

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

1 (25)
● 2009



КОСМОЛОГИЯ:
ОТКРЫТИЯ И ЗАГАДКИ

«ЗАГОТОВКА
ДЛЯ ТЕЩИ»
С БЕНЗОПИЛОЙ

ЗЕРКАЛЬНАЯ
АСИММЕТРИЯ
В АТОМНЫХ
ЯВЛЕНИЯХ

ДЕТСКИЕ КУКЛЫ
НЁРЫМ ЯХ

ТЕМНЫЕ ИГРЫ ВСЕЛЕННОЙ

ISSN 18-10-3960





Дорогие друзья!

За каждой крупницей научного знания, новыми теориями и фактами стоит напряженная работа многих поколений исследователей. Необходимость существования истории науки как неотъемлемой и лучшей части гражданской истории постулирована еще в начале XVI в. знаменитым английским философом Ф. Бэконом. Он не считал достаточным «сухое перечисление различных школ, учений, имен ученых или же поверхностное изложение хода развития этих наук», но вводил в историю науки социальный и человеческий фактор, резонно полагая, что для правильного понимания исторического хода научного процесса нужно рассказывать в числе прочего и о «наиболее известных спорах, возникавших среди ученых», и о том, «какую клевету приходилось терпеть ученым, и какой славой и почестями они бывали увенчаны».

Во многих случаях сама суть научной работы лучше воспринимается через призму истории выдающихся открытий и жизни их авторов, рассказы о которых могут быть увлекательнее иных бестселлеров. Знакомство с подобными интригующими и часто драматическими сюжетами в детстве или юности стало для многих из нас побуждением к выбору будущей профессии.

В Сибирском отделении РАН делается много для того, чтобы сохранить в памяти имена и работы выдающихся ученых. Наиболее ценными в этом смысле являются воспоминания участников или очевидцев давних событий, благодаря которым удается воссоздать не только «сухие факты», но сам дух науки того времени.

Так, за последние восемь лет в СО РАН издано около двух десятков книг замечательной серии «Наука Сибири в лицах», посвященной известным ученым, организаторам и руководителям сибирской науки и созданным ими научным школам. Публикации на тему истории науки регулярно появляются и на страницах нашего журнала.

В новом выпуске мы знакомим читателей с обстоятельствами открытия, сделанного более тридцати лет назад учеными новосибирского Института ядерной физики Л. М. Барковым и М. С. Золоторевым при теоретической поддержке И. Б. Хриповича. Физики обнаружили нарушение

зеркальной симметрии в атомных явлениях, наблюдая вращение плоскости поляризации света в парах висмута. В те годы основным рабочим инструментом в физике элементарных частиц были ускорители — большие сооружения, на которых работали сотни людей; экспериментальная же установка Баркова—Золоторева была фактически «комнатной». Одновременно подобный опыт проводился в Англии и США, но именно нашим ученым удалось открыть эффект несохранения четности в слабом взаимодействии электронов с атомным ядром.

Этот блестящий экспериментальный результат, полученный в условиях острой конкуренции с ведущими научными центрами, способствовал признанию теоретической модели Вайнберга—Салама, в основе которой лежит идея о единой природе слабого и электромагнитного взаимодействия и которая впоследствии стала основной теорией физики элементарных частиц. Вошедший в энциклопедии эксперимент Баркова—Золоторева не принес его авторам престижных наград, но для ученого так же естественно стремиться к открытиям, как солдату — к маршальскому жезлу, и лучшая награда — доказательство правоты его идей.

Наряду с материалом о физике микромира в номере помещена статья о самом большом по пространственному масштабу объекте науки — Вселенной. Известные российские астрофизики рассказывают о четырех самых значительных открытиях в космологии XX века и трудных загадках этой науки — как старых, так и тех, которые еще предстоит разрешить.

Впервые в нашем журнале мы подготовили публикацию, в которой попытались дать читателю представление о наиболее важных мировых научных результатах минувшего года. Для этого редакция попросила известных сибирских ученых прокомментировать списки крупнейших научных достижений 2008 г., опубликованные в декабре журналами Science и Time. Взгляд наших авторов не во всем совпадает с мнением авторитетных американских изданий, но, с другой стороны, он позволяет трезво оценить состояние и перспективы российской науки в актуальных областях мировых исследований.

академик Н. Л. Добрецов,
главный редактор



По мнению авторитетных зарубежных журналов, главным **НАУЧНЫМ ПРОРЫВОМ** минувшего года стали технологии **ПЕРЕПРОГРАММИРОВАНИЯ КЛЕТОК**. **С. 6**

ТЕЛЕСКОП — это настоящая **МАШИНА ВРЕМЕНИ**, позволяющая воочию видеть прошлое Вселенной. **С. 26**

Академик Л. М. Барков: «Честно говоря, **СТРАШНО БЫЛО**. И когда в Стэнфорде обнаружили **НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ** при рассеянии электронов на дейтерии, с души свалился камень». **С. 38**

ОПЕРАЦИИ по уменьшению объема желудка с целью **ЛЕЧЕНИЯ ОЖИРЕНИЯ** эффективны, но необратимы. **С. 52**

.01**НОВОСТИ НАУКИ**

- 6 Попасть в десятку
- 24 Нанoeлектронику ждет глобальное потепление

.02**ФАКУЛЬТЕТ**

- 26 **А. М. Черпащук, А. Д. Чернин**
Космология: открытия и загадки

.03**ИСТОРИЯ НАУКИ**

- 38 Зеркальная асимметрия в атомных явлениях.
К 30-летию открытия новосибирских физиков

.04**ЧЕЛОВЕК**

- 52 **К. С. Севостьянова, В. В. Анищенко, В. Г. Куликов**
Тяжелая ноша.
Ожирение как медицинская проблема



Чтобы **КАПКАН** на сильном морозе не издавал звук, пугающий зверей, охотники-ханты накрывают его обычной **БУМАЖНОЙ САЛФЕТКОЙ**. **С. 62**

Труд **ПАЛЕОНТОЛОГА** сродни работе **ЗОЛОТОИСКАТЕЛЯ**: промывка 5 т породы на Таралык-Чере дает лишь 100—200 зубов ископаемых животных. **С. 82**

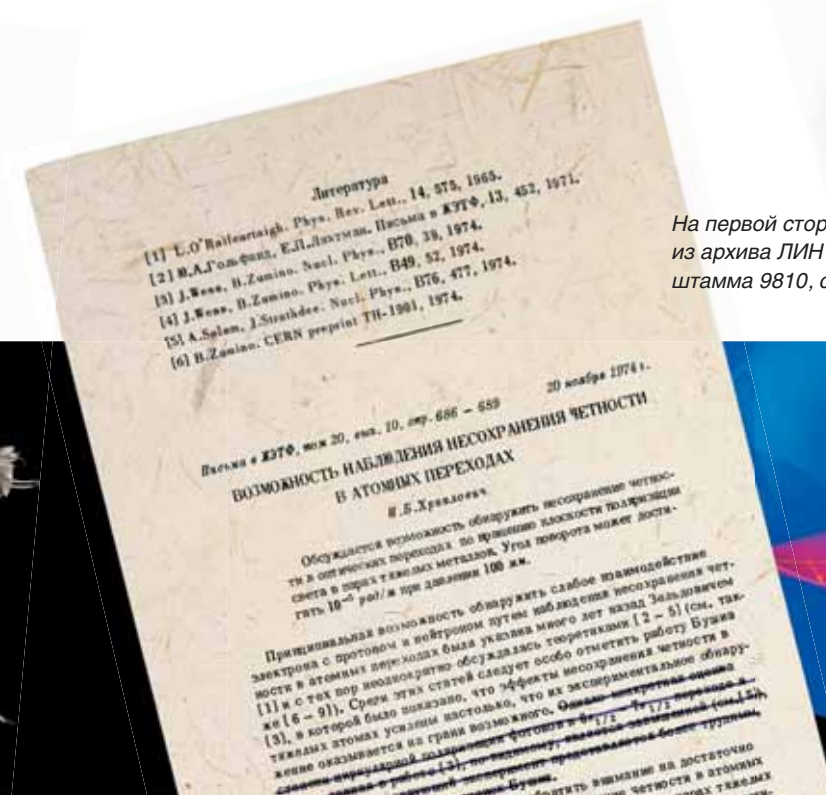
Читать следы и управляться с оленями **ДЕТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭВЕНОВ** учатся в эколого-этнографическом лагере. **С. 88**

.05**ОТКРЫТИЕ СИБИРИ**

- 62 **В. М. Кулемзин**
«Заготовка для тещи» с бензопилой. Как сибирские аборигены соединяют древность с современностью
- 70 **Т. А. Исаева**
Детские куклы нёрым ях. Игрушка как элемент традиционной культуры

.06**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭКСПЕДИЦИЙ**

- 82 **А. В. Лавров, В. И. Забелин**
Тайны красной глины. Новые страницы доледниковой истории Южной Сибири
- 88 **К. А. Сагалаев**
На Индигирку — за туманом и фольклором



На первой стороне обложки использованы материалы из архива **ЛИН СО РАН** (байкальские цианобактерии штамма 9810, сканирующая электронная микроскопия)



ПОПАСТЬ В ДЕСЯТКУ

Авторитетные Science и Time ранжировали научный Олимп, опубликовав в декабрьских выпусках списки наиболее выдающихся достижений минувшего года. По просьбе редакции нашего журнала их прокомментировали известные сибирские ученые

Как известно, цыплят по осени считают, а ведущие журнальные издания, от научных *Science* и *Nature* до информационного *Time*, подводят итоги в декабре, выделяя самые важные результаты исследований уходящего года. (Британский *Nature* нынче заменил традиционную выборку «открытий года» списком «методов года»).

В «горячую десятку» научных прорывов 2008 г. по версии *Science*, одного из самых авторитетных научных журналов, издаваемого с 1880 г., попало шесть достижений из области биологии и медицины. Возглавили список поистине революционные технологии перепрограммирования клеток. Эти работы, которые ведутся с 2006 г., вышли в минувшем году на качественно новый уровень: ученые научились не только превращать клетки взрослого организма в эмбриональные стволовые, но и осуществлять клеточную трансформацию непосредственно, минуя стадию «стволовости».

На втором месте в списке *Science* — наблюдения планет за пределами Солнечной системы. Далекие планеты находятся на расстоянии 10^{15} км от Земли, а размер клетки составляет всего лишь 10^{-5} м. По мнению главного редактора журнала Брюса Альбертса, подобная разница масштабов являет собой захватывающую иллюстрацию поистине фантастических возможностей современной науки.

В отличие от *Science* новостной *Time* отдает предпочтение не конкретным результатам, а скорее важным событиям в научном мире, хотя между списками есть пересечения, как и следовало ожидать. Лидирует в десятке *Time* запуск Большого адронного коллайдера, в чьем создании, кстати, участвовали специалисты новосибирского Института ядерной физики СО РАН.

В список выдающихся открытий года попали и наблюдения экзопланет, и успехи генетиков и молекулярных биологов, поставивших секвенирование ДНК «на поток» — благодаря этому стала возможной расшифровка большей части генома мамонта, ставшего теперь самым генетически изученным вымершим видом.

Помимо науки, *Time* подводит итоги года и во многих других областях человеческой деятельности, таких как медицина, бизнес, спорт, искусство и т. д. Рейтинг медицинских достижений возглавляют исследования по перепрограммированию стволовых клеток, полученных из кожи взрослых людей с тяжелыми наследственными заболеваниями. Эти результаты открывают новые перспективы в исследованиях пока неизлечимых болезней.

Time заслуженно отметил успехи ученых в выявлении генов, связанных с наиболее распространенной формой болезни Альцгеймера, и в создании новых генетических тестов на рак молочной железы и синдром Дауна (сегодня у беременной достаточно взять пробу крови, а не проводить небезопасную процедуру по забору околоплодной жидкости).

На фоне этих достижений коммерческое предложение калифорнийской компании *23andMe*, также отмеченное *Time*, можно рассматривать скорее как курьез, типичный для века Интернета. Теперь каждый желающий может выслать образец слюны и всего за 399 долларов получить свой «генетический паспорт» с расшифровкой генов, ответственных за параметры внешности и развитие ряда болезней. Кажется, недалек тот день, когда люди будут подбирать себе партнера не только по знаку зодиака и цвету глаз, но и по нуклеотидной последовательности ДНК.

В России столь характерная для Запада практика ранжирования достижений, событий и людей в последнее время становится все более распространенной. Но только не в отношении науки. Пока в нашей стране не нашлось авторитетных изданий, которые взяли бы на себя роль экспертов. И это при том, что несмотря на возможный элемент пристрастности или необъективности рейтинги помогают сориентироваться в том потоке информации, который обрушивается на общество со страниц печатных и электронных изданий.

Сегодня «НАУКА из первых рук» помещает комментарии российских ученых к некоторым важным достижениям науки и медицины из списков, опубликованных *Science* и *Time*. И хотя взгляд наших авторов не во всем совпадает с мнением авторитетных американских журналов, он позволяет оценить состояние и перспективы российской науки в актуальных областях мировых исследований.

Результаты наших соотечественников не попали в топовые списки научных достижений мирового уровня — факт, безусловно, прискорбный и наводящий на размышления. Но, по крайней мере, нас нет и в рейтинге *Time* в качестве страны с самой низкой «общегражданской научной грамотностью», как это случилось с США, где только четверть жителей оказалась способной прочесть и понять статьи из научного раздела газеты *The New York Times*. А вот наш сосед и бывший соратник по социалистическому лагерю Китай продемонстрировал неожиданно высокую научную грамотность населения. Интересно, что бы показали подобные исследования в России — стране, традиционно многие годы по праву гордившейся своими достижениями в образовании?

Главные научные результаты года
(журнал *SCIENCE*, декабрь 2008 г.)

1. Усовершенствованы технологии перепрограммирования клеток, позволяющие превращать клетки одного типа в другой
2. Получены фотоизображения планет за пределами Солнечной системы
3. Расширен перечень генных мутаций, ответственных за раковое перерождение клеток
4. Открыт новый класс высокотемпературных сверхпроводников на основе арсенида железа
5. С помощью новых методов удалось воочию наблюдать за процессом взаимодействия белков с другими молекулами
6. Разработаны дешевые катализаторы для расщепления воды на водород и кислород
7. Снят трехмерный документальный фильм о развитии эмбриона рыбы
8. Выявлены клетки — предшественники бурого жира и вещества, стимулирующие его образование в организме
9. Теоретически вычислена масса протона
10. Созданы более быстрые и дешевые технологии расшифровки генома

Клеточные перевоплощения



СЕРОВ Олег Леонидович — доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией генетики развития Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск)

В этом году исследования по перепрограммированию «взрослых» клеток перешли со второго места в рейтинге (в 2007 г.) на первое. Среди чудес, полученных с помощью новых технологий, — перепрофилирование непосредственно в живом организме мыши клеток поджелудочной железы, вырабатывающих пищеварительные соки, на выработку инсулина. Частота подобных клеточных трансформаций пока мала (обычно лишь одна клетка на 10 тысяч), однако дальнейшее развитие таких подходов снимет этическую проблему, связанную с использованием в медицинских целях клеток человеческих эмбрионов.

Разработка технологии превращения клеток взрослого животного или человека в клетки со свойствами эмбриональных стволовых клеток (ЭСК) действительно наиболее выдающееся достижение биологии и медицины последних лет.

Известно, что ЭСК, получаемые из эмбрионов ранних стадий развития (до имплантации в стенку матки, а также после 7–8 делений яйцеклетки), могут длительное время расти вне организма и, что важно, способны превращаться в любые клетки взрослого организма: нейроны, миокардиоциты, клетки печени, даже в яйцеклетки и сперматозоиды. Большинство исследователей

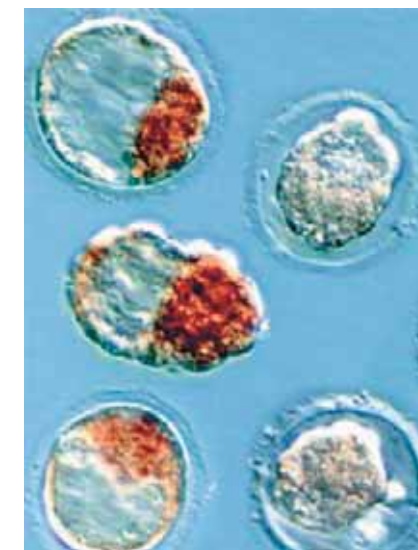
полагают, что ЭСК являются неограниченным источником получения специализированных соматических клеток, что открывает перспективу создания заместительной медицины XXI в., способной восстанавливать функции утраченных или поврежденных органов и тканей.

До недавнего времени основной проблемой для практического применения ЭСК в медицине было отсутствие способов получения персональных ЭСК, иммунологически совместимых с пациентом. Кроме того, в обществе разрастался этический конфликт между перспективами лечения различных заболеваний посредством пересадки стволовых клеток и необходимостью добывать их из эмбрионов.

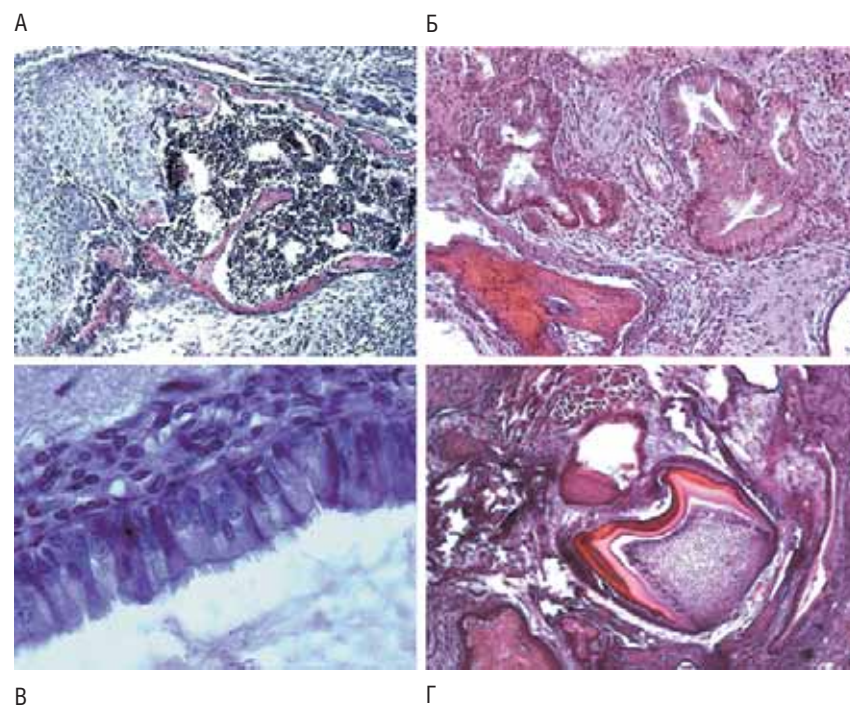
Немногим более двух лет назад группа японских, а затем и американских исследователей опубликовали ряд статей, в которых описан способ превращения соматических клеток, взятых от взрослых людей или животных, в ЭСК. Способ основан на введении в геном соматических клеток генетических конструкций, содержащих гены, которые функционируют в ЭСК, но не активны в соматических клетках. Соматические клетки после этого в течение 2–3 недель приобретают свойства, сходные с ЭСК, т.е. у них появляется способность превращаться в любые другие типы клеток.

В 2007–2008 гг. появилось множество публикаций, посвященных все более совершенным технологиям индукции эмбриональных свойств в клетках взрослого организма. Понимание значимости этой тематики столь велико, что уже не десятки, а сотни лабораторий вовлечены в исследования по совершенствованию этой технологии и ее адаптации к требованиям практической клинической медицины.

В России существует небольшое число научных коллективов в Новосибирске, Москве и Санкт-Петербурге, которые могут и готовы проводить подобные исследования. Такие инновационные разработки, реализация которых основана на последних достижениях клеточной и молекулярной биологии, заслуживают всяческой поддержки и должного финансирования. Если говорить об ИЦиГ СО РАН, то работы в этом направлении начаты недавно, и говорить о каких-то результатах пока преждевременно.



Бластоциста — ранняя (4–5 дней после зачатия) стадия развития эмбриона у млекопитающих, включая человека. Коричневым цветом выделена часть бластоцисты, из которой развивается будущая особь и из которой получают эмбриональные стволовые клетки для дальнейшего культивирования. Фото из архива лаборатории генетики развития ИЦиГ СО РАН



Эмбриональные стволовые клетки и клетки с индуцированной «стволовостью» способны дифференцироваться в любые типы специализированных клеток. А — клетки в очагах кроветворения; Б — эпителиальные и мышечные клетки; В — эпителиальные клетки легкого; Г — клетки из закладки будущего зуба.

Фото из архива лаборатории генетики развития ИЦиГ СО РАН



СУРДИН Владимир Георгиевич — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (Москва)

Парад далеких планет

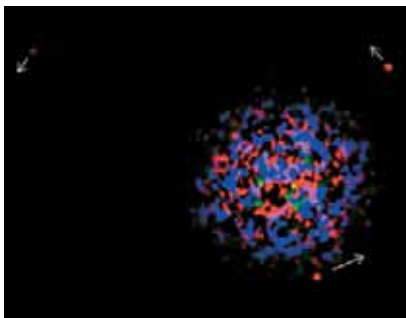
Международным группам ученых удалось сфотографировать несколько планет, находящихся за пределами Солнечной системы. Это открывает принципиально новый этап в их изучении.

Поиск внесолнечных планет астрономы вели последние полстолетия, но только в 1995 г. были получены надежные доказательства существования планетных систем у иных звезд. Это достижение обязано в первую очередь совершенствованию методов измерения лучевых скоростей звезд. За 13 лет таким образом обнаружено около 300 звезд с планетными системами. За этими объектами закрепилось общее название — экзосолнечные планеты, или просто *экзопланеты*, но давать им индивидуальные имена не принято.

Помимо метода лучевых скоростей, развиваются и другие методы поиска экзопланет. Например, иногда удается заметить, как планета проходит на фоне диска своей звезды и на несколько часов чуть-чуть понижает его общую яркость (метод покрытий). Точно измеряя положение звезды на небе, можно зарегистрировать ее периодические смещения, вызванные тяготением планеты (астрометрический метод).

Но все перечисленные методы — косвенные. Казалось бы, а почему просто не сфотографировать далекую планету? Предположим, что у ближайшей к нам звезды Альфа Центавра живет астроном и смотрит в сторону Солнечной системы. Мог бы он обнаружить Землю? Наше Солнце будет сиять для него так же ярко, как звезда Вега на земном небосводе, но блеск планет окажется слабым: Юпитер будет «звездочкой» 23-й звездной величины*, а Земля или Сатурн — 25-й. Вообще говоря, крупнейшие телескопы могли бы заметить такие объекты, если бы на небе рядом с ними не было ярких звезд. Но обнаружить слабое светило вблизи звезды, в миллиарды раз более яркой, — задача архисложная. Для ее решения астрономы проектируют специальные приборы. Например, изображение яркой звезды можно закрыть экраном. Или, наблюдая одновременно двумя телескопами, можно «погасить» свет звезды за счет интерференции. Большинство этих проектов будет реализовано в ближайшем десятилетии, а пока...

Астрономам все же удалось сфотографировать экзопланеты уже имеющимися средствами! Правда, средства эти были лучшими из лучших: орбитальный телескоп «Хаббл» и крупнейшие наземные инструменты (10-метровые «Кек» и 8-метровые «Джемини» и «Очень большой теле-



Это изображение планетной системы у звезды HR 8799 получено группой канадских астрономов под руководством К. Маруа. Три планеты движутся вокруг центральной звезды (закрыта экраном) против часовой стрелки; каждая из них в несколько раз массивнее Юпитера.

По: (Marois, Macintosh, Barman et al., 2008)

* Звездная величина — мера яркости небесного объекта; на шкале звездных величин большие числа соответствуют объектам с меньшей яркостью

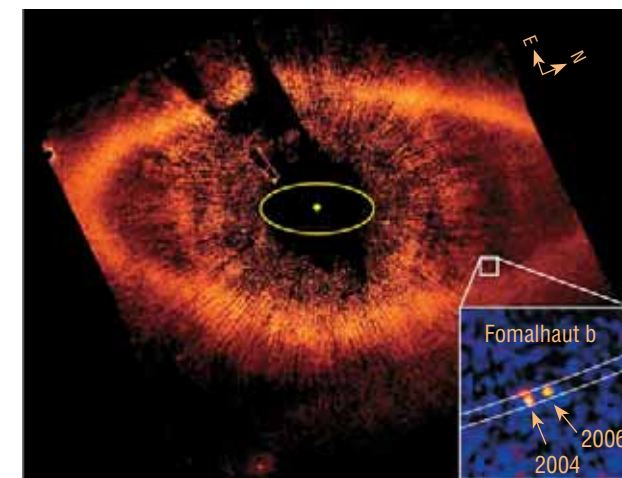
скоп»). Среди технических ухищрений — заслонка, отсекающая свет звезды, и светофильтры, пропускающие в основном инфракрасное излучение планет (в диапазоне длин волн 2–4 мкм, что соответствует температуре примерно 1000 К, которая значительно ниже температуры поверхности звезд).

Начиная с 2004 г. получены изображения около дюжины экзопланет, причем самым урожайным стал 2008-й. Например, у молодой звезды Бета Живописца в окружающем ее протопланетном диске сфотографирована планета, весьма похожая на Юпитер, только массивнее. Вся ситуация очень напоминает молодую Солнечную систему, в которой новорожденный Юпитер активно влиял на формирование в околосолнечном диске остальных планет. Наблюдать аналогичный процесс «вживую» — мечта всех специалистов по планетной космогонии.

Здесь следует уточнить, что в 2008 г. впервые сделаны снимки экзопланет в отраженном свете материнской звезды. Прежде изображения получали, регистрируя собственное излучение планет. Принципиальной разницы нет (собственное излучение или отраженное), но поскольку в Солнечной системе мы видим планеты в отраженном свете Солнца, то это как-то привычнее.

В конце 2008 г. важные открытия почти одновременно сделали две группы американских и канадских ученых. Телескоп «Хаббл» сфотографировал планету на краю пылевого диска, окружающего Фомальгаут — ярчайшую звезду созвездия Южной Рыбы. Хотя Фомальгаут светит почти в 20 раз мощнее Солнца, он не может осветить планету так, чтобы сделать ее заметной с Земли, поскольку она в 115 раз дальше от Фомальгаута, чем Земля от Солнца. Поэтому астрономы предполагают, что эта планета окружена гигантским кольцом, намного большим, чем у Сатурна.

Не менее любопытен и групповой «портрет» сразу трех планет у звезды HR 8799 из созвездия Пегаса, удаленной от нас на 128 световых лет. Каждая из них почти на порядок массивнее Юпитера, но движутся они примерно на тех же расстояниях от центральной звезды,



В мощном пылевом диске около звезды Фомальгаут телескоп «Хаббл» сфотографировал планету (в белом квадрате). Желтый кружок в центре снимка обозначает положение Фомальгаута (сама звезда закрыта экраном); желтый эллипс, показанный для масштаба, имеет размер орбиты Нептуна. За два года наблюдений планета сместилась очень незначительно, так как ее период обращения около 900 лет.

По: (Kalas, Graham, Chiang et al., 2008)

что и наши планеты-гиганты. Будет очень странно, если на месте Венеры, Земли и Марса в той системе не удастся обнаружить похожих планет. Однако пока это за пределами наших технических возможностей.

Получение прямых снимков экзопланет — важнейший рубеж. Во-первых, это окончательно подтверждает их существование. Во-вторых, открыт путь к изучению свойств этих планет: их размеров, температуры, характеристик поверхности. И самое волнующее — не за горами расшифровка спектров планет, а значит, выяснение газового состава атмосферы. Здесь нас могут поджидать самые удивительные находки. А вдруг там обнаружится кислород?

Сверхпроводимость: «железный век» на смену «бронзовому»?



ЛАВРОВ Александр Николаевич — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики низких температур Института неорганической химии СО РАН (Новосибирск)

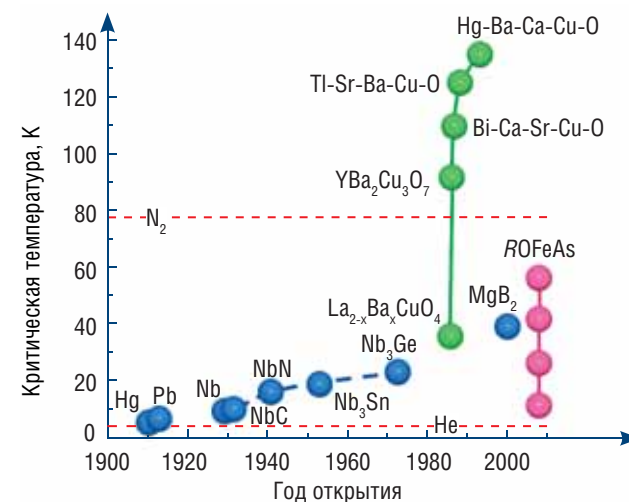
В 2008 г. открыт новый класс высокотемпературных сверхпроводников на основе арсенида железа. Известные ранее материалы с такими свойствами были соединениями меди. Возможно, исследования нового семейства веществ помогут ученым лучше понять механизм и необходимые условия возникновения высокотемпературной сверхпроводимости, имеющей большое фундаментальное и прикладное значение.

Явление *сверхпроводимости* — способность проводника пропускать электрический ток без какого-либо сопротивления и выталкивать из своего объема магнитное поле — было открыто почти 100 лет назад. За прошедшее время этот чисто квантовый эффект, обусловленный объединением электронов в так называемые *куперовские пары*, был обнаружен в сотнях различных химических соединений и нашел множество практических применений. Основным фактором, не позволяющим, однако, сделать использование сверхпроводников массовым, является необходимость охлаждения их до низких температур. До 1986 г. все известные сверхпроводники имели *критические температуры* T_c ниже 23 К (-250°C), а значит, нуждались в охлаждении жидким гелием.

Открытие в 1986 г. высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) на основе оксидов меди (*купратов*), допускающих замену дорогого жидкого гелия на доступный азот, произвело настоящий фурор. К 1993–1994 гг. критические температуры ВТСП-купратов достигли рекордных значений: $T_c \approx 140$ К (165 К под высоким давлением). Но в течение 20 лет интенсивных исследований не удалось ни заметно снизить цены на изделия из купратных ВТСП, ни найти другие сверхпроводящие материалы с $T_c > 40$ К.

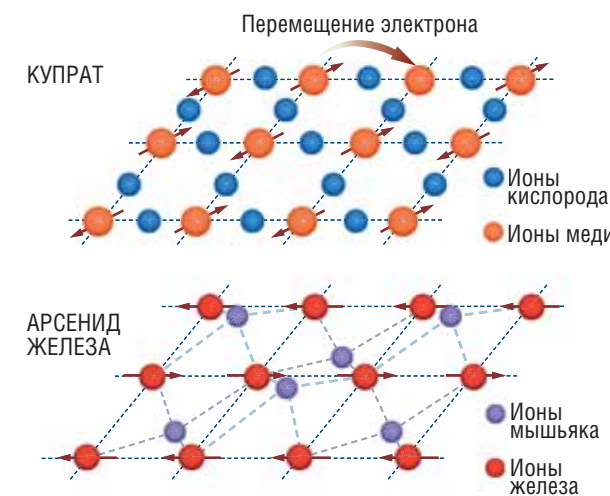
Опубликованное в феврале 2008 г. сообщение исследователей из Токийского технологического института об открытии нового класса сверхпроводников на основе арсенида железа с критической температурой 26 К инициировало новый виток гонки в поисках ВТСП-материалов. В марте в исследования включились десятки научных лабораторий, и уже к концу марта — началу апреля буквально посыпались сообщения об обнаружении все новых и новых сверхпроводников на основе фосфидов и арсенидов железа и никеля с критическими температурами до 55 К. Через несколько месяцев целые секции крупных физических конференций стали выделяться специально под тематику сверхпроводников на основе FeAs.

Чем же вызвано такое внимание к новым сверхпроводникам, если их критические температуры пока весьма далеки от рекордных 140 К, достигнутых в ВТСП-купратах? Основное значение открытия FeAs-сверхпроводников — это, безусловно, разрушение стереотипов и уничтожение монополии купратов, точно так же, как открытие самих купратов в свое время сломало представления о невозможности сверхпроводимости с $T_c > 30$ –40 К. Кроме того, за два десятка лет исследований купратов, которые были единственным известным классом ВТСП-соединений, так и не удалось понять механизм и необходимые условия возникновения высокотемпературной сверхпроводимости.



Вот история сверхпроводимости: максимальные значения критической температуры, достигнутые в традиционных низкотемпературных сверхпроводниках (синие кружки), купратах (зеленые) и FeAs-соединениях (фиолетовые). Пунктиром отмечены уровни температур жидкого гелия и азота

С открытием нового класса сверхпроводников ситуация изменилась. Сравнение арсенидов железа с купратами уже показало, что, например, наличие в структуре легких ионов кислорода, считавшееся важнейшим условием возникновения сверхпроводимости с $T_c > 50$ К, таковым, скорее всего, не является. Как оказалось, новые сверхпроводники имеют с купратами всего два очевидных сходства. Первое — это слоистая структура, второе — близость сверхпроводящего состояния к *антиферромагнитному*, в котором магнитные моменты ионов металла в соседних узлах кристаллической решетки ориентированы противоположным образом, так что намагниченность вещества в целом равна нулю. Возможно, что сравнение купратов и арсенидов железа даст наконец ответ на принципиальный вопрос, что же в них является «клеем», столь прочно связывающим электроны в сверхпроводящие пары: колебания



Основные структурные компоненты высокотемпературных сверхпроводников — плоскости CuO_2 в купратах и плоскости FeAs в сверхпроводниках нового поколения. Стрелочками показаны магнитные моменты ионов меди и железа, которые стремятся образовать антиферромагнитный порядок, изменяя направление на 180° вдоль одной или двух осей. Сверхпроводимость возникает при химической модификации соединения, когда часть электронов из плоскостей CuO_2 и FeAs удаляется, а оставшиеся приобретают возможность двигаться по освободившимся местам (большая стрелка на верхнем рисунке). По: (Cho, 2008)

решетки, как в низкотемпературных сверхпроводниках, или магнитные флуктуации («колебания» магнитных моментов)?

Возвращаясь к вопросу о рекордных температурах, стоит задуматься, а какие, собственно, значения требуются для разнообразных и столь заманчивых практических приложений? Если забыть о полувекковой мечте физиков о «комнатной» сверхпроводимости, то принципиальным является не стремление к рекордам выше 140–165 К, а лишь достижение $T_c > 90$ К, что позволит использовать для охлаждения жидкий азот, а далее вопрос сводится лишь к цене изделий. В этом смысле достигнутые в FeAs-сверхпроводниках 55 градусов по абсолютной шкале вселяют надежду. И самое главное, область поисков вновь расширилась на всю таблицу Менделеева!

Теоретики «взвесили» протон



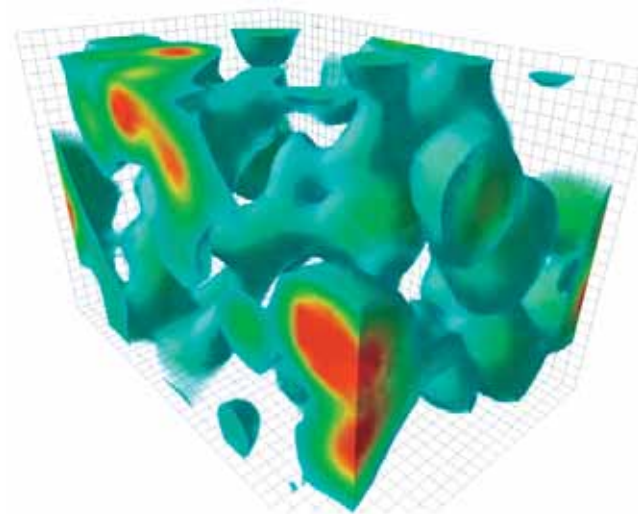
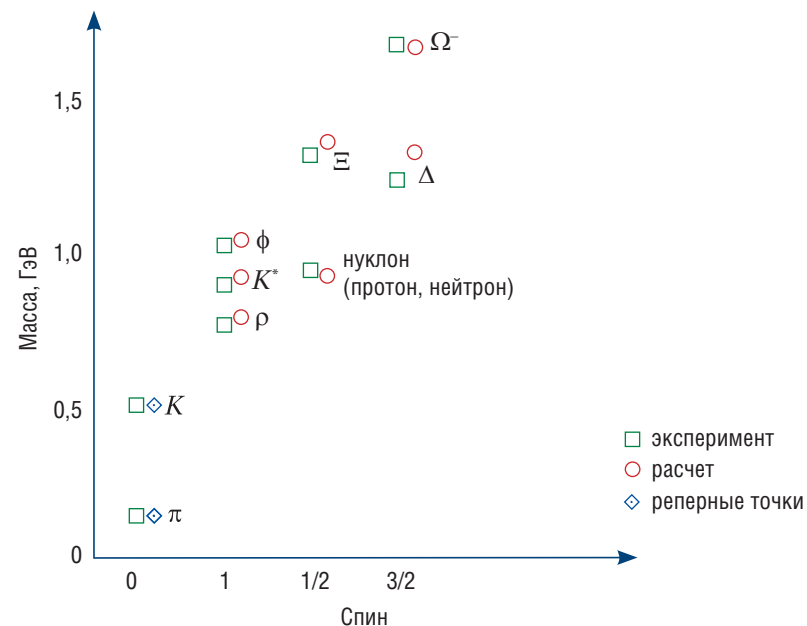
БОНДАРЬ Александр Евгеньевич — член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института ядерной физики СО РАН (Новосибирск)

Несколькими крупными коллаборациями физиков разных стран успешно ведутся теоретические расчеты масс элементарных частиц, участвующих в сильных взаимодействиях. Точность этих расчетов, выполняемых на суперкомпьютерах методом «решеточной» квантовой хромодинамики, непрерывно растет.

Квантовая хромодинамика (КХД) — раздел физики, изучающий сильное взаимодействие, которое ответственно за образование атомных ядер, состоящих из протонов и нейтронов. В КХД протоны и нейтроны не являются истинно элементарными частицами, а их параметры определяются свойствами составляющих их кварков (фундаментальных частиц) и глюонов (частиц-переносчиков взаимодействия).

Одно из замечательных свойств сильного взаимодействия состоит в том, что сила притяжения между кварками не уменьшается с расстоянием в отличие, например, от силы притяжения электрических зарядов. Это приводит к тому, что кварки и глюоны не наблюдаются поодиночке.

Физики уверены, что уравнения КХД правильно описывают сильные взаимодействия кварков и глюонов. Однако чрезвычайно трудно решить эти уравнения для конкретной кварковой системы, так как для точного расчета, к примеру массы протона, нужно учесть огромное количество возможных состояний кварков и глюонов, образующих протон. Аналитически, т.е. в виде формул, эта задача не решена до сих пор.



Пример графического представления плотности энергии глюонов. По: (Wittig, 2008)

Результаты расчета масс частиц демонстрируют хорошее согласие с экспериментальными данными. По: (Wilczek, 2007)

Еще в 1974 г. Кеннет Вильсон предложил формулировку квантовой хромодинамики, известную сегодня как КХД на решетках, пригодную для численного компьютерного расчета.

Суть этого подхода заключается в следующем. Непрерывное четырехмерное пространство-время, в котором существуют кварки и глюоны, заменяется на дискретное количество точек, образующих пространственно-временную решетку. В типичных расчетах используются решетки с количеством узлов $32 \times 32 \times 32 \times 32$ и более. Для того чтобы получить физические величины, приходится независимо суммировать (интегрировать) по амплитудам полей в каждом узле решетки, т.е. вычислять многомиллионнократные интегралы. Это чрезвычайно ресурсоемкая задача даже для современных компьютеров (для сравнения: при расчете объема трехмерной фигуры необходимо вычислить всего лишь трехкратный интеграл).

С другой стороны, численные расчеты на решетке — это единственный в настоящее время надежный способ получить параметры реально существующих в микромире объектов из фундаментальных физических принципов. В последнее время расчеты на решетках выделились в отдельную отрасль теоретической физики, стремительно развивающуюся с ростом вычислительных возможностей специализированных многопроцессорных компьютерных систем.

Но я бы не стал называть результаты 2008 г. каким-то особым прорывом: просто сейчас в расчетах масс сильно взаимодействующих частиц уже достигнута точность лучше 5%, а для протона — даже 2%.

Понимание глубинных причин возникновения массы у материи конечно же следует рассматривать как одно из величайших достижений науки. Однако новые знания порождают и новые вопросы. Чтобы убедиться в правильности подхода, мне кажется, недостаточно вычислить величину, которая и так хорошо известна из эксперимента. Настоящим триумфом метода было бы предсказание и последующая экспериментальная проверка плохо известных сегодня параметров частиц. Эта задача требует не только новых расчетов, но и проведения новых прецизионных измерений. Но это уже совсем другая история.

Расшифровку — на поток



МОРОЗОВ Игорь Владимирович — кандидат биологических наук, руководитель Центра коллективного пользования «Секвенирование ДНК» СО РАН (Новосибирск)

Появление новых технологий секвенирования (определения нуклеотидной последовательности) ДНК — намного более быстрых и дешевых по сравнению с теми, которые использовались для расшифровки первого человеческого генома, — вызвало настоящий бум. В 2008 г. были расшифрованы митохондриальные геномы вымерших пещерных медведей и неандертальца, а также около 70 % генома мамонта. Расшифровка первых полных геномов выходцев из Азии и Африки пролила новый свет на миграции древних людей, а генома онкологического больного — позволила выявить кандидатов на роль генов, лежащих в основе предрасположенности к раковым заболеваниям. Стоимость подобных исследований снижается; по крайней мере, одна из компаний планирует довести цену за расшифровку генома человека до 5 тыс. долларов.

Прежде чем комментировать это утверждение *Science*, следует отметить, что оно во многом носит «пропагандистский» характер. Так, упомянутое определение 70 % генома мамонта подразумевает, если использовать бытовые аналогии, примерно следующее. Я возьму сторублевую купюру, изотру ее в очень мелкий порошок, на очень точных весах взвешу 70 % от получившейся бумажной массы и вручу ее вам со словами: «Вот 70 %, т. е. 70 рублей».

До цены 5 тыс. долларов за расшифровку человеческого генома сегодня тоже еще весьма далеко. Реальная стоимость нескольких расшифрованных на сегодня геномов человека составляет от сотен тысяч до нескольких миллионов долларов, причем речь идет только о стоимости реактивов без учета затрат труда высококвалифицированных специалистов, которого требуется очень много даже при использовании самых современных из доступных на сегодняшний день технологий.

В то же время не приходится сомневаться в том, что в области автоматизации и удешевления секвенирования ДНК в последнее время достигнуты впечатляющие успехи и еще более значительные достижения ожидают нас в самом ближайшем будущем. Расшифровка генома человека перестала быть единичным научным достижением, а геномы более простых организмов расшифровываются тысячами. Развитые государства вкладывают очень большие средства как в массовое внедрение уже существующих методов секвенирования ДНК, так и в разработку принципиально новых.

Россия в этой области существенно отстает от США и стран Европы. Разработка приборов для автоматизации секвенирования ДНК в мире пришла на перестроечный период в России, поэтому в создании приборной базы массового секвенирования нашей стране принять участие практически не удалось. Единственная отечественная разработка в этой области (капиллярный анализатор ДНК «Нанофор-03») существовала в единичных экземплярах и распространения не получила. Не выделялись и средства для закупки импортных приборов и создания центров их использования.

В последнее время обновление парка приборов финансируется как в системе Российской академии наук, так и ведомствами, использующими

секвенирование ДНК при решении прикладных задач: идентификации личности, определении генетически модифицированных компонентов и т. п. В РАН сегодня имеется несколько центров, в которых активно эксплуатируется достаточно широкий спектр приборов для расшифровки и анализа последовательностей ДНК. Активно работающих центров сегодня фактически три: ЦКП «Геном» Института молекулярной биологии РАН, Центр биоинженерии РАН и ЦКП «Секвенирование ДНК» СО РАН. Еще один подобный центр на базе РНЦ «Курчатовский институт» находится в стадии организации. По сравнению с сотнями подобных центров в США или Европе это совсем немного.

Достижения российской науки в области расшифровки геномов тоже пока выглядят скромно даже на фоне таких небольших стран, как Дания или Швеция, не говоря уже о Китае. Так, в Поднебесной расшифровано несколько человеческих геномов, геном риса, а счет известных геномов простейших идет на сотни и тысячи.

Самый же большой официально зарегистрированный в международной базе *GeneBank* «русский» геном принадлежит микоплазме *Acholeplasma laidlawii*. Его размер — около 1,5 млн нуклеотидных пар (для сравнения: геном человека в 2 тысячи раз больше). Этот геном был расшифрован в декабре 2007 г. коллективом исследователей из ИБХ РАН под руководством В. М. Говоруна.

В последние годы в системе РАН прилагаются немалые усилия для преодоления отставания в этой области, активно выделяются средства для закупки современных приборов, пусть и зарубежного производства.

К сожалению, само по себе наличие средств не гарантирует успеха. «Академические» управленческие стереотипы, предполагающие, в частности, долгосрочное (на 1–2 года вперед) предварительное планирование и регламентирование всех вопросов снабжения, а также абсолютное преобладание в кадровом составе центров научных работников при почти полном отсутствии инженерно-технических, препятствуют развитию геномных технологий в системе РАН даже в большей степени, чем недостаток финансирования.



Такой автоматический генный анализатор производства ABI может делать 16/48 (в зависимости от модификации) анализов последовательностей длиной 700—1000 нуклеотидов за 2,5 часа. Анализатор не является прибором нового поколения: он работает на основе обычного капиллярного электрофореза. Подобные приборы — простые «рабочие лошадки» генетиков — входят в состав оборудования «заводов» по массовому секвенированию. ЦКП «Секвенирование ДНК» СО РАН (Новосибирск)

Видео эмбриона



РУБЦОВ Николай Борисович — доктор биологических наук, заместитель директора Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск)

Немецкие исследователи сняли настоящий документальный фильм о первых этапах развития эмбриона *Brachydanio rerio* — одной из популярнейших аквариумных рыбок, проследив за перемещением, делением и дифференцировкой клеток крохотного зародыша будущего организма. Помимо значимой научной составляющей, видеоролик обладает высокими художественными достоинствами.

В последние годы в методах исследования биологических объектов произошло несколько «революций». Одной из них было появление и интенсивное развитие микроскопических методов, позволяющих перейти к анализу реальной трехмерной организации живых объектов. Следующим шагом стала 4D-микроскопия, т. е. анализ изменения трехмерной структуры во времени. Такой прогресс стал возможным благодаря стремительному развитию молекулярной биологии, компьютерных технологий, совершенствованию существующей и созданию новой микроскопической техники.

Наглядной демонстрацией успехов в этой области и стал фантастический фильм, в котором перед зрителем в мельчайших деталях с беспрецедентной четкостью предстало развитие эмбриона небольшой рыбки из семейства карповых. В фильме прослежено не только развитие нормального эмбриона на стадии от нескольких до почти двадцати тысяч клеток, но и дефектного, из которого образуется слепая особь. Это позволило выяснить детали формирования соответствующих аномалий и значительно продвинуться в понимании некоторых случаев наследственной слепоты у человека.

Высокая оценка этого исследования научной общественностью обусловлена не только, а может, и не столько его конкретным результатом, сколько тем, что эта работа наглядно продемонстрировала огромные возможности новых технологий. В настоящее время стало возможно в одном эксперименте одновременно и на высочайшем уровне решать целый ряд задач. Так, с помощью лазерной сканирующей микроскопии можно регистрировать сигнал из тонких «оптических срезов», практически полностью убирая «шумы». Последовательное сканирование всех «оптических срезов» с последующей компьютерной обработкой гигантского массива полученных данных позволяют реконструировать трехмерную структуру исследуемого объекта, а их временная последовательность превращается в трехмерный фильм.

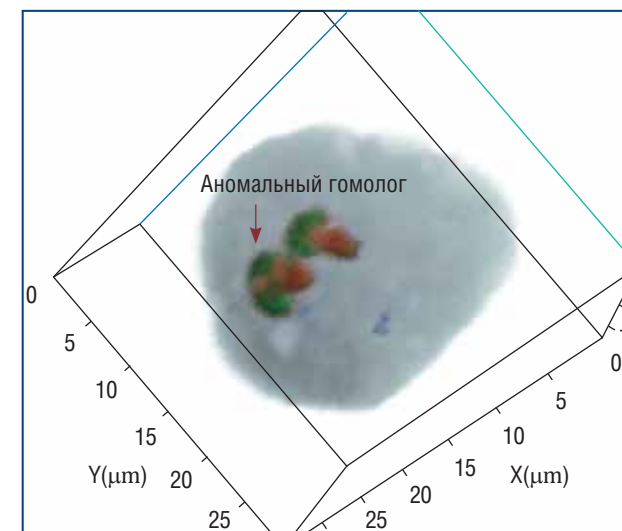
Чтобы 4D-микроскопия стала реальностью на практике, исследуемые клетки (в нашем случае — клетки эмбриона) должны продуцировать

не обычные белки, а белки с флуоресцирующей меткой. Эта задача была блестяще решена генными инженерами и клеточными биологами.

Следующая проблема — не допустить повреждения клеток при облучении лазером для возбуждения белков-флуорохромов, поскольку использование обычной лазерной сканирующей микроскопии живых объектов ограничено во времени вследствие их повреждения интенсивным облучением. Благодаря использованию инфракрасных фемтосекундных лазеров и мультифотонной флуоресценции можно не только вести длительные (часы и дни) микроскопические исследования живых объектов без их видимых повреждений, но и значительно увеличить глубину проникновения в образец.

В Сибирском отделении РАН работы по изучению трехмерной организации тканей, клеток и их ядер у различных видов животных и растений ведутся в Институте цитологии и генетики. В этих исследованиях впервые в мире выявлено влияние реорганизации хромосом на их положение в ядрах эмбриональных стволовых клеток человека. Оказалось, что реорганизация хромосом, помимо изменения дозы различных генов, может приводить и к изменению общей архитектуры ядра, что в свою очередь может отражаться на уровне работы генов, способности клеток к дальнейшему размножению и дифференцировке.

Благодаря успехам последних лет можно сказать, что у биологов появился реальный шанс на переход от «одномерной биологии» по определению последовательностей нуклеиновых кислот и изучению элементов живой клетки в пробирке к реальному исследованию жизни во всей ее непростой организации в трехмерном пространстве и во времени.



Трехмерная реконструкция хромосомы 9 человека в ядре эмбриональной стволовой клетки. Серым цветом показана общая ДНК, зеленым — эухроматиновые районы хромосомы 9, красным — районы, содержащие ДНК, гомологичную ДНК прицентромерных районов хромосомы 9

Враг сердца



ЛИФШИЦ Галина Израилевна — доктор медицинских наук, заведующая лабораторией персонализированной медицины Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск)

Бостонский врач П. Риджер установил, что у пациентов с нормальным уровнем холестерина, но высоким уровнем белков — индикаторов воспаления в крови, прием статинов (лекарств, снижающих уровень холестерина) значительно снижал показатели воспаления. При этом у них более чем наполовину снижался риск возникновения сердечного приступа. Для сравнения: прием статинов у лиц, имеющих высокий уровень холестерина без признаков воспаления, снижал риск только на 20%. Эти данные свидетельствуют о роли воспаления в развитии и прогрессировании сердечно-сосудистых заболеваний.

Воспалительная теория возникновения атеросклероза, согласно которой он представляет собой разновидность хронического или аутоиммунного процесса в сосудистой стенке, возникла еще в 90-х гг. прошлого века. Более того, в последние годы было доказано, что синдром воспаления и атерогенез (процесс образования склеротических бляшек) состоят из одних и тех же функциональных реакций.

Так, было обнаружено, что в участках артерий, предрасположенных к образованию атеросклеротических бляшек, происходит накопление иммунных клеток — фагоцитирующих макрофагов. Молекулярные меха-

Нестандартный подход

Группа специалистов Калифорнийского университета из Сан-Диего провела первую в США операцию по удалению аппендикса через влагалище, используя видеооборудование для контроля за ходом операции. При новом методе оперативного вмешательства хирурги используют для доступа существующие отверстия, такие как полость рта, влагалище и задний проход, не производя обычные хирургические разрезы через кожу. Первая подобная операция (по удалению желчного пузыря) была сделана в США в 2007 г.

Удивительно, но это замечательное достижение американских хирургов предвосхитил более ста лет назад великий русский гинеколог Д. О. Отт, удаливший в 1904 г. червеобразный отросток посредством *кульдоскопии* (т.е. через влагалище), используя примитивную оптику и инструменты. Кстати, об этом случае не забывают и всемирно известные хирурги, как это показал Международный конгресс по эндоскопической хирургии в Йокогаме в сентябре 2008 г.

Вообще же малотравматичная NOTES-технология (хирургическое вмешательство через естественные отверстия тела) получила путевку в жизнь в 2007 г., когда французские хирурги из Страсбурга удалили желчный пузырь у молодой женщины через влагалище. Этот метод, если уж быть до конца точным, не является абсолютно атравматичным: хирурги делают небольшие разрезы тканей внутри тела, но за счет отсутствия кожных разрезов уменьшается вероятность инфицирования раны, снижаются болевые ощущения, быстрее происходит заживление.

Первая подобная операция в России сделана в начале 2008 г. в Институте хирургии им. А. В. Вишневского (Москва), но производилась она через про-



ШЕВЕЛА Андрей Иванович — доктор медицинских наук, профессор, зам. директора Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Заслуженный врач России

низмы прилипания макрофагов к внутренней выстилке сосудов подобны тем, что встречаются при остром воспалении. Возможно, это и является одним из ранних механизмов формирования бляшки.

Как при воспалении, так и при атеросклерозе во внутренний слой артерий прорастают гладкомышечные клетки, в нем образуются липидные пятна; клетки печени усиливают синтез и секрецию в кровь воспалительных белков. Поэтому увеличенный уровень фибриногена и скорости оседания эритроцитов сегодня являются маркерами сердечно-сосудистого риска.

Клинически как синдром воспаления, так и процесс атерогенеза могут продолжаться длительное время, при этом периоды обострения чередуются с периодами ремиссии. Причиной возникновения воспалительного процесса при атеросклерозе могут быть определенные микроорганизмы. Так, в атеросклеротических бляшках и в крови больных обнаружены *Helicobacter pylori*, хламидии и другие инфекционные агенты, а итальянские

ученые предположили связь между ишемической болезнью сердца и инфицированием вирусом гепатита С.

В свете всех этих данных уменьшение воспаления при лечении ишемической болезни сердца, безусловно, так же важно, как и снижение уровня холестерина. Статины — ведущие лекарства при лечении ишемической болезни сердца — помимо подавления скорости синтеза холестерина действительно обладают важным дополнительным свойством: они тормозят воспалительные процессы в атеросклеротических бляшках и сосудистой стенке как при асептическом, так и при инфекционном характере воспаления. Они стимулируют выработку ряда провоспалительных и иммунологических субстанций, что приводит к улучшению функции эндотелия, стабилизации атеросклеротической бляшки, подавлению тромбообразования. Таким образом, применяя статины, можно действовать сразу на несколько механизмов развития ишемической болезни сердца.

кол в пупке (по версии ряда международных экспертов также являющемся естественным отверстием). Летом того же года группа российских хирургов, куда входили и новосибирские специалисты, прошла в Страсбурге мастер-класс по NOTES-технологиям. Но главное событие заключалось в том, что Приборная комиссия СО РАН помогла Центру новых медицинских технологий ИХБФМ приобрести необходимое оборудование для проведения NOTES-операций.

К настоящему времени новосибирские хирурги освоили операции по этой технологии на желчном пузыре, кистах печени, почек, а также органах малого таза у женщин. Кульминацией стала выполненная в январе 2009 г. резекция желудка через влагалище у пациентки с ожирением. Пациентка покинула клинику через 40 часов после операции и за последующий месяц похудела на 7 кг.

В ближайшем будущем в ЦНМТ планируется освоение новых естественных «допусков» в организм человека. Приятно отметить, что Новосибирск и, в частности, Сибирское отделение, сегодня становится одним из ведущих центров хирургии будущего.



Новосибирские хирурги успешно освоили операции через естественные отверстия организма. Так, в начале 2009 г. в ЦНМТ проведена уникальная операция: впервые в мире у пациентки была удалена часть желудка через разрез во влагалище



НЕТЕСОВ Сергей Викторович — член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, проректор по научной работе Новосибирского государственного университета, заведующий лабораторией молекулярной биологии РНК-вирусов Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор»

Вакцина пять в одном

В США одобрена к применению Pentacel — первая вакцина против пяти болезней сразу: дифтерии, столбняка, коклюша, полиомиелита и так называемого «гемофильного гриппа» (бактерии Haemophilus influenzae типа B). Новую вакцину вводят 4 раза в возрасте от двух месяцев до полутора лет, в результате чего число инъекций у детей младшего ясельного возраста сокращается почти на треть.

Современные вакцины максимально безопасны для человека. Самое опасное в вакцинировании — сама процедура введения препарата. Поэтому основные усилия направлены на создание из существующих вакцин мультипрепаратов, с тем чтобы число уколов было минимальным. И вот результат — вакцина «пять в одном» против четырех бактериальных и одной вирусной инфекции, причем детская, что особенно важно.

Вообще, комбинированные вакцины существуют давно. Например, наша АКДС — тройная вакцина против коклюша, дифтерии и столбняка; живая отечественная вакцина против полиомиелита. В России сегодня применяется и поликомпонентная вакцина против кори, паротита и краснухи, но подобная вакцинация не включена в Национальный календарь бесплатных прививок (отечественного производства этой вакцины нет).

Пятикомпонентная вакцина была разработана французской фирмой *Sanofi Pasteur* на основе тройной инактивированной вакцины против коклюша, дифтерии и столбняка с добавлением новой инактивированной вакцины против полиомиелита и вакцины против гемофильной инфекции. Два последних компонента в России пока не выпускаются, причем вакцины против «гемофильного гриппа» у нас нет в принципе, хотя от него, по данным ВОЗ, ежегодно умирает почти 400 тыс. человек, в основном дети до 5 лет (к сожалению, в России подобной статистики не ведется). Инактивированная же вакцина против полиомиелита в любом случае должна через несколько лет полностью заменить соответствующую живую вакцину, поскольку эта болезнь в мире практически искоренена.

Таким образом, для разработки подобной вакцины у нас не хватает компонентов отечественного производства. Хотя это проблема решаемая — права на производство вакцины можно купить.

Заметим, что налаживание современного производства вакцин является непростой экономической задачей. При массовом производстве

(20–60 тыс. доз в день) стране с небольшим населением (менее 50 млн человек) выпускать вакцину просто невыгодно. Другое дело Россия — страна с населением более 140 млн человек. У нас к тому же уже имеется собственное производство ряда вакцин, есть заводы, в последние годы переоборудованные по западному образцу. Поэтому для создания вакцин типа *Pentacel* нужна лишь политическая воля, средства на разработку и настойчивость при внедрении.

Производство вакцин в нашей стране выгодно с точки зрения не только здравоохранения, но и национальной экономики. Оно обеспечивает дополнительные рабочие места и налоговые выплаты; кроме того, вакцина может быть прекрасным экспортным товаром (например, Россия давно и успешно торгует оригинальной вакциной против кори). И, наконец, вакцинонезависимость, помимо всего прочего, является неотъемлемой частью безопасности и стратегической независимости страны.

Поэтому вакцинное производство для нашей страны должно быть одним из ключевых, его нужно развивать и совершенствовать. Поле деятельности в этом смысле большое: у нас отсутствует производство вакцины не только против «гемофильного гриппа», но и против краснухи и ветряной оспы, против вирусов папилломы, вызывающих рак шейки матки, других респираторных инфекций... Причем производство вакцины против менингококковых респираторных инфекций у нас раньше существовало, а потом его практически закрыли. Результат — несколько тысяч случаев заболеваний в год. Нужно извлекать уроки из таких ошибок и не повторять их.

По минимизации заболеваемости большинством инфекционных заболеваний (и смертности от них) сегодня в мире фактически лидируют США, Канада и страны ЕС; при этом число широко применяемых

вакцин там в полтора раза больше, чем в России. Более того, по целому ряду программ по внедрению вакцин мы отстаем от США на 10–15 лет. Один пример: наш национальный приоритетный проект «Здравоохранение», предполагающий вакцинацию подростков и лиц из групп риска против гепатита В, начал массово осуществляться только в 2006 г. До этого был лишь пилотный проект для четырех российских областей, финансировавшийся частным Фондом Ростроповича и Вишневецкой. В США же соответствующая государственная программа вакцинации подростков работает с 1995 г.

Весьма показателен пример с вакцинацией против вируса папилломы, вызывающего рак шейки матки. В свое время Министерство здравоохранения США отказалось финансировать исследования по разработке этой вакцины, и ее разрабатывали на свой страх и риск коммерческие компании. Однако когда высокая эффективность новой вакцины была доказана, государство стало субсидировать из бюджета вакцинацию для американцев.

Естественно, за границу эта вакцина поступает по коммерческой цене, поэтому у нас такая вакцинация до сих пор платная и очень дорогая. При этом необходимо отметить, что наш президент Д. А. Медведев еще до выборов обещал, что вопрос о государственном финансировании вакцинации против вируса папилломы будет рассмотрен в 2009 г. И хотя это время совпало с периодом экономического кризиса, будем все же надеяться, что высших государственных чиновников будет заботить не только цена на нефть, но и здоровье и сама жизнь российских граждан.

НАНОЭЛЕКТРОНИКУ ждет глобальное потепление



Первое место на международном конкурсе научных работ молодых ученых (секция «Наноэлектроника»), который прошел в рамках московского форума «Роснанотех 2008», занял студент 5-го курса физического факультета Новосибирского государственного университета Андрей Шевырин



Проводящая полупроводниковая мембрана толщиной 110 нм, «висящая» над подложкой на высоте 400 нм. Подвешивание достигается селективным вытравливанием «жертвенного» слоя под верхним рабочим. Методика создания таких мембран хорошо известна, но ранее не применялась для изготовления наноструктурных элементов. Сегодня на основе таких структур в ИФП СО РАН создаются так называемые «подвешенные» одноэлектронные транзисторы.
Электронная микроскопия. Фото Т. Гавриловой

Выступление 21-летнего Андрея Шевырина, посвященное созданию одноэлектронного транзистора, работающего при температурах, приближенных к комнатной, оказалось лучшим на секции среди докладов многих других научных сотрудников и аспирантов.

В обычных полевых транзисторах, широко используемых в электронике, переключение из открытого состояния в закрытое сопровождается перемещением сотен электронов, на что затрачивается значительная энергия. А поскольку количество таких транзисторов

в современных интегральных микросхемах огромно, то актуальна задача сокращения энергетических затрат.

В стандартном одноэлектронном транзисторе для переключения достаточно переместить на *квантовую точку* всего один электрон (отсюда и название), поэтому перспективы его использования заманчивы. Но есть одно «но»: обычно такой транзистор может работать только при очень низких температурах (ниже температуры жидкого гелия 4,2 К).

Максимальная рабочая температура транзистора обратно пропорциональна емкости квантовой точки,

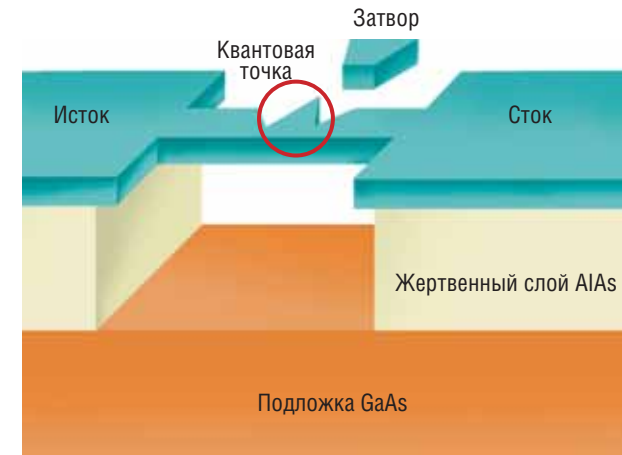
которая определяется ее размером: чем меньше точка, тем выше предельная рабочая температура. Чтобы транзистор мог работать при комнатной температуре (300 К), размер квантовой точки должен лежать в пределах 10 нм. Сделать электронный проводник такого размера с помощью современных технологий возможно, но при этом практически нереально обеспечить разветвленную геометрию транзистора для подведения к нему необходимого количества затворов, управляющих потенциалом квантовой точки и прозрачностью туннельных барьеров.

— Мы обратили внимание на то, что емкость квантовой точки определяется не только ее размерами, но и диэлектрической проницаемостью окружающего материала, — объясняет научный руководитель Андрея, д. ф.-м. н. Артур Погосов из лаборатории неравновесных полупроводниковых систем Института физики полупроводников СО РАН. — Так что, если «оторвать» транзистор от высокодиэлектричной подложки, можно ограничиться размером 100 нм вместо 10 нм.

— Это обнаружилось почти случайно, при исследовании совершенно другого явления в ходе экспериментов, проводимых совместно со старшим научным сотрудником нашего института Максимом Буданцевым, — рассказывает Андрей Шевырин. — Позже, при анализе экспериментальных результатов, нас удивило, что такой, казалось бы, очевидный факт никто не предсказал теоретически. Впрочем, так происходит нередко: сначала эффект обнаруживает себя экспериментально, а потом он подтверждается расчетами. Аналогичные эксперименты параллельно с нами проводила группа ученых из Германии под руководством профессора Коттхауза, но идея о том, что «отрывая» транзистор от подложки, можно повысить его рабочую температуру, к ним не пришла.

Максимальная рабочая температура такого «подвешенного» транзистора, которой исследователям удалось достичь на сегодня, 150 К при размере квантовой точки 200 нм. В планах — оторвать квантовую точку (увеличить зазор) от подложки так, чтобы транзистор заработал при комнатной температуре. Данный этап требует выработки инженерного решения, оптимизированного по температуре, размеру квантовой точки и степени ее отрыва от подложки. В случае успеха этот шаг серьезно приблизит технологию к возможности практического использования.

Самого же Андрея и его научного руководителя интересуют уже другие эффекты, которые может демонстрировать «освобожденный» от подложки нанотранзистор, в частности его механические колебания. На основе такого колеблющегося транзистора можно, например, создавать прецизионные источники тока. Подобные подвижные электрические наносистемы в мире еще только начинают изучать.



Одноэлектронный транзистор представляет собой «квантовую точку» (электронный проводник малых размеров), отделенную от проводящих областей истока и стока тонкими непроводящими промежутками (туннельными барьерами). Туннелирование электрона из истока в квантовую точку и затем в сток ограничивается так называемым «эффектом кулоновской блокады», происходящим от электростатического отталкивания электронов. Этот эффект играет роль «турникета», пропускающего электроны через квантовую точку строго по одному: пока предыдущий электрон не перешел из квантовой точки в сток, следующий не может протуннелировать в квантовую точку из истока — транзистор закрыт. Созданный в ИФП СО РАН «подвешенный» одноэлектронный транзистор отличается от обычного тем, что он оторван от подложки благодаря вытравливанию «жертвенного» слоя



Так выглядит новый одноэлектронный транзистор под электронным микроскопом.
Фото А. Плотнокова

А. М. ЧЕРЕПАЩУК, А. Д. ЧЕРНИН

КОСМОЛОГИЯ: открытия и загадки

Космология — особая наука. Ее предмет — вся Вселенная, рассматриваемая как единое целое, как физическая система с особыми свойствами, которые не сводятся к сумме свойств населяющих ее астрономических тел и физических полей. Размеры наблюдаемой Вселенной приблизительно 10 миллиардов световых лет. Это самый большой по пространственному масштабу объект науки. К тому же он существует в единственном экземпляре. В этом отношении космология, очевидно,

сильно отличается от других естественнонаучных дисциплин. Но, как и в любой науке, главное в космологии — надежно установленные факты, достоверные сведения о реальных объектах, процессах и явлениях. В статье известных российских астрофизиков рассказывается о четырех крупнейших открытиях в космологии и трудных загадках этой науки — как старых, так и совсем свежих, которые еще предстоит разрешить



ЧЕРЕПАЩУК Анатолий Михайлович — академик РАН, доктор физико-математических наук, директор Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга МГУ. Действительный член Королевского астрономического общества (Великобритания). Лауреат премии им. А. А. Белопольского (2002). Сфера научных интересов: физика звезд, исследование тесных двойных звезд на поздних стадиях эволюции. Автор и соавтор более 300 научных работ



ЧЕРНИН Артур Давидович — доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга МГУ. Лауреат Ломоносовской премии МГУ (1996). Сфера научных интересов: теоретическая астрофизика. Автор и соавтор более 200 научных работ

Чем дальше, тем быстрее

Современная космология берет начало в первые десятилетия XX века. В 1915—1917 гг. американский астроном Весто Слайфер обнаружил, что галактики (которые тогда называли туманностями) не стоят на месте, а движутся в пространстве, причем большинство из них удаляются от нас. Этот вывод следовал из наблюдений спектров галактик: их движение проявляло себя в сдвиге спектральных линий к красному концу спектра.

Такого рода *красное смещение*, которое можно интерпретировать как давно известный в физике эффект Доплера, имеет, как впоследствии оказалось, всеобщий характер: оно наблюдается у всех галактик во Вселенной. Исключение составляют только самые близкие к нам звездные системы, например, знаменитая туманность Андромеды и другие (менее крупные) галактики, находящиеся на расстояниях, не превышающих примерно 1 мегапарсек* (Мпк). Если расстояния больше 1 Мпк, то галактики, по выражению Слайфера, «разбегаются в пространстве».

В 1929 г. другой американский исследователь, Эдвин Хаббл, которого нередко называют величайшим астрономом XX в., определил, что движение разбегающихся галактик следует простому закону: скорость V удаления от нас галактики пропорциональна расстоянию R до нее: $V = HR$. Это соотношение между скоростью и расстоянием называют сейчас *законом Хаббла*, а коэффициент пропорциональности H — постоянной Хаббла. Величина H постоянна в том смысле, что она одинакова для всех галактик и не зависит ни от расстояния

* 1 мегапарсек = 1 000 000 парсек; 1 парсек \approx 3,26 светового года



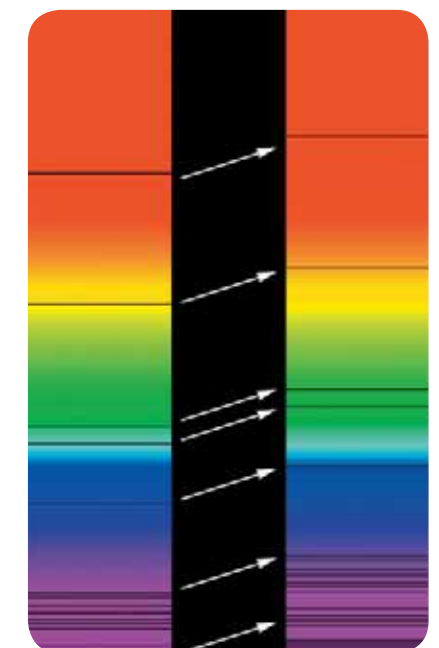
Вселенная — мир галактик. На этом снимке красивого скопления в созвездии Персея видно множество галактик разных размеров и форм, возраста и цвета. Некоторые из них выглядят мелкими расплывчатыми пятнами, но каждая представляет собой огромную звездную систему, которая содержит десятки и сотни миллиардов светил, похожих или не очень на нашу собственную звезду — Солнце. Самые маленькие и слабые пятнышки на фото — это наиболее далекие галактики, некоторые из которых находятся вблизи границ видимой Вселенной. Свет от них идет миллиарды лет, так что мы наблюдаем их такими, какими они были миллиарды лет назад.

Фото Ж.-Ш. Куилландра, Д. Ансельми

На рисунке сверху условно изображен оптический эффект Доплера. Это изменение длины волны света, испускаемого источником, который движется по отношению к наблюдателю. Для удаляющегося источника длина волны увеличивается, т. е. свет «краснеет». В астрономии относительное увеличение длины волны излучения $z = \Delta\lambda/\lambda$ (как и само явление) называют красным смещением. Обнаруживают его по сдвигу спектральных линий (на рисунке справа). При малых красных смещениях ($z \ll 1$) справедлива приближенная формула $V = cz$. Здесь V — скорость источника, c — скорость света, равная 300 000 км/с

Спектр неподвижного источника света (на Земле)

Спектр движущегося источника (удаляющегося)



до галактики, ни от направления на нее на небе. По современным данным, значение постоянной Хаббла лежит в пределах от 60 до 75 км/с на мегапарсек.

Удаление галактик по закону Хаббла наблюдают сейчас вплоть до расстояний в несколько тысяч мегапарсек. Если галактика находится на расстоянии, скажем, 1000 Мпк, то она движется от нас прочь со скоростью 60–75 тыс. км/с. Это огромная скорость, которая лишь в 4–5 раз уступает скорости света. Всеобщее разбегание галактик — самый грандиозный феномен природы.

Открытия Слайфера и Хаббла, а также дальнейшие исследования заложили наблюдательную основу, на которой строится и развивает-

ся вся современная космология. Мы знаем теперь, что живем в огромном мире, который к тому же расширяется со временем. Расширение началось около 14 млрд лет назад; этот гигантский промежуток времени и считается возрастом мира. А событие, которое породило космологическое расширение, называют *Большим Взрывом*.

Но какова физическая природа Большого Взрыва? Откуда взялись у галактик огромные скорости разбегаия? Что заставило их стремительно удаляться друг от друга? На эти вопросы не смогли ответить ни знаменитые астрономы-наблюдатели, основатели космологии, ни великие физики, начиная с Эйнштейна. Нет ответа на них и у космологов наших дней.

Возможно, это самая трудная и самая не поддающаяся разрешению загадка из когда-либо возникавших в естественных науках. Мы не знаем, с чего, собственно, началось космологическое расширение, не имеем представления о физике, которая могла бы за этим стоять. Не известно даже, как нужно ставить задачу о причине космологического расширения. Тем более ничего нельзя сказать о том, что было до этого события, и даже не вполне понятно, что значит здесь «до».

И тем не менее сама возможность расширения мира была предсказана русским математиком Александром Фридманом, классиком мировой науки. Пользуясь теорией Эйнштейна, Фридман разработал в 1922–1924 гг. физико-матема-

тическую модель мира, который находится в состоянии общего расширения. Прямым следствием этой модели является закон пропорциональности скорости и расстояния, который и был открыт в наблюдениях Хаббла. Космологическая модель Фридмана — теоретическая база современной космологии. Эта модель в сочетании с данными астрономических наблюдений очень хорошо описывает динамику космологического расширения. Конечно, не с «самого начала», о котором ничего не известно. Но замечательно, что теория Фридмана справедлива сразу же после первой секунды космологического расширения. Кроме этой первой секунды, вся дальнейшая история мира нам известна; более того, эта теория

ЭДВИН ХАББЛ (1889—1953), АСТРОНОМ ОБСЕРВАТОРИИ МАУНТ-ВИЛСОН В КАЛИФОРНИИ, НАБЛЮДАЛ ГАЛАКТИКИ С ПОМОЩЬЮ САМОГО МОЩНОГО В ЕГО ВРЕМЯ ТЕЛЕСКОПА ДИАМЕТРОМ 2,5 м. В 1929 г. ОН УСТАНОВИЛ КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ В ЯВЛЕНИИ РАЗБЕГАНИЯ ГАЛАКТИК (ЗАКОН ХАББЛА)



Закон Хаббла связывает простым соотношением скорость V галактики и расстояние R до нее: $V = HR$. Чем дальше находится галактика, тем быстрее она удаляется от нас. Коэффициент пропорциональности H — постоянная Хаббла; ее значение соответствует увеличению скорости разбегания на 60—75 км/с на каждый мегапарсек расстояния

говорит и о будущем Вселенной: она предсказывает, что космологическое расширение будет продолжаться неограниченно долго.

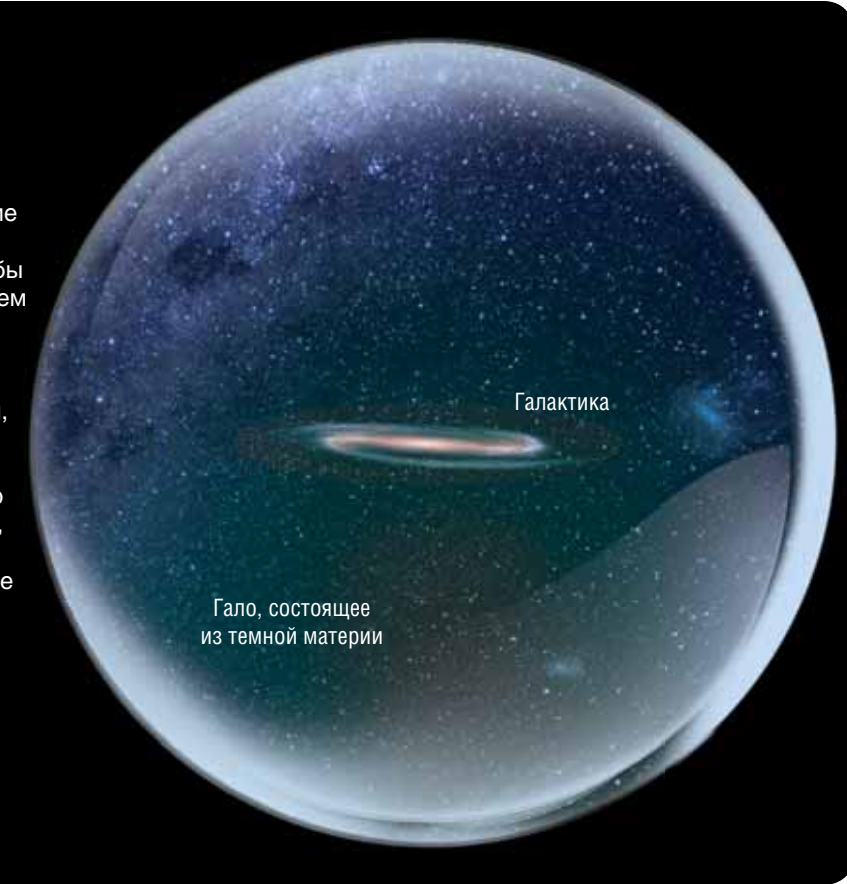
Лишний вес Вселенной

В 1933 г. швейцарско-американский астроном Фриц Цвикки заметил, что кроме светящегося вещества галактик во Вселенной должны быть еще невидимые, «скрытые» массы, которые проявляют себя только своим тяготением. Он изучал скопление галактик Кома в созвездии Волосы Вероники — крупное образование, содержащее тысячи звездных систем, подобных туманности Андромеды или нашей Галактике. Галактики движутся в этом скоплении со скоростями, достигающими 1000 км/с. Чтобы удержать их в объеме скопления, требуется тяготение, которое не способны создать одни только видимые, светящиеся массы самих галактик. Для этого необходимо более сильное тяготение, и, согласно

подсчетам Цвикки, требуются дополнительные массы, которые примерно в 10 раз больше суммарной видимой массы галактик скопления.

Позднее, в 1970-х гг., усилиями астрономов СССР и США было обнаружено, что скрытые массы должны присутствовать не только в скоплениях галактик, но и в изолированных крупных галактиках. Ян Эйнасто, Вера Рубин, Джеремайя Острайкер, Джим Пиблс и их коллеги выяснили, что скрытые массы образуют невидимые *гало* галактик. Дело в том, что можно измерить зависимость скорости вращения спиральных галактик от расстояния до центра (*кривая вращения*), которое прослеживается как внутри звездной системы, так и вне ее (по движению облаков нейтрального водорода). В области вне видимого диска галактики кривая вращения становится, как правило, плоской, т.е. практически не зависит от расстояния. Во всех случаях ход этой «плоской» зависимости указывает на присутствие скрытой материи и внутри звездной системы, и вне ее, причем масса невидимой материи

Наблюдаемые локальные (в системе центра масс) скорости галактик в скоплениях слишком велики, чтобы их можно было объяснить тяготением только видимой, светящейся материи. Для удержания их в объеме скопления требуются дополнительные, «скрытые» массы, которые на порядок превосходят видимую массу самих галактик. Сказанное относится и к вращению крупных галактик, таких, например, как туманность Андромеды. Невидимое вещество, наполняющее сферические гало галактик и скоплений, принято называть *темной материей*



в гало в 3—10 раз больше массы галактики.

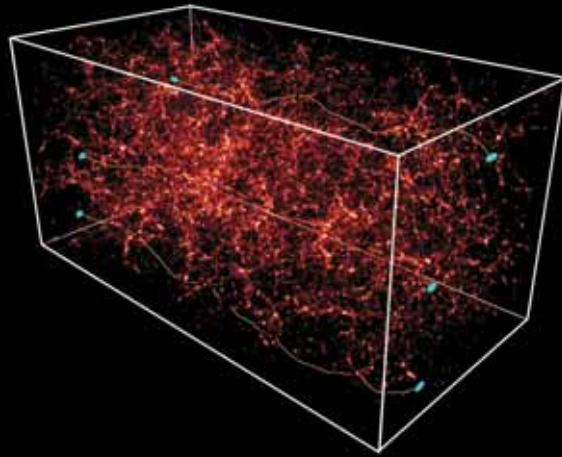
Эти гало имеют почти сферическую форму, их радиусы в 5—10 раз превышают размеры самих звездных систем. Такие крупные галактики, как, скажем, туманность Андромеды или наша Галактика, состоят из звездного диска, погруженного в распределение невидимой массы, которое простирается на расстояния до 100 кпк. Эти темные гало, как и дополнительные массы у Цвикки, проявляют себя исключительно тяготением. Невидимое вещество, наполняющее гало галактик и скоплений, принято сейчас называть *темной материей*.

Другие интересные эмпирические данные, подтверждающие существование темной материи, связаны с эффектом *гравитационной линзы*. Скопления галактик создают эйнштейновский эффект отклонения света полем тяготения. Источником света служат в этом случае далекие галактики и квазары. Изображения галактик искажаются при прохождении их света в гравитационном поле скопления, служащего своеобразной гравитационной линзой. Различают сильное и слабое линзирование. При сильном линзировании искажение столь значительно, что появляется несколько изображений источника. Это происходит, когда угловое расстояние между линзой и источником относительно невелико.

При сравнительно больших угловых расстояниях искажение не так значительно (слабое линзирование), и оно сводится к изменению видимой формы источника, но уже без дробления его изображения. В обоих случаях этот эффект дает указание на массу скопления, служащего гравитационной линзой. Изучая такие искажения для сотен тысяч и миллионов далеких галактик, можно получить сведения о величине и распределении массы в скоплениях-линзах. Наблюдения такого рода неизменно указывают на то, что скопления содержат больше скрытые массы.

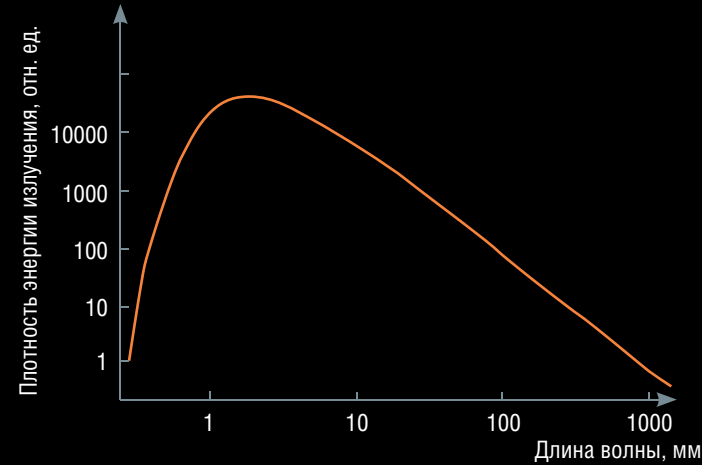
Открытие темной материи — второе (после открытия космологического расширения) важнейшее событие в истории космологии. Обычное вещество, из которого состоит планета Земля (и все, что на ней, включая и нас самих), Солнце, другие звезды, складывается всего из трех видов элементарных частиц: протонов, нейтронов и электронов. А темная материя, которой во Вселенной гораздо больше, имеет совсем другой состав: это не барионы (протоны и нейтроны), не электроны, а... неизвестно что.

Четверть века назад Я. Б. Зельдович активно развивал представление о том, что темная материя могла бы состоять из нейтрино. Космологические нейтрино



Темная материя может заявлять о себе, деформируя изображения далеких объектов наподобие искажений, вносимых старым стеклом. Можно оценить распределение темной материи, которая вызывает эти искажения. При сильном гравитационном линзировании искажение столь значительно, что появляется несколько изображений источника. Слабое линзирование сводится только к изменению видимой формы источника. Недавно были получены результаты обработки снимков 200 тыс. галактик, сделанных Канадско-франко-гавайским телескопом. Здесь представлен пример компьютерного моделирования распределения темной материи (показана красным цветом), которая искривляет световые лучи от далеких галактик и искажает их форму.

Автор С. Коломби
(Парижский астрофизический институт)



В 1965 г. радиоастрономы Лаборатории фирмы «Белл» Арно Пензиас и Роберт Вилсон обнаружили космическое реликтовое излучение. Максимум в спектре этого излучения лежит в миллиметровом диапазоне. Положение максимума отвечает температуре $T = 2,7$ К. Это открытие, удостоенное впоследствии Нобелевской премии, было сделано случайно: по признанию Вилсона, ни он, ни его коллега не думали о космологии и даже ничего не слышали о ней, когда зарегистрировали в своей антенне неустранимый изотропный сигнал, который они приняли за инструментальный шум. Смысл происшедшего прояснили физики-теоретики Принстонского университета

(и антинейтрино) определенно имеются во Вселенной. Они вышли из равновесия с веществом, когда возраст мира был меньше одной секунды, и с тех пор присутствуют в космосе, взаимодействуя с остальными видами энергии практически только гравитационно. Их должно быть в среднем около 300 в каждом кубическом сантиметре пространства. В начале 1980-х гг. казалось,

что лабораторный физический эксперимент позволяет этим частицам иметь массы, подходящие для того, чтобы нейтрино могли играть роль темной материи. Сейчас,

однако, стало ясно, что массы нейтрино значительно меньше, так что на них можно списать в лучшем случае примерно 10% темной материи. Каковы же тогда основные носители этой субстанции?

Одна из современных гипотез, выросшая из идеи Зельдовича, заключается в том, что темная материя состоит в основном из частиц, в неко-

тором смысле очень похожих на нейтрино: они стабильны, не имеют электрического заряда и участвуют только в гравитационном и слабом взаимодействиях. Однако такие частицы сильно отличаются от нейтрино по массе: они должны быть очень тяжелыми, примерно в 1000 раз тяжелее протона, так что энергия покоя такой частицы составляет около 1 ТэВ. Такие частицы до сих пор не были известны ни в теории, ни в физическом эксперименте. Если они действительно существуют, то, как показывает теория, они вполне могли бы присутствовать во Вселенной в нужном количестве. Таким путем космология приходит к интересному предсказанию: в природе должны существовать массивные стабильные слабовзаимодействующие элементарные частицы, на долю которых приходится примерно 25% всей массы и энергии Вселенной, что в 4–5 раз больше, чем вклад барионов.

Возможно, нужные по свойствам новые частицы будут обнаружены на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе, который готовится к проведению небывалых экспериментов. На этом мощнейшем ускорителе пучки протонов и ионов будут разгоняться до энергий более 10 ТэВ, что заметно превышает энергию покоя гипотетических темных частиц. В нескольких крупных лабораториях мира, в том числе и в России, строятся специальные установки для детектирования частиц темной материи, приходящих на Землю из гало нашей Галактики. Не исключено, что вопрос о физической природе темной материи будет решен уже в недалеком будущем. Во всяком случае эта загадка не кажется такой безнадежной, как природа космологического расширения.

Фон фотонов

В 1965 г. американские радиоастрономы Арно Пензиас и Роберт Вилсон обнаружили, что вся Вселенная пронизана электромагнитным излучением, приходящим на Землю изотропно, т.е. равномерно со всех направлений. Это третье из крупнейших открытий в космологии.

Максимум в спектре этого излучения приходится на миллиметровые волны, причем сам спектр, т.е. распределение по длинам волн (или частотам), совпадает по форме со спектром абсолютно черного тела. На языке квантов можно сказать, что в мире имеется газ фотонов, которые равномерно заполняют все пространство. Температура этого газа точно измерена: $T = 2,725$ К. Как видим, это очень низкая температура, она не выше трех градусов, считая от абсолютного нуля (по шкале Цельсия это -270°). Таких космических фотонов очень много во Вселенной: их почти в 10 млрд раз больше, чем протонов, если считать по числу частиц. В кубическом сантиметре пространства содержится примерно 500 реликтовых фотонов.

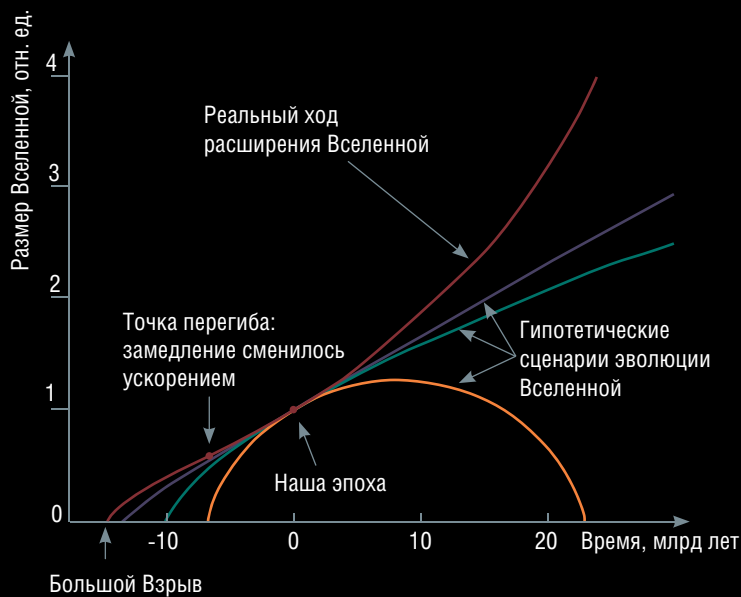
Само по себе изотропное космическое излучение не таит никаких особенных загадок. Это реликт, т.е. остаток, того состояния, в котором Вселенная находилась в очень далеком прошлом, в первые минуты своего расширения. В те времена в ней не было ни звезд, ни галактик, а все вещество распределялось в пространстве более или менее равномерно. Это можно себе представить, если мысленно обратить ход времени: глядя назад, мы увидим, что галактики не разбегаются, а сближаются между собой. И в определенный момент они должны перемешаться, так что

их вещество окажется газом приблизительно однородной плотности. Этот газ должен быть очень горячим. Еще со школьной скамьи мы знаем, что при расширении тела охлаждаются, а при сжатии — нагреваются. Из физики известно также, что в горячей газе должны обязательно иметься фотоны, находящиеся с газом в термодинамическом равновесии. При расширении Вселенной фотоны не исчезают и должны сохраниться до современной эпохи.

Так рассуждал еще в 1940-х гг. Георгий Гамов, некогда студент профессора Фридмана в Ленинграде. Он построил теорию «горячей Вселенной», которую называют еще теорией Большого Взрыва, и на ее основе смог предсказать само существование этого остаточного, *реликтового излучения*. Более того, он предсказал и нынешнюю температуру реликтовых фотонов. По его расчетам, она не должна превышать 10 К. В одной из научно-популярных статей (в 1950 г.) Гамов написал, что температура должна быть примерно три градуса абсолютной шкалы. Как выяснилось через полтора десятка лет, предсказание оказалось очень точным. Многие считают, что это было самое красивое количественное предсказание во всей космологической теории.

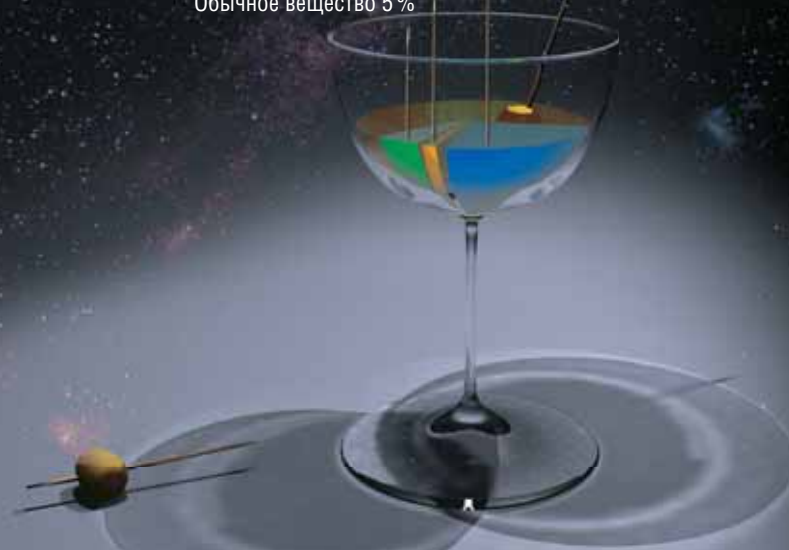
Но кое-что не до конца ясно и с реликтовым излучением. Космологам не удается понять, почему реликтовых фотонов так много (по сравнению с протонами). Впрочем, правильнее было бы сказать, что это вопрос не о фотонах, а скорее, о протонах: почему их именно столько, сколько известно из наблюдений? Ответа пока нет. С этой проблемой не удалось справиться даже А.Д. Сахарову, который считал ее одной из самых принципиальных как в космологии, так и во всей фундаментальной физике.

СОГЛАСНО ОДНОЙ ИЗ ГИПОТЕЗ, ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ СОСТОИТ ИЗ ЧАСТИЦ, ПОХОЖИХ НА НЕЙТРИНО. ОДНАКО ТАКИЕ ЧАСТИЦЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРИМЕРНО В 1000 РАЗ ТЯЖЕЛЕЕ ПРОТОНА



Если бы во Вселенной присутствовало только обычное тяготение, разбегание галактик замедлялось бы со временем (подобно тому, как тормозится брошенный вверх камень). Однако в 1998—1999 гг. было установлено, что по крайней мере вторую половину своей истории Вселенная расширяется, наоборот, с ускорением. Этот факт свидетельствует в пользу существования антитяготения — всеобщего отталкивания. Новая энергия получила название «темной энергии». На рисунке показаны различные сценарии эволюции мира, в принципе допускаемые теорией. Наблюдения последнего десятилетия позволили выбрать вариант, который действительно реализуется, — ему соответствует красная кривая. В этом случае от начала космологического расширения до современной эпохи проходит приблизительно 14 млрд лет. При этом космологическое расширение происходит с замедлением первые 7 млрд лет, после этого расширение ускоряется

Темная материя 25 %
Излучение < 0,1 %
Обычное вещество 5 %
Темная энергия 70 %



«Энергетический коктейль» современной Вселенной замешан по странному рецепту: в нем очень много «темного»

ГЕОРГИЙ ГАМОВ (1904—1968) ЗА 15 ЛЕТ ДО ОТКРЫТИЯ ПЕНЗИАСА И ВИЛСОНА ПРЕДВИДЕЛ, ЧТО ТЕМПЕРАТУРА РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДОЛЖНА БЫТЬ ОКОЛО ТРЕХ ГРАДУСОВ. ЭТО БЫЛО САМОЕ ТОЧНОЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ В КОСМОЛОГИИ

Открытие и изучение реликтового излучения отмечено двумя Нобелевскими премиями. Первая присуждена в 1978 г. Пензиасу и Вилсону, вторая — в 2006 г. Джорджу Смуту и Джону Матеру, которые в 1992 г. доказали, что реликтовое излучение — это действительно термодинамически равновесный газ фотонов определенной температуры. Это было сделано с помощью американского спутника COBE (Cosmic Background Explorer). Кроме того, COBE измерил слабую — на уровне тысячных долей процента — анизотропию фонового излучения. Последняя представляет собой «отпечаток» первоначально

слабых неоднородностей вещества ранней Вселенной, которые позднее дали начало наблюдаемым крупномасштабным космическим структурам — галактикам и скоплениям галактик.

В наши дни наблюдения реликтового излучения служат астрономам для изучения крупномасштабных свойств Вселенной. Самый яркий результат, достигнутый на этом пути в последние годы, касается геометрии трехмерного пространства, в котором происходит разбегание галактик. Начиная с Фридмана, космологи стремились выяснить тип геометрии реального пространства. Оказалось, что это обычная школьная евклидова геометрия. Выходит, наш мир устроен не слишком сложно: по крайней мере его пространственная геометрия — самая простая из возможных.

Всемирное антитяготение

В 1998—1999 гг. две международные группы наблюдателей, одной

из которых руководили Брайан Шмидт и Адам Райсс, а другой — Сол Перлматтер, установили, что наблюдаемое космологическое расширение происходит с ускорением: скорости удаления галактик возрастают со временем. Открытие сделано с помощью изучения далеких вспышек сверхновых звезд определенного типа (Ia), которые замечательны тем, что они могут служить «стандартными свечами», т.е. источниками с известной собственной светимостью. Из-за исключительной яркости сверхновые можно наблюдать на очень больших, истинно космологических расстояниях, составляющих тысячи мегапарсек.

Вещество (считая и с темной материей) не способно ускорять галактики, а лишь тормозит их разлет: взаимное притяжение галактик стремится сблизить их друг с другом. Поэтому открытый астрономами факт ускоренного расширения указывает на то, что наряду с обычным веществом, создающим тяготение, во Вселенной присутствует особая космическая масса, или энергия, которая со-

здает не тяготение, а *антитяготение* — всеобщее отталкивание тел. При этом в космологическом масштабе антитяготение сильнее тяготения. Новая энергия получила название *темной энергии*. Она действительно невидима: не излучает, не рассеивает и не поглощает света (и всех вообще электромагнитных



волн); она проявляет себя только антитяготением.

Астрономы выяснили, что до расстояний примерно в 7 млрд световых лет космологическое ускорение положительно. Но на еще более далеких расстояниях ускорение, как оказалось, меняет знак: там оно отрицательно, а значит, на этих сверхбольших расстояниях космологическое расширение происходит с замедлением.

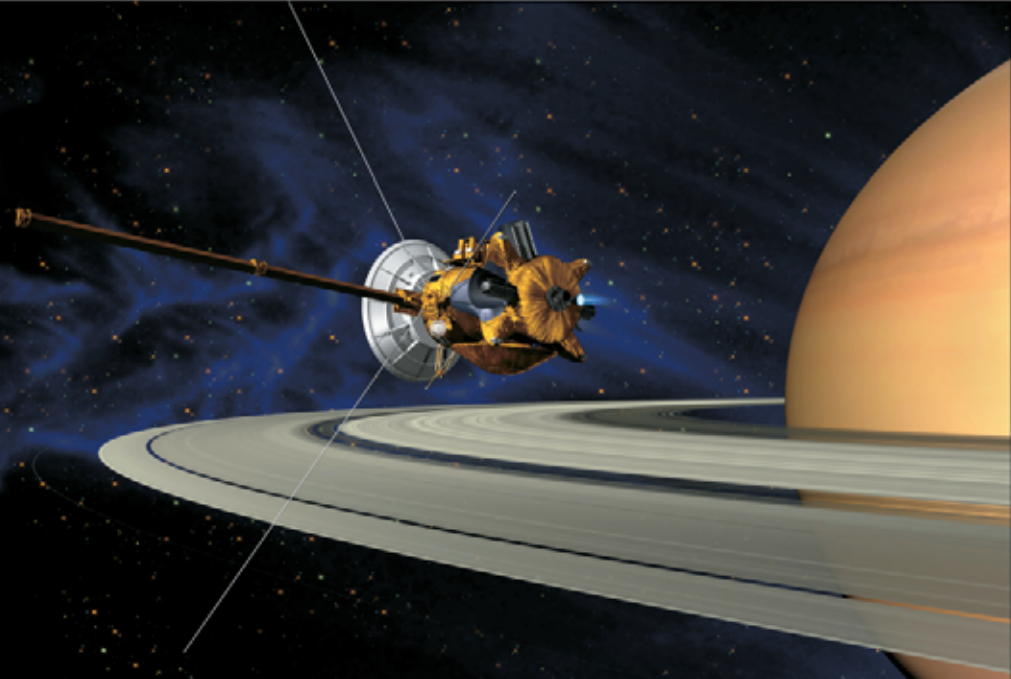
Примем теперь во внимание, что свет распространяется в пространстве с конечной скоростью. Это означает, что мы видим объекты такими, какими они были,

Альберт Эйнштейн (1879—1955), снимок 1920 г. Тремя годами ранее он выдвинул идею всеобщего космического отталкивания. Эйнштейн показал, что наряду со всемирным тяготением — взаимным притяжением тел — в природе может, в принципе, существовать и всемирное антитяготение, которое стремится заставить все тела двигаться прочь друг от друга. Антитяготение было открыто в 1998—1999 гг.

когда испустили принимаемый нами сейчас свет. Солнце мы видим с задержкой в 8 мин, далекие галактики наблюдаем такими, какими они были миллиарды лет назад. Телескоп — это настоящая машина времени, позволяющая воочию видеть прошлое мира. Возраст мира составляет 13,7 млрд лет — таковы самые свежие космологические данные.

Сказанное только что о космологическом ускорении означает, что первую половину своей истории Вселенная расширялась с замедлением, а вторую — с ускорением. Первые 7 млрд лет расширяющаяся Вселенная практически не чувствовала присутствия в ней темной энергии: плотность вещества (темной материи и барионов) была значительно выше плотности темной энергии. Предполагается, что плотность темной энергии не зависит от времени, это величина постоянная. А плотность вещества убывает в ходе расширения, так что в прошлом она была выше, чем сейчас; по этой причине до определенного момента тяготение вещества было сильнее антитяготения

В отношении расчета движения в пределах Солнечной системы общая теория относительности Эйнштейна давно стала почти инженерной наукой. Так, полеты автоматических космических аппаратов к планетам немислимы без ОТО. На рисунке — американский зонд «Кассини», достигший в 2004 г. Сатурна. С сайта saturn.jpl.nasa.gov



Космический телескоп «Хаббл» (КТХ) — самый крупный астрономический инструмент, выведенный на орбиту вокруг Земли. Диаметр зеркала КТХ составляет 2,4 м; оно почти такое же по размеру, как в свое время у Эдвина Хаббла. Но космическому телескопу не мешает земная атмосфера, а совершенная светоприемная аппаратура на нем такова, что в дело идет практически каждый квант света, упавший на зеркало. Самое замечательное открытие, сделанное с помощью КТХ, — обнаружение темной энергии во Вселенной. Фото Европейского космического агентства

темной энергии. Эти две силы как раз и сравнялись по величине примерно 7 млрд лет тому назад. С тех пор темная энергия доминирует, и эта эпоха антитяготения будет длиться неограниченно долго.

По совокупности различных наблюдений (включая и наблюдения реликтового излучения)

к настоящему времени установлена доля каждого космического компонента в общем энергетическом балансе Вселенной. Эти компоненты сейчас называют видами

космической энергии. На долю темной энергии приходится примерно 70% всей энергии мира; на темную материю — 25%; на обычное вещество (протоны, нейтроны, электроны) — около 5%; на реликтовое излучение — менее 0,1%. Таков рецепт «энергетической смеси», заполняющей современную Вселенную. В ней, как мы видим, много «темного»

— до 95%. Это стало самой большой неожиданностью для астрономов, космологов и физиков.

Удивительно и достойно восхищения научное предвидение Эйнштейна: еще в 1917 г. он говорил о всеобщем космическом отталкивании как о возможном физическом феномене космологического масштаба. У Эйнштейна антитяготение описывается всего одной константой, которую называют космологической постоянной. Весь комплекс имеющихся сейчас наблюдательных данных о темной энергии прекрасно согласуется с таким описанием.

Эйнштейн не оставил нам физической интерпретации космологической постоянной. Согласно предложению Э. Б. Глинера, высказанному еще в 1965 г., космологическую постоянную можно рассматривать как физическую характеристику особого рода сплошной среды, идеально равномерно заполняющей все пространство Вселенной. Плотность этой среды не только однородна, но и не зависит от времени, она одна и та же во всех системах отсчета. Из этого представления вытекают особые макроскопические свойства темной энергии. Так, оказывается, что у нее имеется давление, причем оно отрицательно, а по абсолютной величине равно плотности энергии (напомним, что плотность энергии и давление имеют одну и ту же размерность). Именно из-за своего отрицательного давления темная энергия создает антитяготение — это специфический эффект общей теории относительности.

Но каковы не макроскопические, а микроскопические свойства темной энергии? Из чего она состоит? В конце 1960-х гг., задолго до открытия темной энер-

гии, Зельдович обсуждал возможную связь между космологической постоянной и квантовым вакуумом элементарных частиц и физических полей. Этот физический вакуум не есть абсолютная пустота, он имеет свою отличную от нуля энергию. Ее носителями служат так называемые нулевые колебания квантовых полей, всегда существующие в пространстве даже в отсутствие в нем каких-либо частиц. Если этот квантовый вакуум рассматривать макроскопически как некую среду, то ему следует приписать не только плотность энергии, но также и давление. При этом связь между давлением и плотностью должна быть в точности такой, как и у темной энергии, описываемой эйнштейновской космологической постоянной. Так не тождественна ли темная энергия физическому вакууму?

Было бы замечательно, если бы удалось доказать, что это действительно так: объединение кажущихся разными сущностей — плодотворнейший путь развития науки. Это известно еще со времен Максвелла, объединившего электричество и магнетизм. Но до сих пор идею Зельдовича не удается ни доказать, ни опровергнуть. Физическая природа и микроскопическая структура темной энергии стала сейчас центральной проблемой космологии и всей фундаментальной физики. Похоже, она столь же сложна, как и вопрос о происхождении космологического расширения.

Итак, за 90 лет своего существования, считая от первых наблюдений Слайфера и теоретической работы Эйнштейна, космология превратилась из области абстрактных и почти

фантастических, как казалось, занятий на далекой периферии тогдашней науки в одно из центральных направлений естествознания XXI в. Она обладает надежным наблюдательным фундаментом, который складывается из базовых фактов о Вселенной. На нем строится и развивается теория, прочно связанная со всей современной физикой, включая общую теорию относительности, ядерную физику и физику элементарных частиц. Космология ставит новые важные вопросы, выдвигает содержательные идеи и гипотезы, делает смелые предсказания. Она дает широкую, богатую и согласованную картину мира, которая становится сейчас неотъемлемой частью общей культуры человечества. А нерешенные проблемы в живой, сложной науке всегда есть и должны быть — это источник и резерв ее дальнейшего развития.

Литература

Вейнберг С. Первые три минуты. — М.: Атомиздат, 1982.
 Новиков И. Д., Шаров А. С. Человек, открывший взрыв Вселенной. — М.: Наука, 1989.
 Розенталь И. Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. — М.: Недра, 1984.
 Тронн Э. А., Френкель В. Я., Чернин А. Д. Александр Александрович Фридман. Труды и жизнь. — М.: Наука, 1988.
 Черепашук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. — Фрязино: Век-2, 2003.
 Черепашук А. М., Чернин А. Д. Горизонты Вселенной. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.

АНТИТЯГОТЕНИЕ СОЗДАЕТСЯ НЕ ГАЛАКТИКАМИ ИЛИ ДРУГИМИ КОМПАКТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ, А НЕПРЕРЫВНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ, В КОТОРУЮ ВСЕ ТЕЛА ПОГРУЖЕНЫ, — ТЕМНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

ЗЕРКАЛЬНАЯ

асимметрия в атомных явлениях

К 30-летию открытия новосибирских физиков



Тридцать лет назад в новосибирском Академгородке был проведен эксперимент, результаты которого если не потрясли, то сильно встряхнули научный мир. Выполнили его в Институте ядерной физики СО АН СССР Л. М. Барков и М. С. Золоторев, а «идеологом» был теоретик И. Б. Хриплович. Сибирские ученые открыли эффект несохранения четности в слабом взаимодействии электронов с атомным ядром. Эксперимент вошел в энциклопедии. Сегодня академик Барков (на фото — слева) и член-корреспондент Хриплович (справа), несмотря на солидный возраст, продолжают трудиться в стенах родного института, Золоторев с 1980-х гг. живет в США. Герои настоящей публикации достигли в жизни самых высоких — и заслуженных! — степеней общественного и научного признания: Лев Митрофанович Барков — лауреат Государственной премии (1989), награжден несколькими орденами; Иосиф Бенционович Хриплович удостоен таких престижных наград в области теоретической физики, как медаль Дирака (2004) и премия им. И. Я. Померанчука (2005).

Журнал «Наука из первых рук» решил познакомить читателей с историей (и предысторией) выдающегося эксперимента, чтобы вы из первых уст узнали те колоритные подробности, о которых обычно не пишут в монографиях и не докладывают на научных конференциях

Времена одиночек в физическом эксперименте давно прошли. Физики элементарных частиц это касается в наибольшей степени. Размеры и стоимость ускорителей и ядерных реакторов, с помощью которых получают основные экспериментальные результаты, постоянно растут, и этой тенденции уже много десятилетий.

Тем удивительней сделанный в 1978 г. в ИЯФе опыт Баркова и Золоторева, ключевую идею которого предложил Хриплович. Им удалось исследовать фундаментальные вопросы слабых взаимодействий методами оптической спектроскопии. Нарушение зеркальной симметрии, или, как говорят физики, пространственной четности, во взаимодействии электронов с нуклонами новосибирские ученые обнаружили, наблюдая вращение плоскости поляризации света в парах висмута. Можно сказать, малыми силами исследователи добыли большое знание.

Пространственная инверсия и четность

Для объяснения понятия четности следует углубиться еще на двадцать лет назад — в середину прошлого века. До 1950-х гг. казалось незыблемым постулат, что природа обладает зеркальной симметрией. Что это означает?

Представим себе преобразование, при котором направления координатных осей изменяются на противоположные ($x \rightarrow -x$, $y \rightarrow -y$, $z \rightarrow -z$). Такое преобразование называется *пространственной инверсией*. Эту операцию удобно рассматривать как три последовательных отражения относительно трех взаимно перпендикулярных плоскостей («зеркал»). Часто при анализе вопроса, что происходит в той или иной физической

ситуации при пространственной инверсии, можно ограничиться одним зеркалом — только нужно его правильно выбрать.

Ученые считали, что законы физики устроены таким образом, что в зеркале они выглядят так же. То есть, имея описание какого-либо физического явления (зависимость от времени координат, скоростей, полей и т. д.), нельзя определить, наблюдается оно непосредственно или в зеркале. Утверждение, что процессы природы симметричны относительно отражения координат, в квантово-механической формулировке называют *законом сохранения пространственной четности* (или просто четности).

Подозрения, что иногда четность все-таки не сохраняется, возникли в связи с наблюдаемыми распадами K^+ -мезонов, обусловленными слабыми взаимодействиями. Разгорелась жаркая дискуссия. Гениальный Ландау публично заявлял: «Я повешусь, если четность не сохраняется!» Наконец, в 1957 г. в научном споре была поставлена точка: эксперименты нескольких исследовательских групп убедительно продемонстрировали несохранение четности в распадах ядер и элементарных частиц. Ландау своего обещания, конечно, не сдержал, но зеркальная симметрия мира рухнула.

Опыт Ву

Самым наглядным среди экспериментов 1957 г. был, пожалуй, опыт мадам Ву из Колумбийского университета. В чем заключалась его суть? Радиоактивный образец изотопа кобальта ^{60}Co помещался в магнитное поле кругового тока, под действием которого спины ядер выстраивались вдоль направления поля. У ядра кобальта-60 величина спина $J = 5$ и, соответственно, большой магнитный момент, что позволяло получить высокую сте-

пень поляризации ядер в магнитном поле. Чтобы тепловое движение не уничтожило поляризацию, образец охлаждался значительно ниже температуры жидкого гелия.

Как известно, в каждом акте β -распада испускается электрон (называемый β -частицей) и антинейтрино:



Частицы летят по всем направлениям, но в эксперименте измерялось только количество электронов, испущенных по направлению магнитного поля (спинов ядер) и в противоположном направлении.

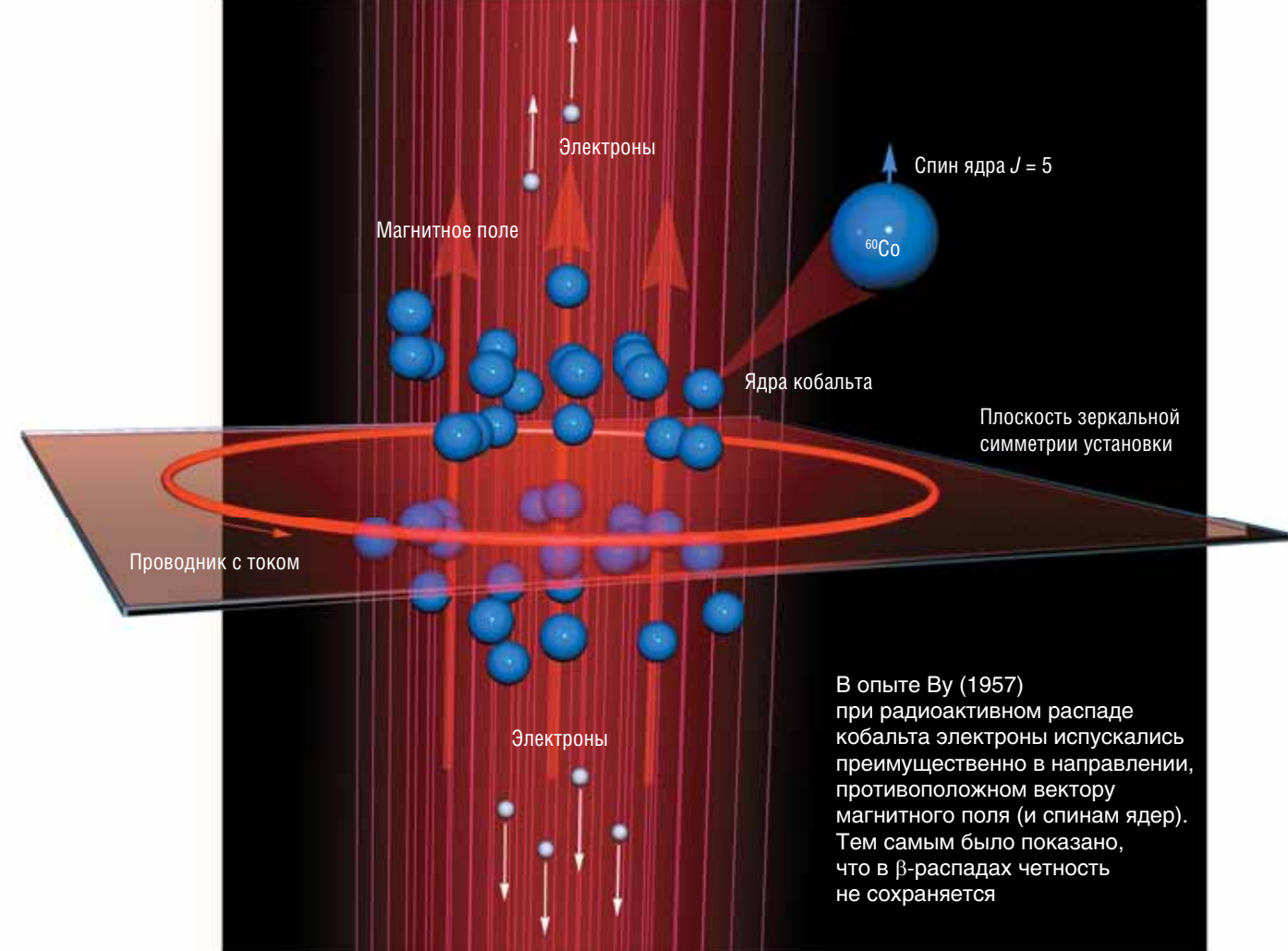
Теперь обратите внимание, что вся установка зеркально симметрична относительно плоскости, в которой расположен круговой ток. При зеркальном отражении импульс (полярный вектор) меняет знак, а напряженность магнитного

ПОЛЯРНЫЕ И АКСИАЛЬНЫЕ ВЕКТОРЫ

При отражении координатных осей (пространственной инверсии) различные физические векторные величины ведут себя по-разному. Одни из них меняют свой знак на противоположный (сохраняясь по модулю), другие — нет.

Если при пространственной инверсии вектор меняет знак, он называется *полярным*. Примеры: радиус-вектор, скорость, импульс.

Аксиальный вектор не меняет знака при отражении координатных осей. Примеры: векторное произведение обычных (полярных) векторов, например момент импульса $M = r \times p$ (r — радиус-вектор, p — импульс), или напряженность магнитного поля $H = \text{rot } A = \nabla \times A$ (A — векторный потенциал). Следует понимать, что направление аксиального вектора в известной степени условно, так как зависит от принятого при определении условия



В опыте Ву (1957) при радиоактивном распаде кобальта электроны испускались преимущественно в направлении, противоположном вектору магнитного поля (и спином ядер). Тем самым было показано, что в β -распадах четность не сохраняется

поля, магнитный момент, спин (аксиальные векторы) знака не меняют. Если бы четность сохранялась, что эквивалентно неизменности физической картины при зеркальном отражении, то должно было бы регистрироваться одинаковое количество электронов как по направлению магнитного поля, так и в противоположном направлении. Однако оказалось, что электроны летят преимущественно против вектора магнитного поля. Так было впервые показано, что в слабых взаимодействиях не сохраняется пространственная четность.

Одновременно с этой классической работой были выполнены эксперименты, обнаружившие несохранение четности в распадах мюонов и пионов. А вот не в распадах, а в процессах с так называемыми нейтральными токами (о которых речь впереди) вопрос, сохраняется

ли четность, оставался открытым в течение двадцати лет, до эксперимента Баркова—Золоторева.

Нейтральные токи

К 1970-м годам нарушение зеркальной симметрии в известных процессах слабого взаимодействия элементарных частиц уже никем не оспаривалось. Чем же был обусловлен интерес исследователей, в том числе в новосибирском Академгородке, к поискам новых эффектов несохранения четности? Чтобы объяснить причину этого, нужно хотя бы вкратце коснуться понятий, используемых на рубеже 1960—1970-х гг. некоторыми теориями электрослабого объединения.

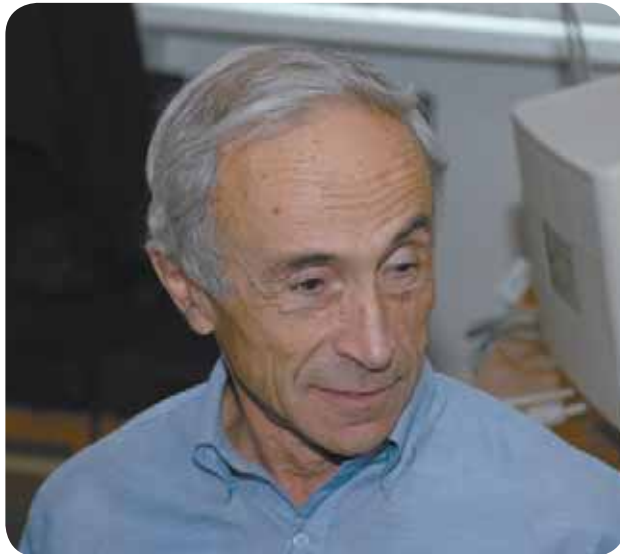
В то время в физике элементарных частиц одним из центральных оказался вопрос о существовании и

ЧТО ТАКОЕ СПИН?

Спин (от англ. *spin* — вращаться) — собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы. Частица может находиться в $2J + 1$ спиновых состояниях (где спиновое число J — целое или полуцелое), что эквивалентно дополнительной степени свободы. Наличие у электрона спина, равного $1/2$, объяснило тонкую структуру атомных спектров, особенности расщепления спектральных линий в магнитном поле (эффект Зеемана), закономерности периодической системы элементов. Как разновидность момента импульса, спин является аксиальным вектором

ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

Дух высоких энергий	42
Лазер, фотодиоды и военпред	45



ДУХ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И.Б. Хриплович: И Лев Митрофанович Барков, и я — мы оба родом из физики высоких энергий. Лев Митрофанович к тому же экспериментатор, поэтому привык к большим установкам. В 1960-х — начале 1970-х основным рабочим инструментом были ускорители, а это, как вы понимаете, сооружения размером в десятки-сотни метров и коллективы из сотен людей. И вот году в 1974-м у меня возникла мысль, что можно получить важный результат в физике элементарных частиц с помощью фактически комнатной установки. Речь идет о поиске несохранения четности в атомных переходах посредством наблюдения вращения плоскости поляризации света в парах тяжелых металлов. Идея многим показала фантастической, но Барков и Макс Золоторев стали ее энтузиастами. Надо сказать, что одновременно подобную идею выдвинули еще две исследовательские группы — в Оксфордском университете и в Университете штата Вашингтон в Сиэтле. Не знаю, была ли согласованность действий у англичан с американцами, но у нас с ними никакой корреляции не было. И что интересно: мы ведь не были специалистами в атомной физике, грубо говоря, мы были дилетантами, но как раз из-за отсутствия опыта действовали во всей этой эпопее решительно, быстро и часто правильно. Мы подошли к нашей научной задаче не как спектроскописты... Я бы сказал так: дух физики высоких энергий был привнесен в это дело.

структуре нейтральных слабых токов. Что это такое? Рассмотрим, например, обычный β -распад нейтрона

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

или распад мюона

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$$

Как нетрудно видеть, эти слабые процессы сопровождаются изменением электрического заряда адронов (нейтрона, протона) и лептонов (электрона, мюона, электронного и мюонного нейтрино и антинейтрино). Обо всех подобных процессах говорят, что они обусловлены слабым взаимодействием *заряженных токов*.

Между тем законами сохранения не запрещены и процессы, не сопровождающиеся передачей заряда, например упругое рассеяние нейтрино на протоне

$$\nu_e + p \rightarrow \nu_e + p.$$

Нейтрино, рассеиваясь на протоне за счет слабого взаимодействия, просто передает ему энергию и импульс. О процессах такого рода, в которых не изменяется заряд лептонов и составляющих адроны *кварков*, принято говорить, что они обусловлены *нейтральными слабыми токами*.

После того как было выдвинуто предположение о существовании нейтральных токов, на протяжении многих лет физика не ощущала особой необходимости в этой гипотезе. Ситуация изменилась после появления теоретических моделей, единым образом описывающих слабые, электромагнитные и сильные взаимодействия элементарных частиц. Ясно, что подобная теория, подтвержденная к тому же экспериментально, оказалась бы достижением того же класса, что и создание Максвеллом единой теории электромагнитного поля вместо разрозненного описания электростатических и магнитных явлений, существовавшего до него. Так вот, большинство упомянутых моделей естественным образом содержит нейтральные токи.

ОБЩЕПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

- p — протон,
- n — нейтрон,
- e^- — электрон,
- ν_e — электронное нейтрино,
- μ^- — мюон,
- ν_μ — мюонное нейтрино.

Примечание: античастица помечается чертой над буквенным обозначением соответствующей частицы

Когда в 1973 г. нейтральные токи были экспериментально обнаружены, целый класс единых моделей оказался закрытым. В экспериментах наблюдались реакции, в которых мюонное нейтрино, рассеиваясь на протоне или нейтроне, рождает адроны с суммарным зарядом, равным заряду начального адрона:

$$\nu_\mu + p(n) \rightarrow \nu_\mu + \text{адроны.}$$

То, что нейтральные токи впервые были открыты в реакциях с участием нейтрино, не случайно. Поскольку эта частица не обладает ни сильным, ни электромагнитным взаимодействием, нейтринные нейтральные токи легче обнаружить: они ничем не маскируются. Для заряженных частиц слабое взаимодействие маскируется на много порядков более сильным электромагнитным.

Как же выделить вклад слабого взаимодействия электрона с атомным ядром, обусловленного нейтральными токами, в реакции

$$e^- + p(n) \rightarrow e^- + p(n)?$$

На помощь физике элементарных частиц пришла оптика с ее прецизионной точностью измерений.

«Слабая» оптика

Популярные в то время теории электрослабого объединения, в том числе модель Вайнберга и Салама (1968), предсказывали существование слабого взаимодействия между электроном и ядром, не сохраняющего четность. Следует отметить, что впервые принципиальная возможность поиска нейтральных токов по эффектам несохранения четности в атомных оптических переходах обсуждалась еще в 1959 г. советским физиком Я.Б. Зельдовичем.

Вспомним из школьного курса физики, как излучает атом. Со-

КВАРКИ, ЛЕПТОНЫ И ТРИ ТИПА ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Все вещество состоит из 12 фундаментальных частиц, являющихся истинно элементарными, т.е. не имеющих внутренней структуры: 6 кварков (u, d, s, c, b, t) и 6 лептонов (электрон, мюон, τ -лептон и соответственно 3 сорта нейтрино). Кварки участвуют в сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях; заряженные лептоны (электрон, мюон, τ -лептон) — в слабых и электромагнитных; нейтрино — только в слабых взаимодействиях. Гравитационное взаимодействие в физике элементарных частиц пренебрежимо мало.

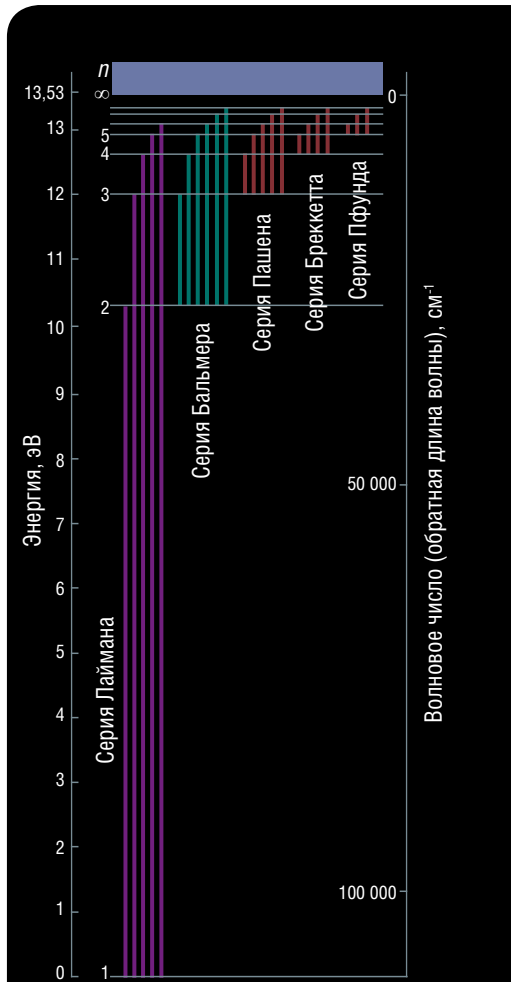
Из кварков состоят адроны, в частности, протоны и нейтроны (из трех кварков), а также мезоны (из одного кварка и одного антикварка). По современным представлениям, кварки не могут существовать в свободном виде

гласно постулатам Бора электрон в атоме может находиться в некоторых стационарных состояниях (на орбиталях), в которых он не излучает. Каждой орбитали соответствует свой уровень энергии. Значения возможных энергий квантованы (дискретны). Когда электрон переходит с одной орбитали на другую, излучается (или поглощается) квант. Энергия кванта E_{mn} равна разности энергий электрона до и после перехода:

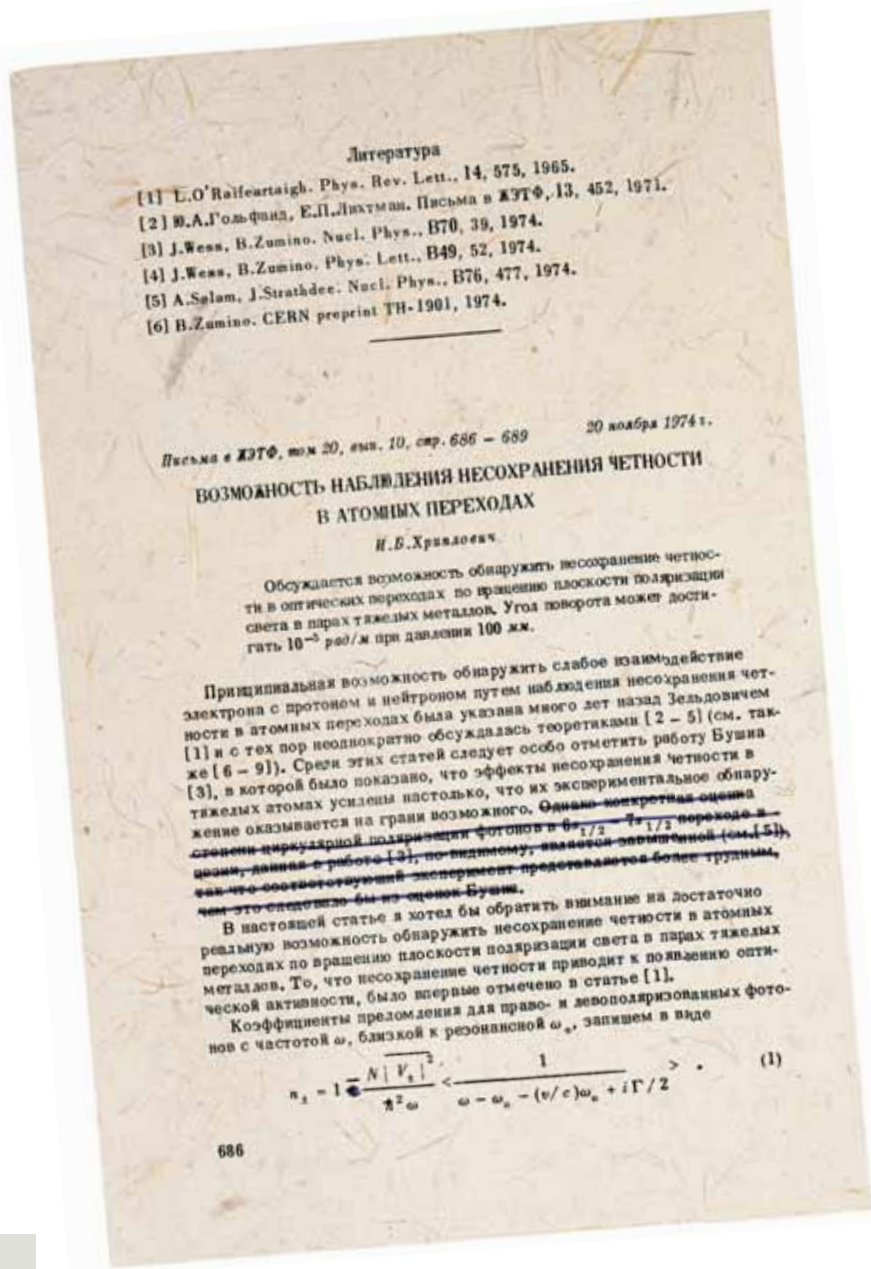
$$E_{mn} = h \nu_{mn} = E_m - E_n,$$

где h — постоянная Планка, ν_{mn} — частота кванта, m и n — номера энергетических уровней.

Как может сказаться существование нейтральных токов на атомных явлениях? Прежде всего, слабое взаимодействие приведет к смещению уровней, а значит, повлияет на частоты переходов. Частоты



Это спектр простейшего атома — водорода. Макроскопическая структура спектральных линий определяется разницей в энергетических уровнях атомных орбиталей. Однако при более детальном исследовании каждая линия проявляет свою тонкую структуру, обусловленную малыми возмущениями, которые немного сдвигают и расщепляют энергетические уровни. Поправки могут возникать из-за релятивистских эффектов, связи спин-орбита, влияния внешнего магнитного поля (эффект Зеемана) и т.д.



Оттиск теоретической статьи И. Б. Хрипловича 1974 г. в журнале «Письма в ЖЭТФ» (с авторской правкой), давшей стартовый импульс эксперименту Баркова—Золоторева

в спектроскопии измеряются с огромной точностью. Но в данном случае абсолютные измерения частот сразу не внушали оптимизма из-за того, что величина смещения очень мала по сравнению с точностью нашего знания мировых констант (через которые выражаются частоты переходов без учета слабых взаимодействий). Поэтому единственной реальной надеждой было наблюдение

этих эффектов, которые сами по себе могут вызываться только слабыми взаимодействиями.

В 1974 г. французские физики супруги Бушиа заметили, что эффекты несохранения четности, обусловленные нейтральными токами, усилены в тяжелых атомах настолько, что их обнаружение оказывается на грани экспериментальных возможностей. Они предложили искать эти эффекты в очень маловероятном переходе в цезии. Ожидалось, что вероятности поглощения атомом право- и левополяризованных фотонов (т. е. фотонов, у которых направленные вращения вектора поляризации образует с направлением скорости, соответственно, правый и левый винт) будут отличаться.

В том же году сотрудник новосибирского Института ядерной физики И. Б. Хриплович предложил другой эксперимент, а именно наблюдение вращения плоскости поляризации света в парах тяжелых металлов, в частности таллия, свинца и висмута. Мы знаем, что величина коэффициента преломления определяется взаимодействием света с атомами (молекулами) среды. Если вероятности поглощения и испускания для право- и левополяризованных фотонов отличаются, разными окажутся и коэффициенты преломления. А поскольку линейно поляризованную волну всегда можно представить как наложение двух циркулярно поляризованных волн с противоположным направлением вращения (правым и левым), то при прохождении через среду эти составляющие будут распространяться с разными скоростями, приобретая разность хода, линейно зависящую от длины пути. В результате плоскость поляризации должна поворачиваться.

Свойство среды вызывать вращение плоскости поляризации света имеет специальное название — *оптическая активность*. Вообще, это явление давно известное. Оптически



активным веществом является, например, обычный раствор сахара. Причина здесь в том, что молекула сахара обладает винтовой структурой. Оптическая же активность газа из неполяризованных атомов в отсутствие внешних полей — эффект, до того времени никогда не наблюдавшийся. Пожалуй, трудно представить себе более наглядное проявление несохранения четности, неравноправия левого и правого в физике.

Эксперимент — дело тонкое

Летом 1974 г. в Институте ядерной физики СО АН Барков и Золоторев при теоретической поддержке Хрипловича приступили к подготовке эксперимента по поиску оптической активности паров тяжелых металлов. В качестве рабочего вещества в конце концов был выбран висмут: выбор определялся и ожидаемой величиной эффекта, и наличием мощного лазера с подходящей длиной волны. Исследования велись напряженно, в обстановке острой конкуренции: одновременно аналогичные опыты с висмутом начались в Англии и США.

ЛАЗЕР, ФОТОДИОДЫ И ВОЕНПРЕД

И. Б. Хриплович: Нам был нужен перестраиваемый лазер. Мы знали, что в стране существуют полупроводниковые лазеры с необходимыми параметрами: судя по сообщениям прессы, такие приборы делал Алферов в Ленинграде. Но на определенном этапе переговоров один из его сотрудников заявил Золотореву буквально следующее: «Ты что, дурак? Откуда вы это взяли — из газет? Неужели до сих пор верите газетам? Если хотите хороший лазер, покупайте на Западе». В результате мы заказали лазер на красителе фирмы Spectra Physics, как сейчас помню, за 17 тысяч инвалютных рублей, или 21 тысячу долларов. По имеющейся у меня информации, это был почти весь валютный запас института. Будкер в нас поверил. Будкер умел принимать решения. И дело завертелось. Впрочем, и до получения лазера подготовка эксперимента шла полным ходом. Лазерная часть установки должна была состоять из двух блоков. Лазер накачки приобрели без особых приключений. А вот с лазером на красителе и дефицитными фотодиодами произошла история, которую стоит рассказать. Золоторев и я прилетели на семинар в Москву. Мы знали, что лазер уже

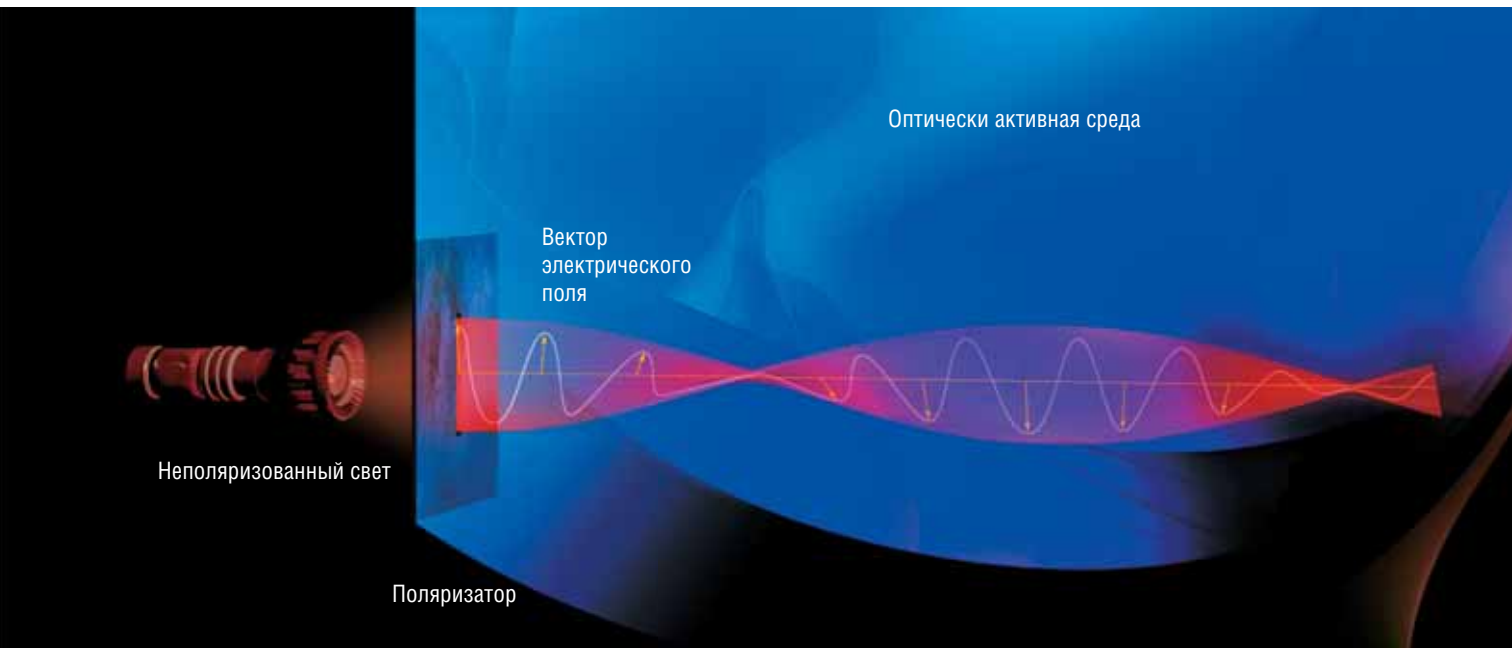
ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

отгружен, знали все входящие и исходящие номера. Самолет почему-то посадили в Шереметьево вместо Внукова. Склад находился неподалеку, мы узрели в этом перст судьбы, разыскали склад, выяснили, что экспедитор Министерства внешней торговли за два дня до того получил этот лазер.

Макс мне говорит: «Ты займись лазером, а я — фотодиодами, на них документов нет, ты не сумеешь». Отправился я в Минвнешторг. На проходной — куча народу, некоторые мыкаются здесь уже по две недели. А у меня на завтра билет на самолет. В общем, с большим трудом пробился на прием. Мне заявляют: «Это еще не пришло». — «Как не пришло, когда ваш экспедитор три дня назад получил?!» Конечно, я проявил редкостную наивность. Если бы поставил бутылку коньяка, а лучше две, думаю, проблема разрешилась бы сразу. Но я взял их измором, и на второй день мне выдали вожделенный ящик.

У Золоторева было колоритней. Макс явился на завод, который выпускал фотодиоды, и узнал, что всю продукцию забирает Министерство обороны. Он потребовал военпреда. Состоялся мужской разговор, офицер попросил Золоторева предъявить паспорт, после чего отлучился на полчаса. Когда вернулся, они зашли куда-то за угол, и этот офицер насыпал Максу фотодиоды пригоршней — без счета, бесплатно.

...Был ночной рейс. Утром прилетели в Новосибирск с лазером. А к вечеру он уже работал! Кстати сказать, конкурирующая организация в Советском Союзе — ФИАН (оптическое подразделение) — тоже покупала импортный лазер, только другой марки — Coherent Radiation. Профессиональные оптики, они несколько недель ждали представителя фирмы, чтобы запустить его. Сами не решились.



Оптическая активность — свойство среды вызывать вращение плоскости поляризации проходящего через нее линейно поляризованного света (на рисунке показана фигура, описываемая вектором электрического поля световой волны). К примеру, оптическая активность сахарного раствора обусловлена несимметричным строением молекул сахара. В магнитном поле возникает искусственная (наведенная) оптическая активность — это продольный магнитооптический эффект Фарадея (следствие эффекта Зеемана)

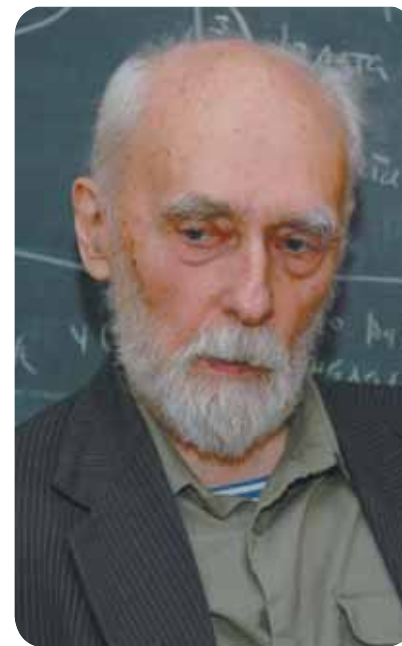
Эксперимент этот оказался чрезвычайно трудным и занял годы. Начнем с того, что углы поворота, которые необходимо было измерять, не превышали 10^{-7} радиан*. Для иллюстрации того, насколько мала эта величина, заметим, что при повороте километровой стержня на такой угол вокруг оси, проходящей через один из его концов, другой конец сместится всего на 0,1 миллиметра! Была разработана оригинальная методика для измерения столь малых углов (причем с помощью призм, неидеальность которых много больше измеряемых углов). Особые меры принимались для подавления паразитного магнитного поля, которое также приводит к вращению плоскости поляризации света (эффект Фарадея). Даже поле, составляющее 10^{-3} от магнитного поля Земли, достаточно для имитации искомого эффекта и представляет серьезную помеху.

Оптические измерения проводились на компонентах сверхтонкой структуры красной линии 6477 \AA , соответствующей определенному переходу в атомарном висмуте. Источником света служил лазер, в который был введен элемент, позволяющий сканировать длину волны излучения на частоте 1 кГц. Поляризатор и

анализатор представляли собой одинаковые призмы из исландского шпата, развернутые на 90° . Лазерный луч проходил через поляризатор, кювету с парами висмута, анализатор и попадал на фотоприемное устройство, сигнал с которого обрабатывала сложная радиоэлектронная схема с использованием синхронных детекторов, обратной связи и схемы вычитания. В итоге искомый эффект измерялся посредством детектирования полезного сигнала по первой гармонике частоты сканирования (1 кГц).

Есть эффект!

Международная эпопея по поиску эффектов несохранения четности в атомах развивалась довольно драматично. Первыми (в 1976 г.) были опубликованы экспериментальные результаты американцев и англичан. Группа Сандарса из Оксфордского университета работала на той же красной линии, что и Барков с Золоторевым; Фортсон из Университета штата Вашингтон — на инфракрасном переходе. Знак эффекта в этих группах получился разный. Надо сказать, что физики Оксфорда, Сизтла и Новосибирска при расчетах использовали одну и ту же модель электромагнитных и слабых взаи-



модействий — Вайнберга и Салама. Теория определенно предсказывала, что знак должен быть одинаковым в обоих переходах. Осознавая противоречивость полученных данных, авторы совместной англо-американской публикации склонились к мнению, что эффект близок к нулю или во всяком случае много меньше предсказываемого моделью.

В 1977 г. новые публикации Фортсона и Сандарса опять засвидетельствовали отсутствие ожидаемого эффекта. Наконец, в январе 1978 г. первые результаты появились у Баркова и Золоторева. В февралемарте они были подтверждены в новых сериях измерений. На всех рабочих частотах в парах висмута наблюдался поворот плоскости поляризации света, причем численные значения углов поворота демонстрировали хорошее согласие с теорией!

Результатов оптического эксперимента в ИЯФе с нетерпением ждали многие физики, занимающиеся элементарными частицами. Ход опытов с висмутом интересовал и самих авторов популярной теории — будущих нобелевских лауреатов Вайнберга, Салама и Глэшоу.

ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

Отступить некуда!	47
А все-таки она возвращается!	50
Премия, которой не было	51

ОТСТУПАТЬ НЕКУДА!

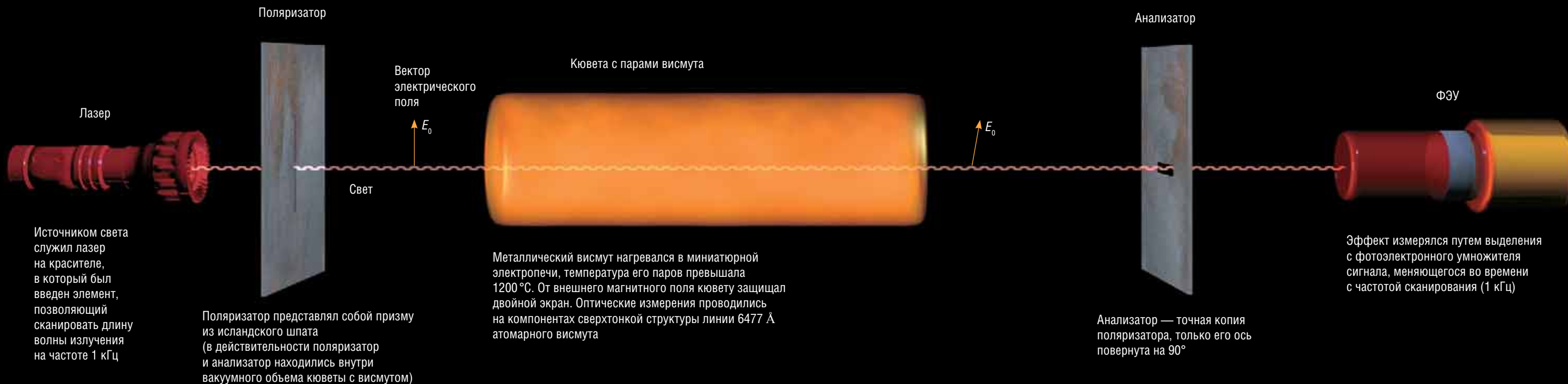
Л. М. Барков: Драматизм положения заключался в том, что когда мы стали реально измерять, оказалось, что для работы со сверхтонкой структурой атомных уровней этот дорогостоящий лазер Spectra Physics не годится совсем. Он имел большую ширину линии. Его параметры мы, естественно, знали заранее, но думали, что поставим интерферометр Фабри—Перо и выделим из широкого спектра ту линию, которая нам нужна. Когда это сделали, то поняли, что в интерферометре возникает стоячая волна и свет отражается назад, внутрь лазера. Наши иллюзии разбились в прах. Но возможности отступить не было, денег на еще более дорогой прибор никто бы уже не дал. Поэтому мы были вынуждены изобрести некое устройство (и даже получили свидетельство об изобретении!), которое вставили в лазер, и оно позволило работать в режиме одночастотной генерации и менять очень маленькими шажками длину волны излучения. Когда технические проблемы были преодолены и экспериментальная аппаратура заработала в комплексе, выяснилось, что научная часть задачи по сложности ни в какое сравнение не идет с тем, что мы ожидали. Благодаря продуманной методике легко было даже померить эти малые углы. Но в парах висмута жизнь оказалась совершенно не похожа на ту, когда вы берете какой-нибудь неподвижный предмет типа кристалла. Там флуктуации плотности — как в воздухе. При высоких температурах парциальные давления паров атомарного и молекулярного висмута соизмеримы, и колебательно-вращательный спектр молекул накладывался на сверхтонкую

атомную структуру. Поскольку мы были не профессионалы в спектроскопии, то слабо представляли, что должны увидеть. А увидели полный хаос, частотол, дремучий лес в огромном диапазоне — сотни, может быть, тысячи спектральных линий! И какие из них наши, абсолютно непонятно.

Методом, как говорится, экспериментального тыка мы намеренно подали в систему магнитное поле — то самое, от которого до сей поры так тщательно избавлялись. И обнаружили, что вызываемое магнитным полем фарадеевское вращение плоскости поляризации (Хриплович хорошо умел его рассчитывать) позволяет однозначно идентифицировать все атомарные линии. Впоследствии, при измерениях углов, мы и нормировались по эффекту Фарадея.

Дальше все просто: год непрерывной работы. Крупная организационная ошибка, что мы работали на установке вдвоем с Золоторевым. Другие исследовательские группы имели по 5—6 человек, и это правильно. Лазер должен выдавать стабильную генерацию, печка с висмутом, магнитные поля тоже очень капризная вещь. А нас было только двое. Это минимум даже по правилам техники безопасности, ведь там и высокое напряжение, и лазерное излучение. Мы с Мариком (Макс Золоторев. — Прим. ред.) фактически не вылезали из лаборатории. Даже спали в этой комнате. Иногда я падал на диван и говорил Марик: «Не могу больше, у меня сейчас развалится голова». Как мы выдержали эти жуткие перегрузки, не понимаю. Служба была. Надо!

* 1 рад $\approx 57^\circ$



▼ Основная тяжесть этого относительно малобюджетного, но чрезвычайно трудоемкого эксперимента легла на плечи двоих — Л. М. Баркова (справа) и М. С. Золоторева (слева). И. Б. Хриплович (в центре) отвечал за теорию и численные расчеты. 1970-е гг.

Принципиальная схема эксперимента Баркова—Золоторева (1978). Несохранение четности в слабых процессах с нейтральными токами было открыто посредством наблюдения вращения плоскости поляризации света в парах висмута



КАК ИЗМЕРЯЛИСЬ СВЕРХМАЛЫЕ УГЛЫ

Пусть свет, прошедший через поляризатор, поляризован вдоль вертикальной оси. Тогда, если анализатор ориентирован так, что пропускает лишь свет, поляризованный вдоль горизонтальной оси, то в отсутствие оптически активного вещества на фотоприемник сигнал не поступает. Предположим теперь, что после внесения кюветы с веществом плоскость поляризации света поворачивается на угол φ . Тогда, если амплитуда электрического поля волны после поляризатора равна E_0 , то амплитуда волны, прошедшей через анализатор, при малых φ составляет $E_0 \varphi$. Интенсивность же света на приемнике (в оптическом диапазоне непосредственно измеряется не амплитуда волны E , а именно ее интенсивность I , которая пропорциональна E^2) будет равна $I = I_0 \varphi^2$. Таким образом, для нахождения угла поворота достаточно, на первый взгляд, измерить интенсивность света, прошедшего через анализатор.

Однако для измерения углов порядка 10^{-7} радиан этот метод непригоден. Дело в том, что призмы, используемые в качестве поляризаторов и анализаторов, отнюдь не идеальны. В 1970-е гг. даже для лучших образцов максимальное ослабление интенсивности света при скрещенных призмах составляло 10^{-6} — 10^{-7} . Отсюда ясно, что рассчитывать на измерение таким способом

углов, меньших 10^{-3} — 10^{-4} радиан, не приходится. Поэтому поступают несколько иначе: одну из призм дополнительно поворачивают на малый угол φ_0 , который выбирается так, чтобы $\varphi \ll \varphi_0 \ll 1$. В этом случае интенсивность света на приемнике, очевидно, равна $I = I_0 (\varphi_0 + \varphi)^2 \approx I_0 (\varphi_0^2 + 2\varphi_0 \varphi)$.

Из этой формулы сразу видно первое преимущество: непосредственно измеряемая величина, интенсивность I , зависит от φ линейно, а не квадратично. Кроме того, здесь возможна модуляция сигнала, а переменный сигнал с известной зависимостью от времени измерить гораздо легче, чем постоянный.

В эксперименте Баркова—Золоторева свет был частотно-модулированным, т. е. частота лазерного излучения ω имела вид:

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t.$$

Здесь ω_0 — резонансная частота (центр линии поглощения), $\Delta\omega$ — амплитуда сканирования, Ω — частота сканирования. Из теории известно, что φ есть линейная функция расстройки $\omega - \omega_0$, тогда в случае частотной модуляции полезный эффект может быть измерен путем выделения сигнала, меняющегося во времени с частотой сканирования.

Когда наши ученые объявили, что четность в атомных переходах не сохраняется, это была маленькая сенсация. А в апреле сиэтлская группа сделала очередное сообщение, в котором настаивала на обратном.

Это было трудное время для сибирских физиков, получивших результат, диаметрально противоположный выводам других авторитетных ученых. Подтверждение правильности эксперимента Баркова—Золоторева пришло с неожиданной стороны. Летом 1978 г. коллектив исследователей, работающих на линейном ускорителе в Стэнфорде (США), обнаружил несохранение четности при рассеянии электронов большой энергии на дейтерии — тяжелом водороде. Измерялась фактически та же физическая константа, что и в оптических исследованиях в новосибирском Академгородке. Таким образом, было окончательно установлено существование слабого взаимодействия между электронами и нуклонами ядра. Эти экспериментальные достижения в конечном счете способствовали научному признанию теории Вайнберга—Салама—Глэшоу. Что касается групп из Оксфорда и Сиэтла, то они впоследствии отказались от своих «нулевых» результатов.

Тонкий опыт, блестяще проведенный Барковым и Золоторевым, который некоторые считали «несерьезным», эксперимент «непрофессионалов» принес самую актуальную информацию о фундаментальных свойствах материи. Теперь неэквивалентность правого и левого в процессах с нейтральными токами — общее место, модель же Вайнберга—Салама стала фундаментом современной физики микромира.

...Незабываемый для участников событий 1978-й уходит в даль времен. Почти не сохранилось фотографий тех лет, давно разобрана установка, составившая славу ее создателей. Физиков сегодняшнего дня занимают новые проблемы, новые задачи. Но эксперимент Баркова—Золоторева, вне всякого сомнения, останется

ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА ►

А ВСЕ-ТАКИ ОНА ВРАЩАЕТСЯ!

Л. М. Барков: Мы опаздывали. Когда новосибирский эксперимент был в разгаре и ияфовская группа преодолевала бесчисленные подводные камни, Сандарс и Фортсон из Оксфорда и Сиэтла сделали на международной конференции доклад, где объявили, что эффект в висмуте отсутствует, т. е. четность в атомных переходах сохраняется.

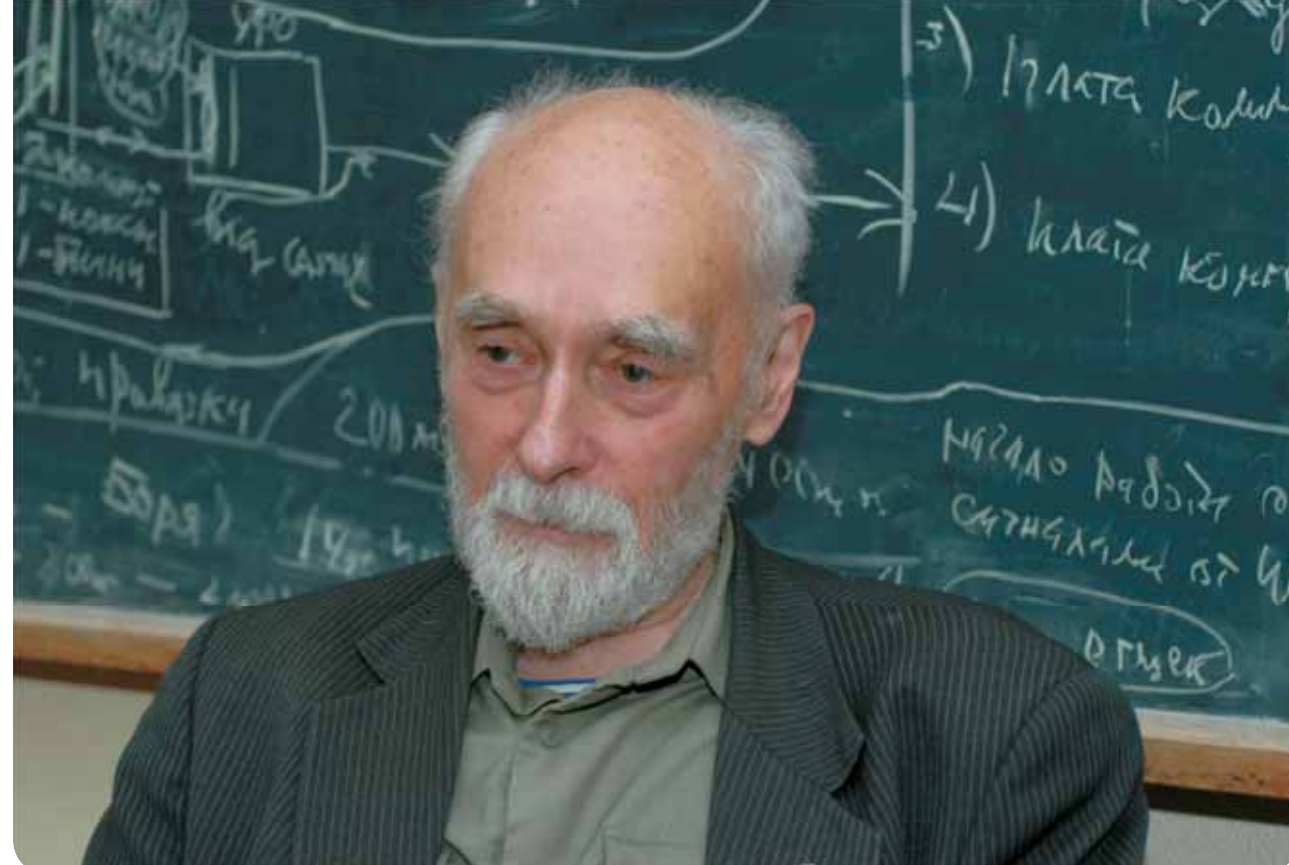
Многим тогда казалось, что наше дело проиграно, деньги пропали, годы работы пропали. Однако я видел, что у конкурентов грубый, в сущности, результат. Их ответы не сходились по знаку между собой. Тогда они усреднили их, получив ноль. Я понял, что американцы и англичане испытывают те же трудности, что и мы, но, желая оказаться впереди, объединились в совместную публикацию.

Теперь, когда конкуренты уже имели на руках конкретные цифры, у нас немного изменились цели. Мы должны были довести эксперимент до конца именно с нашей оригинальной методикой и получить абсолютно независимый ответ.

К началу 1978 г. мы уверенно наблюдали и измеряли вращение плоскости поляризации. Причем, чтобы не было соблазна подгонять под цифру, близкую к предсказаниям модели Вайнберга—Салама, до последнего момента держали все с точностью до неизвестного коэффициента. Хриплович как раз уехал в командировку. В его отсутствие Золоторев и я сделали наконец последнюю математическую операцию и впервые получили число. Но оказалось, что знак эффекта обратный! Несколько дней ползали вокруг установки, проверяли, в ту ли сторону происходит вращение. Десятки проверок — тот же результат!

Этот неожиданный вывод я и доложил в МИФИ на сессии отделения ядерной физики: дескать, четность в атомах не сохраняется, но численные результаты эксперимента противоречат модели Вайнберга—Салама. Сообщение вызвало резонанс и в Союзе, и в мире. Появилась информация, что теория одного индийского товарища предсказывает именно обратный знак эффекта, по сравнению с моделью Вайнберга—Салама.

Разъяснилось все после приезда Хрипловича. За несколько месяцев до описываемых событий экспериментаторы попросили теоретиков изобразить, как будет выглядеть некий график. Сушков и Фламбаум, молодые ребята, которые вместе с Хрипловичем выполняли все расчеты, нарисовали требуемую зависимость. Специальной договоренности, что откладывать по оси X — частоту или длину волны, не было. А от этого как раз зависит знак эффекта (у производных будет разный знак). Нарисовали они зависимость от частоты, а воспринято было как длина волны. Вот так и случилось: за численное значение мы ручались головой, а со знаком вышло полное недоразумение.



Накладка эта в какой-то степени сыграла в нашу пользу. Нам ведь как непрофессионалам никто не верил, но коли мы не побоялись публично дать противоположный ответ, то тем самым сняли с себя возможные обвинения, что подстраиваемся под Вайнберга—Салама. Коллеги потом допытывались: «Ну создайте, нарочно устроили этот цирк?»

А вообще, три группы настаивали, что эффект отсутствует: к англичанам и американцам позже присоединились фиановцы (группа Собельмана) и нагнали большую точность, в несколько раз якобы выше, чем в наших измерениях. Мы стояли одни. Честно говоря, страшно было. И когда на Стэнфордском ускорителе было обнаружено несохранение четности при рассеянии электронов на дейтерии, что тоже подтверждало модель Вайнберга—Салама, с души свалился камень.

ПРЕМИЯ, КОТОРОЙ НЕ БЫЛО

Л. М. Барков: Итак, мы первыми в мире наблюдали несохранение четности в слабых процессах с нейтральными токами. Вполне серьезное открытие, но

никаких, по выражению Хрипловича, «коврижек» за него не получили. Вы спросите — почему?

Не ради славы — ради объективности. Руководство ИЯФа выдвигало работу на Ленинскую премию. Были статьи в газетах. Но мы ничего не получили, потому что наши влиятельные коллеги намеряли в это время ноль. На одном заседании Президиума Академии наук, когда фиановцы докладывали свой «ноль» и уже всем, кроме них самих, было ясно, что модель электрослабого объединения правильная и что эффект несохранения четности есть, я сидел рядом с Гинзбургом. Говорю ему: «Видите здание? Вероятность того, что оно сейчас упадет, такая же, как правильность их ответа». Он на меня вздыбился.

Считалось, что мы нарушили правила приличий. Один институт, три человека, никакой коллаборации. Нам говорили: «Так не делается. Работали же солидные люди и в другом институте, надо было объединяться с ними».

...Что касается не политических, а научных последствий нашего эксперимента, то он открыл дорогу модели Вайнберга—Салама. Рассказывали, как Сандарс

всем показывал фотографию своей установки, имевшей вид компактного ящика: «Вы думаете, что это такое? Это гроб модели Вайнберга—Салама». Но с таким выводом он поспешил. Впоследствии модель завоевала позицию основной теории физики элементарных частиц. В 1979 г. Вайнберг, Салама и Глэшоу за объединенную теорию слабых и электромагнитных взаимодействий получили Нобелевскую премию. Теперь она является составной частью так называемой Стандартной модели, которая включает в себя еще и сильные взаимодействия, подтверждена в сотнях экспериментов. Другое дело, что любая физическая теория имеет ограниченную область применимости. Поиск отклонений от Стандартной модели — одно из активных направлений исследований в последние годы. Вот сейчас большие надежды связывают с адронным коллайдером, который построен в ЦЕРНе. Ожидается, что эксперименты на нем могут зарегистрировать отступления от Стандартной модели. Если это произойдет, значит, будет сделан новый шаг вперед. Это естественно, ведь процесс познания бесконечен.

Литература
 Вайнберг С. // УФН. — 1976. — Т. 118. — С. 505.
 Зельдович Я. Б. // ЖЭТФ. — 1959. — Т. 36. — С. 964.
 Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. — М.: Наука, 1974.
 Хриплович И. Б. Несохранение четности в атомных явлениях. — М.: Наука, 1988.
 Barkov L. M., Zolotarev M. S. // Phys. Lett. — 1979. — V. 85B. — P. 308.
 Bouchiat M., Bouchiat C. // Phys. Lett. — 1974. — V. 48B. — P. 111.

ТЯЖЕЛАЯ



ОЖИРЕНИЕ
КАК МЕДИЦИНСКАЯ
ПРОБЛЕМА

НОША

Пусть говорят, что хорошего человека много не бывает. Пусть срывают аплодисменты шоу энергичных толстушек. Пусть множатся магазины с модной одеждой для «больших людей», а на подиумах появляются модели, отличающиеся приятными округлостями от стандартных «вешалок». Все равно, сегодня невинное замечание: «Как вы поправились!» — для большинства, особенно — женского, будет звучать: «Как вы сегодня плохо выглядите!» И, по сути, такое восприятие не совсем ошибочно, ведь во многих случаях избыточный вес сопровождается букетом тяжелых сопутствующих заболеваний



СЕВОСТЬЯНОВА
Ксения Сергеевна — хирург отдела «Центр новых медицинских технологий» Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор около 15 научных работ



КУЛИКОВ Виталий Геннадьевич — хирург-эндоскопист высшей категории отдела «Центр новых медицинских технологий» Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 20 научных работ и 1 патента



АНИЩЕНКО Владимир Владимирович — доктор медицинских наук, заведующий кафедрой хирургии Новосибирского государственного медицинского университета, заведующий 1-м хирургическим отделением Дорожной клинической больницы (Новосибирск). Автор и соавтор около 100 научных работ

В. В. АНИЩЕНКО, В. Г. КУЛИКОВ, К. С. СЕВОСТЬЯНОВА

*...Излишний вес — он словно бес,
Он цепко держит наши органы в осаде,
А также виден он и спереди, и сзади,
Чтоб он исчез, излишний вес!
Ю. И. Визбор*

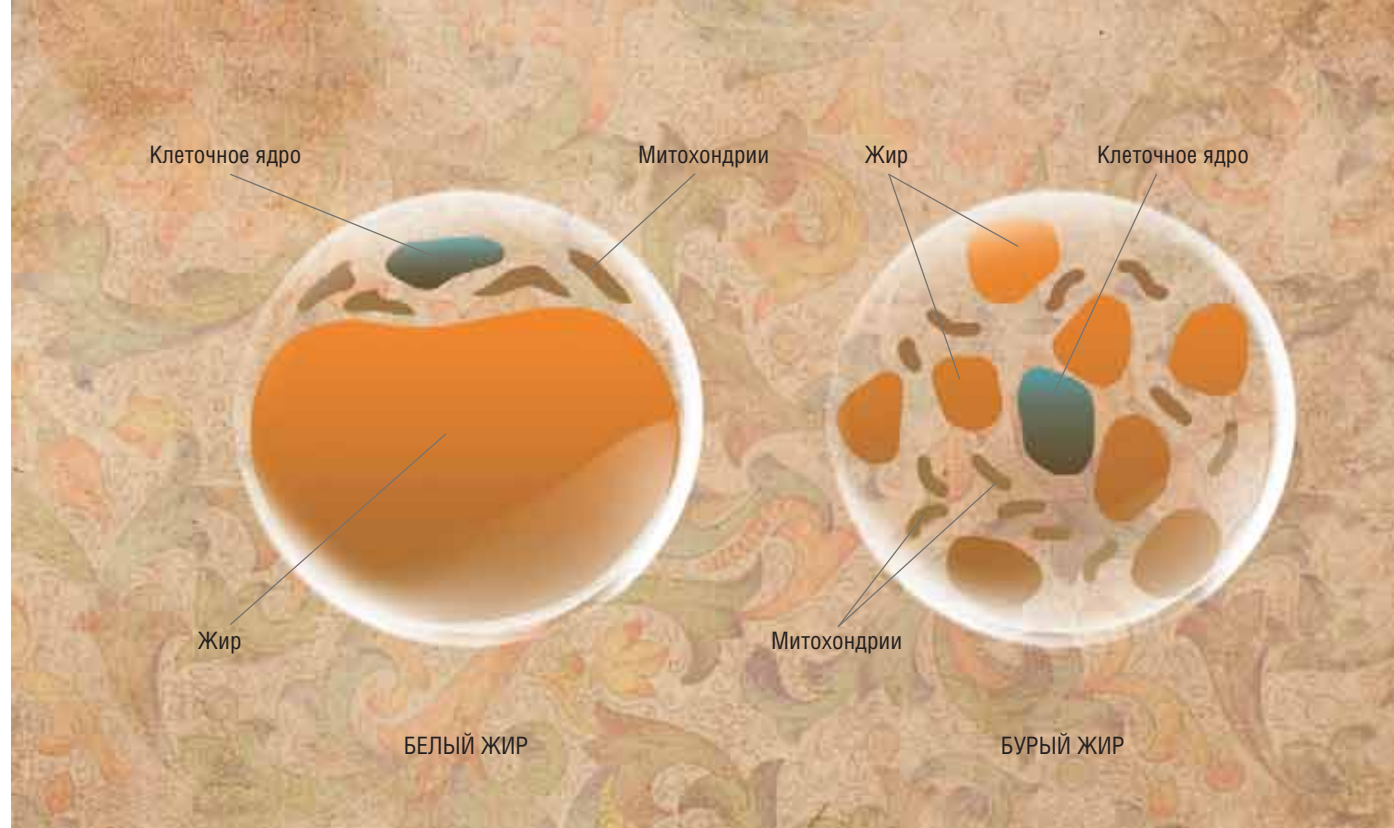
Вся медицинская общественность согласна с тем, что ожирение можно назвать неинфекционной эпидемией современной цивилизации. В первую очередь это утверждение относится к промышленно-развитым странам, для населения которых характерно высококалорийное питание и малоподвижный образ жизни. Медицинские проблемы, связанные с избыточным весом, возникают примерно у половины европейцев. В Соединенных Штатах, лидирующих по числу тучных людей, ожирение является причиной около 300 тыс. смертей в год, а расходы на лечение последствий ожирения превышают расходы на лечение последствий курения и алкоголизма. В современной России ожирение также можно рассматривать как одну из «болезней развитого общества».

Однако достаточно большая часть населения с избыточной массой тела либо с уже развившимся ожирением считает свое состояние нормой. Более того, многие, в том числе и некоторые врачи, расценивают эту проблему скорее как косметическую, нежели медицинскую.

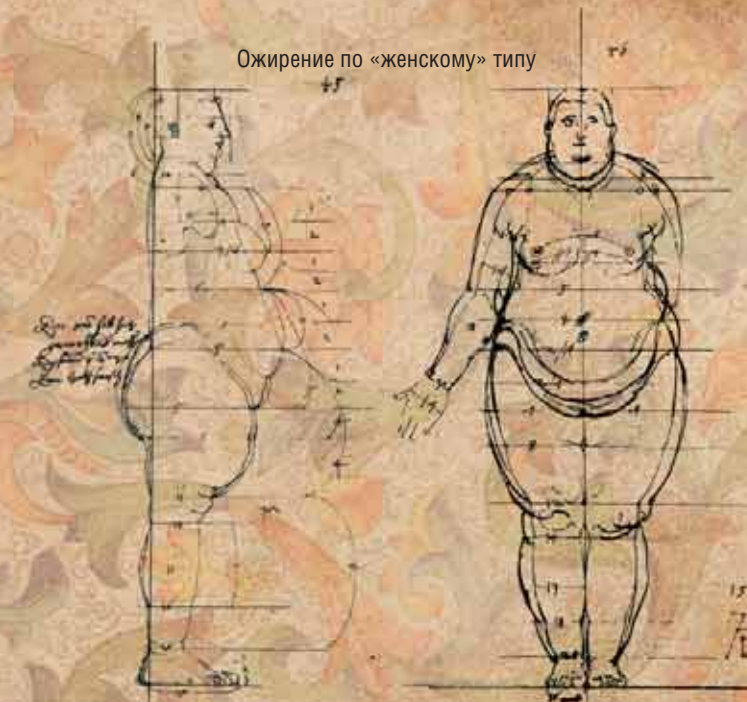
А ведь ожирение не только само по себе является хронической болезнью, но и напрямую связано с развитием многих других тяжелых заболеваний. Так,

В европейских странах почти половина взрослого населения имеет избыточный вес, а еще четверть контролирует свой вес, прилагая к этому немалые усилия





Тип ожирения человека определяется, как правило, его половой конституцией. У женщин жир откладывается преимущественно под кожей, у мужчин — в брюшной полости (так называемый «пивной животик»). При этом женщинам не стоит стремиться к полному искоренению жировой прослойки: в жировых клетках дополнительно синтезируются женские половые гормоны, что особенно важно в постклимактерический период



согласно эпидемиологическим данным, риск умереть у людей, индекс массы тела (ИМТ) которых превышает 32 кг/м², в два-три раза выше, чем у тех, чей индекс равен 19 кг/м² (при ИМТ более 40 кг/м² он увеличивается уже в 12 раз!).

Один белый, другой бурый

Процесс поступления калорий в организм и их расходование определяются множеством факторов: генетических, эндокринных, поведенческих, а также условиями среды обитания индивидуума. Чтобы оценить вклад каждого фактора, нужно сначала понять, что представляет собой сама жировая ткань и каковы ее функции в организме.

Жировая ткань представляет собой совокупность особых клеток — *адипоцитов*, которые располагаются группами в рыхлой волокнистой соединительной ткани. Жировая ткань бывает двух видов — *белая* и *бурая*.

Состоящий из более мелких клеток бурый жир является своего рода обогревателем, который включается, когда нужно быстро «нагреть» жизненно важные органы. Бурого жира много у мелких грызунов, для которых из-за энергетически невыгодного соотношения поверхность/объем характерен напряженный энергетический баланс, а также у впадающих в спячку животных. Что касается человека, то бурый жир отмечается в заметных количествах лишь у детей первого года жизни.

Клетки бурой жировой ткани богаты особыми β-3-адренорецепторами, которые участвуют в процессах

адипоциты — клетки жировой ткани: белой и бурой. Название происходит от лат. *adeps* (жир) и греч. *kytos* (полый пузырек). В этом смысле наиболее показательны клетки белого жира, где почти все внутриклеточное пространство занято большим жировым пузырьком. В клетках метаболически активной бурой жировой ткани содержится много митохондрий (клеточных энергетических «фабрик»), а «топливо» для них — жир — распределено в клеточной цитоплазме равномерно

термогенеза (выделения тепла) и *липолиза* (расщепления жира). Предполагается, что нарушение работы или уменьшение числа этих рецепторов может играть определенную роль в развитии ожирения.

В клетках белой жировой ткани практически все пространство занято большим пузырьком жира. Основные отложения белой жировой ткани у человека находятся под кожей и в брюшной полости (в большом сальнике), а также в забрюшинном пространстве, где они служат опорой для внутренних органов.

Различают два типа ожирения: *центральное* (абдоминальное) — с преимущественным формированием жирового депо в брюшной полости (характерен для мужчин) и *периферическое* — с отложением жира пре-

У людей с выраженным ожирением жировых клеток в 4 раза больше по сравнению с худощавыми людьми (125 млрд против 35 млрд), кроме того, эти клетки содержат вдвое больше жира

имущественно под кожей (чаще встречается у женщин). Именно с первым типом ожирения и связано большинство проблем со здоровьем: сахарный диабет 2-го типа, гипертония, атеросклероз, метаболический синдром.

Ранее считалось, что число жировых клеток остается неизменным в течение жизни. Однако сейчас выделяют два основных периода, когда предшественники жировых клеток активно размножаются: эмбриональное развитие и половое созревание. Все остальное время жировая ткань может увеличиваться преимущественно благодаря *гипертрофии*, т. е. за счет увеличения размеров самих клеток. Однако у тучных людей число жировых клеток может расти даже в эти «неподходящие» периоды.

Эндокринный орган

Вообще жировая ткань в организме выполняет помимо упомянутых массу полезных функций. Она служит теплоизолятором, участвует в водном обмене, в ней происходят процессы превращения углеводов в жиры и обратно, пассивное обезвреживание (депонирование) вредных веществ, накопление жирорастворимых витаминов (А, D, E). Но, пожалуй, самой малоизвестной для широкой публики является эндокринная функция жировой ткани. А ведь именно ее нарушения могут способствовать возникновению либо прогрессированию ожирения и сопутствующих ему заболеваний.

В жировых клетках происходит важный этап *метаболизма* (превращения) мужских половых гормонов

У большинства взрослых людей с содержанием жировой ткани тесно коррелирует индекс массы тела (ИМТ), который рассчитывается по формуле ИМТ = вес (кг) / рост² (м).

Вес недостаточный: ИМТ менее 18,5 кг/м².

Вес нормальный: ИМТ от 18,5 до 25.

Вес избыточный: ИМТ более 25, но менее 30.

Ожирение I ст.: ИМТ более 30, но менее 35.

Ожирение II ст.: ИМТ более 35, но менее 40.

Ожирение III ст.: ИМТ более 40, но менее 45.

Ожирение IV ст.: ИМТ более 45 кг/м².

ИМТ не пригоден для оценки состояния части спортсменов (например, тяжелоатлетов, культуристов), беременных и кормящих женщин, а также хрупких пожилых людей

(а именно — тестостерона) в женские (эстрогены). Скорость такого преобразования увеличивается с ростом жировых накоплений, особенно абдоминальных. Поэтому мужчины, страдающие ожирением, могут приобретать некоторые вторичные женские половые признаки и нарушения в мужской половой сфере.

Лептин — гормон, сигнализирующий в гипоталамус (отдел головного мозга) о количестве жировых депо, также производится преимущественно жировыми клетками. Он является частью сложной системы, регулирующей пищевое поведение и расходование энергии в организме, т. е. в конечном счете массу тела. Эффекты лептина распространяются и на другие эндокринные



У новорожденного масса бурой жировой ткани достигает 8% от массы тела. В чистом виде она имеется около почек и щитовидной железы; между лопатками, на грудной клетке и на плечах имеется смешанная жировая ткань, состоящая как из белой, так и бурой жировой ткани. У взрослого человека бурая жировая ткань встречается в следовых количествах. Слева — распределение чистой бурой жировой ткани у новорожденного.
По: (Junqueira, Carneiro, 1980)

Результаты по исследованиям бурого жира, опубликованные в 2008 г., попали в десятку выдающихся научных достижений года по версии научного журнала *Science*. Важность этих исследований обусловлена волной «эпидемии» ожирения, захлестнувшей мир. А в современном понимании бурый жир — это «хороший» жир: митохондрии клеток бурого жира не запасают энергию в виде АТФ, а сразу превращают её в тепло. По мнению двух независимых групп исследователей из США, понимание происхождения и развития бурого жира может помочь в создании новых терапевтических средств для лечения нарушений жирового обмена.

Так, ранее считалось, что клетки бурого и белого жира одного происхождения. Однако американские исследователи под руководством Б. Шпигельмана выяснили, что клетки бурого жира являются производными дифференцировки клеток-предшественников скелетных мышц. Выбор пути развития общей клетки-предшественника происходит под действием цинк-содержащего белка PRDM16. Теоретически с помощью этого фактора можно превратить в бурый жир «стволовые» клетки мышц, располагающиеся на периферии взрослого мышечного волокна.

Кроме того, Ю. Цэн и его коллеги обнаружили вещество, способствующее увеличению в организме числа клеток бурого жира. Им оказался фактор роста BMP7 — один из цитокинов, применяющийся для лечения повреждения костей и хронической почечной недостаточности. Взрослые мыши, которым был введен BMP7, практически не набирали вес даже при высококалорийном питании.

Несмотря на достигнутые результаты, идея «подстегнуть» метаболизм путем формирования в организме дополнительного депо бурых жировых клеток, возможно, не так хороша, как кажется на первый взгляд. Ведь, судя по еще одной публикации *Science*, трансгенные мыши со сниженной температурой тела прожили намного дольше отведенного природой срока. Отсюда возникает вопрос: а стоит ли дополнительно «подогревать» себя с помощью бурого жира, чтобы прожить стройным короткую жизнь?

органы — щитовидную железу, надпочечники, половые железы, возможно, иммунную и вегетативную нервную системы.

У людей с ожирением редко регистрируется абсолютный дефицит лептина: в большинстве случаев уровень лептина у них повышен, но при этом наблюдается так называемая *лептинрезистентность*, т. е. отсутствие ответа клеток на гормональный сигнал. Поэтому терапия ожирения введением лептина практически не эффективна.

В жировой ткани вырабатывается большое число других гормонов, медиаторов и гормоноподобных веществ, участвующих в регуляции взаимодействия адипоцитов между собой и с другими клетками. Удачное вмешательство в такие процессы могло бы оказать перспективным для лечения избыточного веса, но, к сожалению, современная медицина пока не может работать с такими тонкими регуляторными механизмами.

Жировая ткань не только сама является эндокринным органом, но и подвержена влиянию, в первую очередь, со стороны все той же эндокринной системы. Так, у подавляющего числа пациентов с ожирением выявляются многочисленные нарушения гормональной секреции. Иногда это явные эндокринные заболевания, такие как болезнь Иценко-Кушинга, синдром Кушинга, сахарный диабет 2-го типа, гипотиреоз. Однако зачастую подобные гормональные нарушения удается выявить только при углубленном обследовании.

Наиболее выраженным и часто встречающимся гормональным нарушением у лиц с ожирением является *гиперинсулинемия* — повышение уровня инсулина в крови. В свою очередь высокий уровень инсулина стимулирует аппетит, повышенное потребление пищи и нарастание массы тела. Возникает порочный круг.

Очевидно, что в ситуациях, когда ожирение непосредственно связано с конкретными эндокринными заболеваниями, гормональная терапия необходима и эффективна. Однако в большинстве случаев четко идентифицировать конкретные эндокринные отклонения трудно, а терапевтически воздействовать на них с целью снижения массы тела — практически невозможно.

Ожирение в наследство?

Ответственность за развитие ожирения у человека может лежать на многочисленных генах, определяющих ход обменных процессов в организме. Однако, как правило, речь идет лишь о вероятности развития ожирения под действием определенных внешних факторов. «Генетическое» ожирение, обусловленное мутацией в одном определенном гене, встречается редко. Полиморфизм (варианты мутаций) подобных генов чаще всего

Лица с избыточным весом в большинстве случаев к нему генетически предрасположены, однако в семьях с наследственным ожирением зачастую большее влияние имеет не сама наследственность, а культура питания, прививаемая с младенчества

способствует развитию сахарного диабета 2-го типа и других эндокринных заболеваний.

Ожирение может развиваться вследствие мутаций в генах, которые кодируют белки сигнальной системы, вовлеченной в регуляцию количества энергии, запасаемой в виде жира в организме. Примером могут служить нарушения в цепи: лептин—гипоталамус—меланокортин—снижение потребления пищи.

Так, редким генетическим синдромом является врожденный дефицит лептина, когда в адипоцитах синтезируется измененный белок, который не выделяется клетками и, соответственно, не выполняет своих сигнальных функций. Это тот несчастный случай, когда введение лептина в организм эффективно для лечения ожирения.

Наиболее часто при ожирении отмечаются мутации генов, имеющих отношение к метаболизму меланокортина — гормона, передающего информацию о насыщении. В подобных случаях ожирение возникает в результате переедания, поскольку организм не получает сигнала о достаточном накоплении энергии в виде жира в клетках.

Можно привести еще примеры генетически детерминированного ожирения, но следует подчеркнуть, что эволюционно сложившаяся генетическая программа человека, позволяющая ему выживать при недостатке питания, сегодня не всегда способна адекватно реагировать на условия окружающей среды, богатой легкодоступной высококалорийной пищей (особенно типа *fast-food*). И хотя точную причину развития ожирения у конкретного пациента далеко не всегда удается выявить, можно утверждать, что избыточный вес появляется тогда, когда потребление энергии в течение длительного времени превышает ее затраты.

Органы в осаде

В эффективной терапии любого заболевания главным является четкое определение ее целей. Для пациентов с ожирением важно достигнуть не идеальной массы тела (ИМТ <25) и красивой фигуры, а оптимального веса, когда симптомы либо риск развития сопутствующих заболеваний значительно уменьшаются.

Первые симптомы сопутствующих ожирению заболеваний обычно появляются еще до 40 лет, складываясь

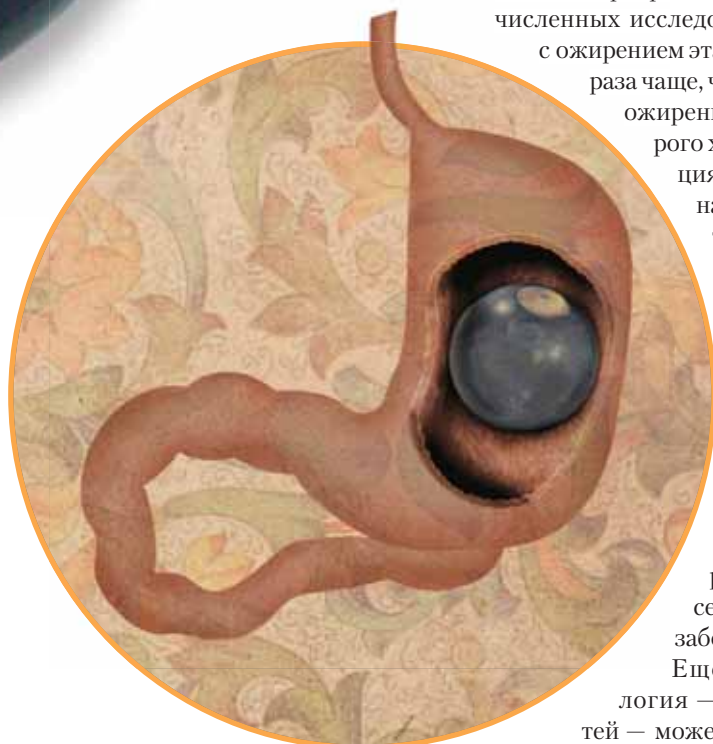


Внутрижелудочный баллон до введения

Наиболее щадящим оперативным методом лечения избыточного веса является установка внутрижелудочного баллона. В результате уменьшения объема желудка у пациента уменьшается потребление пищи благодаря более быстрому насыщению



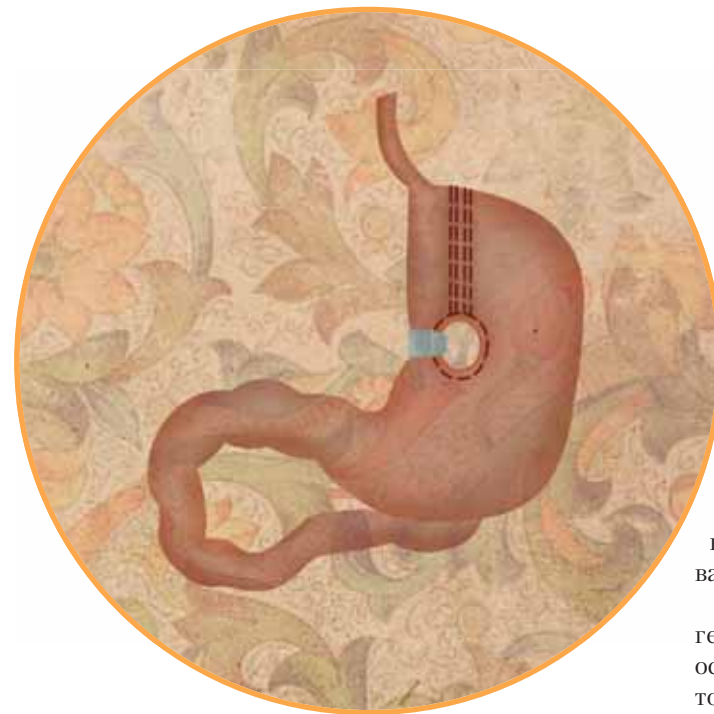
Внутрижелудочный баллон, удаленный у пациента через 6 месяцев после введения



к 50 годам в определенную картину. Наиболее угрожающей для жизни является сердечно-сосудистая патология: при ИМТ > 30 кг/м² даже при отсутствии других факторов риска частота инсульта и инфаркта удваивается.

С ожирением, особенно абдоминальным, достоверно связана артериальная гипертензия. Данные многочисленных исследований показывают, что среди лиц с ожирением эта патология встречается почти в три раза чаще, чем у худых людей. Вообще наличие ожирения абдоминального типа, для которого характерна повышенная концентрация «плохого» холестерина, является наиболее неблагоприятным прогностическим фактором. Это сочетание вместе с артериальной гипертензией и резистентностью к инсулину (дополненное в настоящее время еще рядом симптомов) получило название метаболического синдрома. Каждый из этих симптомов сам по себе является фактором риска инсульта и инфаркта, а их сочетание, разумеется, ускоряет развитие и прогрессирование атеросклероза, ишемической болезни сердца и других сердечно-сосудистых заболеваний.

Еще одна распространенная патология — болезни вен нижних конечностей — может развиваться при абдоминальном ожирении из-за увеличения внутрибрюшного давления. Сопутствующая метаболическому синдрому



При гастропластике, например вертикальном прошивании желудка, его размер уменьшается необратимо. По: (Яшков, 2006)

нужна! Ведь многие симптомы сопутствующих заболеваний устраняются при потере уже 5–10% исходной массы тела. При этом появляется возможность уменьшить дозировку или вообще отказаться от использования некоторых лекарственных препаратов (например, при артериальной гипертензии, сахарном диабете). Поэтому во многих случаях нет нужды стремиться к «идеальному» весу — гораздо важнее сохранить его на нужном уровне.

Если избыточный вес не связан с определенным генетическим или эндокринным нарушением, то основным подходом к его коррекции всегда будут методы, способствующие достижению отрицательного энергетического баланса: низкокалорийные диеты и физические нагрузки. К сожалению, следовать этим простым и здоровым рекомендациям могут далеко не все. Поэтому существуют также консервативные и оперативные методы лечения ожирения, на которых остановимся более подробно.

Во многих ситуациях наиболее эффективным оказывается хирургическое лечение. Основная цель подобных вмешательств — уменьшение объема желудка. Дело в том, что в его верхних отделах располагаются так называемые рецепторы насыщения, посылающие при наполнении желудка сигнал в центральную нервную систему. После оперативного лечения сигнал поступает при меньшем заполнении желудка. В результате у пациента вырабатывается новое пищевое поведение.

Наиболее щадящим инвазивным методом лечения избыточного веса является установка *внутрижелудочного баллона*. Эта методика показана пациентам с ИМТ от 30 до 40 кг/м², когда хирургическое вмешательство считается преждевременным. Иногда баллоны используются для предварительной подготовки сверхтяжелых пациентов к оперативному лечению. В среднем баллон находится в желудке около полугода, при этом пациент теряет до трети избыточной массы тела (после извлечения баллона вес может восстановиться).

Более действенными являются хирургические методы, особенно для лиц с ожирением, не поддающихся обычному лечению. При ИМТ, равном 35–45 кг/м², наиболее оптимальным методом лечения является операция по *бандажированию* желудка — созданию маленького «желудочка» из верхнего отдела желудка и наложение манжеты, регулирующей количество и скорость прохождения пищи в его нижележащие отделы.

патология свертывающей системы крови в свою очередь значительно увеличивает риск не только артериальных, но и венозных тромбозов и тромбоэмболий.

Грозной патологией, сопутствующей ожирению, являются нарушения углеводного обмена, о которых не раз упоминалось выше. Избыточную массу тела имеют 80% пациентов с сахарным диабетом: риск развития этой болезни при ИМТ > 35 кг/м² увеличивается до ста раз.

Ожирение часто ассоциируется и с другими, менее известными, заболеваниями. Например, с синдромом *апноэ сна* (остановки дыхания во сне) — серьезной медицинской проблемой, чреватой летальным исходом. Поскольку избыточный вес увеличивает нагрузку на суставы ног, огромное число тучных людей страдают от раннего и тяжелого остеоартроза и подагры, что значительно снижает качество жизни.

Нарушения репродуктивной функции, повышенный риск некоторых онкологических заболеваний, заболеваний пищеварительного тракта, печени и поджелудочной железы, наконец, психологические проблемы, о которых можно говорить бесконечно, — вот далеко не полный список проблем, так или иначе связанных с избыточным весом.

Тяжело в лечении...

Если пациент решил на лечение ожирения, ему в первую очередь нужно понять, что быстрая и большая потеря массы тела, на которую он надеется, мало реальна, не дает стойкого результата, опасна, да и вообще не



Лечение ожирения путем транслюминального хирургического вмешательства — продольной резекции желудка через стенку влагалища. Эта уникальная операция выполнена в Центре новых медицинских технологий ИХБФМ СО РАН в январе 2009 г.



Во многих случаях, связанных с ожирением, хирургический метод лечения является наиболее эффективным



При ИМТ, превышающем 50 кг/м², предпочтение отдается *гастропластике* (изменению формы желудка без удаления его частей, например вертикальному прошиванию) и *шунтирующим* операциям. При этих вмешательствах размер желудка уменьшается необратимо. При шунтирующих операциях к тому же укорачивается часть тонкой кишки, где происходит всасывание питательных веществ. В результате уменьшается не только количество поступающей пищи, но и эффективность ее усвоения.

Разумеется, более радикальным методикам сопутствуют и большие осложнения, такие как нарушения пищеварения, дефицит витаминов и микроэлементов. Часть побочных эффектов можно корректировать специальными диетами и образом жизни. При этом несомненные положительные результаты оперативного лечения заключаются в том, что многие сопутствующие ожирению заболевания переходят в стадию длительной ремиссии. Многие пациенты отмечают также значительное уменьшение или исчезновение болей в суставах и одышки при движениях.

Говоря об ожирении, следует упомянуть и о пластических операциях — *липосакции* (удалении избыточных

жировых отложений) и *абдоминопластике* (удалении жировых отложений вместе с излишками кожи). Они не относятся к методам лечения ожирения, но могут применяться для эстетической коррекции после потери достаточной массы тела.

Лечение ожирения, как и любое другое консервативное и хирургическое лечение, должно обязательно проводиться под наблюдением врача. Ведь при слишком медленной или, наоборот, слишком быстрой потере массы тела в лечебный процесс необходимо вносить корректировку, иначе это грозит пациенту множеством опасных для жизни осложнений. И сделать это может только квалифицированный специалист.

Только врач может объективно оценить эффективность проведенного лечения не с эстетической (к чему склонны многие пациенты), а с медицинской точки зрения. Ведь результаты лечения такой сложной и опасной патологии должны измеряться не потерянными килограммами, а качеством и продолжительностью жизни.

Литература

Ивлева А.Я., Старостина Е.Г. *Ожирение — проблема медицинская, а не косметическая.* — М., 2002. — 176 с.

Яшков Ю.И. *О хирургических методах лечения ожирения.* — М., 2006. — 48 с.

Sikaris K.A. *The Clinical Biochemistry of Obesity // Clin Biochem Rev.* — 2004. — V. 25, N. 3. — P. 165–181.

В публикации использованы фотографии из архива ЦНМТ ИХБФМ СО РАН

В. М. КУЛЕМЗИН

«Заготовка для тещи» С БЕНЗОПИЛОЙ

Как сибирские аборигены соединяют древность с современностью

За плечами автора этой статьи, исследователя коренных народов севера Западной Сибири В. М. Кулемзина, десятки экспедиций, в которых ему приходилось месяцами жить среди коренного населения, деля с его представителями и кров, и стол. Сегодня Владислав Михайлович рассказывает о своих многолетних наблюдениях за тем, как причудливо порой сочетаются предметы традиционного, почти «неолитического», бытования северных народов и нашего «продвинутого» века

Я начал свои записи еще в 60-х, когда страна приветствовала одного за другим своих новых героев — космонавтов. В те времена — и смех, и грех! — «по разнарядке» для «окультуривания отсталых народов» в магазины завозилась всякая ненужная на Севере утварь и предметы «культуры». Становясь свидетелем соединения «неолита» с новинками века, я, отсмеявшись, всегда поражался, как мудро и даже «инновационно» использовали ханты, селькупы или кеты, живущие в ладу со своими холодными лесами и болотами, зверем и птицей, бог знает что завезенное в магазинчик для жителей стойбища.

Разве не удивительно, если из ствола ружья вылетает... фишка-бочонок обыкновенного игрального

лото и поражает белку, не испортив шкурку? Такой «правильной пулькой» стреляли в 60—70-х ханты, селькупы и лесные ненцы. Ведь их предки охотились на белку из лука, пуская стрелу с тупым наконечником — чтобы ценная шкурка осталась целой.

А зачем в магазине далекого охотничьего стойбища хулахуп? Конечно, затем, чтобы из этого «снаряда» для утоньшения талий неведомых красавиц сделать древко копья, разрубив и выпрямив это алюминиевое кольцо. В трубку-древко, легкую и полую, нетрудно вогнать наконечник из камня или бивня мамонта.

Да практически все, завозимое тогда (по пятилетнему плану партии и советского правительства) на да-



КУЛЕМЗИН Владислав Михайлович — доктор исторических наук, профессор кафедры археологии и исторического краеведения Томского государственного университета. Автор 215 работ, в том числе 12 монографий.

На фото: В. Кулемзин после охоты на глухаря. Экспедиция 1974 г. к хантам р. Юган.

Пояс шамана. Ульчи. Сбор О. А. Куйсали, 70-е гг. XX в., с. Булава, Хабаровский край. Музей археологии и этнографии ИАЭТ СО РАН (МАЭ ИАЭТ СО РАН)



Лабаз ставится на ножки-сваи (иногда пни), чтобы препятствовать проникновению грызунов. Под лабазом обычно хранят лодки, нарты и другие крупные вещи. На входной двери — личина родового духа, на стене сушатся шкурки добытых животных. Ханты. Стойбище семьи Прасиных у с. Корлики, сентябрь 2008 г. Фото К. Сагалаева



Семейные духи. Селькупы.
Сборы Г.И. Пелих, И.Н. Гемуева,
1979 г., р. Таз, пос. Сидоровка.
МАЗ ИАЭТ СО РАН

лекий Север, было востребовано. Даже англо-русский словарь. И уж тем более фетровые дамские шляпки. Из того и другого получались отличные... пыжи для ружья.

Что ни говори, а представители древнейших профессий — охотников и рыболовов — изобретательный народ. Однажды (дело было в 1963 г. во время экспедиции в Нарымский край под руководством известного этнографа-селькуповеда Г.И. Пелих) под священным кедром на селькупском стойбище мы нашли колотушку к бубну с приклеенным знаком Солнца — шестеренкой от настенных часов!

А вот охотник-ненец кусок износившейся резиновой трубочки в лодочном моторе заменил... кожей,

снятой «чулком» с гусиной ноги.

Пустые бочки, брошенные нефтяниками, идут на изготовление понтоного мостика, печей и коптилен для рыбы и мяса.

Изоляторы от электроутюга и электропечи — это красивые подвески для куртки.

Лучшая находка для рукодельницы — обрывки электропроводки в яркой изоляции: если ее стянуть с проволочек и мелко порезать, получится нарядный и просто лучший в мире бисер для вышивания узоров на одежде, обуви или рукавицах. Краски такого бисера не тускнеют ни на морозе, ни на солнце!

А однажды, где-то еще в конце 60-х годов, ко мне пришел потолковать серьезный хант-охотник.

Да, он знал, как высоко в космос взлетают ракеты. Да, он знал, что в космосе морозы еще сильнее, чем в верховьях его Ваха (притока Оби). И он просил меня «передать космонавтам», что детали космических аппаратов надо смазывать... жиром, вытопленным из берцовой кости оленя. Вот ханты-де уже давно смазывают этим жиром ружейные замки, и замки от такой смазки безотказно работают на любом морозе.

Вот еще «инновация». У хантов-охотников в ходу клей, сваренный традиционным способом из чешуи зимнего карася, стерляжьих пузырей или лосиных рогов. Им приклеивают мех к лыжам — запах такого клея привлекает осторожного собо-

ля (запах любого современного клея отпугивает). И если клеить этим костным клеем деку гитары, то звук ее будет сочнее и мягче.

И еще охотники заметили: капкан на сильном морозе издает звук, не улавливаемый ухом человека, но зато его хорошо слышит зверь, а капкан, прикрытый сверху бумажной салфеткой, «молчит».

А вот удивительное наблюдение енисейских кетов. Они заметили, что лось не ходит под линией высоковольтных электропередач. Если след лося вдруг пересекает линию, значит, где-то случился обрыв проводов. Тогда охотники-кеты (в отличие от электромонтеров) радуются: линии электропередач, как и шум регулярного речного транс-

Рыболовный забор из легких дранок или стальной панцирной сетки. При понижении уровня воды после половодья рыба остается в водоеме до самой поздней осени, не уходя в реку. Здесь ее можно просто черпать. Ханты. Стойбище семьи Грасиных у с. Корлики, сентябрь 2008 г. Фото К. Сагалаева



Берестяной посуде нашлась замена — более долговечная металлическая и пластмассовая. А вот обычай снимать чешую с рыбы специальной костяной пластинкой пока сохранился. Ханты. Стойбище семьи Прасиных у с. Корлики, сентябрь 2008 г. Фото К. Сагалаева

порта, ограничивают передвижение зверя, что в свою очередь приводит к «кровосмешению». Кет понимает: аварии благоприятствуют оздоровлению их охотничьих угодий.

Воистину затейливые картины приходится наблюдать сегодня! Вот охотник устанавливает ловушку, изобретенную еще в неолите. Он ее мастерит на месте промысла с помощью ножа, остальное находит здесь же, в лесу: веревкой служит корень кедра, грузом-противовесом — камень, древком натягивающего лука — сук сухой ели. Насторожив (настроив) ловушку, охотник... достает сотовый телефон и сообщает домой, что в скором времени, однако, начнется буря, потому что глухари улетают с опушки леса в самую его глубину.

Вот женщина за трех соболей

выменяла... бензопилу и теперь вынуждена ее осваивать. Дело в том, что разделение труда у сибирских аборигенов осуществляется по половозрастному принципу. Охота и рыбная ловля — дело мужское, и вся работа, входящая в этот большой круг, выполняется мужчиной. Приготовление пищи — дело женское, а значит, и заготовка дров — тоже. Но женский топор — большой, тяжелый, для раскалывания чурок (мужской топор — маленький, его глава семьи берет на охоту и носит на ремешках за спиной подобно заплечному мешку), бензопила легче и быстрее. Я видел, как молодая особа, закусив язычок, напильником точила цепь бензопилы, а ее муж сидел рядом и спокойно смотрел на происходящее.



Распластанную и натертую солью рыбу насаживают на шампуры, которые втыкают у костра. Это блюдо, способ приготовления которого заимствован у древних южных культур, напоминает шашлык (по хантыйски — *тортым сорт*). Ханты. Стойбище семьи Прасиных у с. Корлики, сентябрь 2008 г. Фото К. Сагалаева

Изображение Шоде, хозяйки ближней тайги. Селькупы. Жесть. Сборы Г.И. Пелих, И.Н. Гемуева, 1979, р. Таз, пос. Сидоровка. МАЭ ИАЭТ СО РАН



На лыжах-голицях (т.е. не подбитых мехом) ходят по весеннему твердому насту. Ханты. Стойбище семьи Прасиных у с. Корлики, сентябрь 2008 г. Фото К. Сагалаева

Вся жизнь, весь быт, весь труд малых народов ориентированы на перспективу, продолжение рода, будущее. Выжить! Их дети с ранних лет должны были не только обучаться всему традиционному, но и одновременно усвоить все новое, чтобы адаптироваться к современности, войти в будущее. Не случайно в мансийском языке слово «невестка» буквально означает «заготовка для тещи». Пока только «заготовка»: ей еще надо нарожать и вырастить девочек, которые потом, когда она станет тещей, нарожают других манси!

В 1998 г. в японском городе Саппоро была проведена международная конференция по традициям и инновациям у охотников, собирателей и рыболовов. И наиболее интересный материал на этой конференции, по всеобщему признанию, представлен сибиреведами.

Может быть, когда-нибудь такая конференция пройдет и на Сибирской земле?

▲ Осенний слопец на лисицу — ловушка давящего действия. Насторожка находится внутри. Ловушка, в отличие от покупных, изготавливается на месте промысла. Ханты. Стойбище семьи Прасиных у с. Корлики, сентябрь 2008 г. Фото К. Сагалаева

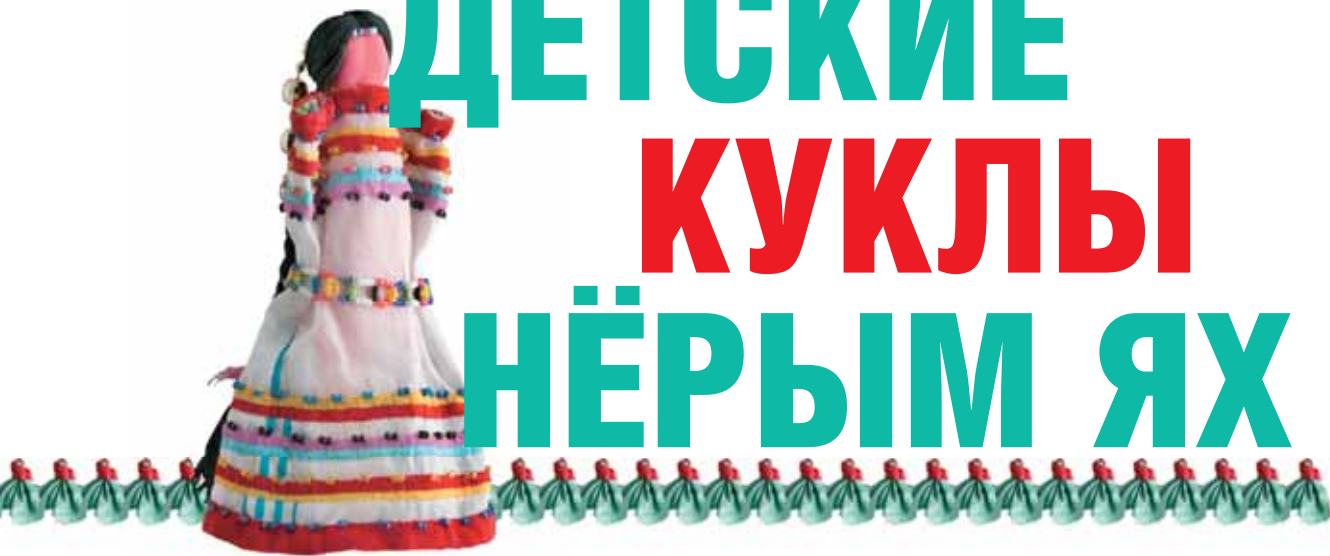
▶ Менкв — родовой дух, охраняющий подступы к святилищу манси. Сборы Г.И. Пелих, И.Н. Гемуева, 1979 г., р. Таз, пос. Сидоровка. МАЭ ИАЭТ СО РАН

Редакция благодарит д.и.н. А.В. Бауло (ИАЭТ СО РАН), к.и.н. И.В. Сальникову (ИАЭТ СО РАН), и К.А. Сагалаева (ИФЛ СО РАН) за помощь в подготовке материала



ДЕТСКИЕ КУКЛЫ НЁРЫМ ЯХ

Т. А. ИСАЕВА



ИСАЕВА Татьяна Александровна — кандидат культурологии, доцент кафедры всеобщей истории Сургутского государственного университета, заместитель директора по научной работе Сургутского краеведческого музея. Лауреат премии Ханты-Мансийского автономного округа «За развитие культуры малочисленных народов Севера» (2003 г.). Автор и соавтор более 40 научных работ

Игрушка как элемент традиционной культуры

Этнографическая коллекция кукол нёрым ях («болотного народа» — территориальной группы восточных хантов, живущих на болотах в бассейне реки Тром-Аган, одного из притоков Оби) Сургутского краеведческого музея сформирована в начале нынешнего века в ходе научной реконструкции процесса их изготовления с привлечением мастериц-информаторов из нёрым ях. На основе этой коллекции издан сборник «Сказки и куклы нёрым ях» и создан музейный кукольный этнотеатр. Сейчас и коллекция, и театр уже получили признание не только в Сургуте, но и за его пределами: программа «Куклы и сказки нёрым ях» была представлена на конкурсах детских музейных программ в Москве и Санкт-Петербурге и удостоена Золотой медали на конкурсе «Евразия 2006» в номинации «Своим путем»

Сохранение и представление наиболее ярких образцов культурного наследия является важнейшей задачей любого музея. Особенно это касается краеведческих музеев. Их деятельность по большей части определяется задачей изучения традиционных культур, комплектования, изучения, сохранения и популяризации их уникального наследия.

Этнографическая коллекция Сургутского краеведческого музея достаточно полно отражает характерные особенности бытовой культуры восточных хантов, проживающих в бассейнах рек Пим, Тром-Аган, Большой и Малый Юган с притоками. В зону основных интересов музея входят те локальные группы хантов*, что проживают в границах Сургутского района.

Среди сургутских хантов есть отдельная территориальная группа, занимающая бассейн реки Тром-Аган (Божья река); они называют себя *торум яун ях* — божьей реки народ. Тром-аганские ханты представлены тремя

* В Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа живут 2 940 хантов, около 10 % этого народа

этнотерриториальными группами: в поселках и селах проживают поселковые (*лапка ях*), в стойбищах по берегам рек — береговые (*лав ох ты ях*), на болотах — болотные (*нёрым ях*)** жители. Самая недоступная группа — нёрым ях. Вплоть до середины прошлого века они были практически изолированы и от своих соседей, и от современной цивилизации. Эта особенность позволила нёрым ях дольше других сохранять бытование старинных элементов культуры, что и определило большой интерес этнографов к этой группе хантов.

До начала нынешнего века в коллекции музея практически не было предметов, отражающих детскую игровую культуру. Произошло это прежде всего потому, что ко времени создания музея в 1963 г. этого элемента в традиционной культуре хантов уже практически не существовало. Дети большую часть времени проводили в интернатах, вдали от родительского дома. Правила же интернатов не позволяли детям играть в национальные игрушки и носить национальную одежду.

В 2004 г. в музее была разработана специальная программа, в фокус которой попали детские игры, игрушки и их включение в процесс формирования социальной структуры народа. Игрушка, без сомнения, является неперенным элементом любой традиционной культуры. Именно в игрушках, особенно девичьих, проявляются мельчайшие нюансы и материальных, и духовных национальных традиций. Игрушки не только отражают территориально-культурное разнообразие субэтносов или территориальных групп любого народа, но и заявляют о себе как о важном элементе, формирующем навыки подрастающего человека. В то же время игрушка отражает

и современные явления культуры. К примеру, у хантов игрушки, имитирующие оленей и нарты, сегодня почти повсеместно заменены на копии снегоходов типа «Буран»: играя, дети все чаще воспроизводят уже не голоса оленей и скрип упряжки, а звуки мотора.

В музее для восстановления традиции создания игрушек и способов их использования была проведена реконструкция процесса их изготовления. Выбранным информаторам — женщинам пенсионного возраста из группы нёрым ях — было предложено воспроизвести содержание своих детских кукольных мешочков. При создании игрушек мастерицы придерживались традиционной техники изготовления. Изучение полученных данных позволило описать некоторые элементы игровой культуры и создать коллекцию «Куклы нёрым ях».

Коллекция кукол была составлена при активном участии Ольги Щербаковой — вышедшей на пенсию медсестры, потомственной хантыйской сказительницы из нёрым ях. Ольга Ивановна не только помогла изготовить все возможные варианты кукол, но и участвовала в подготовке к изданию книги «Сказки и куклы нёрым ях» и в постановке этих сказок в кукольном этнотеатре музея.

Кукольные традиции

Традиционно хантыйские девочки начинали делать своих кукол примерно с семилетнего возраста. К девяти годам они уже могли сами шить кукольные принадлежности и одежды из самых простых материалов — лоскутков ткани, ниток, бисера и меха, оставшихся от рукоделия матерей. Играть с куклами можно было толь-

** Ях (народ) — обозначение условного родства, основанного на принципе территориального единства. Ях поддерживается ландшафтными и промысловыми особенностями, формирующими специфику быта и духовной культуры





Ольга Ивановна Щербакова — хантыйка из территориальной группы *нёрым ях* (болотный народ), дочь одного из последних шаманов *нёрым ях*, потомственная сказительница. Ольга Ивановна, в прошлом медицинский работник, всю свою сознательную жизнь посвятила сохранению традиций своего народа. Вместе с сотрудниками музея она работала над переводом хантыйских сказок, при ее непосредственном участии музей издал сборник «Сказки и куклы *нёрым ях*»

ко в светлое время суток. И в самом периоде детства имелись ограничения на игру: к 10—11 годам она уже практически прекращалась. Как правило, маленькие девочки трех-пяти лет, которые еще не могли самостоятельно шить, мастерили себе кукол из большого платка или небольшой подушки. Платок сворачивали конвертом, имитируя младенца, а подушку ставили на ребро и накрывали платком, изображая дитя в хантыйской люльке.

Размеры кукол не превышали длины детской ладони: считалось, что кукла больших размеров напоминает ребенка, поэтому непригодна для игры. Самые маленькие куколки были размером с мизинец — это «младенцы», они походили на спеленутого ребенка в люльке. Одежду на них не шили, поскольку крохотные одежды были принадлежностью поминально-погребальной практики.

Главная особенность куклы *нёрым ях* — ее временный характер. По окончании игры куклу надо было обязательно разобрать, чтобы она не ожила: куски ткани или травы, из которых были сделаны головка и туловище (кукольная форма), расправить и спрятать до следующей игры.

Создание кукол и кукольного хозяйства контролировалось старшими родственницами. Девочкам было запрещено повторять образ чужих кукол, создавать



Кукла-дерево *юх пакыт*.

Выполняется из ткани, скрученной валиком и сложенной пополам. Нижняя часть образует «ноги» и делает фигуру устойчивой. В игре куклы-деревья могут только неподвижно стоять, выполняя функцию декораций. Ткань, х/б нитки



Кукла-ягода *канэк пакыт*. Клюковка.

Кукла Клюковка — постоянная соседка травяной куколки, ведь они персонажи одной сказки. Клюковка в этой сказке — умница и рукодельница. Ткань х/б, шелк

Кукла-ягода *канэк пакыт*. Морошка.

Кукла Морошка выделяется среди всех кукол-ягод: она всегда повязана красным платочком и участвует в ритуале *приношения платка* самой крупной ягоде-морошке во время первого сбора лесного урожая. Ткань х/б, шерсть

персонажи, копирующие конкретных живых людей. Кукла не могла содержать личностных характеристик какого-либо человека во избежание принятия его души. Считалось, что постоянная кукла, да еще с именем, может впитать в себя часть души живого человека и повредить его здоровью.

У каждой хантыйской девочки были собственные рукодельный и кукольный мешочки. В первом хранились принадлежности для шитья, во втором — наряды и формы кукол. Собственно игрушкой являлась не кукольная форма, а одежды, в которые ее каждый раз по-новому одевали. От этого кукла была чрезвычайно подвижна, ее можно было многократно переодевать, изображая различные действия. Игрушечные платья, платки и *сахы* (верхняя одежда хантов) не имели личностной кукольной принадлежности и, по сути, являлись общим игровым инвентарем. В каждый игровой период кукла имела то собственное имя, то нарицательное, а то и оба сразу.

В технике украшения одежды кукол преобладали традиционные материалы, украшенные пуговицами и ленточной тканевой аппликацией. Пуговицы у *нёрым ях* нашивали рядами на узкие и широкие полосы ткани по подолу и полочке сахов, без пуговичных орнаментов. Поселковые же и береговые жительницы применяли узорное нашивание пуговиц. На болотах дольше (до 60-х гг. прошлого века), чем на остальных террито-

риях, сохранялись изготовление для кукол тканевых с кистями платков и пошив «старинных» (прямых туникообразных) платьев.

Кукольный комплекс *нёрым ях* представлен двумя категориями кукол: куклы-растения и куклы-люди.

Куклы-растения

Почти все предметы этой категории выполнялись из ткани и ниток. Растения представлены различными видами деревьев, ягодных кустарников и болотных ягод.

Кукла-дерево (*юх пакыт*) изготавливалась из куска ткани, скрученной валиком и сложенной пополам таким образом, что нижняя часть служила «ногами» и делала фигуру устойчивой. Характерная черта *юх пакыт* — длинные распущенные волосы, выполненные из ниток. В игре положение кукол-деревьев стабильно — они были всегда неподвижны, могли только стоять и выполнять функцию декораций.

Куклы-ягодки (*канэк пакыт*) также делались из ткани. Небольшой кусочек ткани формировал головку, которую помещали в прорезь в центре прямоугольного или квадратного лоскутка-платка, фиксируя нитками на «шее». Такая кукла не имела волос и тоже была малоподвижна, в основном она сидела, расправив вокруг себя подол платья.

Девушка-красавица *аувэли* — главная героиня игр девочек. Именно ее одежда — самая яркая и красивая.
Ткань *х/б*, нитки *х/б*, бисер



Паэрл инки — вполне положительный мальчишка. Это видно по тому, как он любовно украшен. *Мех белки, кожа, ткань х/б, шелк, бисер*

Нёрым ими — взрослая женщина группы *нёрым ях* для игр в дочки-матери. *Ткань х/б, шерсть, бисер*



Среди кукол-ягодок выделялась *Морошка* в красном платочке. Это было обусловлено представлениями о морошке как особой ягоде — первой и самой сладкой ягоде-лакомстве сезона сбора даров природы. Существовал народный обычай надевать на самую крупную ягоду-морошку во время первого сбора лесного урожая специальный красный платочек. По-настоящему сбор ягод начинался только после такого *приношения платка*.

Отдельно выделялись куклы, сделанные из травы (*пом савэли*, косичка из *пырея*). Куклу-травушку изготавляли из сложенных пополам длинных стеблей *пырея*. Ее непременным атрибутом была травяная коса, которая выполняла роль опоры: кукла стояла, опираясь на косу. Как правило, таких кукол делали много и устанавливали тесной шеренгой, изображая растущую траву.

Травяные куклы всегда располагались рядом с куклами-ягодками. Постоянной соседкой травяной куколки была кукла *Клюковка*, поскольку они являлись персонажами одной сказки. В этой сказке рассказывается, как жили-были две подружки — *Клюковка* и *Травяная косичка*. *Клюковка* была *рукодельницей*, а *Травяная косичка* — *ленивицей*. Намаевшись с подругой, *Клюковка* однажды ушла от нее на болота. *Травяная косичка*, наглодавшись, отправилась на ее поиски, да и осталась на болотах *пыреем*, согревающим *клюкву* до весны.

Куклы-люди сох пакыт

Сох пакыт делались как из ткани, так и из природных материалов (трава, шкурки мелких зверьков, крылышки, хвосты и перья птичек). Куклы-люди *нёрым ях* имели пол и, что удивительно, возраст: мальчики и девочки, мужчины и женщины, старики и старухи. Возрастные категории указывались нарицательно как функции кукол: *ко* — юноша или молодой, красивый и сильный мужчина, *пырс ко* — не молодой, но опрятный и сильный человек, *пырс ики* — *неряшливый старик*, *аувэли* — *хорошенькая девушка*, *ауволь инки* — *быстрая, небрежная*



девчонка-озорница, *паэрл инки* — *мальчишка*, *пар пэрри* — *неряшливый, ленивый мальчишка*.

Кукол именовали и по роду их занятий или проживанию: *нёрм нэ* и *нёрм ики* — *лесные взрослые женщина и мужчина*; *воц нэ* и *воц ики* — *городские взрослые женщина и мужчина*; *воц кор ай нэ* (дословно: по городским улицам гуляющая девушка) — *городская красотка*.

В случае использования природных материалов куклы иногда становились *зооантропоморфны-*



Канвэн и туйвэн — парные сказочные персонажи. Они подслушивают, разносят сплетни и бывают слугами духов. Мех, кожа, ткань и нить х/б, бисер

ми — человеком-птицей, человеком-зверем. Чаще всего это были игрушки, изображающие кукол мужского рода — мальчиков, парней, мужчин, стариков. Они могли даже иметь нарицательные имена по названию зверей: *плэнки* — мышь, *кучер ики* — бурндук, *ок ики* — лиса (вернее, лис — у хантов «лиса» мужского рода), и их «черты характера». Однако ни в коем случае нельзя было давать игрушкам имена тотемных животных рода — Лося, Медведя или Бобра (в зависимости от рода играющих).

«Мужских» кукол в основном шили из меха и кожи, ткань же использовали только для *навершниц* (туникообразных рубах из плотной ткани, являющихся покрытием малицы) и платков-накомарников. Часто для изготовления таких кукол брали цельноснятые шкурки мелких зверьков (белки, бурндука) или с лап зверей и голов птиц.



Пиченкэлихэн — зооантропоморфные куклы-синички. Парные персонажи брат и сестра. Птичьи перышки, ткань х/б, кожа, бисер



◀ Младенец в люльке — самая маленькая куколка, размером с мизинец. На нее не шьют одежду, поскольку крохотные одежды являются принадлежностью поминально-погребальной практики. Ткань х/б, шерсть, бисер

▲ Ауволь инки — девчонка-озорница. Эта кукла не больше детской ладони. Ткань х/б, нитки х/б

◀ Корневатик — емкость для хранения мелких предметов. Корень кедра. Игрушечная дневная люлька. Береста, шкурки чернозобой гагары и зайца, кожа. Ханты, р. Тром-Аган (корневатик), р. Пим (люлька), Сургутский р-н. Середина XX в. Из фондов Сургутского краеведческого музея

Куклы-страшилки

Назначение этих кукол у хантов совершенно иное: куклы-страшилки — уже не игрушка, а способ и форма *ненормативного* общения, своего рода брани: они брали на себя речевые функции человека. Поскольку традиционная форма общения этого народа *запрещает* обзывать человека, то «обзывание» брала на себя кукла-страшилка. Взрослые запрещали детям и мастерить, и показывать кому-либо такие куклы — так же, как у нас запрещается употреблять ненормативную лексику.

Раз словесно ответить обидчику (кукольному персонажу или другу-подружке) невозможно — ему показывали «страшилку», тем самым отождествляя его с ней. «Когда не слушаются младшие братья и сестры или старшая сестра упрямится, то в ответ, чтобы их не бить и не ругать, показываешь им страшилку, как бы угрожая: будут-де и у тебя такие руки кривые, раз дерешься!» — рассказала одна из информаторов.

Куклу-страшилку могли подбросить (но никогда не показывали напрямую) и взрослому в ответ на несправедливое с точки зрения детей наказание. Иногда такая «демонстрация» вызывала смех, но чаще — следующее наказание. Мужчинам (отцу, деду, дяде) обычно подбрасывали *тунькх ики* (мохнатого мужика) или *нёрым ох* (болотную голову). Для изготовления этих кукол использовали кривую сухую еловую (реже — березовую) ветку с намотанными прядями елового лишайника.

Типичные куклы-страшилки — *пом кот ими* (женщина мхов), парные персонажи *порса нэ* (веселая девочка, которая делает все наспех, неряшливо и не доводит до конца) и *торса нэ* (громкоголосая девочка-хохотушка, которая больше сидит, чем трудится), *колх порэксх ими* (страшная женщина, сидящая около пня или ели), *ланэт нэ* (торопливо ходящая женщина), *лапса нэ* (женщина, одетая в такую большую одежду, что она «парусится» при ходьбе), парные сказочные персонажи *канвэн* и *туйвэн* (подслушивающие и разносящие сплетни), которые в игре иногда выступали слугами старших духов или богов.

Особняком стояла кукла-страшилка *пор нэ* (лесная нехорошая неряшливая женщина). Она являлась, по существу, идолом, фигуркой духа, хантыйской бабой-ягой. Такую куклу после игры невозможно было даже разобрать, потому что состояла она из маленьких лоскутков.

Пор нэ — лесная нехорошая женщина-дух, живущая под трухлявым пнем. Единственная кукла-страшилка в коллекции музея. Ткань х/б, шерсть, х/б нить, бисер

Если взрослые обнаруживали игрушку *пор нэ*, то очень ругали своих девочек: в присутствии этой куклы в доме, да еще ночью, могло произойти бог знает что.

Как правило, обладатель и изготовитель «страшилок» тоже слегка опасался их. Чтобы обезопасить себя, он произносил примерно следующее «заклинание»: «Пусть они мне не сделают плохо и никого не обидят! Пусть будут моей защитой! Мы будем вместе, заодно!»

Маленьких «страшилок» для обозначения чудовищ и прочей «нечистой силы» мастерили из веток багульника, ели или шиповника, напоминающих фигуру человека или животного: намеченные, но не ярко выраженные зооантропоморфные черты игрушки-страшилки только подчеркивали ее отрицательный характер.



В качестве реквизита в спектаклях этнотеатра музея используются предметы из фондовой коллекции этнографии хантов: посуда, заготовки для украшений, одежды, домашний инвентарь, макеты построек и лодок. Театральные куклы изготовлены по аналогии с реальной игрушкой, только максимально увеличены в размере. Все куклы из современной коллекции для театра выполнены сотрудником музея О.И. Щербаковой

Автор и редакция благодарят за помощь в подготовке публикации заведующую научно-образовательным отделом Л.Л. Фролову и сотрудника А.В. Заику (Сургутский краеведческий музей). В публикации использованы фотографии из архива Сургутского краеведческого музея и А. Заики

Сказки нёрым ях для сургутских детей

Вопрос о способах просветительской работы в любом музее актуален во все времена. Сургутский краеведческий музей, активно занимаясь популяризацией культурного наследия коренного населения, выбрал нестандартную форму работы — кукольный этнотеатр. Этнотеатр приемлем для разных возрастов, его постановки нравятся и детям, и родителям. Наибольшую ценность представляет работа с детьми с ограниченными физическими и интеллектуальными возможностями: с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, ослабленными функциями слуха и зрения, ранним детским аутизмом — учащимися коррекционных школ города и воспитанниками детского реабилитационного центра «Добрый волшебник». В работе с такими детьми сотрудники используют непривычные для музея приемы: в этнотеатре зрители не только могут, но и должны трогать игровых кукол, чтобы понять образы и воспроизвести их действия.

Работа с детьми стала возможной благодаря проекту «Куклы и сказки нёрым ях», который включает в себя и знакомство детей с коллекцией этнографической игрушки середины прошлого века, и просмотр постановки этнографического кукольного театра «Сургутские сказки болотных людей», и обсуждение после спектакля сюжета сказки. Привлекательность представляемых этнографических материалов усиливается через мастер-классы, в которых дети мастерят кукол для новых спектаклей и даже сами выступают кукловодами.



ТАЙНЫ КРАСНОЙ ГЛИНЫ

НОВЫЕ СТРАНИЦЫ ДОЛЕДНИКОВОЙ ИСТОРИИ ЮЖНОЙ СИБИРИ

История Таралык-Чера началась в 80-х гг. XX в., когда рабочие карьера Улуг-Хемского глиняного месторождения нашли в отложениях красной глины фрагмент челюсти ископаемого носорога. Находка стала научным достоянием благодаря известному петербургскому геологу Б. А. Борисову, обнаружившему в это время в Туве другое местонахождение древней фауны — Холу, датируемое поздним миоценом. На этом интересные находки в Таралык-Чере в то время закончились, и о нем забыли — вплоть до 2003 г., когда геологи Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН В. И. Забелин и В. И. Кудрявцев обнаружили на небольшом участке в карьере костеносный слой.

В 2005 г. раскопки на Таралык-Чере производились уже силами экспедиционного отряда Палеонтологического института РАН на площади более 20 м². За два месяца палеонтологам удалось собрать представительную коллекцию останков древних млекопитающих — более трехсот образцов. Еще больше находок подарили исследователям полевые сезоны последующих лет.

В Центрально-Тувинской котловине экспедиционный отряд Палеонтологического института РАН провел исследование Таралык-Чера — крупнейшего в России местонахождения ископаемой фауны млекопитающих, обитавших здесь более 7 млн лет назад

По составу древней фауны удалось достаточно точно определить ее возраст. По европейской стратиграфической шкале это *туролийская фауна* позднего миоцена (ее более общее название — *гиппарионовая фауна*), существовавшая в период от 11 до 7 млн лет назад. Рубеж миоцена и плейстоцена — переломное время в новейшей геологической истории Земли: туролий был последней спокойной эпохой в развитии нашей планеты.

Отложения миоцена в основном представлены глинами красного или бурого цвета, однако далеко не всегда они содержат ископаемые останки животных и растений. Как и в других регионах, отложения красных глин в Туве образовались на дне древних озер, пресных или солоноватых. Кости либо остатки растений сохраняются в подобных отложениях при поддержании определенных условий среды на протяжении миллионов лет, прошедших со дня гибели этих организмов. У ископаемых растений лучше всего сохраняются споры (у папоротников, хвощей) и пыльца, оболочка которой по составу близка к винной пробке. Однако в красных глинах пыльцы, как правило, мало: придонная вода

▲ Расчистка костеносного слоя в красноцветной миоценовой толще местонахождения Таралык-Чер

◀ Ландшафт, окружающий место раскопок, типичен для Центрально-Тувинской котловины: злаково-полюнная степь с редкими кустиками караганы (желтой акации)

Ископаемая фауна Таралык-Чера синхронна позднемиоценовым фаунам европейского Средиземноморья и Китая: во всех местонахождениях этого возраста, от Испании до Японского моря, встречаются животные тех же самых или близких видов

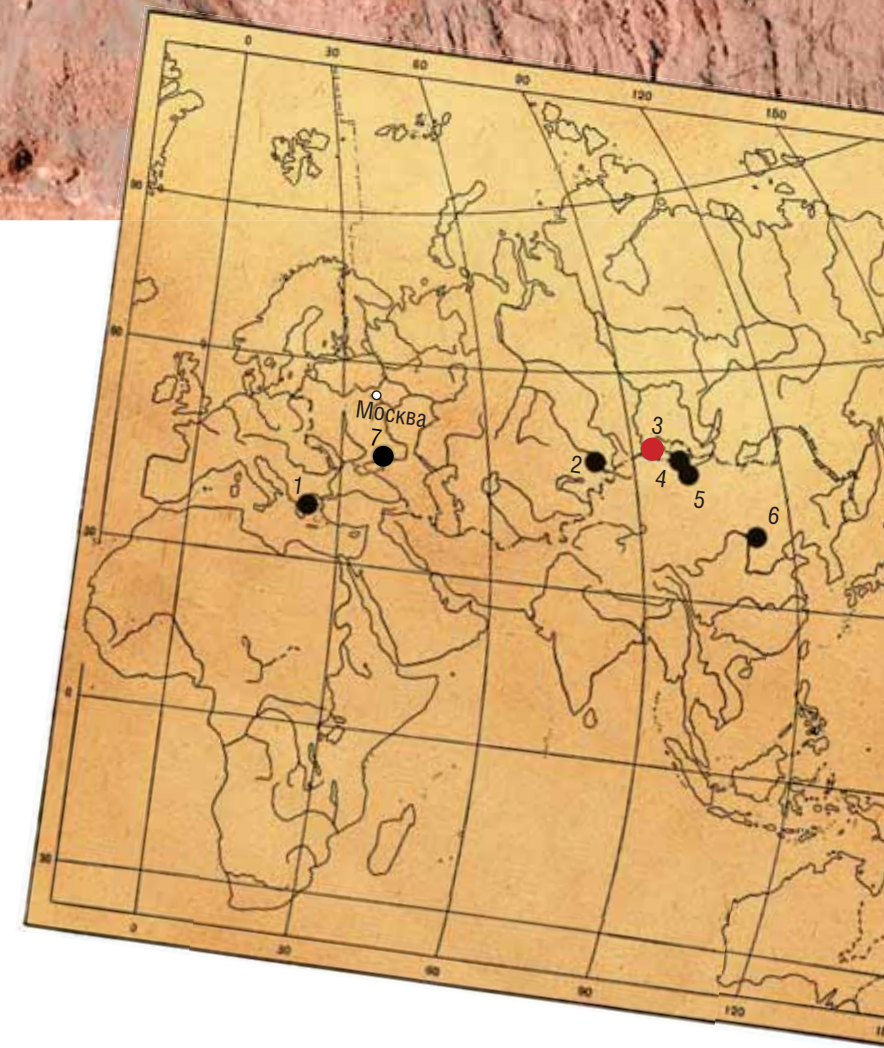


Схема местонахождений ископаемой фауны млекопитающих позднемиоценового возраста: 1 — Пикерми (Греция, о. Эвбея); 2 — Гусиный Перелет (Казахстан, Павлодар); 3 — Таралык-Чер и Холу (Россия, Тува); 4 — Алтан-Тээли (Монголия); 5 — Хиргис-Нур (Монголия); 6 — Баодэ (Китай, Ордос); 7 — Морская (Россия, Таганрог)



Верхние молочные зубы и нижний моляр (внизу) ископаемых оленей

Копытная и пальцевая фаланги оленя павлодарии



Фрагмент верхнего зубного ряда ископаемого большерогого оленя



Гигантский большерогий (ирландский) олень вымер около 10 тыс. лет назад. Это было внушительное животное высотой около двух метров на уровне плеч и размахом рогов у самцов до трех метров. Скелет из экспозиции ПИН РАН (Москва) найден в 30-е гг. прошлого века в Мещере (Рязанская область)



Рог древнейшего представителя большерогих оленей — далекого предка гигантского ирландского оленя. Эта находка на Таралык-Чере — первая на территории России



Раскопки на Таралык-Чере, активное участие в которых принимали сотрудники Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН Т. П. Озерская, О. И. Кальная и другие, а также студенты Тувинского государственного университета (г. Кызыл), еще раз доказали важность интеграции для успешного осуществления научных проектов

В мешках на месте раскопа — красная глина с мелкими костными останками, подготовленная для промывки



Найденные кости вместе с породой заключались в гипсовые монолиты с оболочкой из досок. Им предстояла долгая дорога до Москвы и тщательная препаровка в лабораториях ПИН РАН

древних озер была подобна разбавленной кислоте, поэтому большая часть пыльцы за миллионы лет растворилась. Однако сотрудникам Геологического института РАН (Москва) в результате тщательной многомесячной обработки удалось обнаружить в 2 кг породы из Таралык-Чера около 60 зерен пыльцы и спор.

Лучше всего сохраняются крепкие и массивные части скелетов животных (панцири черепах, кости слонов, зубы). Зубы гораздо устойчивее к растворению в агрессивных средах по сравнению с костями: состоящая из кремнезема зубная эмаль тверже стекла.

Для извлечения останков животных из глины используется способ промывки. Грунт помещают в мешки и промывают в проточной воде через набор мелких сит. Промывка 5 т породы позволяла собрать 100—200 зубов ископаемых грызунов, зайцев и других мелких животных. Попадают среди них и более редкие находки — зубы куниц, гиен, оленей, свиней. Находки костей очень редки и являются для палеонтологов настоящей удачей.

Как ни удивительно, но именно самые «невидные» находки, такие как зубы грызунов и пыльца растений, дают ученым наиболее ценную информацию о климате, ландшафте и даже о времени формирования слоев. Например, возраст глин Таралык-Чера был определен по находкам зубов ранних представителей тушканчиков. Известно, что эти животные обитают в пустынях и сухих степях. Одновременно в красной глине было обнаружено и множество зубов бурундуков — лесных жителей.

Возник вопрос: что же было на месте карьера миллионы лет назад — лес или пустыня?



10 мм

Редкая находка на Таралык-Чере: нижняя челюсть ископаемой гиены *адкрокуты*, вымершей в конце позднего миоцена (около 5,5 млн лет назад)

Минералогический анализ глин показал, что климат той эпохи в Туве был жарким и даже засушливым (не более 500 мм осадков в год). Лето было похоже на современное, а зимой было тепло, как на Средиземном море (не ниже +10 °С). Согласно анализу ископаемой пыльцы, в горах и вдоль русел рек росли густые леса, где обитали бурундуки, а на междуречьях в сухой степи жили тушканчики и хомяки.

В миоцене фауна Азии была очень похожа на современную африканскую: здесь обитало множество видов антилоп, хоботных, носорогов, страусов, гиен. Начало туролийской эпохи отмечено также широким распространением оленей, которые прежде были небольшими животными размером от зайца до косули. Так, в Туве были обнаружены зубы и отдельные кости наиболее известного ископаемого азиатского оленя *навлодарии*, вес которого достигал 100 кг. В это время происходило также взрывное увеличение численности видов куниц, среди которых — гигантская куница *эомелливоры*: в Таралык-Чере обнаружен один из пяти известных ископаемых видов этой куницы, которые были размером от россомахи до леопарда.

В туролийскую эпоху новые виды азиатского происхождения (как найденные в Таралык-Чере свинья *хластохерус*, кабарга, большерогие олени, куницы и др.) расселялись из районов Центральной Азии на север — в Сибирь, и на запад — в Среднюю Азию и Казахстан.

После окончания туролийской эпохи наступил очередной этап дальнейшего похолодания и иссушения климата. В результате мощных тектонических дви-

жений и активизации вулканизма Средиземное море превратилось сначала в озеро, а затем почти полностью высохло, оставив лишь на дне самых глубоких котловин небольшие горько-соленые озера. По дну высохшего моря представители африканской фауны мигрировали в Европу и остались там до разгара ледникового периода (около 1 млн лет назад в районе Лондона обитали обезьяны, гиппопотамы и другие «африканцы»).

Подвижки земной коры привели к тому, что Азия соединилась с Северной Америкой в районе Берингова пролива. По этому сухопутному «мосту» между континентами в Старый Свет из Северной Америки пришли невиданные для Азии псовые хищники (волки, койоты, шакалы), вытеснившие гиен. В конце миоцена вымерла и часть форм саблезубых тигров.

Животный мир Северного полушария неузнаваемо и безвозвратно изменился, но память о прошлом еще хранят земные толщи, в том числе и древние красные глины старого заброшенного карьера Тувы.

Руководитель экспедиционного отряда
к. б. н. А. В. Лавров
(Палеонтологический институт РАН, Москва),
В. И. Забелин
(Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл)

В публикации использованы
фото А. Лаврова.
Авторы и редакция благодарят
д. б. н. А. К. Агаджаняна (ПИН РАН, Москва)
за помощь в подготовке публикации

На **ИНДИГИРКУ** —

ФОТОРЕПОРТАЖ К. САГАЛАЕВА

за туманом и фольклором

Каждый раз, попадая по воле судьбы или начальства в новый уголок планеты, ты сравниваешь свои представления о нем с реальностью, настоящие ощущения — с ожидаемыми. И каждый раз убеждаешься, что эти два мира — такой привычный собственный и непредсказуемый настоящий — разделяет пропасть. Это затягивает, к этому хочется возвращаться снова и снова... Недаром каждый год множество исследователей едут «в поле», подальше от городского шума и суеты — «за туманом и за запахом тайги»



САГАЛАЕВ
Константин Андреевич — младший научный сотрудник сектора фольклора народов Сибири Института филологии СО РАН (Новосибирск). Участник более 10 научных экспедиций по Сибири и Дальнему Востоку. Увлекается фото- и киносъемкой



Летом 2007 г. судьба занесла нас в Якутию. И не просто в Якутию, а в один из самых северных ее улусов — Момский. Что мы знали об этих местах? Судя по карте, они находились где-то рядом с Полярным кругом. В статьях из вездесущего Интернета говорилось что-то о горах, красоте нетронутой природы и т. п. Все остальное было в тумане, а значит, таило сюрпризы.

Мы — это небольшой экспедиционный отряд Института филологии СО РАН и Института проблем малочисленных народов Севера СО РАН (Якутск). Отряд оказался «молодежным» — старшему из нашей пятерки было «слегка за тридцать». Цель — изучение фольклора и традиционной культуры эвенов — одного из коренных народов Сибири, волею судеб разбросанного на огромных просторах — от Якутии и Магаданской области до Хабаровского края и Камчатки.



Начало пути

Прилетев из Якутска в райцентр Хонуу, что на Индигирке (2,5 часа на самолете), на следующий же день отправились дальше — в пос. Сасыр (или как его еще называют Улахан-Чистай), где нас уже ждали.

...Маленький самолетик Ан-2, прыгающие по салону сумки, морская (вернее, воздушная) болезнь у половины пассажиров. А вокруг — сама Красота (слов «тундра», «горы», «небо» здесь явно недостаточно).

Где-то под нами — гора Победа, самая высокая точка северо-востока Сибири (более трех тысяч метров). Но указать, где именно, не могут и сами летчики. Еще под нами — крупнейшая в мире наледь Улахан-Тарын (уступающая по мощности льда и размерам лишь памирскому леднику Федченко), потухший вулкан Балаган-Таас, бесконечные затейливые кружева рек и речушек... За всем этим даже не замечаешь, что самолет трясет и болтает, как «пазик» на проселочной дороге.

В Улахан-Чистае прилет самолета — событие. Происходит оно раз в неделю, и поглазеть на самолет приходят почти все местные жители, даже те, кому вроде бы и незачем. Высыпавшись с вещами из самолета, стоим и ошалело оглядываемся вокруг. Оглядывать есть что, но все-таки — где наши встречающие? Наконец подходит человек: «Ученые — это вы?» — «Мы!!!» — «Надо же, мы вас и не узнали. Молодые какие!» Они-то ждали дедушек с бородами. Но, похоже, неожиданность была приятной.

Иногда с корабля попадаешь на бал, мы же попали с самолета прямо на вездеход. Оказывается, нас уже ждут в оленеводческом стойбище, где-то там в горах, каких-то восемь часов хода. В открытом кузове.

Восемь часов — это немного. В суете нашего цивилизованного мира они, как правило, пролетают быстро и незаметно. Здесь время течет иначе — размеренно, не торопясь, давая возможность рассмотреть, почувствовать и запомнить все: перевалы, покрытые лишайниками, и нетающий даже в начале июля снег, ледяную прозрачность безымянных для нас речушек и вкус чая из мягкой речной воды.

На очередном привале готовим «сашлык» (в местном произношении) из конины. А впереди еще половина пути.

Тундра с многочисленными речушками и горный хребет Улахан-Чистай длиной около 250 км. Лучше один раз показать, чем многословно описывать красоту пейзажей, проплывающих под крылом Ан-2



▲ Вид сверху на величественный Момский хребет напоминает картины Н. Рериха

Центр Момского района — пос. Сасыр (Улахан-Чистай) — связан с Большой землей лишь воздушным транспортом. Зимой, когда замерзают болота и реки, можно также воспользоваться 400-километровыми зимниками

Мозги для почетных гостей

Стойбище — три большие палатки и «инфраструктура»: умывальник, очаг с котлом и коновязь. Кроме собственно оленеводов здесь находится еще и детский эколого-этнографический лагерь, где школьники на каникулах учатся тому, чему не учат в интернате — «читать» следы животных, управляться с оленями и лошадьми, ориентироваться в тундре и в горах, знакомиться со своей традиционной культурой, фольклором и обычаями.

В честь нашего приезда забили оленя (сами эвены-олeneводы свежее мясо едят редко, в их повседневном рационе в основном консервы). На низком деревянном столике в большой палатке угощение, которое подают только самым почетным гостям: печень, мозги и прочие, как говорят в городе, «субпродукты». Это — настоящий знак внимания у эвенов.

Удивление вызвали мелко порезанные помидоры — здесь, в горной тундре, где вообще почти ничего не растет. «Помидоры» оказались сырым костным мозгом того же оленя. Отсутствие привычки не дает нам в полной мере оценить вкус этого экзотического блюда.

Один из крупнейших национальных парков РФ — «Момский» — место компактного проживания северных якутов и эвенов.

На фото слева направо: Ия САДОВНИКОВА (Институт проблем малочисленных народов Севера СО РАН, Якутск), Екатерина ЖИМУЛЕВА, начальник отряда Константин САГАЛАЕВ, Юлия ЛИМОРЕНКО, Арслан ГОМБОЖАПОВ, (Институт филологии СО РАН, Новосибирск)



Северная летняя ночь (она же — полярный день) сбивает с толку и названием, и своим ненавязчивым, неярким, непривычным светом. Дождаться темноты, конечно, можно, но на это уйдет пара месяцев.

После пережитых перелетов, переездов и перегрузок наконец приходит сон. А спится на оленьих шкурах в палатке ничуть не хуже, чем дома на кровати.

Завтра днем — в обратный путь, а до этого нужно успеть записать, сфотографировать и понять многое. Интуиция подсказывает — без работы завтра не останемся, а ведь именно ради нее мы и проделали такой дальний путь. Но это все утром.

Нижнее течение знаменитой Индигирки — реки на востоке Якутии, берущей начало на северных склонах Халканского хребта. Обогнув Момский хребет, Индигирка течет по низменности и становится судоходной



В стойбище дети обучаются тому, чему не учат в школе, в том числе оленеводству — традиционному занятию якутских эвенов



В эвенском стойбище во время школьных каникул живут дети из эколого-этнографического лагеря

Хранитель эвенского языка и обычаев Иннокентий Слепцов, «по совместительству» — депутат местного совета и частный предприниматель



Нам повезло: мы не только записали рассказы о том, как совершаются традиционные обряды у эвенов, но и провели съемку самих обрядов



Хранитель традиций

Утром приходят олени. На наш городской взгляд — огромное стадо, но для эвенов оно совсем небольшое: еще недавно стада в сотни голов были здесь обычным явлением.

Кормим, гладим, фотографируем — все это с каким-то детским ощущением. Хозяева, меж тем, ловят *маутом* (арканом) захромавших оленей, оказывают им первую (она же и последняя) медицинскую помощь

марганцовкой и отпускают восвояси. Дети неподалеку набрасывают такой же маут на палку, подвешенную на веревке. Какая-никакая, а передача традиции.

Старший на стойбище — Иннокентий Егорович Слепцов, депутат местного поселкового совета и частный предприниматель, заодно — носитель эвенского языка и фольклора, а это как раз то, что нам сейчас нужно!

От Иннокентия Егоровича мы узнали и записали, как проходят обряды очищения оленьего стада, поклонения



огню, посвящения молодежи (детей из уже упомянутого лагеря) в оленеводы. Более того, эти обряды нам показали «в лицах»!

А еще мы записали сказки, рассказы, предания о войне эвенов с соседями. Подобные предания есть, пожалуй, у всех этносов, меняются только соседи и методы их уничтожения. Однако это — важный пласт духовной культуры народа, его «память» о своей силе и могуществе. Что ж, день прожит не зря.

Провожая нас в обратный путь, все стойбище танцует, но не «на радостях», а на радость. Подобно другим круговым танцам, эвенский танец *хэдьэ* является знаком изначальной гармонии мира, единства человеческого коллектива. Сама форма его — круг — отсылает к знаменитому соляренному (солнечному) культу. Всего за экспедицию мы зафиксировали четыре варианта этого танца.



Традиционный якутский праздник *ысыах* в эвенском поселке: борьба *хапасагай* и *масреслинг*

Якутский праздник у эвенов

По возвращении в Улахан-Чистай нас ждет приятный сюрприз — якутский традиционный праздник *ысыах*, который мы не один раз видели в другом районе Якутии — Сунтарском. Но Улахан-Чистай — село эвенское, и было любопытно наблюдать смешение якутской и эвенской традиций.

Местный *ысыах* оказался традиционным современным (точное сочетание!) праздником, включающим песни, речи, национальную кухню, дискотеку и спортивные состязания. К последним относится борьба *хапасагай* (якутское название) и перетягивание палки *масреслинг* (слово тоже явно не эвенского происхождения). В соревнованиях по борьбе член нашего отряда Арслан Гомбожапов «пришел, увидел и победил», а в одном из финалов *масреслинга* встретились два Афанасия Слепцова. Кто выиграл, угадайте сами.

Неожиданностью стало то, что в Улахан-Чистае мы так и не увидели традиционного главного элемента праздника *ысыах* — кругового танца *осуохай*. А ведь во всех виденных ранее вариантах праздника именно он

был стержнем. Возможно, в этом и есть основное отличие эвенского варианта праздника от якутского?

Потом были и запись фольклора у местных бабушек и дедушек, и фотографирование этнографических экспонатов в музее и в домах местных жителей, и очередная съемка танца *хэдьэ* на лужайке у музея...

Торжественные проводы, пожелания «счастливой дороги!» и «счастливо оставаться!», большое «спасибо» в адрес наших гостеприимных друзей — И. Е. Слепцова, В. П. Стрекаловского, Р. Г. Дегтяревой, Е. Е. Дьячковой, З. С. Садовниковой и многих других.

Эта экспедиция, как и многие другие прежние, еще раз подтвердила известную истину: каждый раз, впервые попадая куда-то, ты приезжаешь к «месту», а уезжаешь уже от «людей». Они и будут вспоминаться прежде всего. Это как раз и есть одна из тех ценностей, за которыми люди едут «в поле» и которые потом привозят домой. Вместе с научным материалом и запахом тайги.

Эвенское стойбище прощается с этнографами круговым танцем *хэдьэ*, символизирующим единство людей





Фото В.Короткоручко