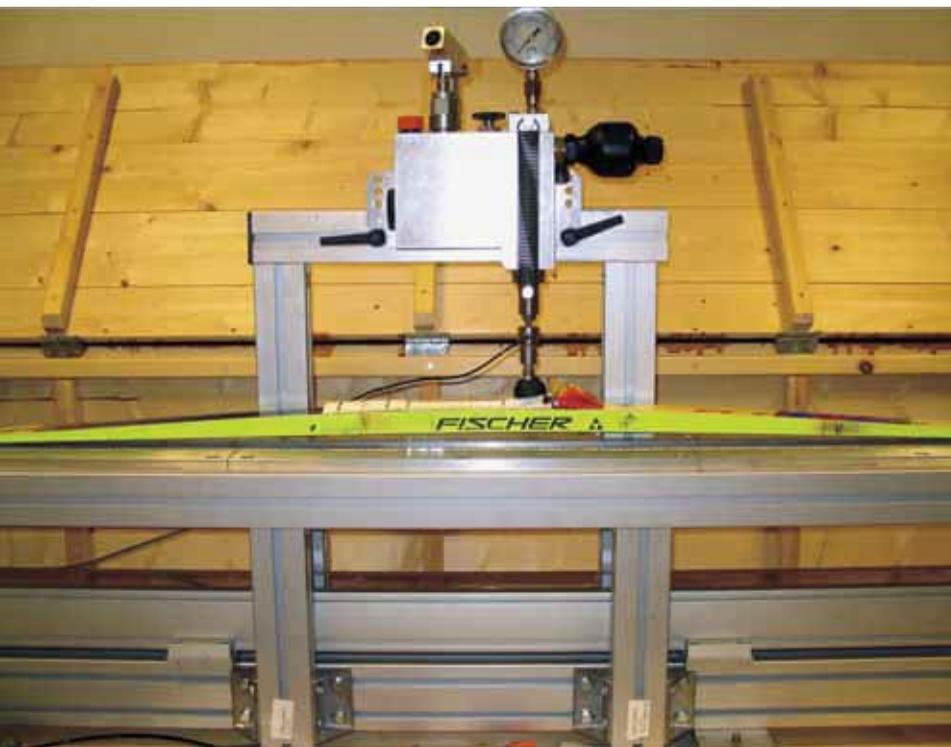


лать предсказания. Наука спорта и спортивных технологий в этом смысле не является исключением.

Но до того как приступать к измерениям, необходимо понять, что и как нужно мерить. Если из результатов эксперимента исследователь не сможет извлечь ничего конкретного, то это будет пустая трата времени, к тому же зачастую весьма дорогостоящая. Более того, как и в любой прикладной науке, результаты исследований здесь должны представлять ценность для «потребителя», т. е. для тех, кто непосредственно занимается спортом, и их тренеров.



Два профиля распределения давления на лыжню, полученные на испытательном стенде (верхние красные кривые — профиль давления, голубые нижние кривые — профиль изгиба нижней поверхности лыжи). Из-за характерного прогиба лыжи профиль давления имеет два «горба»: один ближе к «носке» лыжи, другой — к «пятке». Считается, что наилучшим для мокрого снега является профиль давления с размытыми «горбами», а для сухого снега в морозную погоду — с «узкими», т. е. с четко выраженными зонами давления лыжи на поверхность



Уникальный стенд для измерения характеристик беговых лыж, созданный в Университете Центральной Швеции. Наиболее важными из измеряемых являются параметры, связанные с упругостью, жесткостью и кривыми прогиба лыж, а также профиль давления на лыжню при различных нагрузках.

По договоренности со шведской национальной сборной по зимним видам спорта, опубликование материалов, связанных с этими исследованиями, было задержано до проведения Зимней Олимпиады в феврале 2006 г. Фотографии публикуются впервые

Для лыжного спорта первоочередной интерес представляют параметры, характеризующие «инвентарь», тело спортсмена и в особенности их взаимодействие в разных режимах. Необходимость детальных измерений параметров лыж диктуется, в частности, необходимостью подбора идентичных пар.

Известно, что даже лыжи, изготовленные на промышленных линиях ведущих компаний, отличаются одна от другой. Для улучшения спортивных результатов из многих сотен лыж подбираются пары одинаковых. Традиционно это делается «на слух» — по звучанию лыжи (характеристикам вибраций), «на глазок» и руками — по изгибу. Соответственно подобная процедура более всего напоминает некий шаманский ритуал. Особой точности от подобного подбора ожидать не приходится. Гораздо более эффективным является использование специального экспериментального стенда, где можно подобрать не только пары одинаковых лыж, но и лыжи, наиболее подходящие к индивидуальному стилю того или иного спортсмена.

Конечно, далеко не все и не всегда можно измерить в «тепличных» условиях лабораторных корпусов. Значительную долю обычно составляют

эксперименты в условиях, максимально приближенных к «боевым», т. е. сделанные непосредственно на лыжне и на горных склонах.

## Биомеханика лыжного спорта

Основной целью атлетов при их подготовке к соревнованиям является улучшение спортивных показателей: «выше, дальше, быстрее». Этот лозунг как нельзя лучше характеризует цели и задачи биомеханики лыжного спорта, занимающейся изучением

взаимодействия работы «частей» тела спортсмена и спортивного снаряжения (лыж, лыжных палок, ботинок, креплений и т. д.). С точки зрения «потребителя» (спортсменов и тренеров), наибольший интерес заключается в возможности получения практических рекомендаций по технике движения, а также индивидуального подбора лыж и лыжных палок.

К сожалению, возможности экспериментирования в спортивных науках зачастую ограничены. Более того, некоторые стандартные типы экспериментов здесь просто

невозможны. Например, во многих других дисциплинах экспериментирование идет по так называемой степени возрастания сложности выделяемых элементов общей системы. То есть сначала экспериментально исследуются какие-то ее простейшие узлы (части), затем — более сложные, и таким способом исследователь постепенно продвигается к пониманию работы системы во всей ее целостности.

Однако такой подход в биомеханике во многих ситуациях крайне затруднителен. Скажем, вам нужно провести детальные исследования

При отталкивании спортсмена двумя руками происходит интенсивное движение верхней части его тела. Расход энергии на эти движения весьма значителен, и возможность избежать лишних энергетических трат может обеспечить определенные преимущества на лыжне. Компьютерное моделирование позволяет ответить на ряд возникающих при исследованиях вопросов. Например, следует ли спортсмену при отталкивании двумя руками держать локти прижатыми к телу или стоит разводить их в стороны. К сожалению, многие детали этих исследований раскрыть сейчас нельзя, поскольку они используются при подготовке шведских олимпийцев

Лыжный спорт динамичен по своей природе, без исследований движений спортсмена обойтись невозможно. Видеосъемка спортсмена на лыжне помогает лишь частично, поскольку очень сложно стабильно выдерживать нужный ракурс. В Университете Центральной Швеции создана специальная «бегущая дорожка», позволяющая вести цифровую видеосъемку спортсмена со специальными отражающими маркерами на теле. Данные используются в различных исследованиях, включая моделирование и биомеханику лыжного спорта



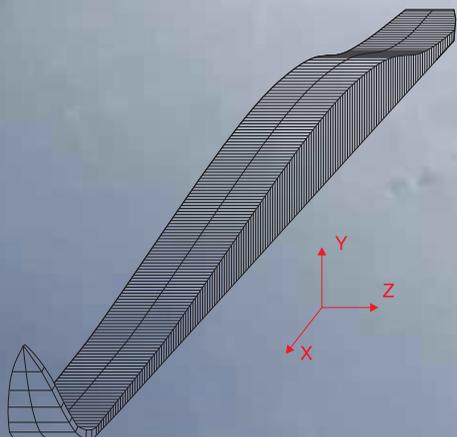


Компьютерные модели использовались при исследованиях влияния «позы» лыжника на эффективность работы его мышц. Ранее считалось, что при отталкивании двумя руками наиболее эффективной для лыжника является поза с выпрямленными в коленках ногами. Однако на сегодняшний день рекомендации тренеров изменились



117





Компьютеру в целом безразлично, что моделируется — живой объект или неживой, вопрос лишь в адекватности модели. Поскольку компьютер оперирует цифровыми величинами, исследователь легко может извлечь из результатов моделирования значения нужных ему параметров, которые затем можно измерить в реальности. Это могут быть как простые физические параметры (сила и давление), так и геометрические профили лыж или лыжных палок



Гусеничные вездеходы BAE Hägglund BV 206, производимые шведской компанией «Бае Хагглунд», подарены университету шведскими вооруженными силами. На их основе созданы три мобильных измерительных лаборатории. Однако даже такие гусеничные машины большой проходимости не могут работать очень высоко в горах. Тогда исследователям приходится превращаться в шерпов и нести оборудование на своих плечах



взаимодействия ноги спортсмена с лыжными креплениями — совершенно невозможно отделить «части и узлы» человеческого тела от их «владельца»! В подобных случаях на помощь приходит математическое (компьютерное) моделирование. Используя хорошую модель, исследователь может ответить на очень многие вопросы, проводить оптимизационные исследования и строить прогнозы. Правда, и в этом случае все равно не избежать экспериментов — результаты проверять все-таки придется! Однако моделирование вполне может сократить затраты времени, средств и усилий исследователя. Правда, остается один небольшой вопрос: а что это такое «правильная» модель и как ее создать? На самом деле это очень сложное, самостоятельное поле исследований, о котором мы поговорим как-нибудь в другой раз...

Компьютерная модель, используемая в Университете Центральной Швеции, учитывает работу более 300 индивидуальных мышц и более 50 костей и других анатомических элементов тела спортсмена. Она помогает определить, как распределяется нагрузка между отдельными мышцами при разных движениях спортсмена, как влияют на расход энергии параметры лыж и лыжных палок и т.п. По просьбе национальной

шведской сборной по лыжам ее используют с целью оптимизации движений спортсменов и при подборе для них лыжного инвентаря.

Компьютерные модели помимо всего прочего оказались очень хороши для генерации реалистичных «картинок» и «мультишек». Это важно, например, в исследованиях влияния позы лыжника на эффективность работы некоторых его мышц. Так, ранее считалось, что при отталкивании двумя руками наиболее эффективной для лыжника является поза с выпрямленными в коленках ногами. Однако на сегодняшний день тренеры, исходя из исследований, советуют спортсменам держать ноги полусогнутыми. Использование моделирования помогает определить позу, наиболее выгодную для индивидуального спортсмена с учетом выбранных лыж и лыжных палок.

## **Мазать или не мазать?**

Мазать или не мазать (лыжи специальной мазью для улучшения скольжения) — вот в чем вопрос... У многих читателей — как профессиональных спортсменов, так и любителей лыжного спорта — вероятно, не возникнет даже и тени сомнения: «Конечно же, мазать!



Специальная установка для измерений сопротивления лыж при скольжении под различной нагрузкой выполнена на базе снегохода. Измерения проводятся на ровном участке профилированной лыжни, что повышает воспроизводимость и точность измерений

Как такое только в голову может прийти? Все мазали, мажут и будут мазать, поскольку это улучшает скольжение!»

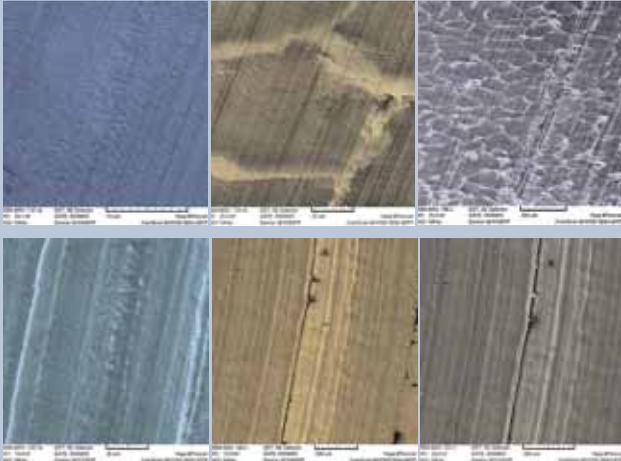
Однако все не так просто, как принято считать. Обычно скользящая поверхность современных лыж для классического хода мажется следующим образом: по концам лыжи наносится *парафин* (мазь для «улучшения скольжения»), а посередине лыжи (под колодку) — мазь для «держания», обеспечивающая возможность отталкиваться. При подготовке лыж для конькового хода на всю скользящую поверхность наносится парафин. «Старые» же, т.е. деревянные, лыжи мажутся по-другому: мазь для «держания» наносится на всю скользящую поверхность.

Так вот, вопрос, поставленный в начале главы, относится именно к парафину как мази, улучшающей скольжение. Многим, очевидно, на собственном опыте пришлось убедиться в том, что в определенных условиях использование даже самых лучших мазей для скольжения может это самое скольжение ухудшить. Тем не менее вряд ли кому-то пришло в голову поставить под сомнение общепринятую концепцию и задаться крамольным вопросом: а надо ли на самом деле парафинить лыжи? Но наука как раз и сильна людьми, которые сохранили возможность разумно «сомневаться». Исследователи должны опираться только на твердо установленные, независимо подтвержденные факты, даже если они и противоречат принятому мнению.

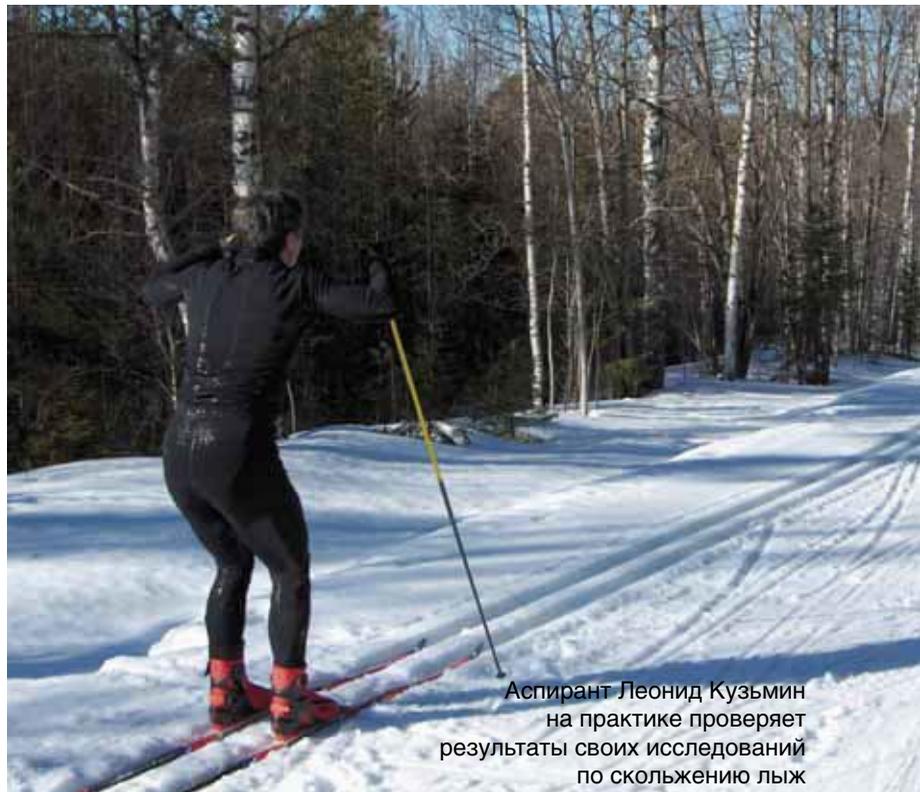
На микрофотографиях материала скользящей поверхности лыж, сделанных на электронном микроскопе, не видно никаких «пор», которые могли бы закрываться благодаря применению парафина

Поэтому специалисты Университета Центральной Швеции совместно с коллегами из Университета в Люлео (Северная Швеция) начали исследования с целью определения основных факторов, влияющих на скольжение лыж.

Дело в том, что технология изготовления беговых лыж непрерывно совершенствуется. В том числе за последние несколько лет изменились материалы, которые ставятся на нижнюю поверхность лыж. Если раньше у лыжников единственным способом улучшить скольжение деревянных лыж было использование различных мазей, то теперь появился богатый выбор пластиковых покрытий, которые сами по себе имеют



Скользящая поверхность лыж, обработанная парафином («мазью скольжения»), собирает с поверхности лыжни различный мусор. Приклеившись к лыжам, он ухудшает качество поверхности и приводит к постепенному увеличению торможения



Аспирант Леонид Кузьмин на практике проверяет результаты своих исследований по скольжению лыж

прекрасное скольжение. Чтобы сравнить параметры скольжения лыж с разными вариантами покрытия скользящих поверхностей, ученым пришлось создать новую измерительную технологию и соответствующую аппаратуру. А для того чтобы исключить влияние посторонних факторов, эксперименты проводились без нанесения на лыжи основной мази («мази держания»).

Полученные результаты удивили многих, включая самих специалистов. Многочисленные эксперименты с «намазанными» и «ненамазанными» лыжами все время давали одинаковый результат: напарафиненные лыжи сначала скользили лучше, но затем это преимущество быстро пропадало при движении. Еще через какой-то промежуток времени «намазанные» лыжи начинали скользить хуже «ненамазанных». Расстояние, после которого скольжение «намазанных» лыж становилось хуже, чем лыж, не покрытых парафином, варьировало в разных экспериментах и составляло от нескольких сот метров до нескольких километров, однако конечный результат оставался неизменным.

Причину удалось выяснить после детальных исследований. Ранее считалось, что парафин закрывает поры на поверхности лыж, улучшая таким образом ее гладкость. Однако нижняя поверхность современных беговых лыж в основном покрывается высокомолекулярным полиэтиленом, обладающим значительной износостойкостью и прекрасным скольжением. При подготовке лыж их нижнюю поверхность к тому же дополнительно выравнивают («циклюют», как паркетный пол) специальными металлическими скребками. В результате поверхность полимера уже приобретает структуру, оптимальную как для отталкивания, так и для скольжения. Положительное же действие парафина на деревянные лыжи объясняется вовсе не закрыванием «пор» на их скользящей поверхности, но уменьшением её «средства» с водой: при нанесении парафина она из *гидрофильной* превращается в *гидрофобную*, т. е. отталкивающую воду.



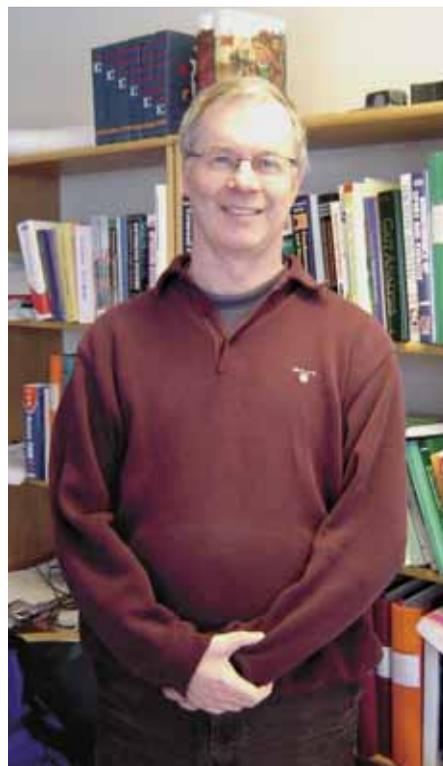




Фото К. Норденмарк



Мари ЛУНД — аспирантка Университета Центральной Швеции, ведет исследования в области биомеханики лыжного спорта. Входит в сборную Швеции по лыжному ориентированию, призер чемпионатов мира по лыжному ориентированию в 2003 и 2004 гг.



Петер КАРЛСОН — доцент факультета инженерии, физики и математики Университета Центральной Швеции. Увлекается лыжами и шахматами

*Вместо заключения нам хотелось бы обратить внимание читателей на тот факт, что научные исследования совершенно необязательно должны быть скучны. Более того, наряду с хорошей профессиональной подготовкой залогом успеха в науке зачастую являются как раз интерес и энтузиазм исследователей. И в этом смысле благодатную почву для них предоставляют спорт и спортивные технологии — одна из немногих областей науки, где предмет исследований и любимое занятие могут совпасть не просто без ущерба друг для друга, но с большой пользой для дела и для здоровья и вдобавок — с огромным удовольствием!*

*В статье использованы материалы исследований и фотографии авторов — молодых сотрудников Университета Центральной Швеции, работающих по направлению «Технологии спорта и отдыха», по совместительству — больших энтузиастов горнолыжного спорта:*



Йоаким ХОЛБЕРГ — аспирант Университета Центральной Швеции, ведет исследования в области биомеханики лыжного спорта, увлекается горнолыжными видами спорта, горным и лыжным туризмом

Леонид КУЗЬМИН — выпускник МВТУ (ныне МГТУ) им. Н. Э. Баумана и Московской государственной академии физической культуры, чемпион СССР по лыжному ориентированию (1989 г.), чемпион Москвы по биатлону (1982 г.). Аспирант Университета Центральной Швеции, чемпион Ямтландии по беговым лыжам. Его диссертационная работа о влиянии парафина на скольжение, выложенная в Интернете (<http://epubl.ltu.se/1402-1757/2006/03/LTU-LIC-0603-SE.pdf>), «скачивалась» для прочтения до 2500 (!) раз в день





фото А. Мариничева