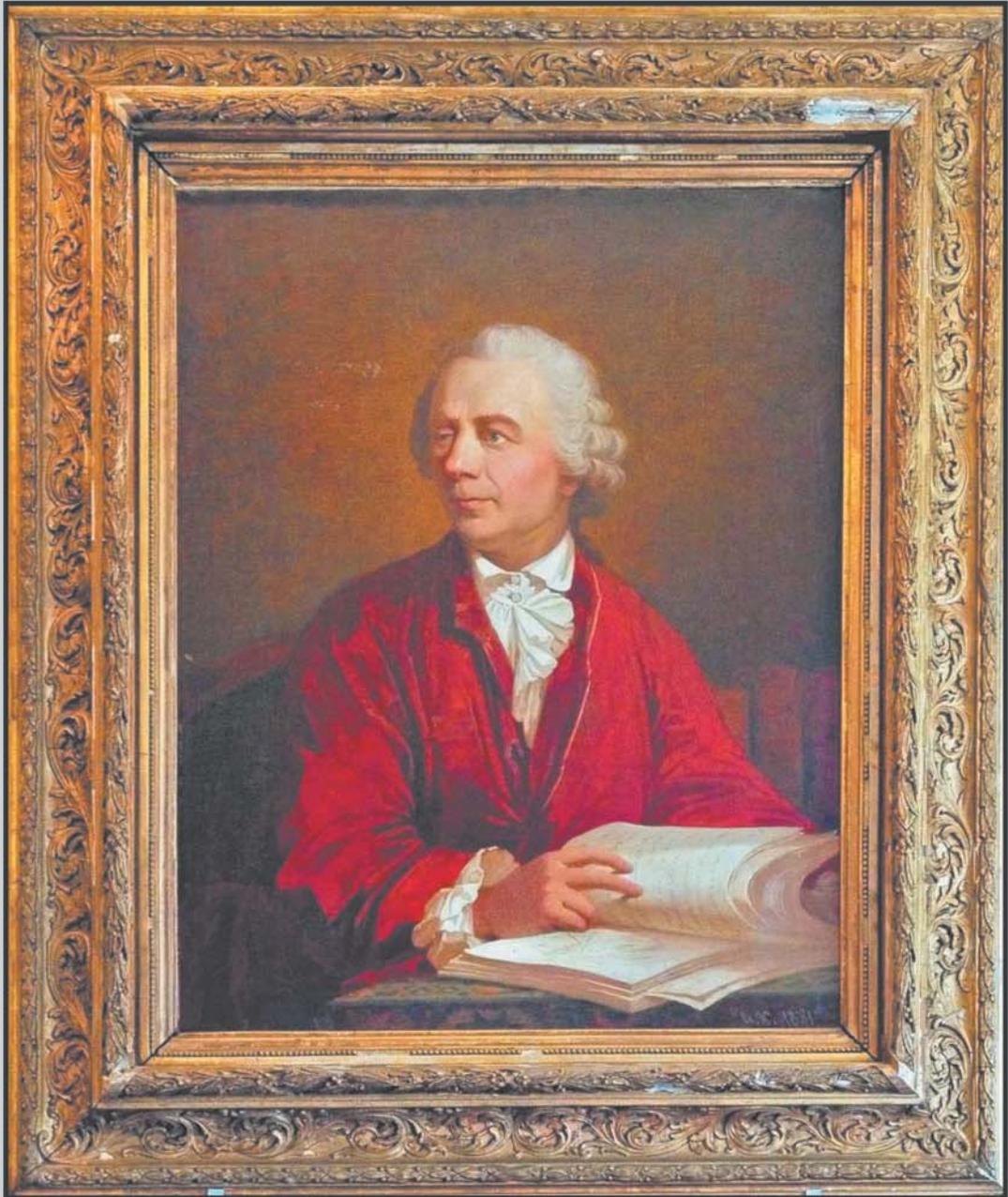


ПРИРОДА

6 07



В НОМЕРЕ:**3 ПЕРВЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ В СИБИРИ**

К 50-летию Института цитологии и генетики
СО РАН

Шумный В.К.

Возвращение генетики (4)

Трут Л.Н.

**Обретет ли человек нового друга?
(11)**

Жданова Н.С.

Нить Ариадны в генетике (18)

Кочетов А.В.

Генная инженерия и растения (25)

Научные сообщения**31 Сурдин В.Г.**

Комета Макнота

Бенедиктов А.А.

Гении мимикрии (33)

36 Талалай П.Г.

**Глубокое бурение в Антарктиде:
новые проекты**

Во время Международного полярного года 2007—2008 продолжаются поиски точек для глубокого бурения и отбора ледяного керна, в которых будут побиты современные рекорды «древности» льда.

44 Воронов А.Н.

Родники Санкт-Петербурга

На территории Большого Санкт-Петербурга находится около 25 родников. Некоторые из них слывут целебными, но микробиологический анализ показал, что в большинстве случаев их воду даже нельзя считать питьевой.

51 Розанов Н.Н.

Мир лазерных солитонов

Неразрешаемые при распространении в нелинейной среде сгустки света — оптические солитоны — приобретают особую устойчивость при наличии существенного притока и оттока энергии. Такие частицеподобные структуры — лазерные солитоны — могут служить естественными единицами информации в схемах оперативной памяти, обработки и передачи информации.

61 Голицын Г.С.

Портрет «неизвестного»

К 300-летию Леонарда Эйлера

64

Калейдоскоп

Морской резерват на Гавайях (64). Коллективная охота у пауков (64). Новый род обезьян (65). Краснокнижный вид оказался гибридом (65). Коралловые рифы разрушаются (65). Сурикаты: няньки по принуждению (65).

Наследие

66 Капица Е.Л.

**Вспоминаю Павла Евгеньевича
Рубинина**

Рубинин П.Е.

**Капица в моих старых записных
книжках (71)**

82

Новости науки

Прямое доказательство существования темного вещества (82). Спектроскопия внесолнечных планет (82). Качество воздуха и оксиды азота. Румянцева С.А. (83). Фарадеевское вращение и электронные спины (84). Водород в наноструктурах (84). Случай неприменимости правила Копа (85). Субтропические пришельцы в российских морях. Чернышев А.В. (85). Недостающее звено на пути к четвероногим? Лебедев О.А. (86). Из истории ранней Москвы. Панова Т.Д. (87).

Коротко (35, 43)

Рецензии

88 Шноль С.Э.

Символы времени

91

Новые книги

Встречи с забытым

92 Малых Н.И.

Костромской помещик Н.Н.Смецкий

CONTENTS:

3 THE FIRST GENETICAL CONGRESS IN SIBERIA

To 50th Anniversary of Institute of Cytology
and Genetics, Siberian Branch of RAN

Shumnyi V.K.

Return of Genetics (4)

Trut L.N.

Will Man Acquire a New Friend? (11)

Zhdanova N.S.

Ariadne's Thread in Genetics (18)

Kochetov A.V.

Genetic Engineering and Plants (25)

Scientific Communications

31 Surdin V.G.

MakNot's Comet

Benediktov A.A.

Mimicry Geniuses (33)

36 Talalay P.G.

**Deep Drilling in Antarctic:
New Projects**

In course of International Polar Year 2007–2008 search of new sites for deep drilling and ice core sampling will be continued to break current records of ice «antiquity».

44 Voronov A.N.

Springs of Saint-Petersburg

Territory of Large Saint-Petersburg comprises around 25 springs. Some of them reputed to be curative, but microbiological analysis has revealed that in most cases their water can't be even called drinkable.

51 Rosanov N.N.

The World of Laser Solitons

Optical solitons — clots of light non-deliquestent under their propagation — are especially stable in the presence of essential energy inflow balanced by energy dissipation. These particle-like structures — laser solitons — can serve as natural information units in the schemes of information on-line storage, processing, and transmission.

61 Golitzin G.S.

Portrait of «Unknown»

To the 300th Anniversary of Leonard Euler

64

Kaleidoscope

Marine Reserve at Hawaii (64). Collective Hunting in Spiders (64). A New Genus of Monkeys (65). Red Book Species Proved to Be a Hybrid (65). Coral Reefs Are Destroyed (65). Meerkats: Nurses Under Compulsion (65).

Heritage

66 Kapitza E.L.

**Remembering Pavel Evgenievich
Rubinin (66)**

Rubinin P.E.

Kapitza in My Old Notebooks (71)

82

Science News

Direct Proof of Dark Matter Existence (82). Spectroscopy of Extrasolar Planets (82). Air Quality and Nitrogen Oxides. **Rumyantzeva S.A.** (83). Faraday Rotation and Electron Spins (84). Hydrogen in Nanostructures (84). A Case of Kopp's Rule Inapplicability (85). Subtropical Newcomers in Russian Seas. **Chernyshev A.V.** (85). Missing Link in a Way to Tetrapods? **Lebedev O.A.** (86). From Early Moscow History. **Panova T.D.** (87).
In Brief (35, 43)

Book Reviews

88 Shnol S.E.

Symbols of Times

91

New Books

Encounters With Forgotten

92 Malykh N.I.

**Kostroma's Region Landowner
N.N.Smetzkoy**

ПЕРВЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ В СИБИРИ



К 50-летию Института цитологии и генетики СО РАН



Днем рождения Сибирского отделения АН СССР можно считать 18 мая 1957 г. Возглавил его математик и механик Михаил Алексеевич Лаврентьев, главный инициатор создания за Уралом научно-го центра. Его знаменитая триада «наука—внедрение—кадры» приобрела конкретные очертания. По всем направлениям естествознания в Сибири организовывались институты, в которых проводились фундаментальные и прикладные исследования. Вокруг них вырастали специальные конструкторские бюро от различных министерств, доводящие результаты научных изысканий до конкретного продукта. Для подготовки кадров создавалась своя система — физматшкола для одаренных школьников, отобранных по итогам олимпиад, и Новосибирский университет, организованный по типу Московского физико-технического института.

Лаврентьеву удалось реализовать всю триаду, кроме полного «пояса внедрения». Началось мощное противодействие ряда ведомств-монополистов, которое ему не удалось преодолеть. Но, несмотря на препятствия, Лаврентьев создал первый в СССР прообраз технопарка, увидев его огромную перспективу, что сегодня и подтвердилось.

В своих воспоминаниях основатели Сибирского отделения АН СССР М.А.Лаврентьев, В.А.Христианович, С.Л.Соболев, А.А.Трофимук подчеркивали, что в истории создания научного центра в Сибири одной из наиболее ярких страниц была борьба за генетику, главную роль в которой сыграл Институт цитологии и генетики. Сегодня в составе Сибирского отделения 11 биологических институтов, рассредоточенных по всей территории Сибири, занимающей более половины всей площади России. А 30 лет назад, во времена организации СО АН СССР, среди вновь создаваемых институтов он был единственный биологический. В настоящее время в этом крупном научном центре представлены почти все направления современной генетики. Об успехах его сотрудников мы расскажем в этом и последующих номерах «Природы».

Возвращение генетики

В.К.Шумный

В 1957 г. в списке первых 12 вновь организуемых по всем наукам институтов числился и наш, Институт цитологии и генетики. Это было невероятное и чрезвычайно важное событие. Как известно, после сессии ВАСХНИЛ в 1948 г. генетика как наука в СССР прекратила существование, превратившись в «продажную девку империализма», а сами генетики с клеймом «вейсманистов-морганистов» оказались на улице. В 1955 г. в ЦК КПСС в защиту генетики было направлено так называемое «письмо трехсот», подписанное выдающимися физиками, химиками, математиками, биологами, геологами, гуманитариями. Но оно осталось без ответа, а позиции лысенковцев при поддержке Н.С.Хрущева еще более усилились.

В то же время при организации Сибирского отделения, где ведущую роль играли физики и математики, работавшие и по оборонной тематике, крайне нужен был институт, занимающийся в том числе и генетическими последствиями радиационных технологий.

По рекомендации М.А.Лаврентьева, И.В.Курчатова, Н.Н.Семенова и др. директором нового генетического института назначили Н.П.Дубинина, который тогда заведовал лабораторией радиационной генетики в московском Институте биофизики. Чтобы не привлекать особого внимания, первой в названии нового института стояла «цитология», т.е. наука о клетке, а второй — «генетика».



Владимир Константинович Шумный, академик РАН, директор Института цитологии и генетики СО РАН. Занимается вопросами хромосомной и геномной инженерии растений, проблемами биоразнообразия.

Все эти обстоятельства на короткое время усыпили бдительность лысенковцев, что позволило провести необходимые организационные мероприятия. Самое главное в них было собрать оставшихся в живых после репрессий и войны генетиков, представителей выдающихся генетических школ Н.К.Кольцова, С.С.Четверикова, Ю.А.Филипченко, Н.И.Вавилова. Этот важнейший шаг дал возможность сохранить преемственность знаменитых генетических школ и возродить их.

И только осознав, что ведущие позиции в Институте занимают ближайшие ученики и сотрудники известных, но поверженных генетиков, лысенковцы начали мощную атаку. Многочисленные комиссии ЦК КПСС, ВАСХНИЛа, в состав которых входили оголтелые лысенковцы, прилагали все усилия, чтобы закрыть Институт или ориентировать его на лысенкоизм с обязательной сменой директора и ведущих генетиков. И тут на защиту встали Лаврентьев и его со-

ратники по созданию Сибирского отделения, доказывая на любых уровнях необходимость Института.

Однако в ноябре 1959 г. во время своего первого визита в Академгородок* Н.С.Хрущев дал прямое указание снять с поста директора Дубинина как вейсманиста-морганиста. Лаврентьев, несмотря на мощный нажим пригласить директором сторонника Лысенко, сделал единственно правильный и точный выбор. Исполняющим обязанности директора назначили самого молодого заведующего лабораторией генетики животных Д.К.Беляева, на плечи которого и легли все заботы по со-

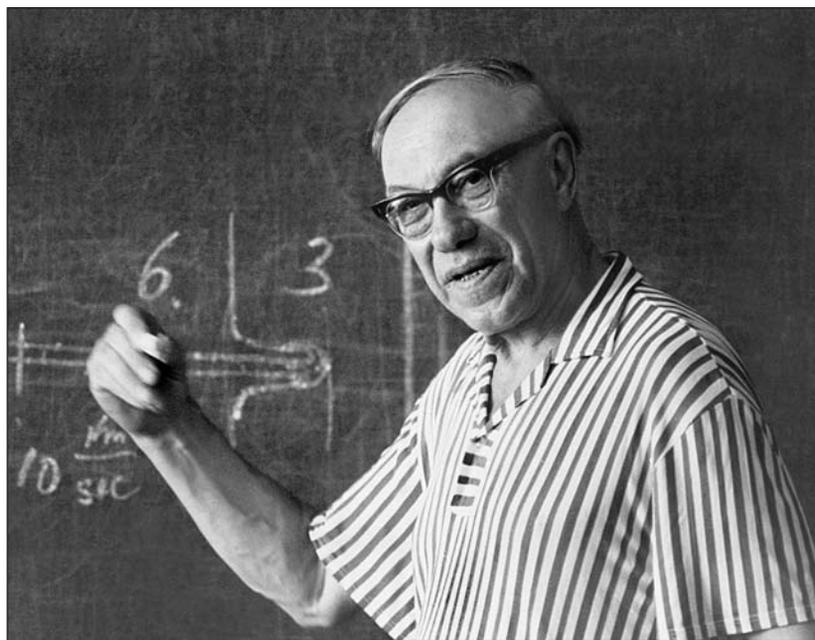
* Ныне это известный во всем мире Академгородок, расположенный на берегу Омского моря, в 30 км от Новосибирска, где живут и работают сотрудники 25 институтов, университета и физматшколы. В 1959 г. было построено здание Института гидродинамики, где и состоялась встреча Хрущева с учеными. Позже аналогичные научные центры СО АН СССР были организованы в Иркутске, Красноярске, Якутске, Улан-Удэ, Кемерове, Омске.

хранению и развитию Института. Таким образом, Дубинин проработал директором всего два года, а Беляев возглавлял Институт до 1985 г., т.е. 26 лет, став за это время академиком АН СССР.

Нападки на генетику со стороны властей прекратились в 1964 г. со снятием Хрущева. Итак, генетика как наука была под официальным запретом почти 20 лет. Почему именно она попала в немилость властей, почему и Сталин, и Хрущев благоволители Лысенко и всячески поддерживали его?

На мой взгляд, для Сталина генетика была идеологически неприемлемой. Он получил хотя и неполное образование, постулат которого — вера в Творца, а в более прагматичном и адаптированном марксистами восприятии — вера в творческую роль внешней среды. Сталин считал, что человека как творца коммунистического будущего формируют условия его воспитания. Будучи хотя и бессознательным, но ярким приверженцем ламаркизма, он с восторгом воспринял идеи Лысенко о том, что условиями среды можно переделать все, в том числе и перевоспитать человека, причем в кратчайшие сроки. Но этому мешала генетическая память поколений, гены, а потому их просто отменили. На эти мысли наводят как некоторые работы Сталина, так и его пометки на полях доклада Лысенко на сессии ВАСХНИЛ 1948 г. Вождь принял этот доклад восторженно и усилил его идеологически.

Хрущев, поддерживавший Лысенко еще активнее Сталина, не занимался философскими изысками, но в душе не любил интеллигенцию, особенно потомственную. Ему, выходцу из рабочих, ближе и роднее был человек «от сохи», выбившийся при советской власти в «народные академики» Лысенко, обещавший революционные преобразования в сельском хозяйстве. Вот в 1959 г. на митинге в Академгородке он и ругал Лаврен-



Михаил Алексеевич Лаврентьев (1900—1980). Инициатор создания и первый председатель СО АН СССР с 1957 по 1975 г.

тьева за ошибки в подборе руководящих кадров, за то, что приютил идеологически чуждых менделистов-морганистов, а в итоге велел снять Дубинина с поста директора.

Первый директор все же успел определить первоочередные задачи Института:

— развернуть исследования по всем основным (на то время) направлениям генетики;

— в ускоренном порядке провести ряд прикладных исследований по селекции растений и животных, созданию новых препаратов для медицины, определению допустимых доз радиации и т.п.;

— организовать подготовку молодых генетиков (с первых же дней в Институте читались курсы по генетике, проводились семинары, практикумы);

— укомплектовать Институт ведущими генетиками и молодыми специалистами.

Эту последнюю задачу на первом этапе Дубинин решил сам. Он пригласил больше половины заведующих основными лабораториями (12 ведущих генетиков). Среди них ученик

Добжанского и Филипченко и соратник Вавилова Ю.Я.Керкис*, ученица А.С.Серебровского и ближайшая сотрудница Четверикова — З.С.Никоро**, ученик Вавилова П.К.Шкварников и бывшие сотрудники Вавилова по ВИРУ А.Н.Лутков, Ю.П.Мирюта, В.Б.Енкен. В качестве молодых специалистов приняли большую группу выпускников МГУ (в ее «первом десанте» был и я), ЛГУ и других ведущих вузов СССР.

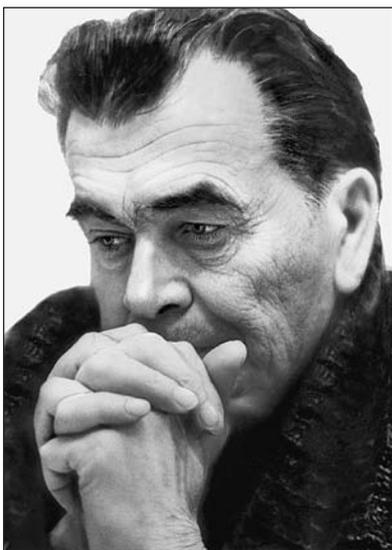
С первых лет организации Института активное участие в его работе принимала В.В.Хвостова. В 1956 г. Дубинин пригласил ее, тогда главного библиографа Всесоюзной государственной библиотеки иностранной литературы, сотрудником в созданную им лабораторию радиационной генетики. В течение многих лет она была незаменимым консультантом института по вопросам цитогенетики

* Подробнее о Ю.Я.Керкисе см.: Керкис Ю.Я. «Дела томатные» // Природа. 1988. №3. С.72—86.

** Подробнее о З.С.Никоро см.: Мужество и женственность З.С.Никоро // Природа. 2005. №3. С.66—77.



Николай Петрович Дубинин (1907—1998). Первый директор Института цитологии и генетики с 1957 по 1959 г.



Дмитрий Константинович Беляев (1917—1985). Директор Института цитологии и генетики с 1959 по 1985 г.

растений. В 1966 г. переехала в Новосибирск и по приглашению Беляева возглавила лабораторию цитогенетики. После смерти Веры Вениаминовны в Институте по решению отделения общей биологии были учреждены Хвостовские чтения (1978, 1980, 1983, 1986, 1990).

В ноябре 1959 г. Дубинин вернулся в Москву в Институт

биофизики, где сохранял за собой лабораторию. Реализация поставленных им задач легла на плечи нового директора. Институт принял сорокадвухлетний бывший майор-фронтовик, кандидат биологических наук, специалист по генетике пушных зверей Дмитрий Константинович Беляев*. Он хоть и прошел всю войну, но как сын священника и младший брат Н.К.Беляева, ученика Четверикова и талантливого генетика, погибшего в годы репрессий, оставался беспартийным.

Так как решения о судьбе генетики все больше перемещались в партийные органы, а партийная организация Института была малочисленной, Беляев собрал молодежь. Понимая возможные неприятные последствия, он обратился к ней с просьбой усилить партийную организацию Института, чтобы защищать интересы генетики в партийных инстанциях. Многие из нас вступили тогда в ряды КПСС и заняли активную позицию. Первый секретарь парткома СО АН СССР, крупный механик, контр-адмирал Г.С.Мигиренко поддерживал Институт на всех уровнях, вплоть до ЦК КПСС. Мы благодарны ему за это.

Условия, в которых складывалась жизнь Института, были экстремальными: не было даже своего постоянного помещения. Первое обещанное здание отдали другому институту, а собственное появилось только в 1964 г.

В такой непростой и напряженной ситуации Институт набирал обороты и активно развивался: формировалась его структура, решались кадровые вопросы, обеспечивались все основные направления генетики.

Особое внимание уделялось прикладным исследованиям (получению генетическими методами сортов и гибридов растений, пород и форм животных, новых лекарственных препаратов), по-

* Подробнее о Д.К.Беляеве см.: *Рувинский А.О. Лидер // Природа. 1988. №4. С.84—92.*

скольку именно здесь лысенковцы наносили основные удары по генетике. Были созданы лаборатории по радиационному и химическому мутагенезу, полиплоидии у растений, гетерозису.

Первыми появились триплоидные гибриды сахарной свеклы, отличающиеся от обычных сортов не двойным, а тройным набором хромосом, что придавало им более высокую продуктивность и, самое главное, сахаристость. Гибриды создавались молодежной группой** под руководством Луткова. Три из них районировали в Краснодарском крае и Киргизии. Для ускорения селекции в Абхазии организовали пункт для получения двух поколений в год. Большую роль для успешной селекционной работы играло и играет наше экспериментальное хозяйство. В конце 70-х годов в Горном Алтае по инициативе Д.К.Беляева был организован Научный центр по генетике, гибридизации и доместикации животных, т.е. еще одно алтайское экспериментальное хозяйство.

Под руководством П.К.Шкварникова в Институте начались работы по радиационному мутагенезу для получения практически важных форм растений. Среди них знаменитый радиационный мутант яровой пшеницы, ставший основой сорта Новосибирская-67 с повышенной продуктивностью и устойчивостью к полеганию***. Сорт ознаменовал новый этап селекции яровых пшениц в Сибири, где занимал миллионы гектаров. Этот крупный практический результат Лаврентьев отметил в одном из своих выступлений, подчеркнув, что внедрение только одного сорта яровой пшеницы Новосибирская-67 может окупить строительство первой очереди Академгородка.

Среди прочих наших селекционных достижений — новые

** В.Панин, А.Иорданский, З.Карташова, Э.Щипачева, Е.Панина.

*** Авторы: П.К.Шкварников, И.В.Черный (ИЦиГ СО РАН) и В.П.Максименко (СО ВАСХНИЛ).

сорта и гибриды кукурузы, ржи, озимой пшеницы, облепихи и других культур. Всего за 50 лет в арсенале Института более 40 районированных сортов, подтвержденных авторскими свидетельствами и патентами.

Генетики животных совместно с СО ВАСХНИЛ вывели новую и очень продуктивную породу овец, получили новые варианты окраски норок и лисиц. А в 40—50-е годы пушнина составляла один из основных источников пополнения золотовалютных запасов СССР.

Под руководством Р.И.Салганика и его сотрудников созданы противовирусные препараты рибонуклеазы и дезоксирибонуклеазы, широко используемые в 60—70-е годы, а позже имозимаза, эффективная при лечении гнойно-воспалительных процессов.

Только небольшой перечень прикладных разработок свидетельствует об огромном практическом значении генетических исследований на всех уровнях — от селекционных до медико-биологических. Сегодня список таких работ Института значительно пополнился.

Не менее важной и сложной оказалась подготовка нового поколения генетических кадров. Для созданного Лаврентьевым Новосибирского университета институты СО АН СССР служили базой, а многие научные сотрудники по совместительству преподавали в университете. Тогда в институтах работали в основном выпускники МГУ, ЛГУ, Физтеха и других центральных вузов. А сегодня 60% наших сотрудников — выпускники Новосибирского университета. В самые тяжелые времена к нам ежегодно приходило по 15—20 выпускников НГУ. Поскольку курсы и дипломные работы делались в Институте, отбор лучших не составлял проблемы.

До сих пор Институт цитологии и генетики остается базой для кафедр Новосибирского университета — цитологии и генетики, молекулярной биоло-



Юлий Яковлевич Керкис (1917—1977), до 1939 г. ученый секретарь Института генетики АН СССР, с 1948 г. — директор совхоза в Таджикистане, с 1957 г. — заведующий лабораторией радиационной генетики Института цитологии и генетики СО.



Зоя Софрониевна Никоро (1904—1984), с 1935 г. — заведующая кафедрой генетики Горьковского университета, после 1948 г. — баянист, с 1957 г. — старший научный сотрудник, потом заведующая лабораторией генетики популяции Института цитологии и генетики.



Павел Климентьевич Шкварников (1906—2004) — последний заместитель по науке у Вавилова в Институте генетики АН СССР. После 1948 г. — председатель колхоза, с 1957 г. — первый заместитель по науке у Дубинина в институте (1957—1959), заведующий лабораторией экспериментального мутагенеза (с 1957 г.).



Вера Вениаминовна Хвостова (1903—1977) — ученица Кольцова. В 1939—1941 гг. — сотрудник лаборатории генетики Института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР. В 1941—1942 гг. — учительница сельских школ в Рязанской обл. В 1942—1943 гг. — библиограф в публичной библиотеке г.Фрунзе, с 1966 г. — заведующая лабораторией цитогенетики.

гии (совместно с Институтом химической биологии и функциональной медицины), физиологии, биоинформатики. На факультете естественных наук (химии, биологии) на первых трех курсах студенты получают серьезную подготовку по математике, физике и химии, что позволяет им специализироваться на любой кафедре и выполнять дипломную работу во многих институтах. Такое обучение в дальнейшем создает хорошую основу для интеграции разных наук, работы на их стыках, что наиболее перспективно и интересно.

Итак, задачи, поставленные еще первым директором, в основном реализованы. А сам Институт сыграл чрезвычайно важную роль в восстановлении и официальном признании генетики в СССР. В Москве, Ленинграде и других городах стали открываться новые лаборатории и институты. Так, в Москве в 1966 г. Дубинин организовал и возглавил Институт общей генетики (теперь носящий имя Н.И.Вавилова) вместо Института генетики, руководимого Вавиловым, а затем Лысенко.

В ведущих университетах страны восстанавливались курсы по классической генетике и подготовка полноценных специалистов-генетиков. Последний и решительный бой лысенковцам, а в целом и политизации науки был дан в Сибири, а точнее в Сибирском отделении АН СССР. Можно с уверенностью говорить, что решающую роль в возрождении генетики в СССР сыграла организация Института цитологии и генетики, его защита всем научным сообществом Сибирского отделения и прежде всего М.А.Лаврентьевым. И мы им благодарны за это.

Первые генетические школы во главе с Н.К.Кольцовым, С.С.Четвериковым, Ю.А.Филипченко и Н.И.Вавиловым, возникшие в Москве и Ленинграде, занимали ведущие позиции в мировой генетике. В конце 40-х

годов — разгром и запрет генетики на 20 лет. И только в 1957 г. уцелевшие представители классической генетики смогли вернуться к любимой науке в Институте цитологии и генетики СО АН СССР. Впервые в отечественной истории все школы объединились в одном институте, ставшем впоследствии многопрофильным научным комплексом, охватывающим все генетические направления, от молекулярного до эволюционного.

Большинство генетических институтов как в России, так и за рубежом специализированы по отдельным направлениям, что имеет и свои преимущества, и недостатки. Структуру нашего Института определили его организаторы: представители школы Кольцова — молекулярные и цитогенетические исследования; ученики Четверикова — популяционную генетику; Вавилова — генетические основы селекции. Такая организация особенно эффективна в ситуациях, когда пересматриваются приоритеты в генетических исследованиях.

Приведу пример: еще в 1958 г. Беляев начал работу по генетике окраски пушных зверей — норки и лисицы. Анализируя изменчивость по этим и другим признакам в ходе селекции, он пришел к созданию модели доместикации — превращения диких животных в домашних. Нужно было понять, по какому признаку наш предок начал отбор в популяциях диких животных. Беляев предположил и не ошибся, что таким признаком было спокойное отношение животного к человеку. Жесткий отбор по «домашнему типу поведения» уже более чем в 50 поколениях выявил огромные резервы изменчивости по многим важным признакам, что резко повысило темпы искусственного отбора и позволило создать уникальную популяцию ручных лисиц.

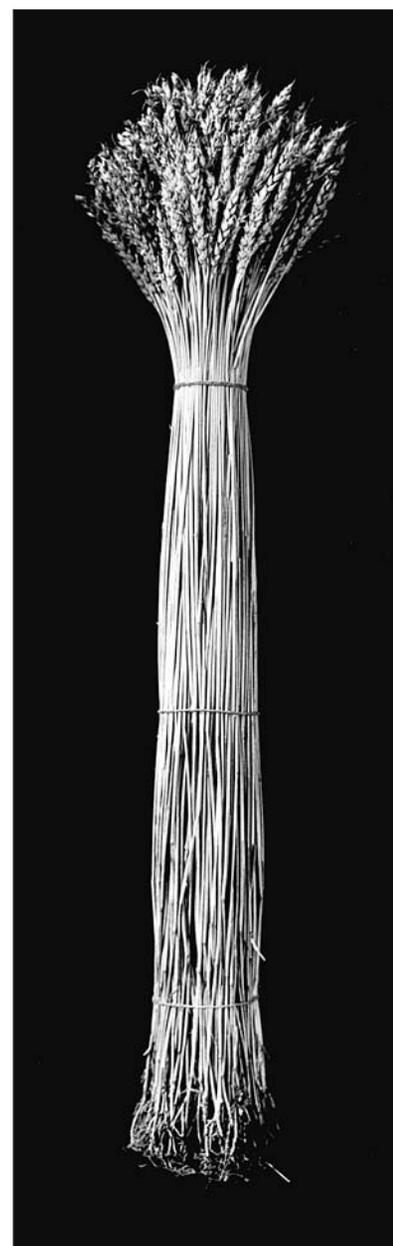
Сегодня спрос на эту модель превзошел все наши ожидания. В ней заинтересованы и молеку-

лярные биологи, и генетики, и эволюционисты. Причина — в этой модели ключ к изучению генетики поведения, нейрогенетики, физиологии становления сложных признаков, изменения гормонального статуса животных в процессе отбора. С другой стороны, эта модель при анализе генетической изменчивости в окраске наглядно подтверждает на животных закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, открытый Вавиловым в конце 20-х годов для растений.

Огромное значение для генетики имеют и объекты исследований. У нас их множество: микроорганизмы, дрозофилы, хирономус, более 10 видов растений (пшеница, ячмень, рожь, сахарная свекла, горох, гречиха, табак, арабидопсис, кукуруза, облепиха и др.), несколько хозяйственно важных видов животных (овца, свинья, норка, лисица), а также редкие виды (якутская лошадь, якутская корова, серый украинский скот, зубр).

Естественно, в наших вивариях содержатся и широко используются многие генетические линии животных. Имея большие массивы лабораторных животных (порядка 20 тыс. мышей и крыс), мы много лет назад начали создавать модели ряда патологий, в том числе и человека. Одна из них — линия крыс-гипертоников, отвечающих на стресс резким повышением артериального давления. Эта очень опасная форма гипертонии, и для ее детального изучения, проверки новых препаратов наша линия оказалась очень востребованной не только в России, но и за рубежом. Для медико-биологических исследований получена специальная линия — мини-свиней.

Стремительное развитие науки за последние 50 лет влечет за собой смену приоритетов, технологий научных исследований, инфраструктуры науки. После расшифровки структуры ДНК, триады ДНК—РНК—белок,



Иллюстрации прикладных исследований, отмеченные наградами: сверху — норки с оригинальной окраской, выведенные в результате комбинации существующих мутантов с новыми (справа — золотая медаль Всероссийского выставочного центра за оригинальную окраску); внизу — овца новой продуктивной породы; справа — сноп яровой пшеницы сорта Новосибирская-67.

прочтения геномов многих видов живых организмов мы столкнулись с огромными объемами информации, анализировать которую практически невозможно. Понадобились новые информационные технологии. Нашему Институту повезло. С начала его организации мы тесно сотрудничали с математиками знаменитой школы А.А.Ляпунова. Именно из этой совместной работы благодаря В.А.Рат-

неру и активно работающему сегодня его ученику Н.А.Колчанову в Институте сформировалось новое научное направление — биоинформатика. Ее методы находят широчайшее применение в генетике, позволяя изучать особенности структурно-функциональной организации и эволюции геномов, генов, белков, генных сетей, обеспечивающих формирование фенотипических признаков организ-



Горно-алтайский зубр в экспериментальном хозяйстве СО РАН (пос.Черга).

мов и их взаимодействие с окружающей средой. В настоящее время стало реальным компьютерное конструирование экспериментов по направленной генетической модификации генных сетей, приводящей к появлению у них качественно новых функций.

Сегодня наш Институт — один из наиболее крупных генетических центров России. В нем работают 450 научных сотрудников, среди них 68 докторов наук, 234 кандидата наук, пять членов Российской академии наук, семь лауреатов Ленинской и Государственных премий; в аспирантуре сегодня обучается более 80 выпускников Новосибирского университета и других вузов.

Доказательством того, что мы готовили специалистов высокого международного уровня, служит массовое приглашение наших молодых специалистов

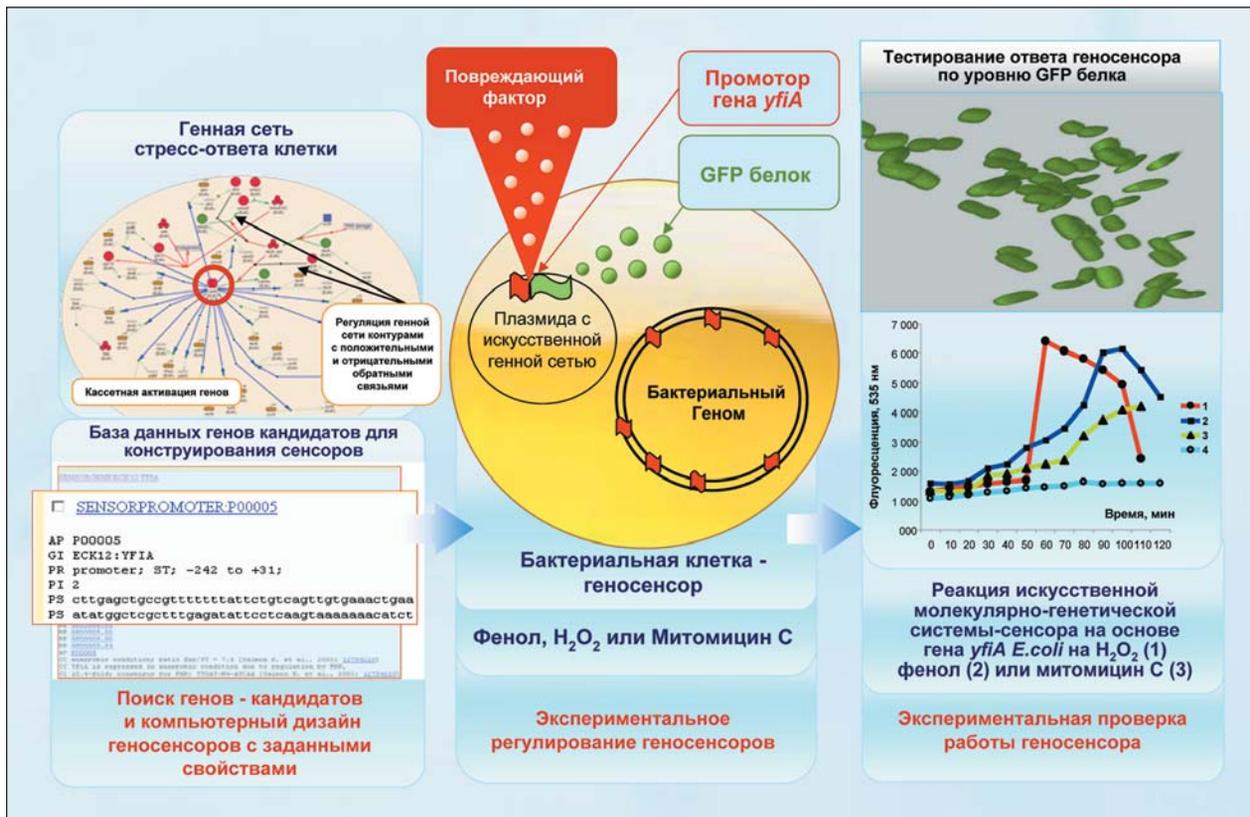


Схема экспериментально-компьютерного конструирования искусственных молекулярно-генетических систем — геносенсоров для выявления ДНК-повреждающих агентов.

в лучшие зарубежные лаборатории. За 10 лет из 500 научных сотрудников мы потеряли почти 200 человек и только сейчас восстановили численность за счет выпускников Новосибирского университета. Сегодня во многих лабораториях мира можно встретить успешно рабо-

тающих питомцев. Институт всегда будет помнить рано ушедших из жизни своих талантливых ученых: Е.В.Груntenко, О.К.Баранова, В.А.Ратнера, Л.И.Корочкина и многих других.

Подводя полувековой итог, можно с уверенностью сказать: мы состоялись и сделали все

в пределах своих возможностей для восстановления и развития отечественной генетики. Становление Института цитологии и генетики — живой пример истории борьбы за генетику, ее возвращение в официальный статус одного из разделов естествознания. ■

Обретет ли человек нового друга?

Л.Н.Трут

Если хочешь иметь друга, приручи меня.

А.де Сент-Экзюпери

Известно, что одомашнивание диких животных (их domestикация) началось около 15 тыс. лет назад. Результаты этого величайшего биологического эксперимента до сих пор вызывают массу вопросов. Как наши домашние животные (например, собаки), столь разнообразны теперь, могли произойти от единообразного дикого волка? Почему у домашних животных столь высокие темпы изменчивости и откуда такое невообразимое количество их пород?

Домашние животные отличаются от своих диких предков и друг от друга значительно больше, чем отдельные виды и даже роды (рис.1). В то же время одни и те же признаки поведения, физиологии, морфологии меняются у них сходным образом. Примеров таких гомологичных изменений множество, и один из самых ярких — ре-



Людмила Николаевна Трут, доктор биологических наук, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник лаборатории эволюционной генетики. Занимается изучением закономерностей эволюционных преобразований домашних животных, исследует роль поведения в селекции серебристо-черной лисицы.

организация размножения. Все домашние животные утратили его строгую сезонность и приобрели способность размножаться в любое время года и даже чаще, чем один раз в году. Известные ныне факторы и генетические источники эволюционных преобразований, такие как прямой отбор, редкие и случайные мутации, инбридинг и генетико-автоматические про-

цессы не дают полного объяснения ни удивительному параллелизму изменений домашних животных, ни огромному темпу их возникновения. Вероятно, многое мог бы прояснить начальный этап domestикации, когда вид впервые столкнулся с человеком и антропогенной средой и когда делаются первые шаги в становлении новой формы отношений животного с челове-

© Трут Л.Н., 2007



Рис.1. Примеры широкой изменчивости домашних собак по форме тела. персидская борзая (салюки) и английский бульдог.

ком. Но, к сожалению, документальный ход этих событий навсегда утерян.

Около 50 лет назад Д.К.Беляев, тогда директор нашего института, задумал повторить начальный этап одомашнивания на серебристо-черной лисце

(*Vulpes vulpes*). Этот модельный объект был выбран в первую очередь из-за своей систематической близости собаке, которую справедливо считают вершиной одомашнивания. Беляев полагал, что удивительная трансформация

домашних собак вызвана сильнейшим давлением отбора на способность адаптироваться к новой социальной среде и сосуществовать в ней вместе с человеком. Такой отбор сделал генетическую конституцию животных настолько лабильной, что человек постепенно смог изменять их в нужном ему направлении. Это допущение казалось весьма вероятным. Известно, что целый ряд признаков поведения детерминирован генетически и определяется сложными гормональными и нейромедиаторными взаимодействиями. Гормоны и нервные медиаторы с самых первых стадий развития вовлекаются в регуляцию генетических процессов. Один и тот же вектор отбора, вызывая одинаковые нейрохимические сдвиги, вероятно, может адресованно вмешиваться в общие онтогенетические пути и приводить к одинаковым физиологическим или морфологическим изменениям у животных разных таксономических групп. Исходя из изложенных допущений, мы и начали в 1959—1960 гг. экспериментальное воспроизведение исторического процесса*.



Рис.2. Лисица из обычной фермерской популяции с характерной агрессивной реакцией на человека (слева) и ручная из экспериментальной популяции.

Велик ли шаг до домашней лисицы?

Хотя лисиц разводят уже более 100 лет, на зверофермах они сохраняют относительно дикое поведение (рис.2), строгую сезонность размножения и единый стандартный фенотип. Однако среди фермерских лисиц наблюдается различное проявление агрессии и трусости, и только у 10% эти реакции, характерные для диких животных, выражены крайне слабо. Таких мы и отобрали как родительское поколение. Всего на экспериментальной звероферме в 1959—1960 гг. было 100 са-

* О задачах и первых успехах эксперимента подробнее см.: Беляев Д.К. Дестабилизирующий отбор как фактор изменчивости при одомашнивании животных // Природа. 1979. №2. С.36—45.

мок и 30 самцов. Для получения каждого последующего поколения из предыдущего мы отбирали около 10% самок и не более 3–5% самцов. К 2003 г. численность репродуктивной части селекционируемой популяции составила около 400 животных. За годы эксперимента получено и испытано на приручаемость более 50 тыс. потомков.

Спокойное отношение к человеку тестировали на разных этапах онтогенеза: экспериментатор предлагал лисятам подкормку с рук, пытался их погладить, взять в руки. Поведение животных при этом оценивали в баллах, которые и служили главным критерием при отборе. Лисиц с самым высоким баллом относили к элитным (рис.3). Такие животные сами активно ищут контактов с человеком. Увидев человека даже на расстоянии, они жалобно скулят, привлекая к себе внимание, а когда экспериментатор гладит или берет их в руки, некоторые из них, как собаки, лижут лицо и руки человека.

Первые элитные щенки появились уже в 6-м поколении, в 10-м (1970) их было 18%, а сегодня они составляют большую (70–80%) часть популяции. Некоторые элитные лисята в условиях вольера при свободном перемещении и контактах со своими собратьями конкурируют за «хозяина», отгоняя друг друга от него. Многие знают свою кличку; если им удается свободно бегать по территории фермы, услышав ее, возвращаются к человеку и идут рядом с ним, совсем как собака.

Примечательно, что параллельно с приобретением собачьих черт поведения у лисицы стали появляться и морфологические признаки одомашнивания (рис.4). У некоторых ручных зверей укорачивается и расширяется лицевой череп, а также уменьшается ширина и высота мозгового черепа. Подобные изменения произошли и у собак в период их ранней domestikации.



Рис.3. Д.К.Беляев на экспериментальной звероферме со своими ручными питомцами.

В результате селекции у наших лисиц изменилось и содержание секретируемых яичниками половых стероидных гормонов, а также гормонов надпочечников. Описанные морфологические новшества могут быть связаны с изменением гормонального баланса у ручных лисиц. Ведь в силу сложной морфофункциональной связи нервной и эндокринной систем отбор по поведению автоматически влияет на их гормональный статус.

Интересно, что возникали морфологические изменения в разных, чаще — неродственных между собой семьях, но, как правило, у элитных, т.е. наблюдалась несомненная связь между поведением и скоростью появления физических признаков одомашнивания. В одном и том же помете, а иногда даже у одного и того же потомка элитных стандартных по фенотипу родителей часто обнаруживались отличительные признаки. Или от родителей с определенным

морфологическим признаком появлялись потомки с совсем другими чертами. Все это трудно понять, исходя из того, что каждое морфологическое новшество детерминировано отдельными мутациями. По данным гибридологического анализа, многие новые морфологические признаки не обусловлены простым менделевским расщеплением. В еще большей степени это относится к физиологическим изменениям, в том числе к смене сезонности размножения (точнее, наблюдалась тенденция к такой смене). В норме спаривание у лисиц продолжается три месяца — с первой половины января по третью декаду марта. В популяции домашних лисиц спаривания регистрировались за пределами этих границ. Как показал анализ родословных, тенденция к внесезонному размножению, наблюдаемая у некоторых селекционируемых лисиц (особенно у наиболее ручных), носит на-

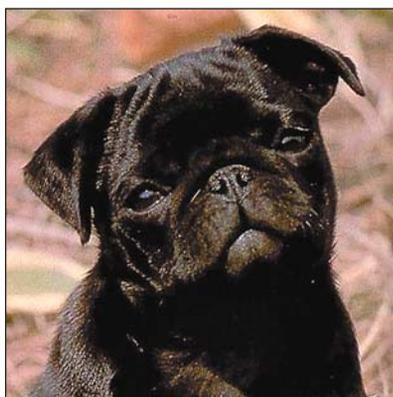


Рис.4. Характерные признаки доместикации: сверху — депигментация волосяного покрова у бордер-колли и лисицы; в середине — манера держать хвост свернутым в кольцо у исландской собаки и лисицы, внизу — вислоухость и укорочение черепа у мопса и лисенка.

следственный характер. Все это заставляет думать, что в основе морфологических и физиологических изменений животных лежат не случайные генетические события: возникают они как закономерное следствие отбора на приручаемость.

По нашим наблюдениям, многие черты ручных взрослых лисиц — это задержанные на той или иной стадии развития признаки ювенильных животных. Например, вислоухость у домашних лисиц, как и у собак, — это детская черта морфо-

логии. У лисят из обычной фермерской популяции уши встают в возрасте двух-трех недель, а у потомков домашних лисиц — трех-четырёх недель. Однако у отдельных лисят уши не принимают стоячего положения три-четыре первых месяца жизни, а в редких случаях остаются висячими навсегда. Как мы показали, и белая пятнистость, также характерная для домашних животных, возникает в результате задержки развития первичных меланоцитов (эмбриональных предшественников меланоцитов, синтезирующих пигмент), из-за чего они не достигают специфических участков кожи, которые и остаются непигментированными.

Почему у наших домашних животных задерживается развитие многих признаков? Вопрос о природе этого явления все еще не снят с повестки дня. Наш эксперимент с лисицами указывает, что серьезной причиной могут быть изменения в глюкокортикоидном статусе и нейромедиаторном балансе, происходящие при отборе на приручаемость (рис.5). Как теперь известно, в координации временных параметров развития участвуют нервные медиаторы и кортикостероиды. Принципиально важно, что темпы развития отдельных признаков и темпы становления в постнатальном онтогенезе глюкокортикоидного статуса взаимосвязаны (рис.6). Так, оказалось, что реакция страха, угнетающая исследовательскую активность, формируется параллельно повышению уровня кортикостероидов (гормонов надпочечников) в периферической крови. У обычных фермерских лисиц уровень исследовательской активности падает к возрасту 45 дней. Тогда же увеличивается содержание в крови глюкокортикоидов. У ручных лисят такого подъема не происходит, а исследовательская активность продолжает возрастать.

Итак, мы узнали, что доместикация лисиц влечет за собой

морфологические и физиологические изменения, гомологичные тем, что имеются у собак и других домашних животных. Наблюдая динамику появления новых признаков, мы стали свидетелями процесса, о котором раньше судили только по археологическим данным. Эксперимент с лисицами продемонстрировал, что при интенсивном отборе на приручаемость эти изменения могут возникать очень быстро и носить взрывной характер.

Согласно нашим данным, появление многих фенотипических новшеств связано с изменениями временных параметров развития, которые в свою очередь могут определяться активностью нейрогормональных и нейромедиаторных регуляторных систем. Об этом говорят обнаруженные статистически достоверные изменения нейрохимических характеристик мозга (в частности гипоталамуса, среднего мозга и гипокампа). Так, у ручных лисиц содержание серотонина выше, чем у обычных. Это хорошо согласуется с характером поведения селективируемых животных, поскольку серотонин, как известно, подавляет агрессивность и играет важную роль в регуляции гипоталамо-надпочечниковой и гипоталамо-половой систем.

В целом мы получили достаточно оснований считать, что сходная физиологическая и морфологическая реорганизация лисиц, собак и других домашних животных, так же как одинаковые сдвиги в темпах развития, могут быть результатом одних и тех же генетических изменений, происходящих при отборе, адресованном одному и тому же признаку поведения.

Таким образом, жестким систематическим отбором мы создали уникальную популяцию домашних лисиц, которые во многом ведут себя как домашние собаки. Но если волка и собаку отделяют века и многие поколения (вероятно, не менее

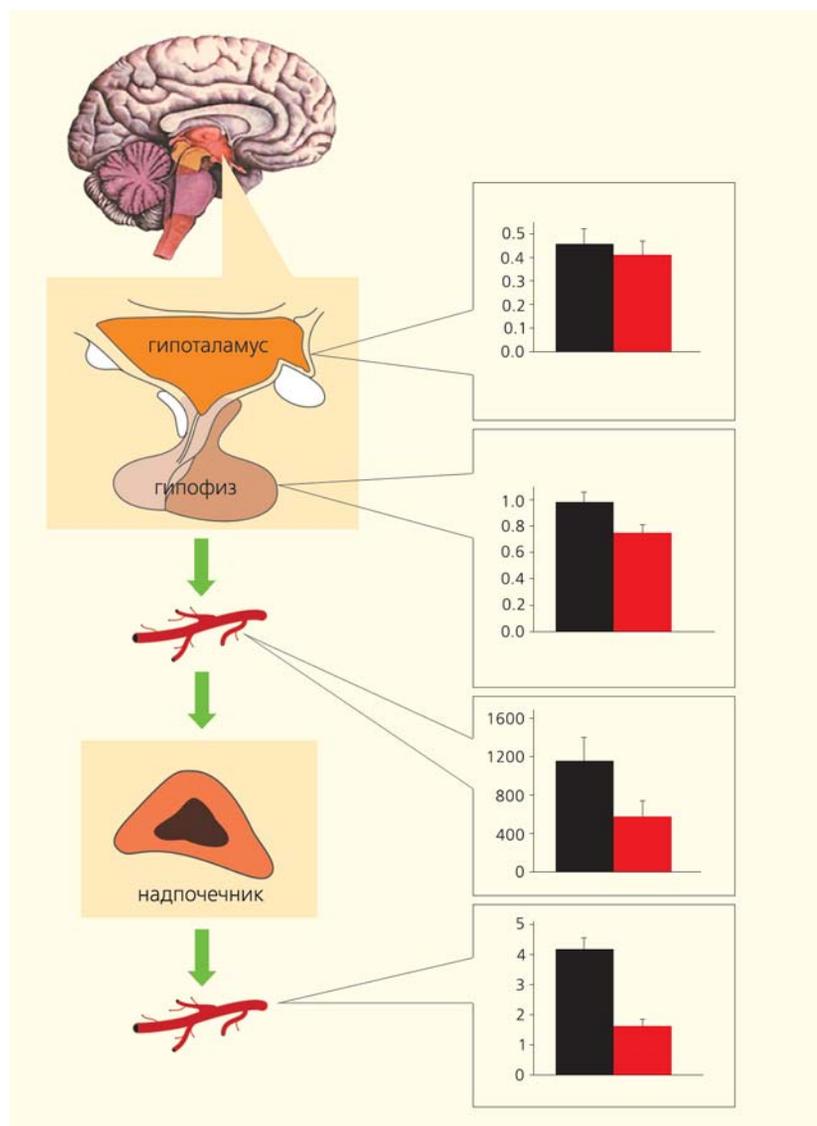


Рис.5. Активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы лисиц в контроле и в процессе отбора на domestикацию (цветные фигуры). А — экспрессия гена кортикотропинрилизинг гормона в гипоталамусе (усл. ед.). Б — экспрессия гена проопиомеланокортина в гипофизе (усл. ед.). В — уровень аденокортикотропного гормона в периферической крови (пг/мл). Г — уровень кортизола (гормона коры надпочечников) в периферической крови (мкг/%).

50 тыс.), то путь от фермерской до ручной лисицы занял всего лишь около 40 поколений.

«Ты навсегда в ответе за тех, кого приручил»

Эти слова А.де Сент-Экзюпери как нельзя лучше отражают наше отношение к своим пи-

томцам. Сегодня ручные лисицы по поведению очень близки собаке, но пока они остаются только потенциальными друзьями человека (рис.7). Наша дальнейшая задача — не только сохранить этих уникальных животных, но и окончательно сделать их домашними.

Принято считать, что одна из самых важных биологических

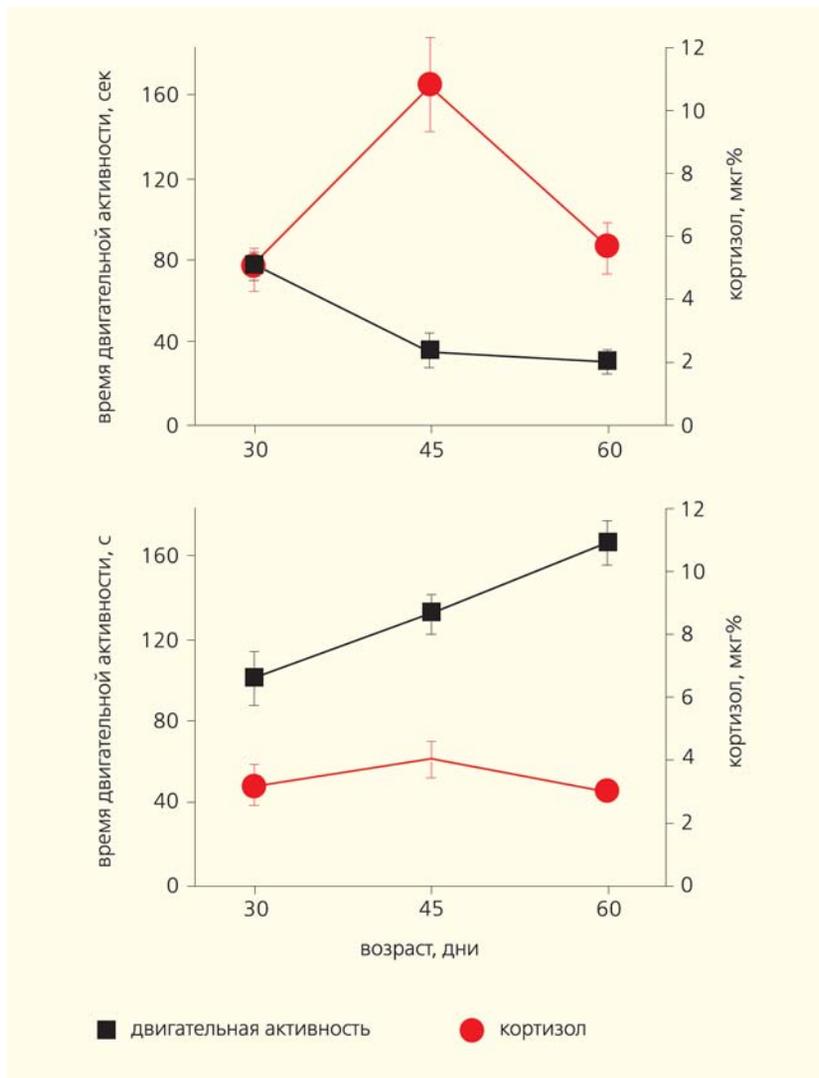


Рис.6. Динамика двигательной активности исследовательского поведения и содержания кортизола в раннем постнатальном онтогенезе у обычных (вверху) и ручных лисят. Двигательная активность (черные линии), уровень кортизола (красные).

предпосылок возникновения у собак безграничной преданности человеку — групповой образ жизни их предка. В природе волк живет в строго организованной стае, где царят преданность вожаку и безоговорочная взаимная выручка. Для лисиц же характерна семейно-территориальная организация. Но чтобы испытать пределы возможного в эволюционном приобретении привязанности к человеку у лисиц, необходимо освободить зверя из клетки, в которой проводят жизнь все наши лиси-

цы (за редким исключением). Мы пытались содержать отдельных ручных животных в лаборатории или, крайне редко, — в домашних условиях. Так, лисица по кличке Кока, выросшая в доме, сильно привязалась к хозяину. Когда ее вернули на ферму и поселили в вольер с другими лисицами, у нее случился жесточайший нервный срыв: она проявляла крайнюю агрессивность к собратьям, отказывалась от корма, не подпускала к себе и других людей. Из эмоционального шока выходила она крайне

медленно, и он каждый раз повторялся, когда хозяин навещал и вновь покидал ее. В конце концов, Коку пришлось вернуть тому, кому она принадлежала.

Эволюция собаки проходила рядом с человеком, что, безусловно, отложило глубокий отпечаток на ход событий. Мы думаем, что в таких же условиях можно существенно продвинуться в дальнейшем преобразовании поведения лисицы.

С содержанием лисиц в домашних условиях тесно связан еще один аспект наших исследований. Речь идет об эволюционном изменении звукового языка животных при одомашнивании. В природе голосовые сигналы нужны им для обмена информацией между сородичами и для выражения внутреннего состояния. Но при одомашнивания их «язык» изменился. Так, у собак появился лай, и на всю жизнь сохранились детское поскуливание и повизгивание — звуки, которыми детеныши выражают свою привязанность к матери и к своим собратьям (из одного помета). Поскольку серьезной информацией о «языке» диких лисиц мы не располагали, то сравнивали ручных зверей только с сородичами, живущими на промышленной ферме.

Ручные лисицы подают голос в основном в присутствии человека, вероятно, выражая привязанность к нему; если человек не обращает на них внимания, издают призывно-плачущие, хныкающие звуки, почти как собачье скуление. При тесном контакте с человеком они выражают «радость» специфическими звуками, тоже очень похожими на собачьи. В присутствии «хозяина», чтобы привлечь его внимание, ручные лисицы будто рычат друг на друга, опять же почти как собаки. Охраняя человека, иногда издают звуки, напоминающие отрывистый лай. Мы создали большую фонотеку голосовых сигналов лисиц (ручных и обычных), издаваемых в ответ на разные стимулы и в разном

возрасте. Наша задача — детально изучить физические характеристики лисьих звуков и проанализировать их изменения при отборе на приручаемость. Эту задачу мы в настоящее время решаем с сотрудниками Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова.

Примечательно, что такой отбор привел также к возникновению у лисиц других особенностей коммуникативного поведения, типичных для домашних собак. Всем известна способность собак, даже выращенных в полной изоляции от человека, использовать его язык жестов в качестве подсказок при решении различных ситуативных задач. В то же время волчата, с рождения жившие рядом с человеком, не понимают такие социальные сигналы. Не используют их и шимпанзе, несмотря на способность решать сложнейшие когнитивные задачи. Оказалось, что ручные лисята понимают социальные ключи не хуже, чем щенки собаки. Такой способностью обладают и лисята из промышленной популяции. Уровень правильного решения у них также достоверно выше случайного, но достоверно отличается от такового у ручных. Эти данные позволяют предположить, что коммуникативные способности собак — не только результат прямого отбора на эту способность, но и побочный продукт отбора на приручаемость.

Мы продолжаем наш эксперимент и считаем, что он имеет не только научное значение. Знания о далеком прошлом наших домашних животных интересны каждому, кто чувствует тесную связь с природой и ощущает себя ее частицей. После нашей публикации в журнале «American Scientist» мы получили и получаем множество писем, в которых люди разного возраста и разных профессий пишут об огромном интересе к нашему эксперименту и необходимости его продолжения; более того, даже трогательно

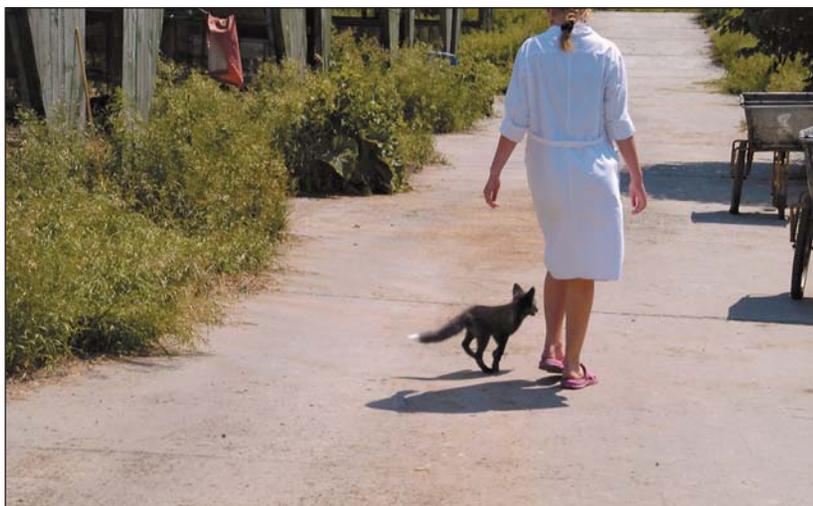


Рис.7. На прогулке с хозяйкой.

предлагают поддержку для сохранения наших уникальных животных.

Ну, а если не брать во внимание научно-познавательный аспект проекта, так ли уже необходимо в наше время создавать новых домашних животных? Или целесообразнее ограничиться разведением тех, которые прошли исторический путь? Ученые насчитывают в животном мире около 2 млн видов, из которых 2/3 — насекомые. А одомашненных видов не более 50, включая насекомых, рыб, птиц. Больше всего одомашненных видов среди млекопитающих, но и они исчисляются единицами. Естественно, что большинство домашних животных разводится с хозяйственно-экономической целью (даже собаки несут большую практическую службу). Но нужна ли человеку лисица как друг? Тем более, что ей будет очень трудно превзойти по некоторым качествам старого испытанного друга — собаку.

Однако лисица как объект domestikации привлекала, видимо, и древнего человека. По некоторым данным, попытки одомашнить лисицу предпринимались около 6 тыс. лет назад. Трудно говорить о мотивах этих шагов. Возможно, мясо лисиц употребляли в пищу или, не ис-

ключено, лисица помогала бороться с грызунами, но маловероятно, чтобы эти привлекательные зверьки разводились как любимцы. Вряд ли первобытному человеку, занимавшему арену жизни, открытую всем ветрам борьбы за существование, было знакомо чувство бескорыстной любви к животным. Скорее всего это чувство возникло и усилилось в ходе эволюционного развития как самого человека, так и его взаимоотношений с животными. Но как бы там ни было, затея с одомашниванием лисицы провалилась. Полагают, что ее вытеснила кошка, которую приручили приблизительно в тот же период.

Настоящая работа возвращает нас к одомашниванию лисицы, к попытке воспитать нового друга человека. Лисица, наряду с другими домашними животными, может стать близким спутником человека. Это животное с чрезвычайно богатым репертуаром поведения и высокоорганизованной психической деятельностью. Недаром она издавна была неизменным персонажем фольклора: героиней многочисленных сказок, басен, пословиц. В результате же одомашнивания лисица перестанет быть мифическим персонажем и войдет в нашу реальную жизнь. ■

Нить Ариадны в генетике

Н.С.Жданова

Карты геномов животных и растений — это нить Ариадны, придерживаясь которой, генетики отыскивают нужные гены, изучают, как организован геном и как он эволюционирует, как наследуются гены и признаки. Эта нить ведет исследователей и в мир сугубо практических забот — помогает понять, как в нормальном и больном организмах взаимодействуют гены и их продукты, отыскать оптимальные стратегии селекции сельскохозяйственный животных и организовывать медико-генетическое консультирование. Особенно необходимы подробные карты геномов человека, а также тех видов млекопитающих, что используются в качестве модельных объектов в генетических исследованиях.

На службе межвидовые клеточные гибриды

В настоящее время геномные карты представляют собой результат объединения генетических, цитогенетических и физических карт, а также данных о секвенировании ДНК всего генома или отдельных хромосомных районов. Такая карта выглядит как схема, на которой в определенном порядке и на определенном расстоянии друг от друга нанесены маркеры, роль которых могут играть либо морфологические и физиологические признаки организма, либо гены и их продукты,



Наталья Сергеевна Жданова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики развития. Область научных интересов — цитогенетика млекопитающих, картирование хромосом, эволюция кариотипа.

либо отдельные последовательности ДНК.

Разные типы карт отличаются способом получения. В начале XX в. картирование проводилось на основе гибридологического анализа: изучалось наследование признаков в первом и втором поколениях гибридов от скрещивания особей, различающихся по нескольким признакам. Однако из-за длительности репродуктивного периода, малого числа потомков и отсутствия в то время методов выявления полиморфных признаков подробные генетические карты млекопитающих созданы лишь недавно.

Прорыв в картировании генома человека и других видов млекопитающих наступил в 60-х годах прошлого столетия [1]. Тогда появилась идея заменить скрещивание особей — слияние их генеративных клеток — слиянием соматических клеток разных видов животных. Этому предшествовали многолетние исследования по неограниченному размножению клеток вне организма (*in vitro*) в специаль-

ных средах на стекле или пластиковых подложках. Такие клеточные культуры получили название длительно перевиваемых. Клетки этих линий по некоторым свойствам отличаются от обычных, так как большинство ведет свое происхождение от опухолевых клеток, содержащих перестроенные хромосомы.

Чтобы клеточные гибриды могли неограниченно размножаться *in vitro*, необходимо в качестве хотя бы одного из родителей использовать именно длительно перевиваемые клетки. Роль второго родителя обычно играют нормальные клетки, выделенные непосредственно из организма. Для этой цели удобны лейкоциты периферической крови. При спонтанном или индуцированном слиянии клеток сначала формируются многоядерные клетки (гомо- или гетерокарионы), а затем, когда сольются ядра, образуется гибридная клетка. Размножившись, она дает гибридный клон.

Долго считалось, что спонтанно сливаются клетки только

в культурах, а в организме, если это и случается, отбор выбраковывает возникшие гибриды. Однако недавно исследователи наблюдали спонтанное слияние трансплантированных клеток костного мозга с мутантными гепатоцитами мышей. В результате образовывались гибридные клетки, в которых восстанавливалась утраченная ранее функция гепатоцитов.

Первоначально область применения межвидовых гибридов соматических клеток была довольно обширной. Длительное время на гетерокарионах и соматических гибридах изучались реактивация геномов, активация и подавление экспрессии генов, роль в этих процессах ядра и цитоплазмы. Используя клеточные гибриды, впервые удалось показать, что в нормальных клетках человека существуют гены, подавляющие злокачественный рост. В настоящее же время такие гибриды используются в основном для картирования хромосом. Как же с помощью гибридов картировать гены?

Уже в первых работах по изучению хромосомного состава межвидовых клеточных гибридов выяснилось, что они случайным образом теряют хромосомы одного из родительских видов (как правило, родителя с нормальным кариотипом). Это свойство привлекло создателей генетических карт, поскольку с утратой хромосомы в гибриде исчезают и локализованные в ней маркеры.

Первую попытку связать локализацию гена с сохранением в гибридах «человек—мышь» определенной хромосомы человека предприняли в начале 70-х годов. Поскольку в гибридных клонах была выявлена корреляция между наличием в них хромосомы 17 человека и тимидинкиназы 1, то ген фермента был отнесен именно к этой хромосоме (рис.1).

В середине 80-х годов основным инструментом картирования хромосом человека стали панели гибридных клонов. Па-

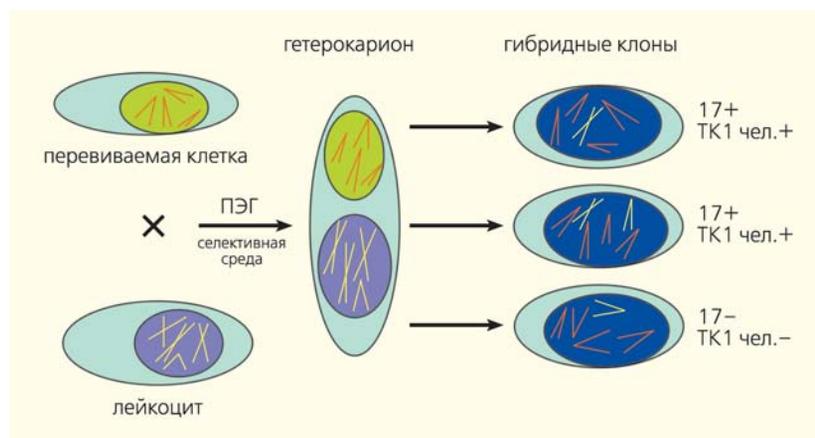


Рис. 1. Схема получения гибридных клонов «человек—мышь» и локализации гена тимидинкиназы 1 (ТК1). Длительно перевиваемые клетки мыши, в которых этого гена нет, и лейкоциты периферической крови человека обрабатывают полиэтиленгликолем (ПЭГ), в результате чего структура мембран нарушается так, что те и другие клетки слипаются, а затем сливаются, образуя двух- или многоядерные гетерокарионы. После синхронизации и вступления ядер в митоз или за счет их прямого слияния формируется гибридная клетка с ядром, содержащим хромосомы обоих родительских видов. В используемой селективной среде погибают мышьи клетки, не имеющие активного гена ТК1 (необходимого для биосинтеза ДНК), и лейкоциты человека, поскольку без специальных стимуляторов они *in vitro* не делятся. Выживают только гибридные клетки, в которые лейкоциты привнесли ген ТК1. Из таких клеток образуются гибридные клоны, и из них создается статистическая картирующая панель. Из-за случайной потери человеческих хромосом разные клоны содержат разные хромосомы. Здесь показаны две клетки клонов с хромосомой 17 (хр. 17+) человека, а поскольку в них проявляется активность ТК1 (+), ее ген был отнесен именно к этой хромосоме.

нель — это набор клеточных гибридов, в которых статистически представлен весь геном изучаемого вида (таблица). Как правило, с помощью клеточных гибридов можно определить, в какой именно хромосоме локализованы те или иные маркеры. Если они находятся в одной и той же хромосоме, их называют «синтенными». Однако этим способом можно картировать только те признаки, которые проявляют межвидовой полиморфизм, т.е. отличаются у родительских видов по каким-либо параметрам. Кроме того, картируемый признак не должен подавляться или активироваться в гибридах. Уже в 80-х годах на карту хромосом человека было нанесено около 600 генов. Эти успехи открыли дорогу для картирования хромосом других видов млекопитающих.

С использованием панели гибридов клеток американской норки и бурозубки обыкновенной с клетками мыши или китайского хомячка в нашем институте построены карты хромосом норки и бурозубки. В хромосомах бурозубки было локализовано 49 генов и четыре высоко полиморфных просто выявляемых маркера — микросателлита* (рис.2), а в хромосомах норки — около 130 генов и 40 микросателлитов [2]. И хотя последние не кодируют никаких признаков, а функция их окончательно не ясна, они вполне пригодны в качестве реперов на карте, в которых можно «привязать» важные для нас признаки. Изучив, например, сцепление между мик-

* Микросателлиты — короткие последовательности ДНК, в которых мотив из нескольких нуклеотидов повторен много раз.

Таблица

Панель из клеточных гибридов «американская норка—китайский хомячок», использованная для картирования хромосом норки

Клон	Хромосомы американской норки																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	X	Y		
D7B			+	+	+	+		+	+	+		+	+		+	+		
D13M	+			+	+						+	+		+	+			
L15		+	+		+		+	+		+			+	+	+			
FD9M	+	+			+		+	+	+				+	+				
D11B							+				+	+		+	+			
D12M	+		+		+				+		+	+	+	+	+			
K02	+		+	+					+	+	+	+	+	+	+			
F12B		+	+	+	+				+			+	+	+	+			
R01	+	+	+	+				+		+	+	+	+	+	+			
F3M	+			+			+	+	+	+	+	+	+	+	+			
L25						+			+	+	+		+		+			
L22		+		+			+	+		+	+	+	+		+			
D3M	+			+				+					+		+			
R14									+	+	+		+		+			

Значком «+» отмечено наличие хромосомы в клоне.

росателлитами и генами окраски американской норки, удастся локализовать эти гены в хромосомах и использовать микросателлиты для оптимизации селекции норок с нужной окраской меха.

Идентификация в клеточных гибридах всего генетического материала вида необходима для использования их в картировании. Не выявленные хромосомные перестройки станут источником ошибок, но если перестройки идентифицированы, они послужат для внутривидовой локализации маркеров, т.е. отнесения их к определенному хромосомному району. Подобный пример — клеточные гибриды свиньи. Они содержали большое число перестроенных хромосом, что надолго задержало их картирование. Но когда в гибридных клонах методами молекулярной цитогенетики были идентифицированы фрагменты, из которых состояли перестроенные хромосомы, появилась возможность отнести маркеры к конкретным хромосомным районам (рис.3, 4).

Радиационные гибриды

Если перед слиянием клеток специально разорвать хромосомы, можно ли использовать полученные таким образом гибриды для картирования? Оказалось, можно. Речь идет об особом типе межвидовых клеточных гибридов — радиационных. Они образуются в результате слияния перевиваемых клеток и нормальных, которые предварительно облучают летальной дозой радиации [3].

В радиационных гибридах статистически сохраняются не только фрагменты хромосом, содержащие центромеру и гены, необходимые для выживания клонов, но и фрагменты, перенесенные на партнерские хромосомы (рис.5). Удалось даже получить радиационные гибриды между клетками млекопитающих и рыб и использовать для картирования хромосом последних.

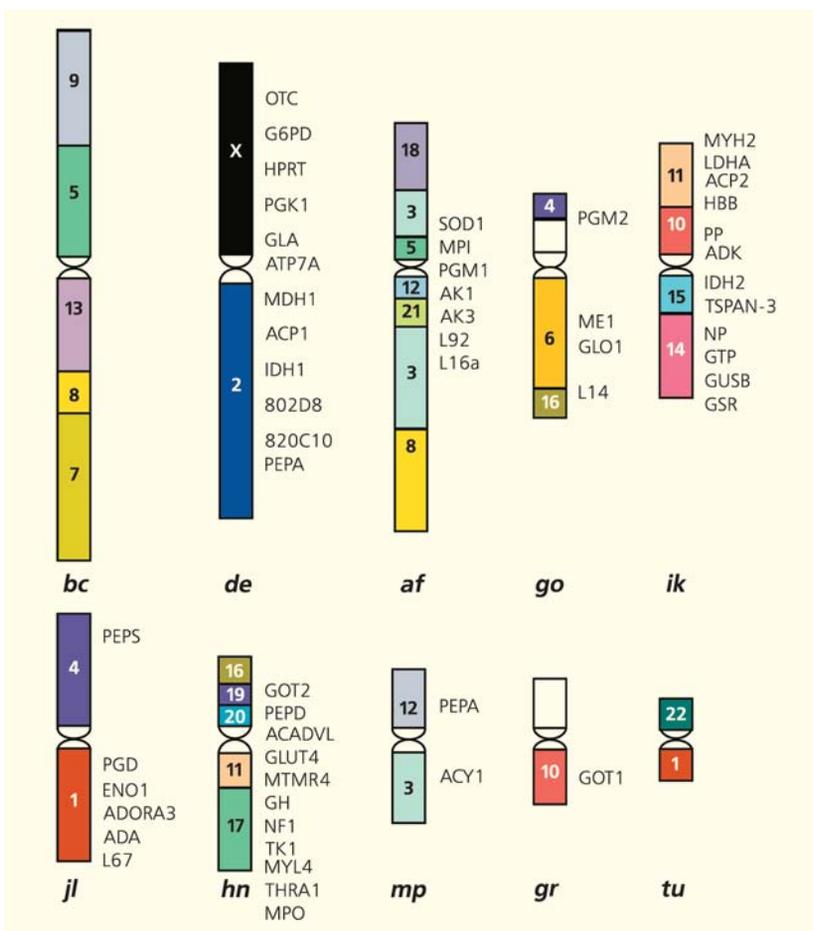


Рис.2. Синтетическая карта хромосом бурозубки обыкновенной. Под каждой схематически изображенной хромосомой приведено ее обозначение (латинские буквы), а справа — гены и микросателлиты (буквенно-численные символы); цветом отмечены консервативные районы хромосом человека (цифры и числа) в хромосомах бурозубки.

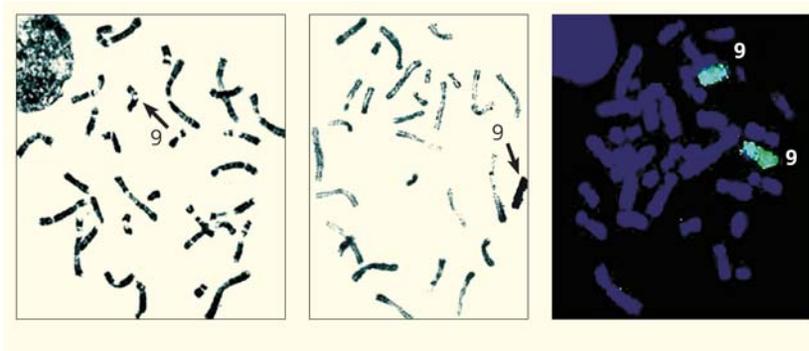


Рис.3. Результаты идентификации девятой хромосомы свиньи в гибридном клоне «свинья—американская норка». Слева: идентифицированные дифференциальной окраской красителем Гимза хромосомы свиньи на фоне хромосом норки, где стрелкой указано положение девятой хромосомы. В середине: она же (указана стрелкой) в препарате, полученном в результате прямой гибридизации *in situ* (ДНК свиньи была гибридизована с хромосомами клона). Справа: отчетливо видимые две светлые фигуры — это хромосомы свиньи, выявленные после обратной гибридизации (фракция ДНК свиньи из клона гибридизована с ее хромосомами).

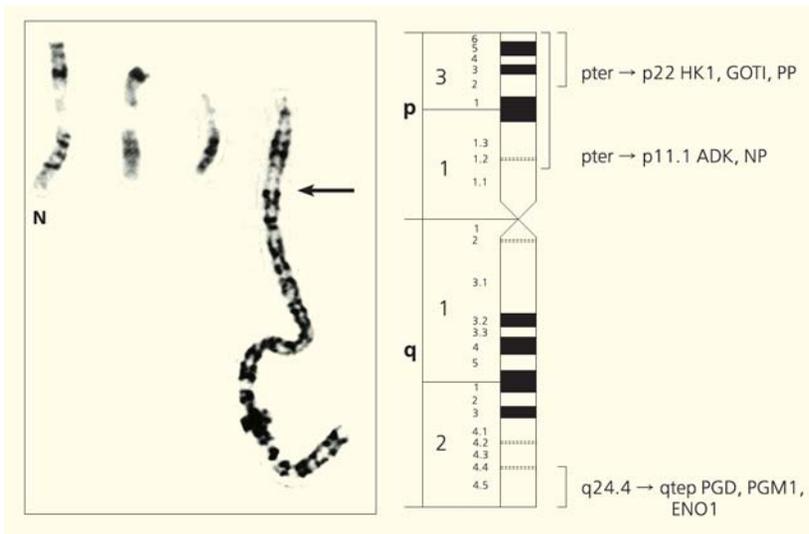


Рис.4. Микрофотографии дифференциально окрашенных нормальной (N) второй хромосомы норки и трех перестроенных вариантов (стрелкой указана транслокация фрагмента хромосомы 2 на хромосому хомячка) и схема хромосомы с нанесенными на нее генами. Для картирования служили перестроенные хромосомы из разных гибридных клонов «американская норка—китайский хомячок». На схеме скобками указаны районы локализации картированных генов, а их обозначения даны символами; p и q — плечи хромосомы.

В основе радиационного картирования геномов лежат работы английских исследователей С.Госса и Г.Харриса [4—6]. Они не только опередили время на четверть века, но и очертили большинство направлений в изучении радиационных гибри-

дов как феномена и в использовании их для картирования хромосом. Способ получения таких гибридов до сих пор остался неизменным, изменились лишь методы статистической обработки экспериментальных данных. Созданные компьютерные

программы позволяют одновременно анализировать несколько тысяч маркеров.

В зависимости от дозы облучения нормальных клеток получают панели, благодаря которым можно построить радиационные карты разной степени разрешения. Сначала были получены радиационные гибриды от слияния с клетками, облученными дозой в диапазоне 3—10 тыс. рад. Используя панели человека из таких гибридов, американские ученые определили порядок около 6 тыс. микросателлитов и маркеров экспрессирующихся генов. И хотя по сравнению с другими картами человека эти были более высокого разрешения, на них маркеры на расстоянии 4 тыс. пар нуклеотидов разделялись с невысокой степенью достоверности. Чтобы повысить разрешение радиационных карт, исследователи получили панели, составленные из гибридов с нормальными клетками человека, облученными более высокой дозой радиации, 40 тыс. рад. На сконструированной карте с высокой степенью достоверности разделялись маркеры на расстоянии всего в 100 пар нуклеотидов. Цена высокой степени разрешения — невозможность выстроить протяженные участки карты. Как правило, такое картирование служит для изучения генетического окружения интересующих локусов. Оно применено, например, при исследовании хромосомных районов свиньи, в которых локализованы главные гены, влияющие на качество мяса или число потомков в помете. Таким образом, с помощью радиационного картирования в настоящее время получают самые подробные хромосомные карты.

Итак, на основе радиационной панели удастся выстроить в определенном порядке сотни и тысячи маркеров и определить между ними относительные расстояния. На выходе получают некое число синтенных групп маркеров, обычно превышающее количество хромосом у ви-

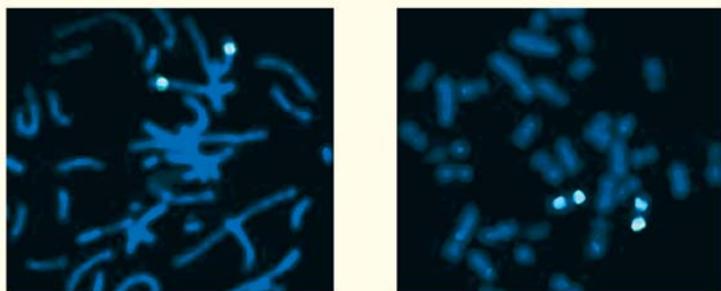


Рис.5. Результаты идентификации генетического материала свиньи в радиационном гибриде, полученном от слияния перевиваемых клеток китайского хомячка и клеток свиньи, облученных дозой 6000 рад. Прямой гибридизацией выявлены в этом клоне два фрагмента (светлые фигуры) хромосомы свиньи, перенесенные на хромосомы хомячка (слева), а обратной гибридизацией получено доказательство, что эти фрагменты представляют собой районы второй хромосомы свиньи.

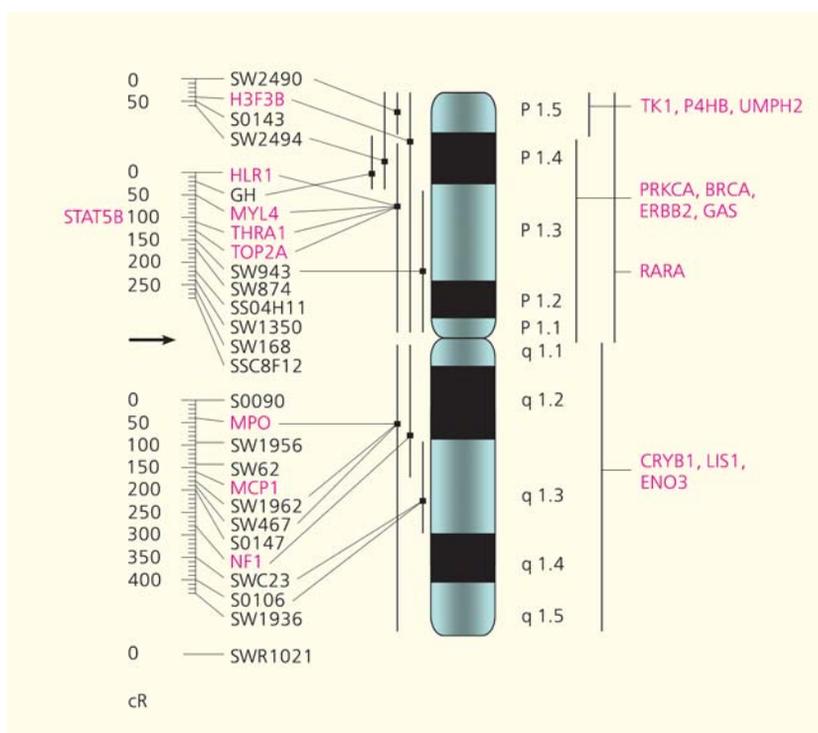


Рис.6. Радиационная (слева) и цитогенетическая карты хромосомы 12 свиньи. Карта построена с помощью радиационной панели, содержащей 118 клонов, полученных французскими учеными в результате слияния клеток свиньи, облученных 7000 рад, с клетками китайского хомячка [7]. Образцы ДНК панели были переданы ученым разных стран, что позволило быстро построить радиационную карту. Картированные нами гены обозначены красным шрифтом, а микросателлиты, картированные другими учеными, — черным. Вертикальными линиями вдоль цитогенетической карты дифференциально окрашенной хромосомы обозначены районы локализации некоторых маркеров в хромосоме. Относительные расстояния между маркерами на радиационной карте даны в условных единицах — cR; стрелкой указано возможное положение центromеры.

да. Иными словами, группа сцепления одной хромосомы оказывается раздробленной. Точки разрывов почти всегда расположены в центромерных и субтеломерных районах хромосом, но могут находиться и в других местах. Разорванность карты в первую очередь отражает неравномерность распределения радиационных разрывов по длине хромосомы. Как «привязать» синтетические группы к конкретным хромосомам и ориентировать по их длине? Для этого несколько маркеров из каждой группы необходимо локализовать непосредственно в хромосомах с помощью цитогенетических методов картирования, например флуоресцентной гибридизацией *in situ*, которая позволяет увидеть, в какой хромосоме и в каком ее районе находится маркер (рис.6).

Все познается в сравнении

В первых же работах по картированию геномов млекопитающих с помощью межвидовых гибридов соматических клеток выяснилось, что гены, синтетические у одного вида, синтетичны и у других видов. Удивительно, но некоторые ассоциации генов прослеживаются вплоть до птиц и костистых рыб. Наличие в геномах таких консервативных, или гомеологичных, районов вызвало большой интерес у исследователей, и в дальнейшем сформировалось целое направление — сравнительное картирование, вошедшее в состав геномики, науки о структуре и эволюции геномов.

Консервативными бывают и целые хромосомы. Например, один и тот же набор генов содержат 17-я хромосома человека, 19-я коровы, 12-я свиньи и т.д. Другие консервативные участки существенно меньше по размеру. Сравнительное картирование недаром стало самостоятельной ветвью геномики — оно дает массу интереснейшей информации. Так, сопоставлением радиа-

ционных карт млекопитающих с результатами секвенирования геномов человека и мыши установлено, что в сайтах эволюционных разрывов между крупными консервативными районами, как правило, локализованы буквально единичные гены или небольшие последовательности размером около миллиона пар нуклеотидов из других, тоже консервативных, районов. Интересными в этом отношении оказались перичентромерные области хромосом (рис.7). У свиньи, например, в них содержатся маркеры, которые не принадлежат собственным консервативным участкам перичентромеры. Это свидетельствует о высокой скорости хромосомных перестроек в тех местах, где в ходе эволюции кариотипов образуются новые центромеры.

С помощью сравнительного картирования удалось показать, что скорости, с которыми эволюционировали кариотипы разных видов млекопитающих, существенно разнятся. Так, предковые геномы плацентарных животных и мышевидных грызунов отделены, по-видимому, более чем 150-ю хромосомными перестройками, а хищных — только девятью. Геном свиньи образовался за счет 42 перестроек предкового генома парнокопытных, а геном коровы — за счет 99. Фактически в каждом отряде или семействе описаны и медленно, и быстро эволюционирующие виды. Человек, шимпанзе и гиббон — хотя и родственники, но относятся к разным семействам приматов. Однако кариотипы человека и шимпанзе идентичны, за исключением слияний нескольких хромосом, тогда как 26 хромосом гиббона составлены из 70 фрагментов хромосом человека. Таким образом, скорость реорганизации кариотипов разных видов не всегда связана с их эволюционным положением.

Судя по радиационным картам, в геномах рыбы *Danio rerio* и человека как минимум 247 гомологичных сегментов. И эта ве-

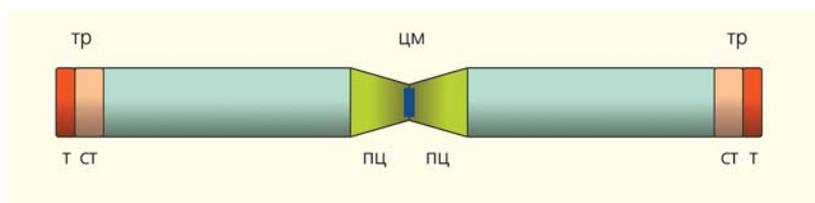


Рис.7. Основные элементы структуры хромосом. Центромера (ЦМ) — это нуклеопротеидный комплекс, состоящий из видоспецифичных повторенных последовательностей ДНК и одинаковых у всех млекопитающих белков, которые отвечают за правильное поведение хромосом при делении клеток. Перичентромера (ПЦ) прилегает непосредственно к центромере и обогащена разного рода повторяющимися последовательностями. Терминальная (ТР) часть хромосом включает теломеру (Т) и субтеломеру (СТ). Теломера у всех млекопитающих состоит из многократно тандемно повторенного мотива из шести нуклеотидов. Ее специфическая организация и механизм репликации ДНК предохраняют хромосомы от слияния и обуславливают их целостность. Субтеломера — это буфер между теломерой и основным телом хромосомы, где локализованы гены, и содержит большое количество повторенных участков ДНК. В субтеломерах хромосом человека есть деградированные теломерные повторы, иные удвоенные последовательности и сегментные дупликации; у других видов млекопитающих здесь может содержаться сателлитная ДНК — короткий мотив, повторенный до 100 тыс. раз.

личина сравнима с той (201), которая на том же уровне разрешения карт была определена для мыши и человека. Оказалось, что каждая хромосома *D.rerio* содержит от двух до семи блоков, встречающихся в разных хромосомах человека. Еще примеры несоответствия: число консервативных районов в геномах курицы и человека составляет 154, а курицы и мыши — 312.

Складывается впечатление, что геномы, по крайней мере млекопитающих, состоят в основном из блоков, которые у разных видов соединены в разных комбинациях. Ограничения наложены, очевидно, на варианты кариотипов, «неудобных» для протекания таких главных клеточных процессов, как митоз и мейоз, или нарушающих допустимую архитектуру ядра.

При сравнении радиационных карт обнаружена новая эволюционная перестройка — изменение положения центромеры в консервативных районах. Этот феномен описан почти для всех хромосом коровы. Такой же тип перестройки нашли и мы, сопоставив радиационные карты нескольких хромосом

свиньи и человека. Несмотря на то, что центромера отвечает за очень важную функцию — правильное поведение хромосом в митозе и мейозе, — ее положение в консервативных районах оказалось весьма лабильным.

Таким образом, сравнение радиационных карт разных видов позволяет выявлять состав, границы и порядок генов в консервативных районах, реконструировать их предковый состав и предковые кариотипы, определять скорость реорганизации кариотипов в разных ветвях эволюции.

Наличие консервативных районов невольно вызывает вопрос: где рвались хромосомы, когда формировался новый кариотип, в случайных или определенных местах? Долгое время отвечали — «в случайных». Но в последние годы стали появляться данные о том, что это совершенно определенные хромосомные сайты. Более того, в эволюции кариотипов млекопитающих одни и те же районы неоднократно использовались в качестве и мест разрывов, и мест слияния. Разрозненные факты такого рода постоянно

обращали на себя внимание исследователей, но закономерностью стали восприниматься после сравнения геномов восьми видов из пяти отрядов млекопитающих. В числе этих видов — человек, мышь и крыса с уже полностью расшифрованными геномами, собака, свинья, корова, кошка и лошадь с радиационными картами высокого разрешения. В кариотипах упомянутых животных выявлено около 1200 участков гомологичной синтении (консервативных районов, в которых сохранен не только состав, но и порядок генов хотя бы у двух видов). Кроме того, идентифицировано 367 хромосомных областей, которые разделяли участки гомологичной синтении, именно в них и были локализованы эволюционные разрывы. Но самым интересным оказалось то, что 20% таких районов неоднократно участвовали в реорганизации кариотипов. Остальные были специфичными для отдельных отрядов и видов [8].

Что же собой представляют те участки хромосом, которые неоднократно использовались в эволюции кариотипов млекопитающих? Чаще всего это центромерные, перичентромерные и терминальные области, насыщенные разного рода повторными последовательностями. Геномы человека и мыши часто содержат в таких местах дублированные гены, причем у мыши члены одного и того же генного семейства расселены по разным хромосомам (это в конце концов может привести к образованию новых генов). В тех же районах находятся скопления L1- и других некодирующих повторов.

У приматов свой путь эволюции хромосом?

В геноме человека более половины участков, в которых неоднократно происходили эволюционные разрывы, содержат особые структуры, названные сегментными дубликациями.

Они представляют собой много раз повторенные протяженные последовательности, целые гены или их части, и могут достигать размера в несколько сотен тысяч пар нуклеотидов. В геноме человека такие последовательности составляют 5%. Большое количество этих структур (около половины их образовалось относительно недавно) у приматов — характерная особенность их геномов. У других видов млекопитающих сегментных дубликаций существенно меньше.

В целом в геномах приматов положение примерно 90% районов, в которых происходили эволюционные разрывы, совпадает с локализацией сегментных дубликаций. Частота нарушения синтении в содержащих их сайтах в три раза выше, чем в сайтах, где они не обнаружены. Этот факт, а также наличие таких дубликаций и в местах ненарушенной предковой синтении свидетельствуют о том, что они способствовали появлению хромосомных перестроек в геномах приматов, а не были их следствием. Таким образом, эволюция их кариотипов оказалась непосредственно связанной с особенностями молекулярной эволюции их геномов.

У человека половина сегментных дубликаций находится в терминальных (субтеломерных) районах хромосом. Примером тому могут быть дубликации, в которых сосредоточены члены семейства генов, кодирующих обонятельные рецепторы. Блоки, содержащие по три гена из этого семейства, выявлены в субтеломерах четырнадцати хромосом, причем в четырех из них эти ассоциации образовались в результате как минимум двух обменов между концами негомологичных хромосом.

Из результатов молекулярного анализа сегментных дубликаций следует, что большинство из них образовалось за счет повторных актов негомологичной и неаллельной гомологичной рекомбинации ДНК. Субтеломеры — самые быстро эволюцио-

нирующие районы в геноме человека. В них высока скорость нуклеотидных замен и дубликаций не только крупных, но и небольших участков. По меткому выражению Е.В.Линардополу, изучавшей субтеломеры, они представляют собой и свалку отбросов молекулярной эволюции генома, и место, где образуются новые гены [9]. Такая организация объясняет предрасположенность терминальных районов хромосом человека к перестройкам.

* * *

Структура генома каждого вида, несомненно, формируется благодаря длительному отбору «подходящих» вариантов, и совсем не безразлично, в каком месте генома находится тот или иной ген. В многочисленных исследованиях показано, что по длине хромосом гены распределены не случайным образом. Их плотность выше в районах, обогащенных определенными нуклеотидами. Как правило, гены, локализованные в непосредственной близости друг от друга, эволюционируют со сходной скоростью и объединены в эволюционные единицы, а те, что экспрессируются в одной ткани и на конкретной стадии развития организма, образуют в хромосомах нечто напоминающее кластеры.

За 30 лет, в течение которых активно ведутся работы по хромосомному картированию млекопитающих, разработаны методы, позволяющие с высокой точностью определять местоположение в хромосомах генов, признаков и нуклеотидных последовательностей. Получена геномная карта человека. Насколько она подробна, можно судить хотя бы по тому, что на нее нанесены почти все известные гены. Эта карта сыграла важную роль при расшифровке человеческого генома: помогла выстроить в определенном порядке короткие фрагменты ДНК и проверить правильность результатов секвенирования. С ними вместе карту

генома можно рассматривать как единую виртуальную карту.

К сожалению, самые высоко-разрешающие физические карты — радиационные — созданы лишь для десятка видов млекопи-

тающих. Среди них нет даже представителей всех отрядов этого класса животных. Построить такие карты для большего числа видов и изучить, что же лежит в основе эволюции кариоти-

пов млекопитающих всех отрядов, а не только приматов, — задача будущих исследований. Обратно говоря, нить Ариадны, которая ведет по лабиринтам генетики, надо еще плести и плести. ■

Литература

1. Эфрусси Б. Гибридизация соматических клеток. М., 1976.
2. Kuznetsov S.B., Matveeva N.M., Murphy W.J. et al. // Journal of Heredity. 2003. V.94. №5. P.386—391.
3. Жданова Н.С. // Генетика. 2002. Т.38. С.581—595.
4. Goss S.J., Harris H. // Nature. 1975. V.255. P.680—684.
5. Goss S.J., Harris H. // J. Cell Sci. 1977. V.215. P.17—37.
6. Goss S.J., Harris H. // J. Cell Sci. 1977. V.215. P.39—57.
7. Yerle M., Pinton P., Robic A. et al. // Cytogenet. Cell Genet. 1998. V.82. P.182—188.
8. Murphy W.J., Larkin D.M., Everets-van der Wind A. et al. // Science. 2005. V.309. P.613—617.
9. Linardopoulou E.V., Williams E.M., Fan Y. et al. // Nature. 2005. V.437. P.94—100.

Генная инженерия и растения

А.В.Кочетов

Работы по получению и исследованию трансгенных организмов в нашем институте были начаты еще в 1974 г., т.е. на заре развития молекулярной генетики, когда только-только были разработаны методы получения рекомбинантных молекул ДНК. Эти подходы оказались полезны не только для фундаментальных, но и прикладных исследований и дали начало новому направлению развития биотехнологии. По понятным причинам эта область науки привлекла огромное внимание и очень быстро развивалась. Появились методы,



Алексей Владимирович Кочетов, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией генной инженерии растений. Область научных интересов — генная инженерия и биотехнология растений, механизмы регуляции экспрессии генов эукариотических организмов.

позволяющие встраивать в геном растения или любого другого организма чужеродные гены (трансгеноз), в результате чего клетки таких организмов

начинают синтезировать новые белки, не свойственные этому виду в природе. Так, нашим сотрудникам впервые в СССР удалось сначала химически синте-

© Кочетов А.В., 2007

зировать гены гормона человека ангиотензина I и затем наработать этот белок в клетках кишечной палочки. Вскоре был синтезирован еще и ген β-интерферона человека, который был встроен в растения табака и люцерны, приобретшие таким образом устойчивость к вирусным инфекциям. Эти работы проводились в начале 80-х годов в лаборатории В.К.Шумного, а в 1991 г. был создан сектор генной инженерии растений (под руководством М.И.Ривкина), где к настоящему времени получены десятки различных линий трансгенных растений. Подробно рассказать обо всех этих разработках в рамках одной статьи невозможно, поэтому ограничимся лишь двумя примерами, иллюстрирующими современные тенденции в генной инженерии растений.

С трансгенозом и без

Выбор гена (точнее, генетической конструкции) для трансгеноза, естественно, зависит от поставленной задачи. Поскольку нашей задачей было получение вирусоустойчивых растений табака, в качестве основных элементов генетической конструкции были выбраны гены рибонуклеаз, обладающих противовирусной активностью, — неспецифической нуклеазы из генома бактерии *Serratia marcescens* и панкреатической рибонуклеазы быка (рис.1).

Выделить необходимый фрагмент ДНК из генома организма-донора в наши дни особого труда не составляет, гораздо сложнее решить, под какое управление следует поместить трансген. Дело в том, что активность (экспрессия) большинст-

ва генов строго регулируется, и работают они в определенных тканях или органах, на определенных стадиях развития или при воздействии специфических внешних факторов. Помимо этого надо учитывать, что регуляция осуществляется и на количественном уровне — интенсивность экспрессии гена может меняться в широких пределах. Основная информация о режиме экспрессии содержится в промоторе — участке ДНК, расположенном перед белок-кодирующей последовательностью. Фермент РНК-полимераза распознает сигналы, расположенные в промоторе, и инициирует синтез матричной РНК (мРНК), на основе которой рибосомы синтезируют белок.

Итак, нам необходимо было в первую очередь выбрать режим экспрессии (т.е. подобрать промотор), который был бы наиболее выгодным для синтеза белка с противовирусной активностью. Однако и здесь, как выяснилось, есть свои «подводные камни». С одной стороны, постоянный синтез целого белка в большинстве тканей растений имеет определенные преимущества — создается нуклеазный «барьер» для вируса чуть ли не во всех клетках растения. С другой стороны, непрерывный синтез чужеродного белка на высоком уровне перегружает аппарат экспрессии растительных клеток и может снизить жизнеспособность растения [1]. Кроме того, постоянное присутствие защитного белка может стимулировать отбор мутационных вариантов вируса, устойчивых к этому фактору. С учетом всех этих нюансов в конструкцию был вставлен промотор гена маннопинасинтазы (pMAS), обеспечивающий средний уровень экспрессии трансгена в листьях и корнях растения и высокий — в клетках, окружающих поврежденные ткани. Поскольку вирусы часто проникают в растение именно в таких местах (например, при укусах насекомых), выбранная схема работы

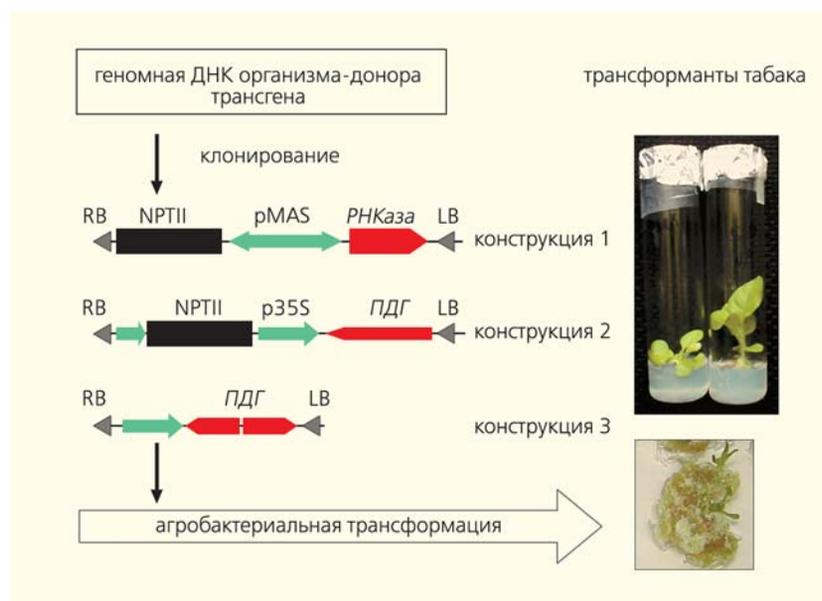


Рис.1. Схема получения генетически модифицированных растений. На первом этапе осуществляется выделение трансгена из геномной ДНК (или кДНК) организма-донора. Возможно два основных варианта генетических конструкций: содержащих белок-кодирующие трансгены (конструкция 1) или участки генов, расположенные в антисмысловой ориентации (конструкции 2 и 3). Обозначения: RB, LB — повторы, маркирующие участок ДНК в векторе, который переносится в геном растений ферментами агробактерии; NPTII — ген, экспрессия которого позволяет растениям-трансформантам расти на антибиотике канамицине; РНКаза — ген панкреатической рибонуклеазы быка; ПДГ — участки гена пролиндегидрогеназы арабидопсиса, размещенные в антисмысловой ориентации; pMAS, p35S — промоторы, управляющие экспрессией трансгенов.

трансгена представлялась оптимальной.

На следующем этапе необходимо было определить способ трансгеноза. Для двудольных растений наиболее эффективным способом генетической трансформации считается перенос генетического материала с помощью природного «генного инженера» — почвенной бактерии *Agrobacterium tumefaciens*. Специфические белковые комплексы агробактерий вырезают генетическую конструкцию, переносят ее из бактерии в клетку растений и встраивают в геномную ДНК. Для отбора трансформантов используют различные генетические маркеры: в данном случае в конструкции был использован ген неомидинфосфотрансферазы II, обеспечивающий устойчивость клеток растений к антибиотику канамицину.

Кусочки листьев табака, обработанные суспензией агробактерий, выдерживали на средах, содержащих гормоны роста растений и канамицин (см. рис.1). Полученные в результате прямой селекции устойчивые к антибиотику растения табака проанализировали на содержание трансгена и на синтез целевого белка. Ткани трансгенных растений и их потомков содержали панкреатическую рибонуклеазу быка и обладали существенно более высоким уровнем нуклеазной активности (в 7–10 раз выше по сравнению с не-трансгенными растениями).

Заключительный этап всех подобных экспериментов — испытания созданных генными инженерами растений. Их провели сотрудники Биолого-почвенного института ДВО РАН (В.И.Малиновский и М.В.Супоцкий), которые заключили: генетически модифицированные варианты табака значительно устойчивее к вирусу табачной мозаики, чем их «обычные» сородичи; если же концентрация вируса была не очень высока, трансгенные растения вообще не проявляли симптомов ин-

фекции [2]. Таким образом удалось, во-первых, проверить предположение о роли нуклеаз в системе противовирусной защиты растений и, во-вторых, предложить новый способ получения вирусоустойчивых форм растений. Более того, появилась возможность целенаправленно улучшать уже существующие сорта сельскохозяйственных растений при сохранении всего (часто уникального) комплекса их ценных характеристик. К примеру, высокопродуктивный и устойчивый к фитофторе сорт картофеля можно сделать еще и вирусоустойчивым.

Есть еще один вариант создания генетически модифицированных растений, при котором генетическая конструкция не содержит трансгенов, кодирующих белок. В этом случае используется феномен так называемого генетического сайленсинга (от англ. silencing — глушение), который используется, когда нужно отключить или снизить активность одного из собственных генов растения. В основе этого метода лежит открытие фундаментального явления

РНК-интерференции (подавления экспрессии генов с помощью двуцепочечной РНК), за которое в прошлом году была присуждена Нобелевская премия*.

Для того чтобы выключить ген-мишень, можно поступить следующим образом: выделить этот фрагмент ДНК из генома и поместить его в генетическую конструкцию в перевернутом (антисмысловом) положении (рис.2). При этом будет синтезироваться РНК, которая ничего не кодирует, но обладает способностью связываться с мРНК гена-мишени. Сформировавшиеся двуцепочечные участки включают древние механизмы посттранскрипционного генетического сайленсинга — остановку трансляции, разрушение мРНК и резкое снижение или даже полное прекращение экспрессии гена-мишени.

В качестве примера приведем эксперимент по получению растений табака, несущих антисмысловый участок гена про-

* Подробнее см.: Кленов М.С. Лауреаты Нобелевской премии 2006 года. По физиологии или медицине — Э.Файер и К.Мэлоу // Природа. 2007. №1. С.76–79.

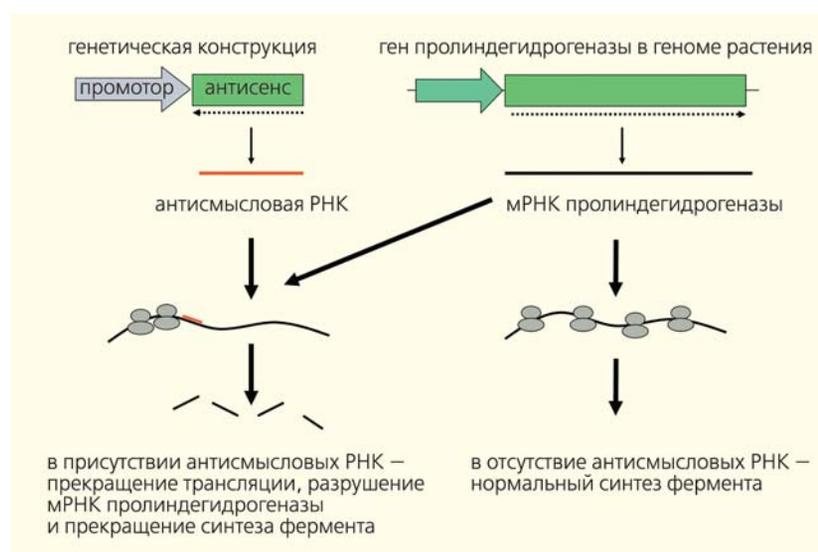


Рис.2. Синтез «антисмысловых» РНК ингибирует экспрессию гена-мишени на посттранскрипционном уровне. С этой целью используют генетические конструкции, в которых участок гена мишени расположен в «перевернутом» (антисмысловом) положении. Антисмысловая РНК ничего не кодирует и взаимодействует с мРНК гена мишени. В результате такого взаимодействия экспрессия гена-мишени резко снижается или прекращается вовсе.

линдегидрогеназы — фермента, разрушающего аминокислоту пролин. Известно, что пролин активно синтезируется в клетках растений в ответ на разные стрессовые воздействия (засоление, засуху, холод и др.). Эта аминокислота обладает уникальными свойствами — ее раствор в воде даже в высоких концентрациях не нарушает структуру белков, поэтому она может «работать» в качестве осмопротектора. Уровень пролина (как и других метаболитов) в растениях определяется балансом синтеза и распада, поэтому увеличить содержание пролина в растениях (и повысить их стрессоустойчивость) можно либо усилив его синтез, либо снизив скорость его распада.

Для инактивации гена пролиндегидрогеназы был создан набор специфических генетических конструкций, транскрибирующих антисмысловую РНК (см. рис.1, конструкция 2). Эти варианты генетических конструкций содержат минимальные количества чужеродной ДНК — лишь небольшие участки нуклеотидной последовательности вектора (см. рис.1, конструкция 3). В них не был вставлен даже ген, обеспечивающий устойчивость клеток растений к антибиотику, поскольку в качестве селекционного фактора при отборе трансгенных растений использовался не антибиотик, а стрессовый фон (в данном случае ткани растений выдерживали на средах, содержащих соль или токсичные аналоги пролина).

Анализ полученных таким образом растений табака подтвердил снижение у них активности пролиндегидрогеназы, что сказалось на увеличении содержания пролина и повышении неспецифической стрессоустойчивости (к засолению, засухе, солям тяжелых металлов и др.). Следовательно, была уточнена роль пролиндегидрогеназы и предложен метод получения стрессоустойчивых форм растений [3]. Поскольку во вве-

денных в геном генетических конструкциях нет белок-кодирующих генов (а значит, состав белков качественно не изменился), то такие растения можно, по-видимому, называть генетически модифицированными не-трансгенными растениями.

Экономическая выгода

Первые коммерческие варианты генетически модифицированных растений были разрешены к использованию в 1994 г., а спустя всего два года их выращивали в шести странах мира на площади около 1.7 млн га. В 2005 г. эти растения уже занимали 90 млн га в 21 стране, а в 2006 г. — более 102 млн га в 22 странах (таблица).

До недавнего времени большинство всех выращиваемых трансгенных сортов растений содержали либо ген устойчивости к гербицидам (71%), либо ген устойчивости к вредителям (18%) и лишь немногие (11%) — оба гена одновременно. Сейчас

создаются генетически модифицированные растения, которые будут устойчивы не только к фитопатогенным вирусам, бактериям, грибам, нематодам и насекомым, но и к засухе, заморозкам, засолению и т.д., при этом у них будет снижена аллергенность и повышена пищевая ценность (возрастет содержание незаменимых аминокислот, витаминов и т.д.) и усвояемость. Уже существует салат с увеличенным содержанием железа, обогащенная лизином кукуруза, рис, содержащий большее количество триптофана, а также «золотой рис», названный так из-за ярко-желтой окраски эндосперма, в составе которого много β-каротина. В азиатских странах уже культивируются модифицированные сорта риса, способные в будущем полностью обеспечить население необходимым количеством витамина А [4].

Вполне вероятно, что в недалеком будущем будут созданы генетические модификации, в которых задействованы десятки и сотни взаимосвязанных ге-

Таблица

Посевные площади, занятые трансгенными растениями в 2006 г., млн га (<http://www.isaaa.org>)

Страна	Площадь	Генетически модифицированные растения
США	54.6	Соя, кукуруза, хлопчатник, рапс (канола), папайя, люцерна
Аргентина	18.0	Соя, кукуруза, хлопчатник
Бразилия	11.5	Соя, хлопчатник
Канада	6.1	Канола, кукуруза, соя
Индия	3.8	Хлопчатник
Китай	3.5	Хлопчатник
Парагвай	2.0	Соя
Южная Африка	1.4	Кукуруза, соя, хлопчатник
Уругвай	0.4	Соя, кукуруза
Филиппины	0.2	Кукуруза
Австралия	0.2	Хлопчатник
Румыния	0.1	Соя
Мексика	0.1	Хлопчатник, соя
Испания	0.1	Кукуруза
Колумбия	<0.1	Хлопчатник
Франция	<0.1	Кукуруза
Иран	<0.1	Рис
Гондурас	<0.1	Кукуруза
Чехия	<0.1	Кукуруза
Португалия	<0.1	Кукуруза
Германия	<0.1	Кукуруза
Словакия	<0.1	Кукуруза

нов, существенным образом изменяющих фенотип, физиологические и биохимические характеристики растений. Такие генетически модифицированные растения помогут решить самые сложные проблемы сельского хозяйства — адаптировать растения к выращиванию в климатически неблагоприятных районах и на проблемных почвах, максимизировать их продуктивность и пищевую ценность. В настоящее время при планировании генетических модификаций используется информация, полученная при полномасштабном исследовании транскриптома (совокупности транскриптов) и протеома (всех белков) растительной клетки. Кроме того, проводится сравнительный анализ различных генотипов растений (например, сравнение чувствительного и устойчивого к фитопатогену сортов растений). Все эти данные позволяют реконструировать генные и метаболические сети, определяющие возможные мишени для внесения генетических модификаций.

Особого внимания заслуживает производство в трансгенных растениях белков медицинского назначения (интерферонов, интерлейкинов, факторов роста, антител и др.). Работы в этом направлении ведутся и в нашем институте в лаборатории гетерозиса растений под руководством В.К.Шумного, где, в частности, получены сорта табака и моркови, экспрессирующие некоторые интерлейкины человека. Такие «фабрики» биологически активных веществ при соблюдении определенных условий (идентичности структурно-функциональных характеристик нативного варианта белка и трансгенных вариантов, надежной и эффективной системе выделения и очистки из тканей растений) экономически выгоднее, чем, например, выделение белков из культуры клеток человека или крови.

Отдельно следует упомянуть о так называемых «живых вакци-

нах» — растениях, синтезирующих белок какого-либо патогена, к которому у человека или животного, съевших такое растение, должен развиться иммунитет. В литературе описаны уже десятки подобных генетически модифицированных растений, многие из которых в настоящее время уже проходят клинические испытания и вскоре, по видимому, могут быть использованы для массовой вакцинации в странах с низким уровнем жизни населения, поскольку крайне дешевы в производстве. Очень перспективный подход для создания биопродуцентов и «живых вакцин» — экспрессия чужеродных генов не в ядерном геноме растений, а в геноме хлоропластов. Эта технология более безопасна и позволяет получать высокие уровни наработки белков. Согласно литературным данным, получены растения-биопродуценты γ -интерферона, соматотропина и сывороточного альбумина человека, «живые вакцины» против сибирской язвы, чумы, холеры, гепатитов В и С и др. [5].

Биобезопасность

Если экономическая выгода от использования генетически модифицированных растений очевидна (к слову, их выращиванием занимается около 10 млн фермеров), то их безопасность по-прежнему вызывает жаркие споры, давно вышедшие за пределы лабораторий и научных форумов. И это несмотря на то, что до сих пор не получено ни одного достоверного подтверждения вредоносных качеств ни одного из этих растений. Превеличение их опасности, надо сказать, часто связано с недостатком знаний и информации.

По понятным причинам наибольшее беспокойство вызывает вероятность переноса генетического материала трансгенного растения в геномы других организмов. «Утечка» трансгена в сельскохозяйственные или ди-

корастущие родственные виды может произойти в результате скрещиваний. Такие ситуации стараются предотвращать: используют растения-самоопылители, изолируют посевы трансгенных растений, тщательно анализируют возможные последствия такого переноса и вероятность фиксации трансгена в популяциях диких или культурных растений и т.д.

Однако чаще в средствах массовой информации обсуждается возможность внедрения трансгенов в геномы почвенных микроорганизмов, организмов-симбионтов желудочно-кишечного тракта животных (в том числе человека) и, наконец, в геном самого человека, что, естественно, вызывает наиболее выраженный эмоциональный отклик в обществе.

К сожалению, мало кто задумывается, что человек, как и все прочие гетеротрофные организмы, постоянно сталкивается с огромным количеством чужеродной ДНК (около 0.1% ее содержится в пище, не говоря уже о разнообразных микроорганизмах — симбионтах и паразитах). Ранее считалось, что пищеварительная система млекопитающих, содержащая большое количество неспецифических нуклеаз, — непроницаемый барьер для чужеродной ДНК (за исключением специализированных вирусов). Однако небольшой ее «дрейф» в клетки человека, оказывается, возможен. Этот вывод основан на результатах экспериментов, в которых в рацион мышей добавляли препараты, содержащие маркерные ДНК, — их фрагменты выявлены в ядрах некоторых клеток эпителия желудка и кишечника, а также клеток крови (лейкоцитов), печени, почек и селезенки мышей [6].

Важно понимать, что между трансгенами и «обычными» генами, поступающими с пищей, нет никакой разницы. К примеру, в некоторых клетках пищеварительной системы мышей, которых кормили соей, обнару-

жены фрагменты ее генов. Да и в клетках крови людей — добровольных участников эксперимента, которых «угощали» мясом кролика (приготовленным, не сырым!), — найдены небольшие фрагменты как геномной, так и митохондриальной ДНК кролика [7]. Учитывая все это, следует спокойнее, на наш взгляд, относиться и к результатам проверки генетической безопасности трансгенных растений. Действительно, в клетках крови, печени, селезенки и почек свиней, которых кормили трансгенной кукурузой, несущей ген инсектицидного Вt-токсина, обнаружены не только фрагменты различных генов растения, но и небольшие функционально неактивные участки трансгена. Обращаю внимание, что в этой серии экспериментов и те, и другие нуклеотидные последовательности ДНК выявлены в соматических, а не в клетках зародышевой линии, поэтому ни о какой передаче чужеродного генетического материала потомству говорить не приходится. Кроме того, еще никому не удалось обнаружить экспрессию проникших с пищей фрагментов генов или какие-то негативные последствия их присутствия. Ясно, что природа умеет справляться с любой чужеродной ДНК, и тем более трансгенной, доля которой столь ничтожна, что просто неразумно предполагать, что она будет обладать специальным вредоносным эффектом.

Противники генетической трансформации растений говорят также о непредсказуемом влиянии трансгена на метаболизм и биохимию самого растения: новый ген может вызвать нарушение работы генов (их модификацию, выключение или активацию), что теоретически может привести к синтезу метаболита с токсическим или онкогенным эффектом. Вероятность такого события крайне мала и в равной степени относится к обычной селекции, последствия которой столь же (если не более) непредсказуемы, однако об этом никто, как правило, не говорит.

Вспомним, как получают новый сорт растения традиционными методами, без трансгеноза. Во многих случаях этот процесс включает мутагенез с помощью радиоактивного излучения или химических препаратов, отбор «перспективных» мутантов с искомыми характеристиками и создание нового сорта с помощью серии скрещиваний и тщательного отбора. Даже если мутагенез не используется, любой новый сорт представляет собой оригинальную уникальную комбинацию аллелей (природных вариантов генов), полученную при скрещивании различных (непохожих друг на друга) представителей данного вида. Вероятность того, что в результате этих манипуляций в метаболизме растения нового сорта произойдут сдвиги с негативным эффектом, точно такая же, как при

трансгенозе или даже выше. Однако в данном случае никто не обсуждает эту потенциальную опасность всерьез, поскольку селекция сельскохозяйственных растений практикуется человеком тысячи лет и рассматривается в качестве одного из ключевых достижений нашей цивилизации.

Безусловно, следует тщательно оценивать возможные негативные последствия от попадания чужеродной ДНК в клетки желудочно-кишечного тракта человека и геномы микроорганизмов-симбионтов, а также детально анализировать биологическую безопасность пищи, в состав которой входят трансгенные растения. Так и делается. Однако нет никакой необходимости *a priori* считать такую пищу «генетически» опасной, основываясь только на факте присутствия трансгена: во всех разрешенных случаях эти гены кодируют безопасные для человека белки. Уже пора признать, что мы живем в окружении чужеродных ДНК, и появление в геноме сельскохозяйственных растений или животных новых генов не меняет ситуацию качественно, равно как и отказ от генной модификации организмов ни в коей мере не решит проблему «генетической» безопасности. Единственный (и естественный для *Homo sapiens*) выход в такой ситуации — развивать науку и исследовать природу, не останавливаясь на достигнутом и не подменяя реальные ситуации и опасности вымышленными. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 02-04-4508 и 05-04-48207) и Государственной программы исследований научных школ Российской Федерации (528.2006.4).

Литература

1. Gurr S.J., Rushton P.J. // Trends Biotechnol. 2005. №23. P.275—282.
2. Trifonova E.A., Sapotsky M.V., Komarova M.L. et al. // Plant Cell Reports. 2007. (в печати; PMID: 17242942)
3. Колодяжная Я.С., Тутов С.Е., Кочетов А.В. и др. // Генетика. 2006. №42. С.278—281.
4. Paine J.A., Sbipton C.A., Chaggar S. et al. // Nat. Biotechnol. 2005. №23. P.482—487.
5. Daniell H. // Biotechnol. J. 2006. №1. P.1071—1079.
6. Palka-Santini M., Schwarz-Herzke B., Hosel M. et al. // Mol. Genet. Genomics. 2003. №270. P.201—215.
7. Forsman A., Ushameckis D., Bindra A. et al. // Mol. Genet. Genomics. 2003. №270. P.362—368.

Комета Макнота

В.Г.Сурдин,
кандидат физико-математических наук
Москва

В январе человечество любовалось замечательной кометой Макнота, заслужившей титул Большой кометы 2007 г. Ее официальное обозначение С/2006 Р1 говорит о том, что открыта она была в первой половине августа 2006 г. Сделал это астроном Р.Макнот (R.McNaught) на австралийской обсерватории Сайдинг Спринг с помощью 0.5-метрового телескопа системы Шмидта. Никто

не ожидал тогда, что через полгода комета сделается настолько яркой.

Это уже не первая комета Макнота и далеко не первое открытие, осуществленное с помощью весьма скромного телескопа, принадлежащего Университету г.Упсала (Швеция). По программе поиска астероидов и комет, сближающихся с Землей, этот телескоп с 2004 г. обнаружил около 30 новых комет. Большинство из них были с трудом различимы в те-

лескоп, но комета Макнота побилла все рекорды: она оказалась ярчайшей на земном небе за последние 40 лет. Впрочем, почти столь же эффектно выглядела памятная многим комета Хейла—Боппа 1997 г. [1].

Из многих сотен комет, открытых астрономами за последние два столетия, около 20 получили титул «большой кометы» или «кометы века». Вероятно, самой известной стала комета 1811 г., о которой писал

© Сурдин В.Г., 2007



Комета Макнота (С/2006 Р1), сфотографированная 19 января 2007 г. с горы Сьерро-Паранал (Европейская южная обсерватория, Чили). Слева, почти у самого горизонта, видна яркая голова кометы. Справа, вблизи горизонта, — сильно передержанное изображение заходящей Луны. Хвост кометы простирается над гладью Тихого океана на северо-запад и уходит глубоко под горизонт к северу; в эти дни он хорошо был виден и в средних широтах Северного полушария.

ESO Press Photo 05i/07 (19 January 2007)

Лев Толстой в «Войне и мире», по ошибке отнес ее к 1812 г., и появление которой суеверные люди сочли предвестием вторжения армии Наполеона в Россию. Когда эта комета достигла перигелия, она оказалась на расстоянии около 1 а.е. от Солнца и была видна с Земли в околополярной области с вечера до рассвета. В сентябре и октябре блеск кометы сравнялся с яркостью звезд первой и даже нулевой величины. В то время комета двигалась от созвездия Большой Медведицы к созвездию Геркулеса и имела два ярких хвоста: один прямой, газовый, а другой сильно изогнутый, пылевой. Длина хвостов составляла 25°. Большая комета 1811 г. была видна невооруженным глазом почти девять месяцев!

Далеко не все яркие кометы видны так долго. Если причиной повышенной яркости служит их тесное сближение с Солнцем, то длится это недолго. Например, Большая мартовская комета 1843 г. прошла на расстоянии всего 120 тыс. км от солнечной поверхности, что составляет десятую часть диаметра Солнца. В течение нескольких часов 28 февраля 1843 г. она оставалась ярче любой кометы, появлявшейся за предшествующие семь столетий. Ее яркость в тот момент более чем в 60 раз превысила яркость полной Луны.

Заметим, что кометам случалось подлетать и еще ближе к Солнцу. Так, Большая южная 1887 г. пронеслась всего в 29 тыс. км от поверхности Солнца через внутреннюю корону. Это случи-

лось 11 января 1887 г., а уже 18 января ее заметили сразу же многие наблюдатели без помощи оптических инструментов: она имела яркий прямой хвост длиной более 40°. Кстати, именно потому, что подобные кометы раньше замечало сразу большое число людей, трудно было установить первооткрывателя, чтобы по традиции дать комете его имя. Так они и становились «большими кометами». Сегодня это уже невозможно: ловцы комет вооружены прекрасной оптикой и связью, так что всегда кто-то оказывается первым, сообщившим об открытии.

Список великих комет XX в. открывает Большая комета 1910 г. Ее нередко путают с кометой Галлея, наблюдавшейся в том же году, но несколько позже, и не выглядевшей столь эффектно. Первым астрономом, зафиксировавшим появление Большой кометы 1910 г., был Р.Иннес из Капской обсерватории Южно-Африканской Республики. Это случилось 17 января, но несколькими днями раньше ее как будто бы заметили шахтеры с алмазных приисков в Южной Африке. Уже при своем появлении комета имела –2-ю звездную величину, а позже превзошла блеском Венеру, достигнув –5-й величины. Именно поэтому в ее названии сохранилось определение «видимая при дневном свете» — Daylight comet 1910.

Последней великой кометой XX в. была уже упомянутая комета Хейла—Боппа. Она развернула два великолепных хвоста — газовый и пылевой, на несколько месяцев приковав внимание

специалистов и миллионов простых землян. К сожалению, ее появление не только принесло научные результаты, но и выявило неприглядные стороны общественной жизни. Как и 100 лет назад, когда раздутая газетчиками кометная истерия вызвала всеобщий страх по поводу «отравления Земли кометными газами», явление яркой кометы в конце XX в. тоже привело к печальному результату. Грандиозная картина кометы Хейла—Боппа (а она хорошо была видна даже в центрах мегаполисов, таких как Москва) вызвала человеческие жертвы. Известно, например, о массовом самоубийстве 38 членов секты «Врата небес» (Heaven's Gate), ожидавших пришествия НЛО. Впрочем, учитывая размер кометных ядер (от единиц до десятков километров), жертв могло бы быть больше при непосредственной встрече кометы с Землей. И это одна из причин, по которой астрономы внимательно следят за кометами.

Вернемся в наши дни. Хотя комету Макнота уже нарекли Величайшей кометой XXI в., не будем забывать, что век только начинается. Неизвестно, какие сюрпризы с неба он нам преподнесет. Яркие кометы представляют не только эстетический интерес.

Как правило, эти тела в своей истории еще не претерпевали тесного сближения с Солнцем. Их первородное вещество ранее не испытывало нагрева и переработки. Поэтому оно представляет особую ценность для исследователей прошлого Солнечной системы. ■

Литература

1. Чилингарян И.В. Незабываемая комета // Природа. 1997. №8. С.52—53.

Гении мимикрии

А.А.Бенедиктов,

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Мимикрия среди насекомых и пауков развита довольно широко, однако в последнее время публикуются новые интересные факты на эту тему. Так, совсем недавно было обнаружено подражание костариканской бабочки *Brentbia hexaselena* из семейства риодинид (Riodinidae) тропическому прыгающему пауку *Phiale formosa* (Salticidae), причем не только в окраске, но и в поведении [1]. Эта бабочка, обитающая бок о бок с пауком-хищником, копирует его движения, тем самым решая вопрос собственной безопасности и избегая постоянной необходимости спасаться бегством. Однако не только насекомые могут имитировать пауков, но и пауки способны маскироваться под насекомых. Пример тому — австралийские пауки-сальтициды из рода *Mymarachne*, искусно подражающие муравьям, которыми они, кстати, и питаются [2].

Но одно дело — читать о том, как тропические насекомые и пауки обманывают своих собратьев, и совсем другое — когда сам становишься обманутым искусным подражателем, казалось бы, хорошо изученной европейской фауны. Как раз такой случай недавно произошел со мной.

Однажды мое внимание привлекли крупные, часто величинной с грецкий орех, галлы на стеблях чертополохов, или бодяков (*Cirsium spp.*). В прошлый 2006 год встречались они практически повсюду в местах моих экскурсий от Москвы до Санкт-Петербурга. Попытки вывести из них взрослых насекомых заканчивались неудачей. Срезанные

и поставленные в воду растения чаще всего погибали еще до выхода обитателей галлов, а из высушенных растений никто не появлялся. Однако, будучи в Санкт-Петербурге, я вскрыл ножом один галл и извлек из него пару куколок (пупариев) белого цвета, которые явно принадлежали каким-то двукрылым (Diptera).

Пупарии пережили переезд в Москву, где были помещены в прозрачную пластиковую емкость, которую я поставил в полутень на рабочем столе для удобства наблюдений. Прошло около месяца, когда обнаружилось, что один из них потемнел и начал усыхать. Его гибель была очевидна. Второй же оставался светлым, потемнев только на вершинах. Решив, что и его постигла та же участь, я прекратил наблюдения. Как выяснилось позже — зря. Когда я вспомнил о пупарии, было уже поздно: момент выхода его обитателя я не проследил, но на дне баночки что-то лежало, не подавая признаков жизни. Открыв ее и взглянув несфокусированным взглядом, я не поверил своим глазам: на дне находился, характерно пождав ноги, небольшой, миллиметров шесть в длину, паук. «Что за ерунда? — подумал я, — Пауки не могут окукливаться в пупарии, да и паразитические пауки неизвестны!». Но сердце уже стучало от волнения: «Фантастика какая-то!». Я приблизил горлышко банки вплотную к лицу и стал пристально вглядываться в паука. Каково же было мое изумление, когда «паук» оказался мухой из семейства пестрокрылок (Tephritidae) с характерным рисунком на крыльях в виде темных волнистых полос, действительно напоминающих скрюченные ноги паука!

Я рассказал эту историю на кафедре энтомологии МГУ специалисту по двукрылым Г.В.Фарафоновой и из разговора понял, что функциональное значение рисунка у этого вида специально еще не изучалось. Она определила муху, за что я ей весьма признателен, как пестрокрылку чертополоховую (*Urophora cardui*) — вид, широко распространенный от стран Западной Европы до России (на восток до Урала и Южной Сибири). Встречается он также в Казахстане и Передней Азии (Сирия), а кроме того, завезен в Северную Америку и Новую Зеландию.

Меня заинтересовал специфический рисунок на крыльях мух-тефритид, и я стал искать в литературе сведения о его значении. Оказалось, что этот вопрос рассматривается учеными с двух позиций: половая сигнализация и мимикрия [3—5]. Причем что касается мимикрии, то существуют еще два североамериканских вида (*Zonostemata vittigera* и *Rhagoletis zephyria*), как раз подражающие паукам-сальтицидам сходным с нашей чертополоховой пестрокрылкой образом: если смотреть на этих мух сзади, то узор на их крыльях создает иллюзию паука, смотрящего прямо на наблюдателя. Как сообщали авторы, такое сходство удерживает пауков от нападения на мух. В связи с этим становится понятным относительно медлительное поведение взрослых чертополоховых пестрокрылок, которые мало и весьма неохотно летают и, как бы ничего не опасаясь, передвигаются по растениям пешком.

Но оказывается, что тефритиды могут подражать не только паукам. Интереснейшее наблю-



Муха чертополоховая пестрокрылка. Справа: виден только рисунок на крыльях, делающий муху похожей на паука. Внизу: галл на стебле бодяка — дом, в котором обитают личинки мухи чертополоховой пестрокрылки.

Фото автора



дение я нашел в книге П.И. Мариковского «Насекомые защищаются» [6]. Вот что писал этот исследователь еще 30 лет назад.

«Однажды я встретил насекомое, которое усвоило еще более оригинальный способ подражания.

...В предгорьях Заилийского Алатау, пока еще не выгорела трава, много насекомых. Вот на синий цветок садится какая-то муха. Но, наверное, она куда-то уже ускользнула, так как на цветке ее нет, и только два муравья тащут добычу и, как это бывает с ними, никак не могут обойтись без взаимных притязаний. Вот один из муравьев одолел другого и помчался с ношей в свою сторону, но победенный собрался с силами и поволол добычу в обратном направлении. Временная неудача не обескураживает противника — он уперся, задержал движение. Наконец, не сумев пересилить друг друга, муравьи стали дергать и трепать добычу, таская ее в разные стороны. Что за добыча, из-за которой так долго можно ссориться?

Едва мой пинцет прикасается к драчунам, как муравьи мгновенно исчезают, скрываются куда-то вверх и в сторону, а на синем цветке пусто. Может быть, мне все только показалось? Да и муравьи ли это? Пораженный догадкой, что драке забияк под-

ражало какое-то насекомое, я начинаю тщательно осматривать такие же синие цветки.

Вот на одном цветке муравьи опять тащат добычу и очень похожи на виденных раньше. Нужно скорее вытащить из рюкзака большую лупу: в нее можно смотреть издали, не пугая насекомых.

Догадка оправдалась! Сразу все стало понятным: на цветке ползала, кривляясь и подергиваясь из стороны в сторону, небольшая мушка, а на ее стеклянно-прозрачных крыльях было будто нарисовано по одному черному муравью. Рисунок казался очень правдоподобным и, дополняемый необычными движениями, усиливал впечатление.

Мушка принадлежала к семейству пестрокрылок, ее видовое название *Aciura coryli*. У

большинства видов этого семейства крылья покрыты ясно очерченными темными пятнами и кажутся пестрыми. Личинки почти всех пестрокрылок развиваются в тканях различных растений и чаще всего в цветах. Но о мушке, подражающей муравью, энтомологи, пожалуй, не знают.

Осознав, как ловко меня обманула пестрокрылка чертополоховая, прикинувшись «пауком», я полностью верю рассказу Мариковского о «муравьях, тащащих свою добычу». Здесь стоит заметить, что и я, и Мариковский смотрели на мух с некоторого расстояния «рассеянным» взглядом, т.е. насекомые были «не в фокусе», и только контрастные темные полосы на крыльях, а также темное тело мух создавали иллюзию перево-

площения. Скажу честно, что сам процесс возникновения таких «осмысленных» рисунков, как в случае с «муравьями на крыльях», всегда оставался для меня неразрешимой загадкой.

В надежде отыскать новых искусных подражателей среди мух-пестрокрылок, я специально просмотрел коллекцию на кафедре энтомологии МГУ. Однако меня ждало разочарование. То, что можно было видеть у живых или погибших, но в естественных позах, насекомых, совершенно пропадало у расплавленных и наколотых экземпляров, или у насекомых, застывших в нехарактерных для них положениях. Вот так природа скрывает от нас свои секреты, говоря о том, что изучать ее нужно только по живым объектам и/или без грубого вмешательства. ■

Литература

1. Rota J., Wagner D.L. // PLoS ONE. 2006. V.1. №1. P.e45.
2. Ceccarelli F.S., Crozier R.H. // Journal of Evolutionary Biology. 2007. V.20. №1. P.286—295.
3. Greene E., Orsak L.J., Withman D.W. // Science. 1987. V.236. P.310—312.
4. Mather M.H., Roitberg D.B. // Science. 1987. V.236. P.308—310.
5. Sivinski J., Pereira R. Do wing markings in fruit flies (Diptera: Tephritidae) have sexual significance? // Florida Entomologist. 2005. V.88. №3. P.321—324.
6. Мариковский П.И. Насекомые защищаются. М., 1977.

Уже целое столетие ботаники и лесоводы озадачены состоянием лесов у горы Килиманджаро: почему они так бедны видами? Особенно загадочно отсутствие бамбука — ведь он успешно растет в других лесах Восточной Африки. Экологи Университета Байрета (Германия) объясняют этот феномен малочисленностью обитающих здесь слонов: присутствие больших слоновьих стад способствовало бы распространению семян бамбука, однако подниматься по сырým и достаточно

крутым склонам, к тому же порезанным глубокими долинами, слонам очень трудно. Эти же особенности рельефа затрудняют лесопосадки.

Sciences et Avenir. 2006. №717. P.38 (Франция).

Природоохранные организации протестуют против проведения соревнований по извлечению из нор барсуков и лисиц. Последний такой международный чемпионат проходил во Франции. После того как с

помощью собак породы фокс-терьер (их участвовало около сотни) охотники убеждались, что все другие лазейки закрыты, они щипцами извлекали еще живых обитателей нор. Эта варварская практика, берущая свои истоки в Средневековье, продолжается, несмотря на то что барсук взят под защиту в Италии, Ирландии, Испании, Греции, Бельгии, Великобритании, Голландии.

Terre Sauvage. 2006. №218. P.51 (Франция).

Глубокое бурение в Антарктиде: новые проекты



П.Г.Талалай

Во время Международного полярного года 2007–2008 в Антарктиде будут проведены поиски новых перспективных точек для глубокого бурения и отбора ледяного керна, который за последние десятилетия стал одним из важнейших источников информации о климате прошлого Земли. За всю историю исследований на ледовом континенте пробурено пять глубоких скважин. В результате анализа образцов льда получены уникальные данные о температуре, атмосферных осадках, химическом составе и запыленности атмосферы на разных этапах развития планеты.

Чтобы получить подробную палеоклиматическую информацию за длительный период, нужен древний лед, но получить его непросто, поскольку на формировании ледникового покрова оказывают влияние локальные факторы: скорость течения, интенсивность снегонакопления, рельеф дна (табл.1). Долгое время рекорд «старости» принадлежал керну льда, извлеченного американцами на станции Бэрд, где во второй половине 60-х годов сотрудники Лаборатории научных и инженерных исследований полярных районов армии США — USA CRREL (US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory) пробурили скважи-



Павел Григорьевич Талалай, кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного горного института им.Г.В.Плеханова. Область научных интересов — разработка технологии и техники глубокого бурения скважин во льдах Антарктиды и Гренландии. Участник 35-й Советской антарктической экспедиции 1989–1991 гг. (станция «Восток»). Неоднократно печатался в «Природе».

ну через всю толщу ледникового покрова [1]. Возраст льда с забоя скважины оказался равным 65 тыс. лет.

Однако было ясно, что это не предел. Основной фактор формирования мощных ледниковых толщ — удельная аккумуляция (масса снега, накапливающегося ежегодно на единицу площади) — на станции Бэрд очень высока, как и толщина годовых слоев снега, аккумулированного на поверхности ледникового покрова.

Предполагалось, что российская станция Восток по своим гляциоклиматическим характеристикам расположена в идеальном районе для реализации проекта глубокого бурения. Минимальная удельная аккумуляция (в семь раз меньше, чем на станции Бэрд) и значительная мощность ледникового покрова

позволяли надеяться, что именно здесь залегает древнейший лед Антарктиды.

Начиная с 1970 г. в течение нескольких десятилетий сотрудники Санкт-Петербургского государственного горного института проводили здесь буровые работы [2]. За годы упорного труда три скважины превысили двухкилометровую отметку, а бурение последней скважины глубиной 3650 м еще не закончено. Оказалось, что до глубины 3538 м (возраст льда на этой отметке равен примерно 420 тыс. лет) залегает ледниковый лед. Глубже находится 210-метровый слой конгляционного льда, образовавшегося за счет замерзания воды из озера, расположенного под ледниковым покровом.

«Восточный» керн дал возможность детально реконструир-

ровать историю климата и атмосферы Земли на протяжении последних четырех ледниковых и пяти межледниковых периодов. По образному выражению одного из основателей современной палеоклиматологии Б.Штауфера, Восток стал «рогом изобилия» уникальных палеоданных для климатологов всего мира. Однако и после этого ученые продолжали искать в Антарктиде более древний лед. Причина простая — в глубинных слоях под станцией Восток за счет особенностей движения льда по линии тока происходит линейное увеличение удельной аккумуляции, а значит, в других внутриконтинентальных областях Антарктического ледникового покрова он может быть и старше.

В середине 1990-х годов был основан Европейский проект колонкового бурения в Антарктиде EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica), в соответствии с которым несколько лет назад были сооружены две глубокие скважины через весь разрез ледникового покрова. Предварительные исследования



Расположение пяти уже пробуренных и двух планируемых (красные точки) глубоких скважин.

ледяного керна, полученного при бурении первой скважины проекта EPICA на так называемом Куполе С в Восточной Антарктиде, охватили рекордный

период времени — 740 тыс. лет [3]. Более детальное изучение изотопного состава керна льда увеличило возраст керна с забоя этой скважины до 800 тыс. лет.

Таблица 1

Основные характеристики глубоких скважин в Антарктическом ледниковом покрове

Станция	Координаты	Высота над уровнем моря, м	Мощность ледникового покрова, м	Среднегодовая температура на поверхности, °С	Удельная аккумуляция, г/см ²	Годы бурения	Глубина скважины, м	Возраст льда на забое, тыс. лет
Пробуренные скважины								
Бэрд	80°91' ю.ш., 119°31' з.д.	1530	2153	-25	14.4	1966–1968	2164	65
Восток	78°28' ю.ш., 106°48' в.д.	3488	3750	-56	2.1	1980–1985	2202	160
						1983–1989	2546	200
						1990–2006	3650	420
Купол С	75°06' ю.ш., 123°23' в.д.	3233	3280	-55	2.5	2000–2005	3270	800
Конен	75°00' ю.ш., 0°04' в.д.	2882	2770	-44	6.4	2001–2006	2774	~900
Купол F	77°22' ю.ш., 39°37' в.д.	3800	3044	-58	2.3	2003–2006	3029	~1000
Планируемые скважины								
Восточная Антарктида	–	–	–	–	<3–4	после 2010	–	1200–1500
Ледораздел WAIS	79°28' ю.ш., 112°05' з.д.	1759	3485	-31	24	2006–2012	–	100
Восток 200	~76.5° ю.ш., ~103° в.д.	3530	4100	-56	3–4	после 2010	–	>1000

Этот рекорд был побит ровно через год, когда на немецкой сезонной базе Конен специалисты Института полярных и морских исследований AWI (Alfred-Wegener-Institut fuer Polar- und Meeresforschung) завершили бурение второй скважины проекта EPICA [4]. 17 января 2006 г. глубокая скважина на базе Конен при подходе к подледниковому ложу на глубине 2774 м вскрыла подледниковые водные отложения. Возраст поднятого с забоя скважины льда — около 900 тыс. лет.

Но и этот рекорд продержался только несколько дней. 23 января 2006 г. глубокая скважина, пробуренная на станции Японской антарктической экспедиции Купол Ф, достигла глубины 3028 м. В сезон 2006—2007 гг. японские специалисты намерены еще немного углубить эту скважину — до подледникового ложа ледника, согласно геофизическим данным, осталось около 15 м. Предварительные исследования ледяного керна, поднятого с забоя, принесли фантастический результат: возраст льда — примерно 1 млн лет.

Этот временной отрезок охватывает практически весь последний период истории Земли — четвертичный, в течение которого рельеф, климат, растительность и животный мир приняли привычный современный облик. Именно с четвертичным (антропогенным) периодом связано и эволюционное формирование вида *Homo sapiens*, в изучении которого существует немало белых пятен, «закрывать» которые, возможно, помогут исследования древнего льда Антарктиды.

«Полтора миллиона лет»

Исследования ледяного керна подтвердили, что мы живем в эпоху относительно мягкого межледникового периода, при этом периоды потепления—похолодания составляют примерно 100 тыс. лет. Предпо-

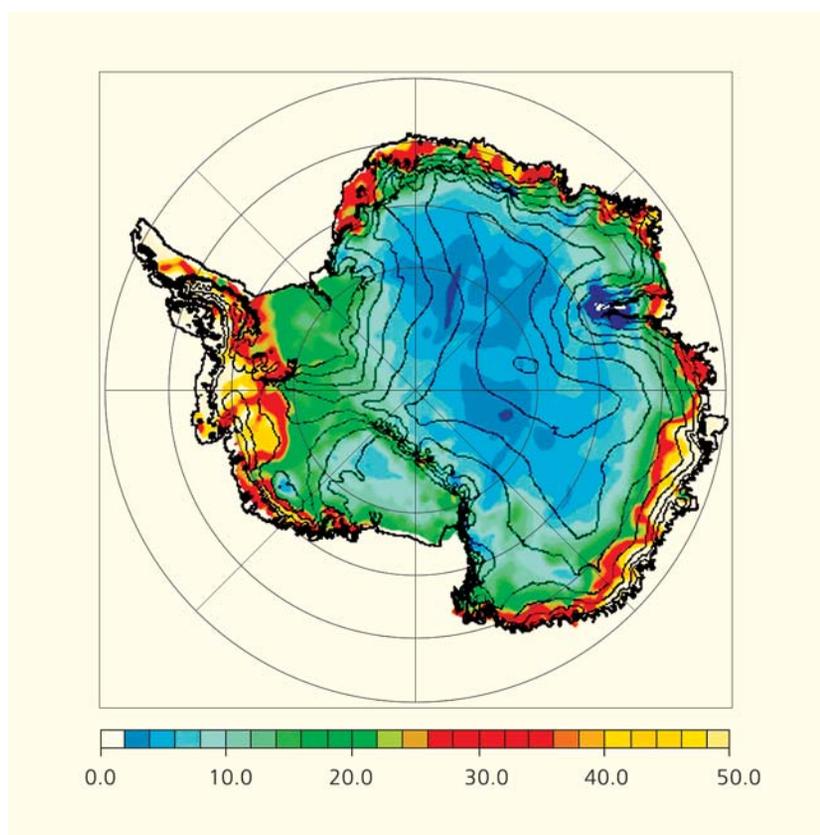
лагается, что причина этих циклов — периодическое изменение потока тепловой энергии, выделяемого нашей планетой. Крайне ничтожное в количественном отношении, оно имеет глобальные последствия для атмосферы и экологии Земли. Малейшее снижение потока тепловой энергии приводит к уменьшению содержания оксида углерода в атмосфере Земли, падению среднегодовых температур, увеличению площади оледенения, понижению уровня океана и т.д.

Самый древний керн льда, извлеченный из скважин, имеет возраст около 1 млн лет. Исследования изотопного состава донных морских отложений принесли очень любопытный результат: примерно 1 млн — 900 тыс. лет назад более короткие циклы ледниковья — межледниковья в 40 тыс. лет смени-

лись «современными» 100-тысячными периодами. Подтвердить или опровергнуть эти выводы смогут исследования керна древнего льда, имеющие значительно более высокое разрешение и достоверность.

В итоге это даст ключ к решению многих загадок истории Земли: прояснит роль содержания оксида углерода в формировании климатических изменений, выявит новые обстоятельства угасания одних биологических видов и расцвета других, раскроет некоторые «белые пятна» происхождения человека.

Гляциологи Э.Брук (Университет штата Орегон, США) и Э.Вульф (Британская антарктическая служба) считают, что возможность извлечения керна льда возрастом более 1 млн лет существует [5]. Потенциальный район глубокого бурения нахо-



Удельная аккумуляция (г/см^2) ледникового покрова Антарктиды. Ее низкие значения (темно-голубые пятна) — один из основных критериев выбора точки глубокого бурения для проекта «Полтора миллиона лет».

дится во внутриконтинентальных областях Восточной Антарктиды. Он должен иметь высокую мощность ледникового покрова, низкую удельную аккумуляцию, минимальную скорость движения и плоское подледниковое основание.

Для выбора точки бурения во время Международного полярного года 2007–2008 гг. предполагается провести:

- радиоэкозондирование перспективных участков с борта самолета;
- наземные исследования с бурением неглубоких скважин;
- изучение картографических данных спутниковой съемки;
- моделирование снегонакопления и динамики антарктического ледникового покрова.

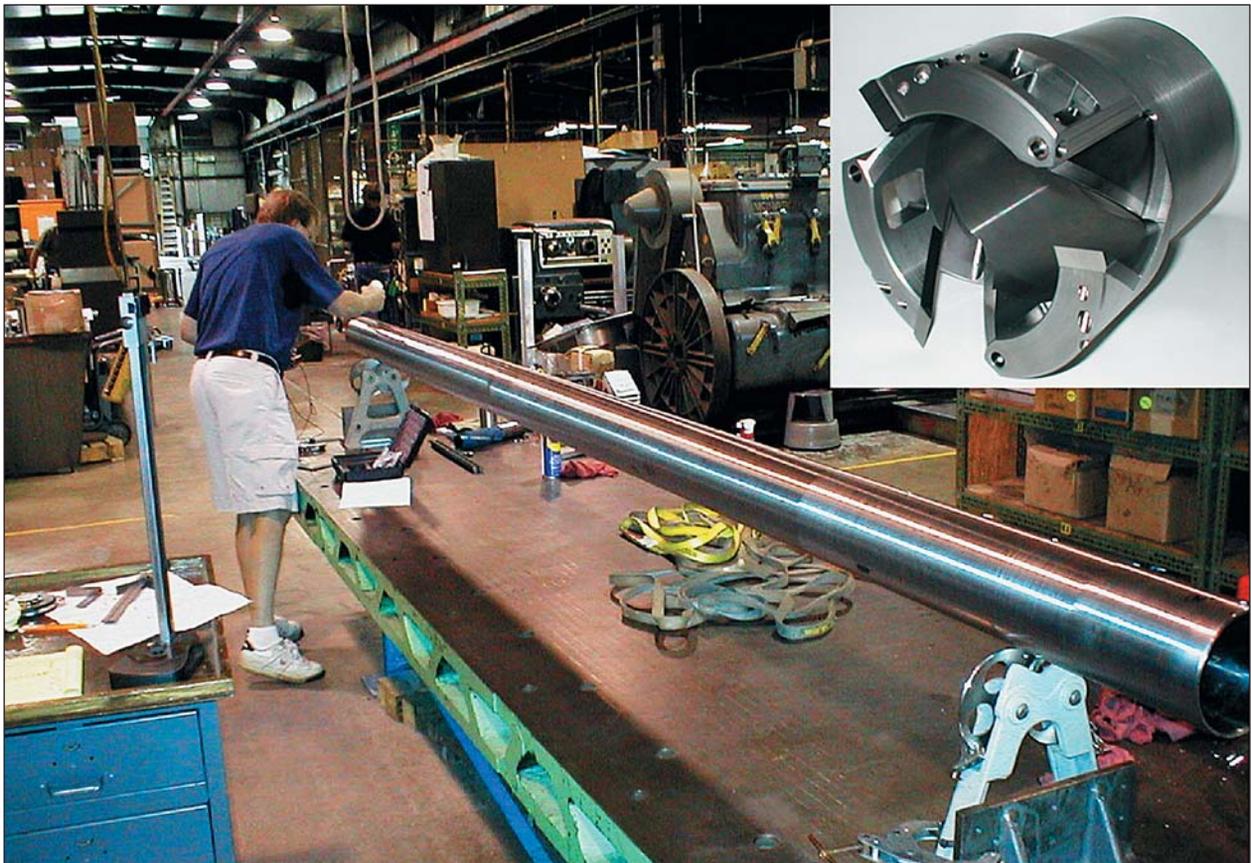
Эти исследования должны выявить одну или, может быть, несколько перспективных точек

бурения, где возраст льда на забое скважины окажется равным не менее 1.2 млн лет (и даже может достичь, по мнению авторов проекта, 1.5 млн лет).

Масштабные научно-исследовательские работы во внутренних районах Антарктиды предполагается провести в рамках сотрудничества между 18 странами — членами международного движения IPICS (International Partnership in Ice Core Sciences), созданного несколько лет назад для координации разнообразных исследований в области бурения ледников и исследования ледяного керна. Предварительные рекогносцировочные работы проекта глубокого бурения «Полтора миллиона лет» планируется завершить к 2010 г., а само глубокое бурение начать в ближайшие после этого годы.

Западно-антарктический проект глубокого бурения

Главная цель проекта глубокого бурения на ледоразделе западно-антарктического ледникового щита WAIS Divide (West Antarctic Ice Sheet Divide) — получение керна последнего ледникового — межледникового цикла с максимально возможной разрешающей способностью. Другими словами, в отличие от проекта бурения «Полтора миллиона лет», в качестве района бурения выбрана точка с максимально возможной удельной аккумуляцией, где высокая толщина ежегодных слоев существенно повышает точность определения изотопного и химического состава ледяного керна [6]. Его датировка здесь может быть проведена с точностью до одного года.



Сборка нового электромеханического бурового снаряда DISC в лаборатории Службы по бурению и отбору ледяного керна ICDS. На врезке — буровая коронка. Университет штата Висконсин. 2005 г.

Здесь и далее фото из архива П.Г.Талалая



Главный инженер-механик Службы по бурению и отбору ледяного керна ICDS Б.Мэсон с первым керном, полученным электромеханическим снарядом DISC при испытаниях в Гренландии. Июнь 2006 г.

Точка бурения находится в центральной части ледникового щита Западной Антарктиды в 24 км от линии ледораздела. Благодаря тому, что в этом районе находится обширная подледная равнина Бэрда, лежащая значительно ниже уровня моря (от -500 до -2500 м), мощность ледникового покрова в точке бурения значительно превышает ее абсолютную высоту и, согласно геофизическим данным, составляет примерно 3485 м.

Главным источником финансирования проекта выступил Национальный научный фонд США. Специально для проекта Службой по бурению и отбору ледяного керна ICDS (Ice Coring and Drilling Services) из Университета штата Висконсин разработаны оригинальные технические средства для сооружения глубокой скважины через всю толщу антарктического ледникового покрова.

При проектировании бурового снаряда американские инженеры провели детальный анализ существующих техниче-

ских средств и попытались учесть преимущества и недостатки разработанных в последние годы буровых устройств: европейского бурового снаряда EPICA, российского снаряда КЭМС-132 и снаряда PICO-5.2'', созданного в Университете штата Аляски. В результате появился электромеханический буровой снаряд DISC, позволяющий сооружать скважины глубиной до 4000 м с отбором керна диаметром 122 мм.

Западно-антарктический проект глубокого бурения уже вступил в фазу практической реализации. Испытания бурового снаряда DISC вполне успешно прошли весной-летом 2006 г. в Гренландии на американской станции Саммит. Все узлы и механизмы были опробованы при бурении 600-метровой экспериментальной скважины. По результатам полевых испытаний некоторые элементы бурового снаряда решено модернизировать. В частности, средняя рейсовая проходка при бурении составила чуть больше двух метров вместо планируемых четы-

рех, и для ее увеличения усовершенствована система удаления и сбора образующегося при бурении шлама.

В летний антарктический сезон 2005—2006 гг. в выбранной точке западно-антарктического ледникового щита построена сезонная база Ледораздел WAIS, завезено топливо, подготовлено буровое здание. Теперь все готово для проходки глубокой скважины. В периоды короткого антарктического лета в сезон 2006—2007 гг. планировали доставить и наладить буровое оборудование, пробурить пилот-скважины до глубины 114 м и установить обсадную колонну; в следующие сезоны скважина будет доведена до глубины: 800 м (2007—2008), 2400 м (2007—2009), 3400 м (2009—2010). В сезон 2010—2011 гг. предполагается бурение в интервале так называемого «теплого льда» до ложа ледникового покрова (~ 3485 м) и отбор проб подледниковых горных пород.

«Восток-200»

В «Природе» уже публиковались данные относительно проектов вскрытия уникальных водоемов, расположенных под ледниковым покровом Антарктиды и Гренландии [4]. Само обнаружение этих озер уже причислено к самым значительным географическим открытиям XX в.

Цель проекта «Восток-200» — получение как можно более древнего антарктического льда для палеоклиматических исследований и продолжение изучения крупнейшего подледникового водоема — оз. Восток, находящегося в условиях длительной изоляции от окружающей среды. Для этого примерно в 200 км к северу от российской антарктической станции Восток (поэтому проект условно называется «Восток-200») предполагается соорудить скважину через всю толщу ледникового покрова с возможным выходом в подледниковое озеро.

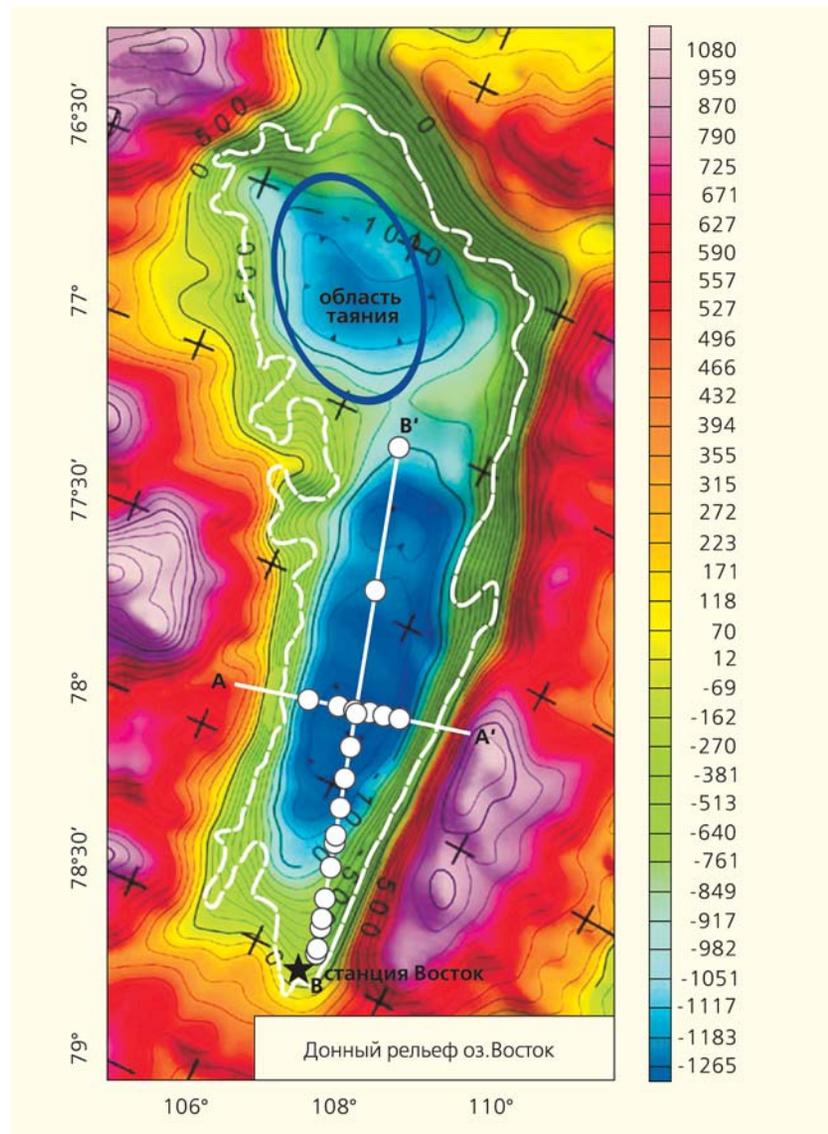
Мощность ледникового щита, перекрывающего оз.Восток, увеличивается в направлении с юга на север от 3750 м в районе станции Восток до 4200 м в 250 км к северу от станции [7]. В соответствии с этим, в северной части озера преимущественно происходит таяние базального ледникового льда при температуре -3.2°C и давлении 37.8 МПа, в то время как на его южной окраине идет намерзание воды на нижнюю поверхность ледника при -2.9°C и 33.9 МПа [8].

Водное зеркало подледникового озера располагается на высотах от -700 до -200 м относительно уровня моря. Оно представляет собой наклонную поверхность, осложненную мелкими формами, вызванными, вероятно, как процессами намерзания-таяния, так и унаследованными формами рельефа.

Потенциальная точка бурения расположена над зоной таяния ледник — озеро: скорость таяния оценивается в 10 мм/год. Мощность ледникового покрова в этом районе составляет около 4100 м. Удельная аккумуляция в этом районе составляет 3–4 г/см² (примерно в два раза выше, чем на Востоке), следовательно, разрешающая способность палеоклиматологических исследований должна быть выше данных, полученных в «восточных» скважинах.

Задача проникновения в подледниковое озеро Восток может быть решена только путем использования экологически чистой технологии бурения, исключающей попадание в водоем современной микрофлоры и обеспечивающей сохранение жизнеспособности реликтовых организмов. Поэтому многие исследователи опасаются, что современные методы бурения в любом случае изменят, а, значит, ухудшат экологию уникального реликтового водоема.

Так, французские специалисты Лаборатории гляциологии и геофизики окружающей среды LGGE (Laboratoire de Glaciologie et Geophysique de l'Environ-

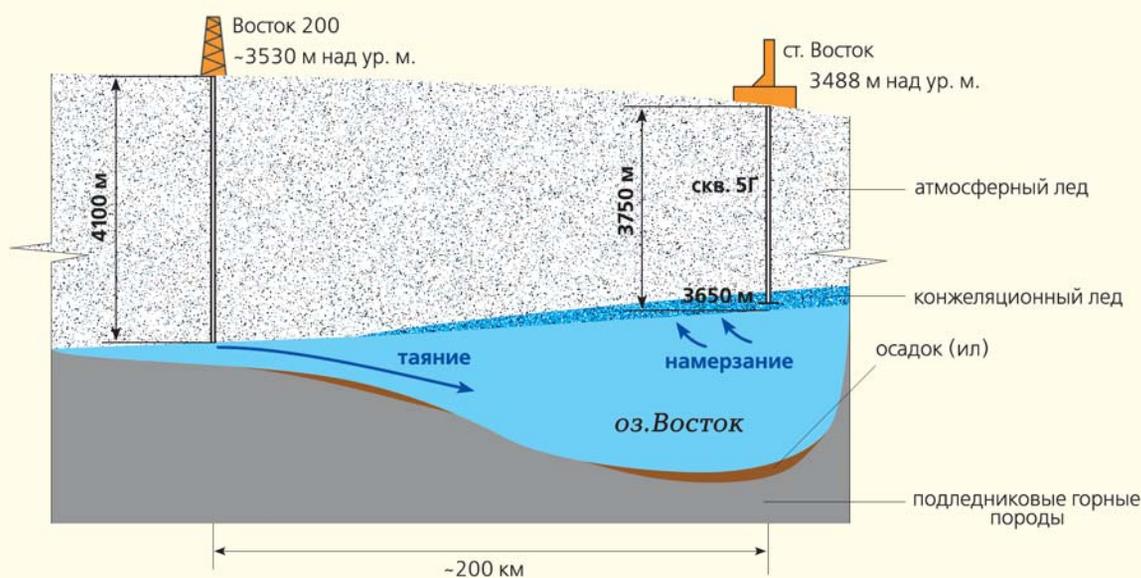


Донный рельеф оз.Восток (абс. выс., м). Штриховым контуром нанесена береговая линия подледникового озера. Овалом над северной частью отмечена зона таяния, которое происходит на подошве ледникового покрова, — потенциальная область расположения глубокой скважины «Восток-200».

nement) из Национального центра научных исследований, выступив в совместной франко-российской презентации проекта «Восток-200» на симпозиуме «Международное сотрудничество в области исследования ледяного ядра» (Стерлинг, США, 2004), оставили при этом открытым вопрос о необходимости проникновения в подледниковое озеро [9].

В качестве одного из вариантов глубокого бурения «Вос-

ток-200» рассматривается использование оборудования, применяющегося для бурения глубокой скважины на станции Восток, — колонкового электромеханического снаряда КЭМС-132. Главной особенностью проекта станет использование новой, экологически безопасной промышленной жидкости — олигодиметилсилоксанового соединения марки KF96-2.0cs. Оно характеризуется низкой температурой застывания, высокими ди-



Бурение глубокой скважины на ст. Восток продолжается: старший инженер А.В.Красилев и научный сотрудник В.М.Зубков извлекают керн из электромеханического бурового снаряда КЭМС-132. Январь 2006 г.

Схематический разрез антарктического ледникового покрова в районе оз.Восток с севера (слева) на юг и планируемая точка глубокого бурения «Восток-200».

электрическими показателями, гидрофобностью, физико-химической инертностью, текучестью при температурах до -60°C . Такие жидкости безвредны для здоровья людей и животных, для них не установлены какие-либо нормативные предельно допустимые концентрации.

Экспериментальные исследования плотности и вязкости этой жидкости (табл.2) показали, что она удовлетворяет требованиям, предъявляемым промышленным жидкостям для бурения скважин во льду, а ее экологические свойства позволяют не опасаться за жизнь реликтовых организмов при вскрытии подледникового озера Восток.

В период проведения Международного полярного года планируется продолжить радиоэхозондирование и сейсмические исследования подледникового озера Восток. Также запланировано проведение рекогносцировочных наземных работ в районе предполагаемого глубокого бурения, включающих

Таблица 2

Основные свойства олигодиметилсилоксановой жидкости KF96-2.0cs

Химическая формула	$(\text{CH}_3)_{12}\text{Si}_3\text{O}_4$
Молекулярная масса	340—370
Плотность при 20°C , $\text{кг}/\text{м}^3$	870—878
Кинематическая вязкость при 20°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	2.0
Плотность в зависимости от температуры, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\rho = 0.968t + 894.1$
Кинематическая вязкость в зависимости от температуры, $\text{мм}^2/\text{с}$	$\lg \nu = \frac{582.2}{273.1 + t} - 1.65$
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	-84
Температура вспышки, $^{\circ}\text{C}$	56

проходку неглубоких скважин до 30 м и стратиграфические и изотопные исследования снежно-фирнового покрова. Главная цель — определить точку, где можно извлечь наиболее древний лед возрастом не менее 1 млн лет.

Предполагается, что основное финансовое обеспечение проекта будет осуществляться Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской антарктической экспедицией. Однако уже сейчас идут активные консультации с представителями научных ор-

ганизаций других стран для выявления их заинтересованности в проекте и определения потенциального финансового участия. Начало глубокого бурения может быть осуществлено после 2010 г., однако окончательное решение может быть принято только после детальной проработки его финансовой составляющей.

* * *

Еще долгое время основной интерес к бурению ледников будет связан не с поиском и разведкой месторождений полезных ископаемых, скрытых лед-

никами (в 1998 г. международным сообществом принят 50-летний мораторий на добычу полезных ископаемых в Антарктиде), а с изучением изменений климата и других компонентов природной среды на протяжении последних сотен тысяч лет. Необходимость этих работ связана с тем, что прогнозы долгопериодных изменений — глобального потепления, повышения уровня Мирового океана, изменения состава атмосферы — невозможны без информации о прошлых климатических циклах, отраженной в зеркале ледяного керна. ■

Литература

1. Ueda H.T., Garfield D.E. // USA CRREL Tech. Rep. 231. Hanover, 1969.
2. Талалай П.Г. Долгий путь сквозь льды Антарктиды // Природа. 2003. №9. С.36—45.
3. EPICA Community members // Nature. 2004. V.429. №6992. P.623—628.
4. Талалай П.Г. Проникновение в подледниковые озера: планы и реальность // Природа. 2006. №9. С.45—53.
5. IPICS II Programme: Roadmaps and Pathways to Implementation. 16—19 Oct. 2005. Brussels, 2005. (www.pcgcs-igbp.org/science/initiatives/ipics/documents.html)
6. Morse D.L., Blankenship D.D., Waddington E.D. and Neumann T.A. // Annals of Glaciology. 2001. V.35.
7. Масолов В.Н., Лукин В.В., Шереметьев А.Н., Попов С.В. // Докл. РАН. 2001. Т.379. №5. С.680—685.
8. Липенков В.Я., Истомин В.А., Преображенская А.В. Опыт исследования газового режима подледникового озера Восток // Труды ААНИИ. 2003. Вып.446. С.66—87.
9. IPICS: Pre-Workshop Draft Report. 13—16 Mar. 2004. Sterling, 2004. (www.pcgcs-igbp.org/science/initiatives/ipics/documents.html)

Во Франции создан первый в мире банк научной документации HAL (Hyper article en ligne), который содержит статьи, диссертации, рефераты и т.п. по всем отраслям естественных и гуманитарных дисциплин. Новая база данных — плод согласованной работы крупнейших научных организаций, университетов и других высших учебных заведений страны. Пользование базой бесплатно.

Sciences et Avenir. 2006. №717. P.20 (Франция).

Почти 65 тыс. км за две недели суток — таков абсолютный рекорд самого длинного перелета над Тихим океаном, который установил серый буревестник *Puffin fuliginеux*. Эти сведения получены благодаря миниатюрному передатчику на теле птицы, сообщавшему данные о координатах и высоте полета. Маршрут перелета по форме напоминал «восьмерку» и проходил между районами гнездования буревестника.

Science et Vie. 2006. №1069. P.32 (Франция).

По данным Организации ООН по сельскому хозяйству и продовольствию, из всей потребляемой в мире рыбы искусственно выращивают 43% (около 45.5 млн т/год). В 1980 г. доля продукции аквакультурных хозяйств составляла 9%, позже благодаря увеличению спроса ее ежегодный рост доходил до 8%. По оценкам, для удовлетворения потребностей населения в 2030 г. нужно будет произвести рыбы еще на 40 млн т больше.

Science et Vie. 2006. №1070. P.32 (Франция).

Воспитание

Родники Санкт-Петербурга

А.Н.Воронов

Вода всегда играла особую роль в жизни Санкт-Петербурга. Огромное внимание поверхностным и подземным водам уделял основатель города — император Петр I. Многие дворцы и парки он располагал в месте выходов подземных вод. Однако урбанизация территории приходила в противоречие с существованием водных объектов. Неоднократно в течение истории города возникали и засыпались пруды, менялось направление рек, ликвидировались водотоки и прокладывались новые каналы. Серьезное антропогенное давление испытывали и испытывают подземные воды. Несмотря на это, до сих пор в городе и ближайших предместьях сохранились выходы подземных вод. Многие поверхностные водоемы (пруды и озера), которых в городе более 2500, имеют подземное питание [1]. Одни родники используются местным населением для индивидуального водоснабжения и сливуют «целебными», другие служат украшением ландшафта, а третьи находятся в заброшенном состоянии. К сожалению, планового специального изучения родников на территории города никогда не проводилось, хотя гидрогеологические условия Санкт-Петербурга неоднократно изучались. Геолого-гидрогеологические условия города прекрасно отражены в ряде монографий [2, 3].

В основании геологического разреза города лежит кристал-



Аркадий Николаевич Воронов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов — гидрогеология, гидрогеохимия, геоэкология, газовая геохимия.

лический фундамент, сложенный породами архея и протерозоя, слабо погружающийся в южном направлении. Разница в глубине залегания фундамента между северными и южными районами города составляет около 50 м. Наиболее глубокий и хорошо выдержанный водоносный горизонт в осадочном чехле заключен в протерозойских (вендских) песчаниках и алевролитах и залегает в Санкт-Петербурге на глубине 100—140 м непосредственно на поверхности фундамента. Общая мощность водоносного горизонта в пределах города 40—70 м. Он перекрыт мощной толщей глин котлинского возраста. Воды напорные, до начала эксплуатации пьезометрический уровень устанавливался выше поверхности земли. После начала интенсивной эксплуатации горизонта пьезометрический уровень снизился на 80 м.

На большей части города, непосредственно на котлинских глинах, залегают четвертичные отложения мощностью до 100 м разного происхождения, представленные песчаными, суглинистыми и глинистыми породами. Именно с четвертичными отложениями связано несколько водоносных горизонтов. Почти повсеместно развит надморенный водоносный горизонт, в погребенных долинах фиксируется нижний межморенный, в северо-восточных районах города распространен верхний межморенный, получивший название «полуостровского». На юге территории города в разрезе появляется ломоносовский водоносный горизонт, а еще южнее — кембро-ордовикский и ордовикский. Большинство из перечисленных водоносных горизонтов разгружается в водоемы города, в Финский залив или в виде родников.



Полюстровские родники в начале XX в.

Наиболее известные петербургские воды — безусловно, полюстровские. С древних времен здесь, у крутой излучины Невы, существовали выходы подземных вод. Об этом говорит само название местности, что означает «болотистый, влажный». Здесь проходит Ключевая улица, названная по существовавшему выходу подземных вод. Зона разгрузки межморенного водоносного горизонта проявляется в периодическом подтоплении территории южнее парка Сахарова, затоплении подвалов и котлованов зданий в районе улиц Антонова, существовании невысыхающих прудов.

Особенность полюстровской воды — повышенное содержание железа, составляющее в настоящее время 60 мг/л, что позволяет ее относить к минеральным и широко использовать для лечения, например, малокровия. В начале XIX в. на базе полюст-

ровских вод существовал популярный курорт. Участок полюстровских вод принадлежал тогда известному меценату, графу А.Г.Кушелеву-Безбородко [4].

В имении графа, сохранившемся до наших дней и знаменитом своей уникальной оградой с 29 сидящими львами, бывало много знаменитостей того времени: А.Г.Мей, М.И.Глинка, Н.В.Кукольник, К.П.Брюсов и др. Посетил Кушелева-Безбородко и Дюма-отец. В имении существовала домовая церковь Живоносного источника.

Межморенный водоносный горизонт, сложенный песчаниками с прослоями глин, залегает на глубине 20–24 м и заключается между двумя прослоями глин. Железо поступает в подземные воды в результате окисления пирита и других железистых минералов, рассеянных в межморенных песках. С 1933 г. ведется розлив Полюстровских

вод. Длительная эксплуатация и различные дренажи привели к снижению напора, сейчас вода добывается с помощью двух скважин. К серьезным последствиям для Полюстровского месторождения может привести строительство Орловского туннеля. Область питания водоносного горизонта располагается в области Юкковской возвышенности [5]. Однако выходы воды по пути миграции могут быть ликвидированы путем искусственной разгрузки, например, созданием каптированного родника в южной части парка Сахарова.

Особую роль в жизни города сыграл нижний межморенный горизонт, распространенный в погребенных долинах. Одна из них протягивается из северных частей города к площади Мужества. Пересечение линии метро с водонасыщенной погребенной долиной, сложенной



Дюна в Сестрорецке.

Здесь и далее фото
А.Н.Воронова и И.А.Успенской



Часовня у родника в пос.Песочный.

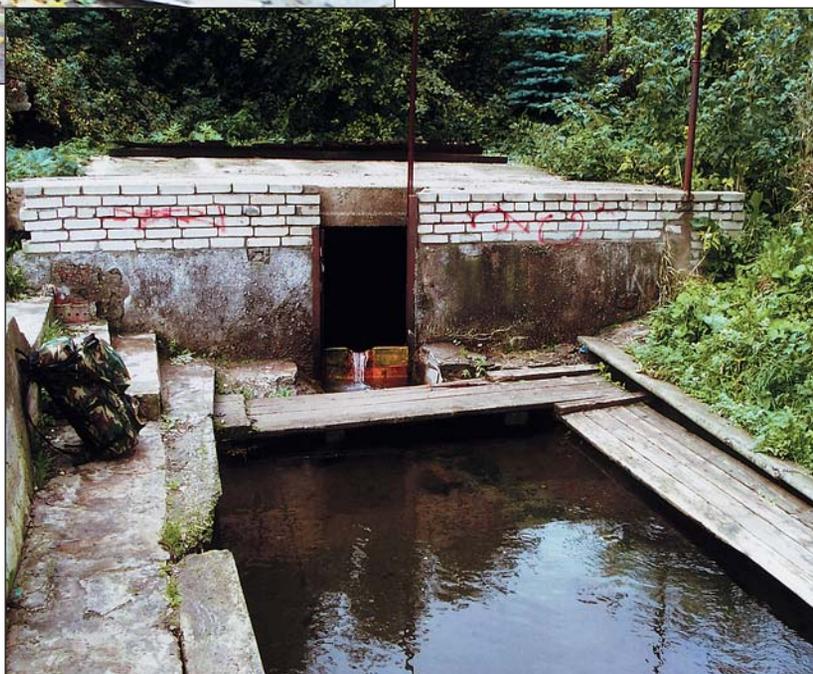


Колодец в «Пенатах».

Озеро в парке Сосновка.



Родник в парке Сосновка.



На одном из родников у Вороньей горы еще в позапрошлом веке был организован выпуск бутылированной воды «Верландер».

московской мореной, привело к аварийной ситуации. Напорный водоносный горизонт спровоцировал прорыв воды и песка в туннеле метро в 1995 г. Это привело к прекращению движения поездов почти на десятилетие, создав огромные транспортные трудности для сотен тысяч горожан.

Напорные воды межморенного горизонта вскрыты артезианской скважиной на Байконурской ул. в районе Комендантского аэродрома. Вода этой скважины, представляющей по сути «рукотворный» родник, пользуется большой популярностью у населения. У каптажа подземных вод, оборудованного Петербургским водоканалом, с утра скапливается очередь любителей экологически чистой воды. В дальнейшем планируется организовать ее розлив. Область питания водоносного горизонта располагается на Карельском перешейке.

Там, в пределах Курортного района Санкт-Петербурга, находятся еще несколько родников, используемых населением для домашнего водоснабжения и пользующихся славой целебных. Сразу надо сказать, что детальные исследования, проведенные на кафедре гидрогеологии Санкт-Петербургского университета, показали отсутствие

каких-либо бальнеологически активных компонентов в водах.

Целая серия родников расположена на левом берегу р.Заводская Сестра. Питаются они водами локального горизонта, связанного с системой песчаных дюн, которыми славится побережье Финского залива у Сестрорецка. Происхождение этих дюн до сих пор обсуждается геологами. Наиболее распространенная точка зрения такова: дюны возникли в результате перевевания нижележащих древнебалтийских песков. В основании дюн лежат ленточные глины, служащие местным водопором. Сами дюны в среднем высотой 8 м сложены хорошо отсортированным крупнозернистым песком.

Наиболее известная группа родников находится невдалеке от железнодорожного моста через р.Заводская Сестра. Пять из них расположены выше по течению от моста, на левом берегу реки, пять ниже по течению — на правом берегу. Несколько родников каптированы и используются популярностью у населения, в особенности так называемый Серебряный родник на территории санатория «Детские Дюны».

Два небольших очень живописных родника находятся в районе Ржавой Канавы. Дебит родников невелик и непостоя-

нен во времени. Наблюдается четкая связь дебитов родников с количеством выпадающих осадков и средней температурой воздуха, что свидетельствует об их атмосферном питании. Минерализация вод источников колеблется в пределах 120—190 мг/л, составляя в среднем 150 мг/л. Таким образом, они принадлежат к классу пресных вод. Основные компоненты — хлор и натрий. Величина рН составляет в среднем около 6 (см. табл.).

Во всех источниках определялась концентрация радона. В целом его содержание не выходит за уровень, характерный для грунтовых вод, составляя в среднем 5 Бк/л. Исключение представляют только воды Серебряного родника, в котором концентрация радона достигает до 20 Бк/л.

Состав подземных вод, их минерализация, геологическое строение и тесная связь с погодными условиями свидетельствуют о том, что родники питаются выпадающими осадками, которые фильтруются сквозь песчаное тело дюн, при этом самоочищаясь. Загрязняющих компонентов в них не обнаружено. По качеству, как правило, воды отвечают современным требованиям. В то же время нужно еще раз отметить, что лечебные компонен-

Таблица

Химический состав воды родников Санкт-Петербурга

Объект	рН	Минерализация, мг/л	Содержание компонентов, мг/л								Rn, Бк/л
			Cl	SO ₄	HCO ₃	Na+K	Mg	Ca	Fe	NO ₂	
Дюны	8	41	6	12	12	6	2	4	0.66	6.6	2.5
Серебряный родник	6	138	35	3	6	26	6	16		3.0	20.8
У ж.д. моста через р.Сестра	6	230	77	6	61	54	6	6			6.7
Репинский колодец		400	44	12	217	80	19	37			
пос.Песочный	6	250	79	54	71	29	12	28		11	
Парк Сосновка	6	500	75	67	98	53	7	36			
Парк Лесотехнической академии	6	340	64	66	111	42	18	32	1.9	1.6	11.7
Антоновская ул.	7	330	75	113	239	75	27	57	2.1	1.3	5.3
Пулково		750	14	126	424	29	36	114	0.05	49	53.0
Можайский источник	7	260	47	63	76	34	12	29		14	111.3
Виллози	6	900	72	45	502	36	57	98	0.06	34	69.0

ты в них отсутствуют. Каждый родник имеет автономную систему питания, связанную с соответствующей частью дюны, и состав подземных вод каждого родника несколько отличается. Так, в роднике, расположенном непосредственно у железнодорожного моста, вода имеет минерализацию 160 г/л, тип воды — хлоридно-натриевый, реакция — слабокислая. В ней отмечается повышенное содержание железа (0.29 мг/л) и марганца (0.10 мг/л). Но эти концентрации не выходят за рамки предельно допустимых значений и вреда здоровью не причиняют.

Лишь в одном роднике, находящемся выше моста по течению реки, обнаружено бактериальное загрязнение.

Сестрорецкие родники украшают природный парк, расположенный по берегам р.Заводская Сестра.

На берегу другой реки, впадающей в оз.Разлив, — р.Черной, в пределах пос.Песочный, расположен другой, пользующийся известностью у населения и даже славой «святого», источник. У выхода подземных вод построена небольшая часовня. Для удобства водозабора родник каптирован. Воды пресные, минерализация составляет 250 мг/л, величина рН равна 6.0. Дебит родника в летний период составляет 0.3 л/с, водоносный горизонт приурочен к четвертичным отложениям, область питания находится в прилегающей береговой зоне пос.Песочный.

К числу родников можно отнести и артезианский Репинский колодец, который по преданию был вырыт знаменитым живописцем на территории парка «Пенаты». Репин любил обливаться холодной водой из этого колодца. Вода надморенного водоносного горизонта, ультрапресная, с минерализацией около 40 мг/л.

Значительное число родников Петербурга связано с бывшей береговой линией Литоринового моря, терраса которого находится на абсолютной высо-

те 10 м. Она хорошо прослеживается во многих районах города — у парка Сосновка, в парке Лесотехнической академии, в районе Колтушей. В ближайших пригородах Санкт-Петербурга береговой уступ Литоринового моря окаймляет дельту Невы и далее узкой полосой, сложенной желтоватым песком с остатками диатомовых водорослей, протягивается вдоль Финского залива на расстоянии 1–2 км от берега.

В северной части города находятся так называемые Суздальские озера, которые протянулись цепочкой вдоль Озерковско-Парголовской гряды. Самое южное озеро имеет длину 600 и ширину 450 м. Среднее озеро — 400 и 250 м. Нижнее, или Суздальское оз., — самое большое: 1800 м в длину и от 250 до 650 м в ширину. Озера соединены узкими каналами. Высота уровня воды в них 21–22 м. Западные берега всех озер низменные, а восточные — возвышенные. Озера несомненно имеют родниковое питание. Об этом свидетельствуют их геологическое строение, температурные замеры, высокая самоочищаемость воды, ее химический состав. Восточные берега сложены крупнозернистыми и среднезернистыми песками. Область питания находится на Озерковско-Парголовской гряде.

Ряд небольших прудов располагается на террасе Литоринового моря вдоль парка Сосновка. Несколько прудов находятся у Велотрека. Родник в районе дома 32 по проспекту Мориса Тореза пользуется у местного населения большой популярностью. Однако химический анализ показал, что это пресные воды без каких-либо целебных компонентов. Более того, микробиологический анализ выявил микробное загрязнение вод, что неудивительно — область питания подземных вод находится на территории парка Сосновка, который активно используется для выгула собак и захоронения домашних животных.

На заболоченной территории парка располагаются истоки знаменитого Муринского ручья. Пластовые высачивания надморенного горизонта установлены в северной части парка. Дренажная система, существующая в этой части парка, пришла в негодность и требует реконструкции. Надморенный водоносный горизонт обеспечивает существование нескольких небольших озер в парке и в непосредственной близости от него.

С террасой Литоринового моря связан источник в парке Лесотехнической академии, расположенный в районе трагической дуэли В.Д.Новосильцева с К.П.Черновым в сентябре 1825 г., имевшей большой общественный резонанс. Сток этого источника создает живописное озеро на окраине парка. Минерализация воды составляет около 340 мг/л. Область питания находится на территории парка.

В Красном Селе установлены концентрированные выходы подземных вод, связанные с ордовикским водоносным горизонтом [6]. Здесь фиксируется несколько крупных карстовых выходов подземных вод. В районе Красного Села организован крупный централизованный водозабор, каптирующий несколько выходов подземных вод и снабжающий водой южные районы Санкт-Петербурга. Кроме того, в окрестностях Красного Села находится несколько отдельных источников. Один из них расположен у юго-западных склонов Вороньей горы.

Воронья гора и ряд других крупных холмов образуют так называемые Дудергофские высоты. Геологи до сих пор спорят об их происхождении. Одни считают, что это останец, передвинутый мощным ледником. Другие предполагают наличие тектонических подвижек. Здесь существует крупная зона разгрузки подземных вод ордовикского горизонта. На одном из родников еще в позапрошлом веке был организован выпуск бутилированной воды «Верландер».

Объединяясь в единый поток, воды источников дают начало р.Лиге, или Дудергофке. В прошлом вода реки использовалась для водоснабжения Петербурга. Она подавалась в город по Лиговскому каналу, ныне засыпанному, давшему название Лиговскому проспекту.

Выходы подземных вод в районе Красного Села характеризуются высоким содержанием радона. Видимо, это связано с контактом водоносного горизонта с диктионевыми черными сланцами, содержащими большое количество урана. Последний, как известно, служит материнским элементом для радона. Так, в роднике, расположенном непосредственно у Вороньей горы, содержание радона составляет 110 Бк/л (при допустимом 60 Бк/л!).

Интересный родник скрыт в гроте, созданном архитектором Воронихиным у Пул-

ковских высот. Каптаж выполнен в виде маски старика. Судя по высокой минерализации (756 мг/л), здесь разгружаются воды ордовикского горизонта. Дебит источника небольшой — 0.014 л/с.

Таким образом, на территории Большого Санкт-Петербурга находится около 25 родников. Значительное их количество расположено в ближайших пригородах. Большинство из них связаны с грунтовыми горизонтами четвертичных образований, ряд — с межморенными водоносными горизонтами и лишь только в южных районах — с кембро-ордовикскими отложениями.

Мы изучали микробиологический состав вод родников. В большинстве изученных родников обнаружены глюкозоположительные колиформные бактерии, что не позволяет считать эти воды питьевыми. Лишь воды

на Байконурской улице микробиологически чистые.

Изучение естественных выходов подземных вод дает ценнейшую информацию о водоносных горизонтах. Это своеобразные индикаторы экологического состояния не только подземных вод, но и окружающей среды там, где эти воды мигрируют. Состав их — прекрасный интеграционный показатель загрязнения геологической среды. Гидрохимический состав воды позволяет судить о геологической истории, а изотопные метки — о генезисе ее состава. Гидродинамические наблюдения, особенности режима родников помогают выявить источники питания водоносных горизонтов, условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. Сохранение подземных вод в экологической чистоте для будущих поколений — первоочередная задача современной гидрогеологии. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-05-97001.

Литература

1. Куриленко В.В., Былина Т.С., Зайцева О.В. и др. Экологическая оценка состояния водных экосистем г.Санкт-Петербурга с использованием методов биоиндикации и биотестирования // Теоретические и методические вопросы экологической геологии. СПб., 2005. С.62—100.
2. Кислев И.И., Проскуряков В.В., Саванин В.В. Геология и полезные ископаемые Ленинградской области. СПб., 1997.
3. Геология СССР. Т.1. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Полезные ископаемые. М., 1977.
4. Воронов А.Н. Живительные струи подземных вод. СПб., 2003.
5. Коротков А.И., Вахромеева Н.И., Петров В.В. Гидрогеохимический режим на Полуостровском месторождении подземных вод // Экологические проблемы гидрогеологии. СПб., 1999. С.137—141.
6. Хазанович К.К. Геологические памятники Ленинградской области. Л., 1961.

Мир лазерных солитонов

Н.Н.Розанов

Несколько веков частицы и волны рассматривались наукой как противоположности. Действительно, частицы (тела) обладают определенной формой, которая если и меняется в процессах, происходящих с ними, то лишь незначительно. А волны, даже будучи сконцентрированными в узкой области пространства в начальный момент времени, по мере распространения «расплываются» по все большей области, что мы видим, например, при падении камня в воду. Такое различие, казалось бы, отвергает возможность сконструировать частицу из волн. Можно, конечно, предотвратить «расплывание» волн искусственными «стенками» — неоднородностью среды, в которой распространяются волны (что реализовано в волноводах). Но здесь нас интересует принципиальный вопрос о локализации волн в однородной среде. Это актуально и для квантовой механики, наделяющей объекты одновременно волновыми и корпускулярными свойствами. Общий ответ состоит в том, что такая локализация запрещена в рамках линейной науки, в которой волны (излучение) обладают столь малой мощностью, что не меняют свойств передающей их среды. Но с учетом эффектов самовоздействия, т.е. изменения характеристик среды достаточно мощными волнами, возможной оказывается нелинейная локализация.

Подобные устойчивые локализованные (за счет нелинейно-



Николай Николаевич Розанов, доктор физико-математических наук, заведующий теоретическим отделом Государственного оптического института им.С.И.Вавилова (Санкт-Петербург), профессор Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. Область научных интересов — физическая и нелинейная оптика, лазерная физика, физика солитонов. Лауреат премии им.Д.С.Рожественского РАН (2007).

сти среды) структуры в однородных средах называют солитонами, или уединенными волнами. Они разбиваются на два больших класса. Первый из них — консервативные солитоны, существующие в системах с пренебрежимо слабой диссипацией, роль которой сводится, в основном, к ограничению времени жизни солитона; в идеальной консервативной системе солитон обладает бесконечным временем жизни. Второй класс, заселенный автосолитонами, или диссипативными солитонами, возникает благодаря балансу притока и оттока энергии, наличие которых для автосолитонов — вопрос «жизни и смерти».

Оглядываясь назад

Первые научные статьи по солитонам (в современной терминологии) датируются XIX в. [1]. В 1831 г. М.Фарадей писал о наблюдениях мелких непо-

движных и движущихся «кучек» в слое пудры, помещенной на колеблющейся платформе. Колебания платформы служили источником энергии, так что такие «кучки» следует причислить к автосолитонам (сейчас их называют осциллонами). Несколько лет спустя Р.Скотт описал формирование и распространение консервативного солитона — вала воды почти неизменной формы, движущегося в канале. В XX в. солитоны обоих классов широко исследовались практически во всех областях физики, в астрофизике, гидродинамике, химии и биологии.

Применительно к оптике эпоха солитонов началась вместе с появлением лазеров, чье мощное излучение меняет оптические свойства среды, в которой оно распространяется. Слабое излучение при распространении в однородной среде всегда расплывается в поперечных направлениях (по отношению к основному лучу) из-за ди-

фракции, вызванной волновым характером света, а в продольном направлении — из-за дисперсии среды (различия ее свойств для излучения с различными длинами волн). В 1962 г. Г.А.Аскарьян предсказал эффект самофокусировки лазерных пучков в прозрачной среде с зависящим от интенсивности показателем преломления. Как известно, лучи света в среде с неоднородным показателем преломления изгибаются в сторону большего показателя преломления. Но в лазерном пучке интенсивность максимальна на его оси и падает к периферии. Тогда, если показатель преломления возрастает с ростом интенсивности, лучи будут изгибаться к оси пучка, и среда станет эквивалентной собирающей (фокусирующей) линзе. Такая нелинейная фокусировка способна скомпенсировать линейное (дифракционное) расплывание, что и отвечает консервативному солитону. Точнее, это пространственный консервативный солитон, так как в нем нелинейная локализация происходит только в поперечном направлении. Эффект самофокусировки означает возможность передачи лазерного излучения в виде пучка неизменной формы и диаметра на большие расстояния. Позже были открыты и временные консервативные солитоны — в световодах, для которых нелинейная фокусировка уравновешивает линейное дисперсионное расширение импульсов, и сейчас уже функционирует несколько коммерческих линий связи на основе временных оптических солитонов [1].

Реальные среды обладают хотя бы слабым поглощением, которое следует компенсировать для увеличения расстояния, на которое распространяются солитоны. Компенсации можно добиться, если ввести в схему усиление, но в действительности наличие этих диссипативных факторов может иметь более серьезные последствия. Открывается перспектива подавления

дифракционного расплывания лазерного пучка, по аналогии с эффектом самофокусировки, за счет нелинейности самих диссипативных факторов — поглощения и усиления среды или, обобщая, источников и стоков энергии в нелинейных оптических системах. То, что такие оптические автосолитоны действительно существуют, было продемонстрировано в 1980-х годах (см. [2] и приведенную там литературу). В последнее время интерес к автосолитонам вообще и к оптическим автосолитонам в особенности быстро растет. Это вызвано как исключительным разнообразием типов оптических автосолитонов и необычностью их физики, так и их потенциалом для приложений в телекоммуникационных технологиях. В связи с расширением круга исследователей возникли и расхождения в определении этого термина, введенного Б.С.Кернером и В.В.Осиповым [3]. Мы будем следовать определению [4], согласно которому автосолитоны, или диссипативные солитоны, являются устойчивыми локализованными структурами поля в однородной или слабо промодулированной неконсервативной (с существенным энергообменом) нелинейной среде или системе.

Портрет одиночек

Оказалось, что мир оптических автосолитонов заселен удивительно разнообразными локализованными объектами, свойства которых существенно отличаются от свойств «обычных» частиц. Автосолитоны могут быть неподвижными, движущимися и вращающимися, стационарными и меняющимися периодически или хаотически, одиночными и связанными друг с другом [2]. Здесь мы ограничимся рассмотрением частного случая оптических автосолитонов — лазерных солитонов, формирующихся в лазере, внутри резонатора которого по-

мимо усиливающей среды помещен насыщающийся поглотитель, см. рис.1,з. Резонатор образуется парой параллельных плоских зеркал. Источником энергии служит накачка, создающая условия для усиления излучения в среде, а стоки энергии отвечают поглотителю и другим каналам потерь. Излучение распространяется преимущественно вдоль оси резонатора z (для наклонных лучей потери возрастают). Параметры схемы выбраны так, что при малой интенсивности излучения потери превышают усиление, генерация отсутствует, и этот режим устойчив. Однако с ростом интенсивности поглощение убывает быстрее, чем усиление, поэтому при некотором уровне интенсивности возможен их устойчивый баланс и поддерживается генерация излучения с такой интенсивностью. Безгенерационный и генерационный режимы в определенном диапазоне параметров схемы сосуществуют, т.е. в зависимости от начальных условий устанавливается один из них (оптическая бистабильность). Теперь учтем широкоапертурность (большое поперечное сечение) лазера. Тогда на одной (центральной) части апертуры может установиться генерационный режим, а на остальной (периферийной) — безгенерационный режим. Конечно, дифракция размывает переход между режимами и несколько меняет уровень интенсивности. Тем не менее соответствующее яркое пятно или островок генерации на темном фоне безгенерационного режима и представляет простейший лазерный автосолитон.

Основные свойства лазерных солитонов, как и более общего класса автосолитонов, следующие. Во-первых, при фиксированных параметрах схемы имеется дискретный набор состояний (характеристик) автосолитонов. Во-вторых, автосолитоны возбуждаются пороговым образом (жестко) — нужен достаточно большой начальный

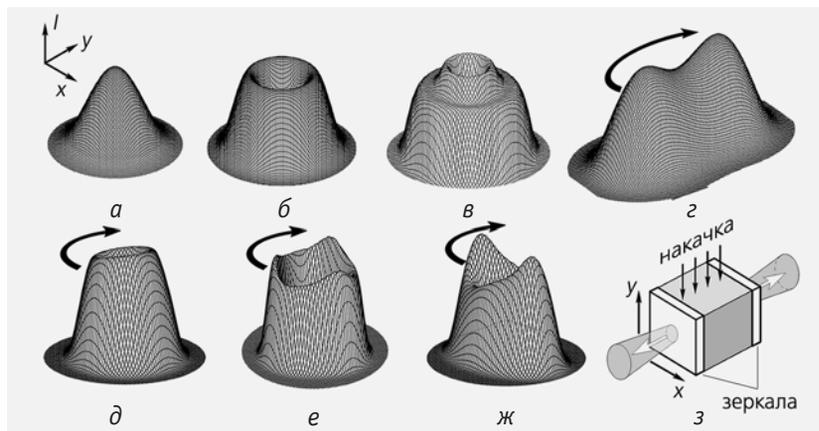


Рис.1. Поперечные распределения интенсивности I устойчивых лазерных солитонов с топологическим зарядом $m = 0$ (а, г) и $m = 1$ (б, в, д—ж). Стрелки указывают вращение солитона как целого, x и y — поперечные координаты. На схеме лазера (з) между зеркалами резонатора помещена среда с нелинейным усилением и поглощением, излучение генерируется только в узкой цилиндрической области, представляющей автосолитон, стрелки показывают выходящее лазерное излучение.

выброс. Если же максимальная амплитуда выброса на фоне отсутствия генерации меньше критического значения, то выброс рассасывается и вновь устанавливается безгенерационный режим. Эти свойства кардинально отличаются от известных для консервативных солитонов (у последних спектр характеристик сплошной, т.е. их параметры плавно перестраиваются, а возбудить их можно выбросом с произвольно малой амплитудой). Такие различия важны и для приложений. Так, за длительный период под действием флуктуаций характеристики консервативного солитона могут сильно измениться, а для автосолитонов они «привязаны» к невозмущенным значениям и могут только слабо отклоняться от них, возвращаясь после окончания флуктуаций к исходным. Поэтому оптические автосолитоны перспективны для приложений при обработке информации с повышенными требованиями к точности и надежности операций.

Поперечное распределение интенсивности выходящего из лазера излучения для ряда лазерных солитонов (повторим,

что от обычного лазерного луча оно отличается именно этим распределением, которое заведомо не охватывает всего сечения активной среды) показано на рис.1. Поперечные координаты x и y здесь и далее приводятся в безразмерных единицах, реальные же ширины солитонов в полупроводниковых микрорезонаторах около десятка микрометров. Варианты а—в отвечают солитонам с осесимметричным распределением интенсивности. Простейший («фундаментальный») солитон (а) обладает колоколообразным распределением интенсивности и регулярным искривленным волновым фронтом (не показанная здесь поверхность постоянной фазы). Для вихревых солитонов (б, в, д—ж) волновой фронт включает дислокацию, т.е. интенсивность излучения в некоторой точке обращается в нуль, а фаза при полном обходе этой точки по замкнутому контуру сдвигается на величину $2\pi m$, где целое число m называется топологическим зарядом. Название подсказывает, что вокруг центра таких солитонов имеется вихревое движение энергии излучения. Для конфигураций (б) и (в)

топологический заряд один и тот же ($m = 1$), но для последней имеется дополнительная радиальная осцилляция интенсивности. Солитоны (а—в) отвечают монохроматическому излучению, но их частоты различаются; изменение знака m равносильно замене направления возрастания фазы на противоположное при сохранении частоты генерации. Для солитонов (г—ж) интенсивность не обладает осевой симметрией, и эти структуры вращаются как целое с постоянной угловой скоростью. Пример (г) показывает, что вращение солитонов не обязательно связано с наличием дислокаций волнового фронта.

Анализируя движение

Здесь мы рассматриваем двумерные* автосолитоны (одномерные и трехмерные лазерные солитоны анализируются в [2]), полагая, что продольное изменение амплитуды поля мало, нелинейность среды безынерционна, а поляризация излучения близка к линейной. Сосредоточим внимание на следующих вопросах:

- внутренняя структура лазерных автосолитонов;
- слабо и сильно связанные структуры;
- движение структур автосолитонов и их симметрия.

Кстати, о симметрии. Отметим прежде всего ее весьма общее свойство, управляющее характером движения произвольных структур излучения. Нетривиален здесь сам выбор объекта симметрии. С одной стороны, говорить о симметрии только распределения интенсивности для лазерных солитонов оказывается недостаточным. С другой стороны, требование симметрии фазы поля слишком обре-

* Размерность солитона задается числом измерений, в которых поле локализовано за счет нелинейности среды. В двумерном солитоне поле сосредоточено в объеме цилиндрической формы.

менительно; в частности, фаза простейших вихревых автосолитонов типа (б) на рис.1 не только не обладает симметрией, но и не определена в точках дислокаций волнового фронта. Вместо фазы целесообразно рассматривать поперечный поток энергии излучения, который определяется в условиях малой угловой расходимости лазерного излучения произведением интенсивности на (поперечный) градиент фазы поля. Соответственно, необходимо говорить об одновременной симметрии распределения интенсивности и поперечного потока энергии излучения. И тогда из исходного управляющего уравнения (обобщенного уравнения Гинзбурга—Ландау, определяющего динамику пространственного распределения амплитуды поля излучения) вытекают следующие утверждения [5]:

— Если поперечные распределения интенсивности и потока энергии имеют общую (зеркальную) ось симметрии (симметрия первого типа), то структура может двигаться только вдоль оси симметрии, а ее вращение невозможно. При наличии двух таких осей структура неподвижна.

— Если эти два распределения имеют симметрию по отношению к повороту на угол $2\pi/N$, где N — целое число (симметрия

второго типа), то центр инерции структуры (совпадающий тогда с центром симметрии) неподвижен. При этом сохраняется возможность вращения системы вокруг центра симметрии. При $N = 2$ имеет место центральная симметрия.

Это свойство будет ключевым в дальнейшем изложении. Интригующий вопрос о характере движения в отсутствие этих элементов симметрии мы оставим пока открытым.

Поскольку в автосолитонах реализуется баланс притока и оттока энергии, анализ потоков энергии имеет для них важнейшее значение. Более проста структура потоков энергии для лазерных солитонов с осесимметричным профилем интенсивности, приведенная на рис.2 для фундаментального (а) и вихревого (б, $m = 1$) солитонов. Направление потока показано стрелками. На периферии автосолитонов он быстро стремится к нулю вместе с интенсивностью излучения. В их центре поток также обращается в нуль, хотя и по разным причинам (для фундаментального автосолитона в нуль обращается градиент фазы, а для вихревых — интенсивность). Поэтому центр автосолитона является особой (неподвижной) точкой портрета потоков энергии. Другие важные

элементы портрета — замкнутые кривые, в данном случае окружности, разделяющие его на ячейки с различным характером траекторий потоков энергии. Для фундаментального автосолитона потоки направлены радиально (к центру во внутренней ячейке и от центра во внешней ячейке). Более интересна картина в случае вихревых автосолитонов, где мы видим вихри, как в водовороте. Для них ячеек уже четыре, и окружности являются предельными циклами, на которых наматываются или с которых сматываются все близкие траектории потоков. Таким образом, уже простейшие симметричные автосолитоны обладают внутренней структурой, определяемой топологией потоков энергии. Заметим, что одиночные автосолитоны характеризуются симметрией второго типа (относительно вращения на любой угол), ввиду чего они неподвижны.

Сохранившие индивидуальность

Если в широкоапертурном лазере возбудить несколько автосолитонов (параллельных оси лазера каналов генерации), то взаимодействие между ними будет определяться степенью перекрытия их полей. При малой степени перекрытия взаимодействие слабое и зависит от расстояний и разностей фаз между автосолитонами. В таком случае можно построить «механику» автосолитонов, трактуемых как частицы. Интересен вопрос о характере этой механики (действуют ли для нее законы Ньютона) и конечных состояниях системы автосолитонов.

Сначала уточним критерий слабости связи (взаимодействия) лазерных солитонов. А именно, будем считать связь слабой, если в портрете потоков энергии сохраняются все замкнутые линии, которые имелись у индивидуальных автосолитонов. Сначала рассмотрим такие

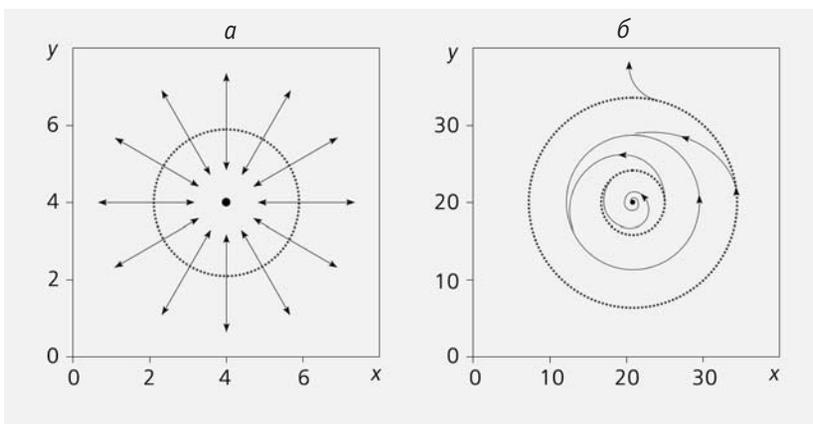


Рис.2. Портрет поперечных потоков энергии излучения для фундаментального (а) и вихревого (б) автосолитонов, распределение интенсивности для которых приведено на рис.1,а и б. Направление потока показано стрелками. Ячейки с различным характером траекторий разделяются окружностями.

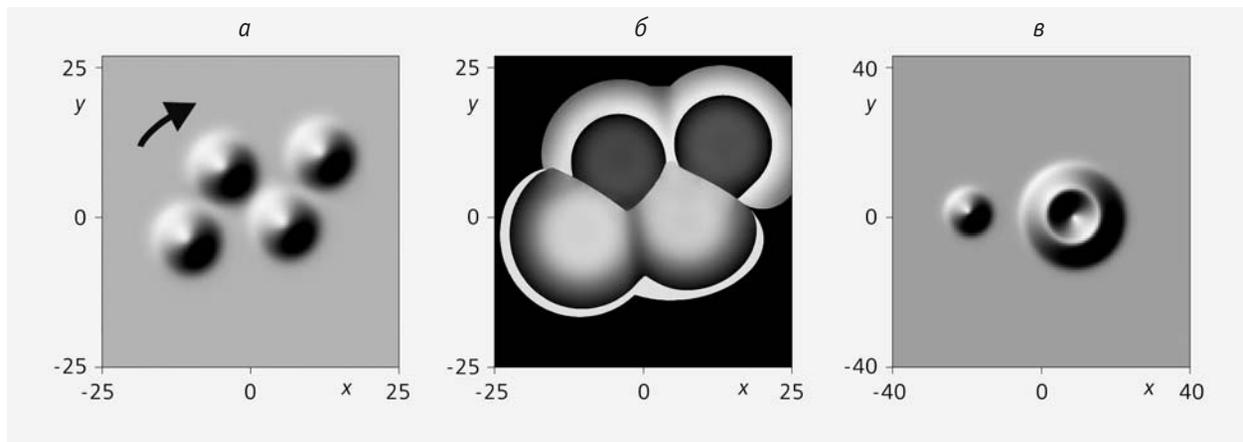


Рис.3. Распределение интенсивности (*a, v*) и фазы (*б*) для комплекса четырех слабо связанных фундаментальных автосолитонов, вращающегося с постоянной угловой скоростью (*a, б*), и для пары связанных фундаментального и вихревого автосолитонов (*v*).

ситуации, когда связь остается слабой на протяжении всей эволюции. При этом из автосолитонов, как из деталей конструктора, можно строить разнообразные связанные состояния.

Начнем с одинаковых фундаментальных автосолитонов (с нулевым топологическим зарядом). В интересующем нас случае слабой анизотропии среды в установившейся связанной паре они будут либо синфазны, либо противофазны, и имеется дискретный набор равновесных расстояний между ними. При этом есть две оси симметрии первого типа, ввиду чего пары одинаковых фундаментальных

солитонов неподвижны (в том числе они не вращаются). Однако из большего числа таких одинаковых автосолитонов можно построить устойчивые асимметричные структуры. Их тройки с различной разностью фаз (0 и π) между парами устанавливаются в виде равнобедренных треугольников. Поэтому имеется одна ось симметрии первого типа, и структура движется как целое вдоль данной оси с фиксированной скоростью (см. ниже рис.6 на с.57). Для большего числа фундаментальных автосолитонов реализуются и вращающиеся с постоянной угловой скоростью структуры (рис.3,*a, б*),

характеризующиеся симметрией второго типа. Отметим, что пока мы рассматриваем «жесткие» структуры, в которых устанавливаются определенные расстояния и разности фаз между составляющими автосолитонами, а малые отклонения от их равновесных значений со временем убывают.

С ростом числа автосолитонов в комплексе разнообразие режимов движения растет. Роль симметрии в движении автосолитонов наглядно раскрывает рис.4. На рис.4,*a* приведена исходная «идеальная шахматная структура» с разностью фаз соседних автосолитонов π ; она не-

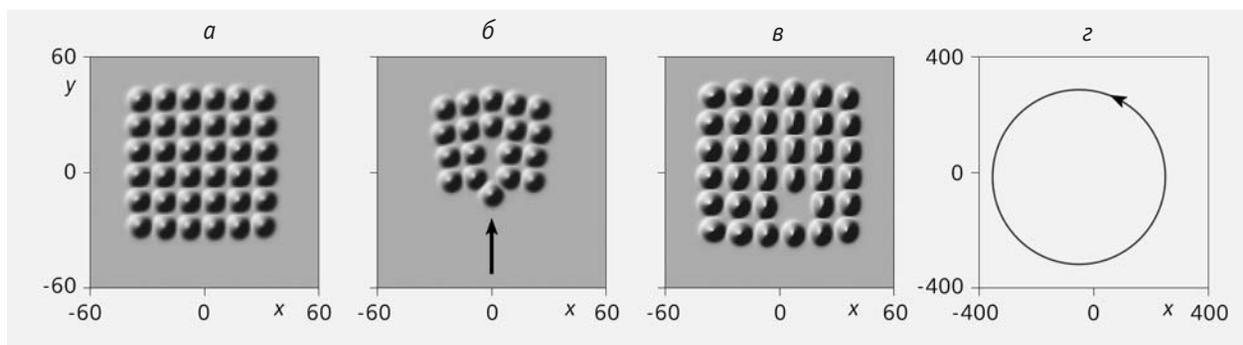


Рис.4. «Шахматные» структуры слабо связанных фундаментальных автосолитонов: *a* — поперечное распределение интенсивности для идеальной неподвижной структуры с двумя осями симметрии; *б* — интенсивность для структуры с дефектом, сохраняющим одну ось симметрии, стрелка указывает направление прямолинейного движения структуры (вдоль оси симметрии); *v* — интенсивность для структуры с асимметричным дефектом и движением как у Луны вокруг Земли — вращением центра инерции по окружности (*z*) и вращением структуры вокруг мгновенного положения центра инерции.

подвижна ввиду наличия двух осей симметрии первого типа. При внесении в нее дефекта — изъятии одного из солитонов — симметрия нарушается. На рис.4,б показана шахматная структура с дефектом, сохраняющим одну ось симметрии. В соответствии с симметрией структура движется как целое с фиксированной скоростью без вращения. Новый тип движения обнаруживается в структуре без элементов симметрии (рис.4,в): движение «жесткой» структуры разлагается на два «элементарных». Во-первых, центр инерции движется криволинейно, в данном случае он вращается по

окружности (рис.4,г). Во-вторых, структура вращается вокруг мгновенного положения центра инерции. Периоды этих двух вращений совпадают, т.е. структура движется, как Луна вокруг Земли. Тем самым мы имеем дело с криволинейным движением асимметричной структуры слабо связанных фундаментальных автосолитонов [5]. Таким образом, из лазерных солитонов как из «атомов» можно строить как «идеальные», так и «реальные кристаллы» (с дефектами), которые движутся, в том числе криволинейно, и вращаются с дискретным набором значений линейной и угловой скорости.

Движение и вращение комплексов вихревых солитонов начинается уже для слабо связанных пар (рис.5,а,б). На рис.5,а показана такая пара одинаковых вихрей (с совпадающими топологическими зарядами $m_1 = m_2 = 1$). Здесь налицо центральная симметрия, поэтому центр инерции неподвижен, а структура вращается с постоянной угловой скоростью. При различающихся по знаку топологических зарядах $m_1 = -m_2 = 1$ имеется одна ось симметрии первого типа, и структура движется как целое, не вращаясь, вдоль этой оси (рис.5,в,г). На рисунках потоков энергии здесь

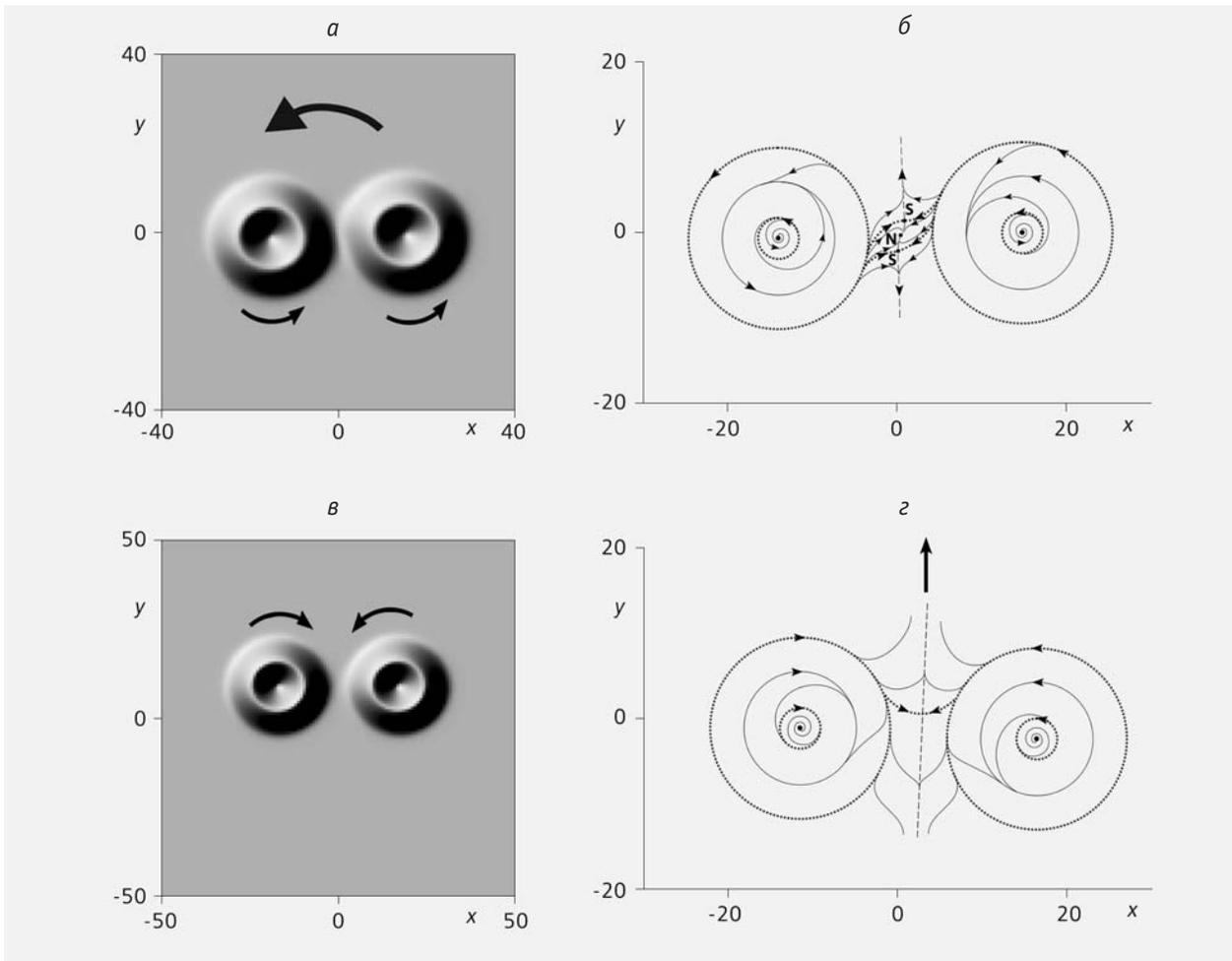


Рис.5. Распределения интенсивности (а, в) и потоков энергии (б, г) для слабо связанных пар вихревых автосолитонов с одинаковыми (а, б) и противоположными по знаку (в, г) топологическими зарядами. При одинаковых зарядах пара обладает центральной симметрией и вращается с постоянной угловой скоростью (а, большая стрелка). При противоположных зарядах имеется ось симметрии (г, прямая стрелка), и структура движется как целое в этом направлении. Здесь и на рис.7: S — седла, N — узлы.

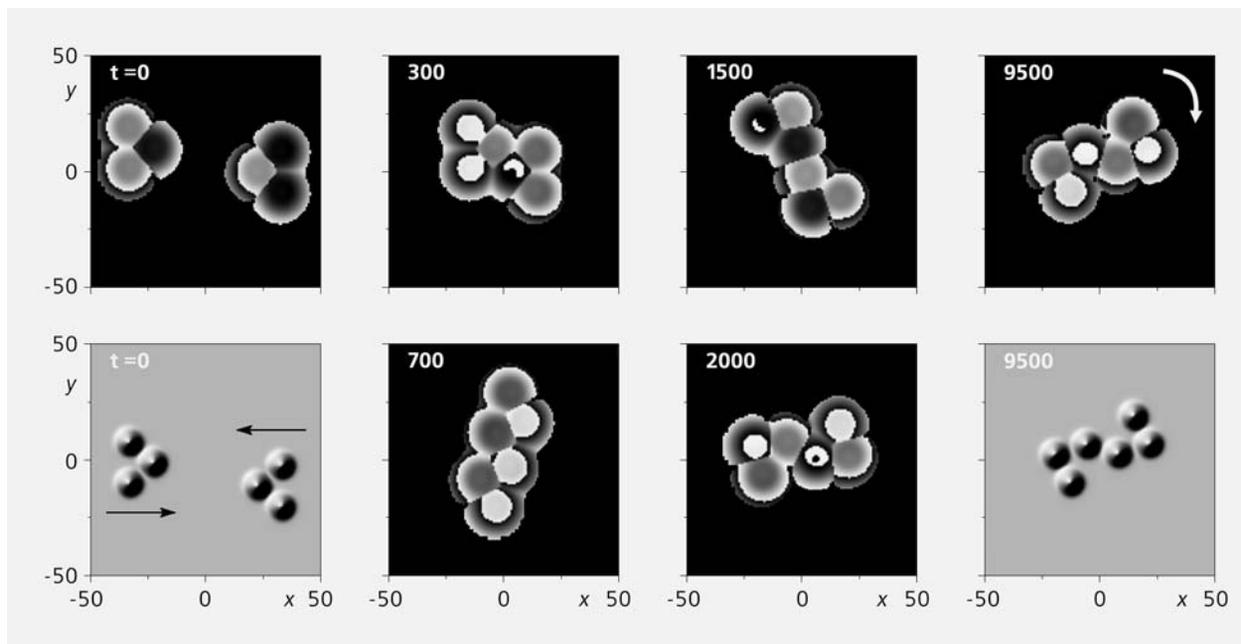


Рис.6. Столкновение двух треугольных солитонных комплексов, приводящее к формированию Z-образной вращающейся структуры. На черном фоне приводится поперечное распределение фазы поля, а на сером — распределение интенсивности в момент времени t , указанный внутри изображения. Прямые стрелки при $t = 0$ показывают направление движения исходных комплексов, а искривленная стрелка при $t = 9500$ — направление вращения установившейся структуры.

и на рис.7 указаны особые (неподвижные) точки S — седла и N — узлы. Их отличие в том, что в седла входят и выходят из них только по две траектории, а в малой окрестности узлов все траектории одновременно входят или выходят из них.

В приведенных примерах индивидуальные автосолитоны в комплексе обладают одинаковыми частотами излучения (у них совпадает абсолютная величина топологического заряда). В паре же фундаментального и вихревого автосолитонов их частоты различаются, ввиду чего разность фаз между ними непрерывно меняется. Поскольку разность фаз солитонов существенно определяет характер их взаимодействия (притяжение или отталкивание), то, казалось бы, такие некогерентные пары невозможны. Тем не менее оказывается, что пары слабо связанных разночастотных автосолитонов устойчивы (рис.3,в), но они колеблются с частотой, близкой к разности частот ин-

дивидуальных автосолитонов, и с весьма малой глубиной модуляции. Такая пара асимметрична, но в среднем (за период модуляции) движения здесь не обнаруживается, так как потоки энергии периодически изменяют направление и асимметрия в среднем обращается в нуль. В определенной степени сходна ситуация с вращающейся асимметричной одnogорбой структурой (рис.1,д). Для нее центр инерции вращается по окружности, однако поступательное движение в среднем отсутствует, так как средний за период вращения поперечный поток энергии равен нулю.

Как мы видели, из симметричных (и потому неподвижных) одиночных автосолитонов можно сконструировать асимметричные (и, следовательно, движущиеся) связанные комплексы. Соответственно, можно организовать столкновения таких комплексов. Сценарии столкновений чрезвычайно разнообразны и включают вариан-

ты с изменением числа автосолитонов. На рис.6 иллюстрируется один из вариантов, когда два сталкивающихся «треугольных» комплекса захватываются и формируют единый Z-образный комплекс, вращающийся с постоянной угловой скоростью. Безразмерное время t здесь и на рис.8 пропорционально числу проходов излучения через резонатор. Вращение связано с центральной симметрией исходной конфигурации. Анимации для этого и других сценариев доступны по интернет-адресу [6].

Слившиеся в танце

В зависимости от начального расположения отдельных автосолитонов могут устанавливаться не только их слабо связанные структуры, но и более сложные. На рис.7,а,б представлена «сильно связанная» пара двух автосолитонов с совпадающими топологическими заряда-

ми $m_1 = m_2 = 1$. Напомним, что при слабой связи вихрей, которая отвечает сравнительно большому расстоянию между ними, центр каждого вихря на диаграмме энергетических потоков окружают три замкнутых линии — предельных цикла (рис.2,б и 5,б,з). Теперь же каждый из двух вихрей обладает только одним индивидуальным предельным циклом (рис.7,б). Два другие предельных цикла по мере сближения вихревых солитонов исчезают в результате бифуркаций (резкой перестройки), превращаясь в конце концов в два коллективных предельных цикла, охватывающих

центры обоих вихрей (рис.7,б). Топология потоков энергии меняется, и мы говорим здесь о сильной связи автосолитонов. Эта пара обладает симметрией второго типа, так что ее центр инерции неподвижен, и она вращается с определенной угловой скоростью. Для сильно связанной пары вихревых солитонов с противоположными по знаку топологическими зарядами (рис.7,в,з) симметрия отсутствует. Расчеты [7] показали, что такая пара, как и асимметричная шахматная структура (рис.4,в,з), движется, как Луна вокруг Земли, т.е. ее центр инерции вращается по окружности

(рис.7,д) и, кроме того, она вращается относительно мгновенного центра инерции, причем периоды этих двух вращений вновь совпадают.

В приведенных примерах асимметричных комплексов траектория движения — окружность. Однако это не так для «нежестких» комплексов. Рассмотрим, например, «планетарную» модель, состоящую из «ядра» — сильно связанной вращающейся пары вихревых солитонов с одинаковыми топологическими зарядами (рис.7,а), и «сателлита» — вихревого солитона, слабо связанного с ядром и вращающегося вокруг него с периодом, заметно превышающим период вращения ядра (рис.8). В этом устойчивом комплексе реализуется смешанная связь автосолитонов (слабая и сильная для их различных пар). Мгновенные распределения интенсивности и потоков энергии не обладают симметрией. Поэтому центр инерции комплекса движется криволинейно, но уже по более сложной траектории (рис.8,б). Она состоит из ряда сегментов, повторяющих друг друга при их повороте на угол, определяемый отношением периодов собственного вращения ядра и вращения сателлита вокруг ядра. С точностью до погрешностей вычислений эта траектория замкнута (правый рисунок), что свидетельствует о синхронизации двух типов вращений (из-за нелинейного взаимодействия отношение периодов равно отношению двух целых чисел). Отсутствие поступательного движения центра инерции связано с тем, что усредненные за общий период двух вращений распределения интенсивности и потоков симметричны. Устойчивыми оказы-

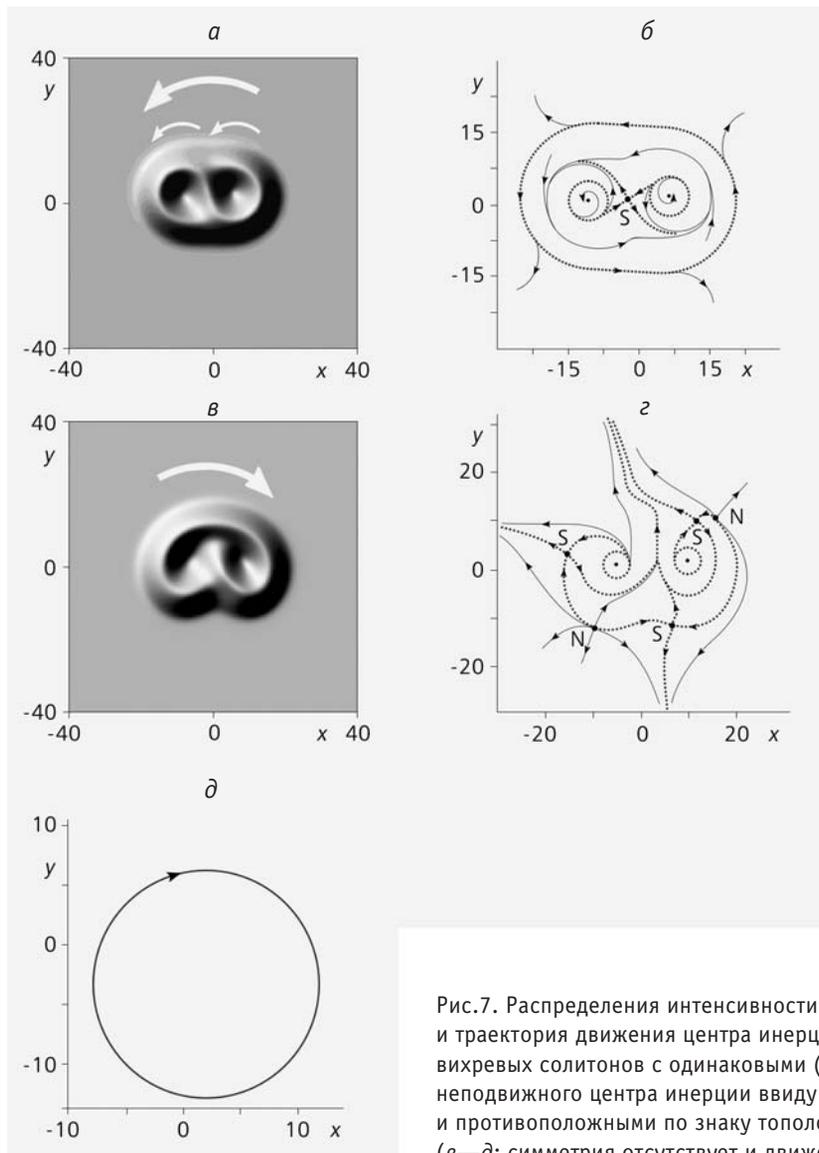


Рис.7. Распределения интенсивности (а, в), потоков энергии (б, з) и траектория движения центра инерции (д) для пар сильно связанных вихревых солитонов с одинаковыми (а, б; пара вращается вокруг неподвижного центра инерции ввиду центральной симметрии) и противоположными по знаку топологическими зарядами (в—д; симметрия отсутствует и движение центра инерции криволинейно).

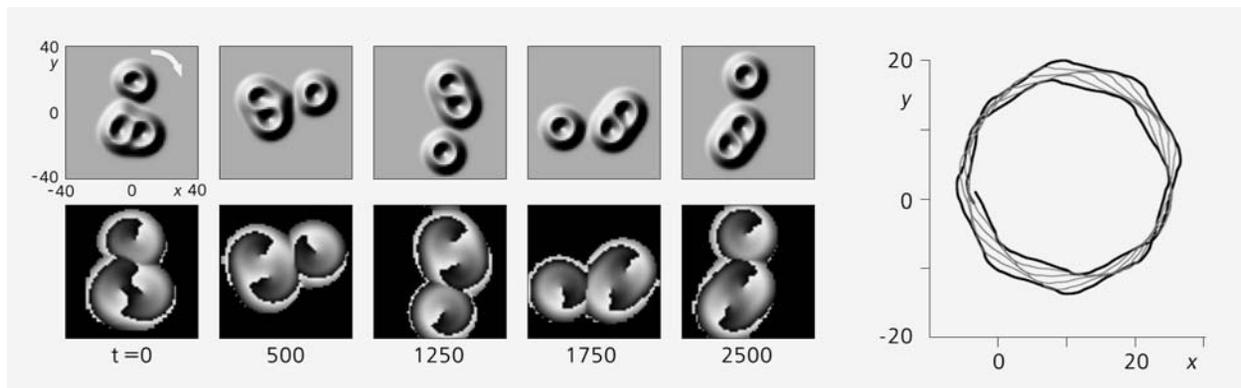


Рис.8. Распределения интенсивности (слева, верхний ряд) и фазы (нижний ряд) для вращающегося «ядра» из двух сильно связанных вихревых солитонов и «спутника» — слабо связанного с ядром вихревого солитона, вращающегося вокруг ядра, в различные моменты времени t . Справа показана траектория движения центра инерции комплекса.

ваются и «планетарные» системы с двумя «спутниками». Анимацию движения «планетарных систем» тоже можно посмотреть в Интернете [6].

Забегая вперед

Как надеется автор, в заметке продемонстрирована необычность и разнообразие лазерных солитонов — достойного представителя класса автосолитонов (диссипативных солитонов). Подведем некоторые итоги. Их «диссипативный» мир (в противоположность консервативному) обладает многими непривычными свойствами. Хотя излучение рассматривается как классическое, одиночные автосолитоны обладают аналогом квантовых свойств — дискретным (а не сплошным, как в случае консервативных солитонов) набором состояний. Поэтому в «диссипативном мире» автосолитоны могли бы рассматриваться как некие элементарные частицы. В то же время одиночный автосолитон имеет внутреннюю структуру, связанную с топологией потоков энергии. Если сопоставить автосолитон атому (с набором дискретных уровней энергии), можно сказать, что при взаимодействии нескольких «атомов» формируются «молекулы» с дискретным

набором расстояний между ними, а в периодической решетке «атомов» образуются зоны состояний, как в кристалле, так что и здесь классические поля проявляют некоторые из квантовых свойств. Автосолитоны при взаимодействиях могут превращаться в другие типы, и даже может меняться их число, так как привычные законы сохранения в «диссипативном мире» не действуют. Взаимодействие автосолитонов может быть слабым и сильным, в зависимости от того, меняется ли топология потоков энергии индивидуальных автосолитонов. В процессе взаимодействия сам его тип может измениться, что сопровождается бифуркациями структуры потоков энергии.

Важное свойство автосолитонов — их способность к движению. Характер движения лазерных солитонов определяется симметрией распределений интенсивности и потоков энергии излучения; они могут не только двигаться прямолинейно и вращаться, но и двигаться криволинейно даже в отсутствие неоднородностей системы. Условием криволинейности движения центра инерции служит отсутствие симметрии. Поэтому автосолитоны как частицы не подчиняются законам консервативной механики Ньютона. Это и не удивительно для «диссипа-

тивного мира», т.е. открытой системы, ведь автосолитон является лишь частью замкнутой системы. В открытых системах «бытовыми» примерами криволинейного движения может служить полет бумеранга или хорошо известное круговое, в отсутствие ориентиров, движение пешехода с различающимися длинами шагов правой и левой ног. В «диссипативном мире», в котором присутствует эффективное трение, симметричные структуры неподвижны, а асимметричные структуры движутся с дискретным набором поступательной и вращательной скоростей (в отличие от консервативного «галилеевского» мира, в котором эти скорости произвольны). Асимметрия служит источником «квантованности» скорости установившегося движения, для которого трение компенсируется потоками энергии. Наличие дислокаций волнового фронта для рассмотренных типов движения необязательно, хотя их присутствие может способствовать увеличению степени асимметрии. Отметим, что говорить о симметрии имеет смысл, если она устойчива по отношению к слабым возмущениям, что и реализуется в приведенных примерах. Укажем также, что вращение и движение (в том числе криволинейное) слабо связанных автосолитонов

происходят здесь в отсутствие неустойчивости каких-либо неподвижных структур.

Приведенные результаты не исчерпывают тему лазерных (оптических) солитонов. Так, в настоящее время для экспериментов перспективны полупроводниковые микрорезонаторы на квантовых ямах [8]. Но для таких лазеров существенна инерционность нелинейного отклика среды, которая выступает как новая динамическая переменная, что приводит к новым типам автосолитонов [2]. Увлекателен и анализ взаимодействия и движения трехмерных оптических автосолитонов — «лазерных пуль» [2], а также проявлений истинной квантовости электромагнитного излучения (флуктуаций) в свойствах и движении оптических автосолитонов.

Оптические автосолитоны интересны не только для физики, следует учитывать также их перспективность для приложений в сфере обработки информации. Здесь предложен оригинальный подход дискретно-аналоговых операций [2]. Так, информацию можно закодировать отдельными автосолитонами как «битами», и тогда на широкой апертуре схемы можно записать одновременно много единиц информации. В идеальных условиях автосолитон можно сформировать в любом месте апертуры, но под действием неоднородностей его положение

может неконтролируемо меняться. Чтобы удержать отдельные солитоны в определенных ячейках, в схему нужно ввести слабую регулярную пространственную модуляцию внешнего излучения. Модуляция наводит в схеме управляемую и перестраиваемую систему ячеек, в каждой из которых может быть записан или не записан бит. На этом этапе схема работает в дискретном режиме. А на следующем этапе вычислительного цикла неоднородность внешнего излучения динамически устраняется (аналоговый режим). При этом объединение соседних автосолитонов в асимметричную пару будет приводить к ее передвижению в другую ячейку, что позволяет, например, осуществить автоматический перенос разряда при сложении чисел и реализовать автосолитонные схемы регистра сдвига и полного оптического сумматора [2]. Отметим и другое интересное приложение оптических временных автосолитонов для получения предельно коротких (фемтосекундных или даже субфемтосекундных) световых импульсов в активных нелинейных световодах [9], что может иметь далеко идущие последствия для повышения производительности передачи информации, для биологии и фундаментальной метрологии. Но для создания реальных устройств еще предстоит большая работа по оптимальному выбо-

ру схем и материалов и по построению более тесно связанной с экспериментом теории автосолитонов — увлекательных объектов современной нелинейной физики.

В то же время представленные результаты имеют более общий аспект. Напрашивается, например, замена оптического излучения на экситоны и, соответственно, анализ физики экситонных автосолитонов в полупроводниковых наноструктурах. Хотя оптические автосолитоны появились на свет заметно позже своих «биологических» и «химических» собратьев, представляется, что на сегодня степень их изучения более высока, а некоторые из солитонных эффектов, обнаруженных в оптике, еще не имеют известных неоптических аналогов. Заметим, что ряд свойств, включая существенность энерго- и массообмена и пороговый характер возбуждения, позволяют трактовать тайфуны как гигантские вихревые автосолитоны. Заманчива идея управления движением тайфуна или его разрушением. Аргумент скептиков о несоизмеримости доступной для воздействия энергии с колоссальной энергией тайфуна представляется неубедительным; так, большая энергия быстро движущегося поезда не в состоянии предотвратить его разрушения при отвечающем скромной энергии асимметричном возмущении в виде дефекта рельсов. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 04-02-16605а.

Литература

1. Кившарь Ю.С., Агравал Г.П. Оптические солитоны. М., 2005.
2. Rosanov N.N. Spatial Hysteresis and Optical Patterns. Berlin, 2002.
3. Кернер Б.С., Осипов В.В. Автосолитоны. М., 1991.
4. Розанов Н.Н. Автосолитон. Большая Российская энциклопедия. Т.1. 2005. С.171.
5. Розанов Н.Н., Федоров С.В., Шацев А.Н. // ЖЭТФ. 2006. Т.129. С.625—635.
6. <http://www.freewebs.com/rosanovteam/>
7. Rosanov N.N., Fedorov S.V., Sbatsev A.N. // Phys. Rev. Lett. 2005. V.95. P.053903.
8. Barland S., Tredicce J.R., Brambilla M. et al. // Nature. 2002. V.419. P.699—702.
9. Высотина Н.В., Розанов Н.Н., Семенов В.Е. // Письма в ЖЭТФ. 2006. Т.83. С.337—340.

Портрет «неизвестного»

К 300-летию Леонарда Эйлера

Академик Г.С.Голицын

Леонард Эйлер — великий ученый XVIII в. Если в предыдущем столетии таким был, несомненно, Исаак Ньютон, то следующее столетие бесспорно принадлежит Эйлеру (1707—1783). Он предложил и разработал основные разделы современной математики — вариационное исчисление, теорию функций комплексного переменного, аналитическую теорию чисел, теорию специальных функций, ему принадлежит бесчисленное количество работ по теоретической и небесной механике, по гидродинамике, теории упругости и т.д. и т.п. В «Застольных разговорах» А.С.Пушкина (он назвал их по-английски: Table talk) есть раздел про Эйлера.

При рождении Ивана Антоновича, будущего императора Иоанна VI, племянника Анны Иоанновны, правившей в 1730—1740 гг., двор заказал Эйлеру гороскоп на наследника престола. Эйлер не верил в астрологию, поэтому сначала отказался, но двор настаивал. Зная правила составления гороскопов, Эйлер сочинил его для Ивана Антоновича. Гороскоп получился такой ужасный, что Эйлер не решился им воспользоваться и предложил другой, вполне благополучный. Через год Елизавета Петровна свергла младенца-царя. Тот был заключен в Шлиссельбургскую крепость и в 1764 г. убит во исполнение секретного приказа Екатерины Второй (когда поручик Минович пытался освободить Ивана Антонови-

ча). Эйлер был гениальным «вычислителем». После его смерти в 1783 г. кто-то сказал: «Эйлер умер и перестал вычислять»...

В марте 1972 г. заведующий кафедрой физики атмосферы Ленинградского гидрометеорологического института профессор Лайхтман Давид Львович пригласил меня прочесть за две недели курс из четырех лекций по динамике планетных атмосфер.

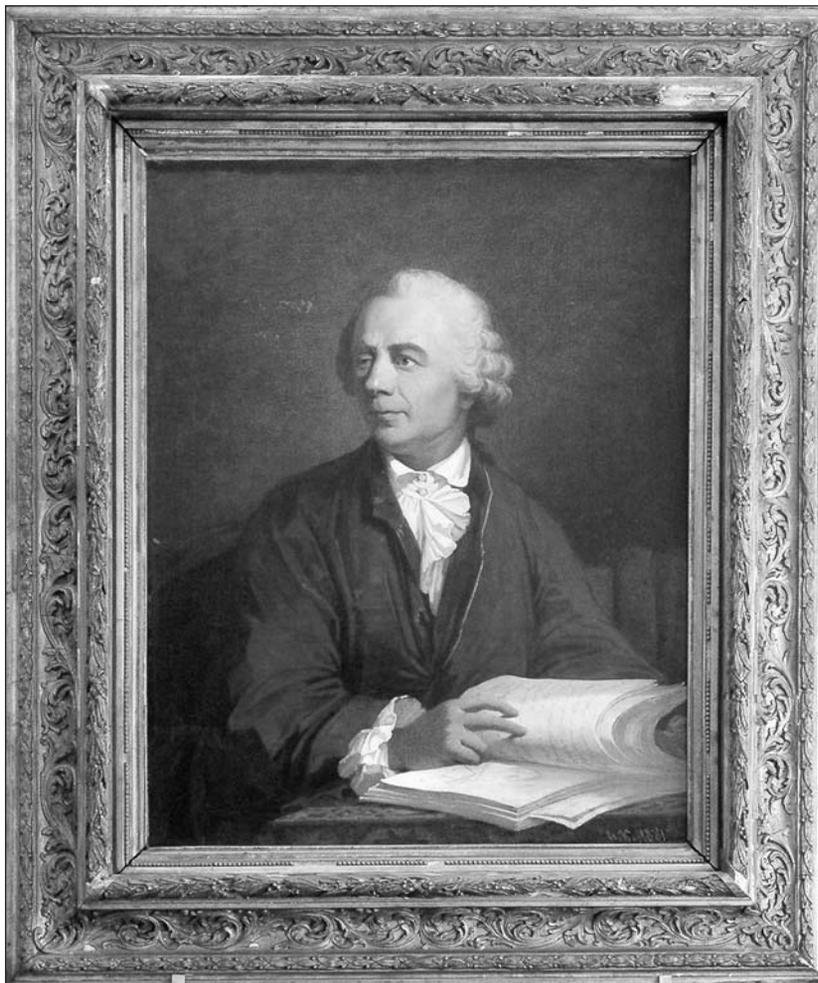
Я был занят два раза по полдня в неделю, а остальное время проводил в музеях, в прогулках по городу, в гостях. Остановился я у своего приятеля Наиля Б., предоставившего мне комнату на ул.Рубинштейна вблизи Невского проспекта.

Как-то раз я зашел в комиссионный магазин на Невском недалеко от Московского вокзала. На первом этаже были всякие носильные вещи, а на втором — живопись и другие предметы искусства. Я увидел там большой темный портрет в массивной позолоченной раме. Лепнина рамы местами отвалилась, но в целом была в приличном состоянии. Подойдя поближе, я мгновенно понял, что на портрете изображен Леонард Эйлер. Портрет Эйлера продавался как портрет неизвестного лица, выполненный неизвестным художником. Полотно было кое-где порвано, и краска во многих местах осыпалась. Я понял, что если не куплю портрет, то буду сожалеть об этом до конца моих лет. Стоил он 93 руб. 50 коп. В тот момент у меня не было с собой таких денег (мой оклад

доктора наук тогда составлял 400 руб. в месяц). Я занял у Наиля недостающее, и на следующее утро мы отправились в магазин к открытию. Расплатившись, я поинтересовался, почему такая некруглая цена. Продащица сказала, что мне повезло. Портрет находился в магазине больше трех месяцев, и его недавно уценили на 15%. Таким образом, первоначальная цена портрета составляла 110 руб.

Портрет с рамой весил килограммов 15. Сзади у него была с палец толщиной веревка. Наиль повесил на плечо портрет, и мы пошли к нему домой. На следующий день я уезжал в Москву. Наиль меня провожал. Проводница не хотела пускать меня в вагон с громадной картиной — как я позже выяснил, 120×140 см. Я говорил, что положу ее на верхнюю багажную полку купе, но напрасно. Действительно, полка гораздо уже. Сдавать в багаж не оставалось времени. До отхода поезда было минут 10. Наиль заверил меня, что отправит, сказал мне стоять, где мы были, а сам пошел вдоль поезда. Через несколько минут вернулся и заявил, что портрет будет ехать в тамбуре другого вагона, что я должен встать в Бологом и проследить, чтобы портрет не мешал входу и выходу пассажиров и чтобы в Москве я сошел первым с поезда. Проводнице было уплачено пять рублей. Я в точности выполнил все требования.

В Москве на Ленинградском вокзале я понял, что один не смогу доставить портрет ни домой, ни на работу, так он был тя-



Леонард Эйлер. Портрет работы Иогана Кёнига. 1881 г.

жел и неудобен для общественного транспорта. Я сдал его в камеру хранения. На вокзале из десятка камер лишь одна, самая дальняя, принимала такие габаритные вещи. Через пару дней я попросил институтский газик и привез картину на работу.

Портрет явно нуждался в реставрации. Я позвонил двоюродному брату Иллариону Владимировичу Голицыну, народному художнику России, члену президиума Академии художеств, лауреату Государственной премии 2003 г., тогда не имевшему никаких званий, но известному нападка на него Н.С.Хрущева в конце 1962 г. У Иллариона хранились все наши семейные портреты, начиная с петровских времен,

и часть из них он реставрировал в Третьяковской галерее незадолго до описываемых событий. Он дал мне телефон профессиональных реставраторов. Отделив портрет от рамы, я отнес его в Третьяковку и через неделю получил обратно — отмытый от грязи, положенный сзади на новый холст, подновленный красками в местах, где она отпала, и все за 70 рублей! Портрет был как новый! В правом нижнем углу проступила подпись: I. König, 1881.

Портрет был водружен на стену в моем кабинете. Директор нашего Института физики атмосферы АН СССР академик Александр Михайлович Обухов пришел его смотреть и, повосхицавшись, вдруг сказал: «Гога,

продайте портрет мне». Через секундную задержку я выдал такой ответ, на который удивляюсь и десятилетия спустя: «Александр Михайлович, у вас в кабинете уже висит обязательный и неплохой портрет, а этот художественно лучше и он забудет того, что будет неправильно политически». Обухов хмыкнул, ушел и больше никогда не возвращался к этой теме.

В 1973 г. началась подготовка к празднованию 250-летия Академии наук. Журнал «Природа» в своем №9 за тот год опубликовал статью В.И.Вернадского «Первые годы Академии наук», подготовленную по архивным материалам Кириллом Павловичем Флоренским, сыном отца Павла. Среди прочих портретов я увидел и свой портрет Леонарда Эйлера. В подписи стояло: портрет работы Э.Хандмана (1756, Университет в Базеле). В этом городе в Швейцарии Эйлер родился и в 1720—1724 гг. в упомянутом университете слушал лекции по математике Иоганна Бернулли. Юный Эйлер каждую субботу имел с ним беседы по математике и подружился с его детьми Николаем и Даниилом. Эти двое в 1724 г. получили приглашение в Петербургскую академию и уехали туда в следующем году. Эйлер очень хотел поехать с ними. Но получил приглашение лишь в декабре следующего, 1726 года, когда в Академии образовалось вакантное место, поскольку Николай Бернулли не смог привыкнуть к местному климату. Эйлер приехал в Россию в мае 1727 г., двадцати лет отроду, и жил здесь до 1741 г., подготовив около 80 трудов по математике и механике.

В 1740 г. умерла императрица Анна Иоанновна. Регентшей при младенце Иоанне VI стала его мать Анна Леопольдовна. В годы ее правления дела в государстве Российском пришли в полный разлад. В Академии год не платили жалованья. В 1741 г. Эйлер принял приглашение молодого прусского ко-

роля Фридриха II, прозванного потом Великим, который организовывал Берлинскую академию наук. Эйлер занял пост директора класса математики. В Берлине он пробыл 25 лет. В 1759 г. умер первый президент этой Академии Мопертюи, известный и сейчас как автор укороченного принципа наименьшего действия в механике, хотя сама идея такого принципа принадлежит Эйлеру. По смерти Мопертюи Эйлер был назначен управляющим делами Академии, но Фридрих не повысил ему жалованья. Фридрих очень недолюбливал Эйлера, у которого всегда были какие-то неурядки в одежде, чего король, строгий педант в таких вопросах, терпеть не мог. Так продолжалось несколько лет.

По воцарении на престоле Екатерина Вторая вскоре стала проявлять большое внимание к Петербургской академии. Эйлер все 25 лет пребывания в Берлине следил за делами в Петербурге, ведя обширную переписку с членами Академии, в частности с Ломоносовым, которого всегда поддерживал. Екатерина дала указание Н.И.Панину, канцлеру, любыми средствами вернуть Эйлера в Россию. Ему было обещано жалованье, намного превышающее то, что он имел в Берлине, и в июле 1766 г. Эйлер с семьей вернулся в Петербург. За последние 17 лет жизни, проведенные здесь, он подготовил около 400 работ.

На портрете Хандмана и моем у Эйлера явно неживой правый глаз. На это своя история, которую я когда-то слышал, но сейчас не смогу дать точную ссылку. В 1740-х или 1750-х годах Парижская академия объявила конкурс на лучшее расположение мачт у парусного корабля. Эйлер давно занимался кораблестроением и хотел принять участие в конкурсе, но заедала текучка, а срок подачи бумаг на конкурс неумолимо приближался. Наконец, он сел за расчеты и не вставал из-за стола трое полных суток. За это время

он выполнил расчеты, на которые другие потратили бы как минимум целый месяц. Премия была выиграна. Но глаз он потерял. На второй глаз Леонард Эйлер ослеп уже в Петербурге. Далее он уже диктовал свои работы старшему сыну. Потомки Эйлера и сейчас живут в Санкт-Петербурге.

В январе 1981 г., уже будучи членом-корреспондентом АН СССР и возглавляя делегацию из трех человек, я прибыл на Международный симпозиум по параметризации атмосферных процессов для моделей прогноза погоды и климата. Он проходил в Центре конвенций Мэрилендского университета, к северу от Вашингтона. Оттуда я позвонил своему коллеге, видному океанографу Оуэну Филипсу, профессору Университета Джонса Хопкинса в Балтиморе. Менее чем за час он довез меня из Вашингтона в Балтимор. В Департаменте наук о Земле и планетах я прочел лекцию о конвекции во вращающейся жидкости. После лекции посетил другого коллегу, известного исследователя турбулентности, Стэнли Коррзина, друга нашего Института. У него я увидел фотопортреты великих гидродинамиков: Джошуа Рейнольдса, основателя науки о турбулентности, Людвига Прандтля, Теодора фон Кармана, Джеффри Тэйлора. И показал небольшую цветную фотографию своего портрета Леонарда Эйлера. Коррзин спросил меня: «Как вы можете лично владеть таким замечательным предметом истории науки и искусства?» Я спросил, как же мне надо, по его мнению, поступить. Ответ был таков: «Вы должны его отдать в музей истории науки или, по крайней мере, в Академию наук». За свое фото я получил потом по почте портреты названных выше гидрофизиков.

По выходе из кабинета Коррзина мы встретили профессора Трусделла, всемирно известного механика, ряд книг которого в 1960—1970-х годах был пере-

веден на русский язык. Я знал, что главное увлечение этого профессора — исследование жизни и творчества Леонарда Эйлера. Коррзин представил нас друг другу. К счастью, у меня оказался еще один экземпляр фотографии моего портрета Эйлера. Я вручил это Трусделлу, извинился, что опаздываю на самолет, и сказал, что мой адрес, если понадобится, есть у Филиппа и у Коррзина.

Тогда еще не было ни электронной почты, ни факсов. Примерно через месяц я получил письмо от Трусделла. Он почти буквально повторил слова Коррзина о том, как мне повезло, что у меня есть такой замечательный портрет великого ученого. Он написал: «Позвольте мне высказать гипотезу, что этот портрет достался вам по наследству». Далее он выдвинул два предположения, кто мог быть первоначальным владельцем этого портрета. Первым возможным владельцем он назвал вице-канцлера Александра Михайловича Голицына (1722—1806), просвещенного мецената. Другим мог быть Дмитрий Алексеевич Голицын (1734—1803), посол России во Франции и Нидерландах, известный ученый своего времени, член всех европейских академий и главный агент Екатерины Великой по закупке картин и произведений искусства для Эрмитажа. О нем у меня есть отдельный рассказ.

Пришлось разочаровать Трусделла, сообщив, что портрет Эйлера закуплен в комиссионном магазине и в уцененном виде, поскольку более трех месяцев им никто не интересовался. После смерти академика А.М.Обухова в декабре 1989 г. я, уже будучи действительным членом АН СССР, с 1 января 1990 г. был назначен директором нашего Института физики атмосферы. Первые года два я сохранял за собой мой старый маленький кабинет как заведующий лабораторией и отделом теории климата. Портрет Эйле-

ра находился там. В конце 1991 г., с распадом СССР, отменной руководящей роли КПСС, а также необходимостью потесниться, я освободил маленький старый кабинет, снял со стены вполне приличный портрет Владимира Ильича и водрузил туда портрет Леонарда Эйлера.

До конца 2000 г. ничего связанного с портретом не происходило. Полная его история продолжала оставаться неизвестной. В декабре 2000 г. моя младшая дочь Маша, преподаватель математики в Московской академии нефти и газа, защищала кандидатскую диссертацию о нестационарных движениях газа в трубах. По ее результатам при измерениях амплитуды и времени прохода волны разрежения в двух местах трубы можно было бы определять место и объем несанкционированного отбора газа из газопровода (например, на Украине). После успешной защиты все присутствующие были приглашены на кафедру слегка отпраздновать событие. Член диссертационного совета профессор Глеб Константинович Михайлов как-то между делом упомянул Леонар-

да Эйлера. Маша тут же отреагировала, что у папы есть большой портрет ученого. Профессор необычайно оживился и спросил, сможет ли он увидеть этот портрет. Маша дала ему мой телефон. На следующий день он мне позвонил, и мы договорились, что он приедет ко мне в Институт.

По приходе Глеб Константинович сказал, что Эйлер — это главное занятие его жизни. Ответственный секретарь Комитета советских, а потом российских механиков — это служба. Главное дело — Эйлер. До сих пор его архивы в Санкт-Петербурге, в Берлине, в Швейцарии не разобраны до конца. Он каждый год в течение месяца, как член Международной комиссии по наследию Леонарда Эйлера, проводит в Швейцарии и Германии, и этой работе пока не видно конца. «Как я рад встретить этот замечательный портрет, и я думаю, что через два-три дня буду знать его историю в России», — сказал мне при прощании профессор Михайлов.

Звонок раздался через день. Возбужденный Глеб Константинович рассказал мне следующее,

что я передаю своими словами. В 1875 г. Российская академия отмечала свое 150-летие. Было решено завести портреты своих наиболее выдающихся членов. Портрет Эйлера был заказан немецкому художнику Иогану Кёнигу, который сделал весьма точную копию с базельского портрета 1756 г. Позднее с этой копии и с копий копии было сделано много новых копий заметно ниже качеством, в другой цветовой тональности. Такие вторичные копии есть в Московском университете, в приемной президента Российской академии наук.

Заказ, исполненный Кёнигом в 1881 г., сначала висел в здании Академии наук на Васильевском острове в Петербурге. В 1889 г. отмечалось 50-летие открытия Пулковской астрономической обсерватории. Поскольку Эйлер очень много сделал и в небесной механике, его портрет был отдан в эту обсерваторию. В 1918 г. Обсерватория была дважды разграблена революционными матросами. Через 54 года в комиссии на Невском я увидел потемневший портрет «неизвестного». ■

Охрана природы

Морской резерват на Гавайях

Акватория, расположенная в западной части Гавайского архипелага (площадь 364 тыс. км²), объявлена в июне 2006 г. морским резерватом. Цепочка пустынных атоллов длиной 2200 км и шириной 160 км охватывает одну из богатейших в мире коралловых экосистем — она включает около 7 тыс. одних только изученных видов. Здесь запрещено рыбо-

ловство и введен жесткий контроль в сфере туризма. Гавайский морской резерват стал крупнейшей в мире охраняемой акваторией.

Science et Vie. 2006. №1067. P.12 (Франция).

Зоология

Коллективная охота у пауков

Лишь 20 видов пауков из почти 40 тыс. известных науке живут колониями. Но даже среди этого меньшинства вид *The-*

ridion nigroannulatum выделяется уникальной стратегией охоты. Ее наблюдали в Эквадоре арахнолог Л.Авилес (L.Aviles; Университет Британской Колумбии, Канада) с сотрудниками. Когда в клейкие нити паутины попадает насекомое, из убежища выбегает множество пауков, которые не только обволакивают жертву липкими нитями, но и парализуют, впрыскивая в нее яд. Затем, попеременно сменяя друг друга, они несут добычу в гнездо, где делят между обитателями колонии.

Авилес обнаружила еще две необычные особенности *Tb.nigroannulatum*. Во-первых, численность сообщества у них колеблется от дюжины особей до нескольких тысяч. Большие колонии возникают спонтанно и, просуществовав считанные дни, столь же быстро и распадаются. Во-вторых, самки бывают двух размеров. Обычно у общественных насекомых такой диморфизм отражает ролевое разделение: например, у пчел крупные самки (матки) откладывают яйца, а более мелкие их обслуживают. Здесь же ничего подобного исследователи не наблюдали.

Sciences et Avenir. 2006. №716. P.35 (Франция).

Зоология

Новый род обезьян

Впервые за 83 года обнаружен новый род обезьян. Его единственный вид получил название *Rungwecebus kipunji*. Первые снимки животного были получены в Танзании в 2005 г., но из-за скрытного образа жизни этих приматов изучать их могли только по фотографиям и видеосъемкам. Поначалу серо-коричневую обезьяну с белой гривой и ростом около 1 м отнесли к роду мангобеев бородатых (*Lophocebus*). Однако некоторое время спустя в руки специалистов Музея естественной истории им.Филда в Чикаго (США) попала случайно убитая особь, и по результатам морфологического, генетического и молекулярного анализов выяснилось, что этого примата нужно выделить в новый род.

R.kipunji живут в высокогорных лесах и питаются растительной пищей, а также насекомыми и другими беспозвоночными. Т.Дэйвенпорт (T.Davenport; Общество сохранения дикой природы), возглавляющий команду исследователей новой обезьяны, считает, что ее попу-

ляция насчитывает менее тысячи особей.

Terre Sauvage. 2006. №218. P.50 (Франция).

Зоология

Краснокнижный вид оказался гибридом

Американские генетики под руководством Г.Гэлбрета (G.Galbreath; Северо-Западный университет, Чикаго, США) подтвердили гибридное происхождение купрея (*Bibos sauveli*) — он возник в результате скрещивания бантенга и зебу. Купрей — бык с серповидно изогнутыми рогами, обитающий в джунглях Камбоджи (к слову, национальный символ страны), — открыт и впервые описан в 30-е годы прошлого века. Из-за своей крайней немногочисленности получил статус строго охраняемого вида.

Теперь Гэлбрет предлагает направить средства, предназначенные для сохранения *B.sauveli*, на изучение и охрану действительно редких диких быков (бантенга, гаура, индийского буйвола), которые находятся под угрозой вымирания.

Science et Vie. 2006. №1070. P.36 (Франция).

Охрана природы

Коралловые рифы разрушаются

По данным международного консорциума исследователей, только 2% коралловых рифов имеют статус охраняемых морских территорий. Что еще хуже, лишь менее 0.1% площади этих богатых и разнообразных экосистем планеты защищено от законной и незаконной добычи кораллов. Сотрудники консорциума полагают необходимым создать более 2500 новых охраняемых участков площадью от 10 до 20 км².

На заморских территориях Франции, в основном в Полинезии, находится 10% коралловых рифов планеты, однако по данным Международного союза охраны природы 20% площади, которую они занимают, уже разрушено, а 24% серьезно пострадали вследствие загрязнения и повышения температуры морской воды.

Science et Vie. 2006. №1069. P.35 (Франция).

Этология

Сурикаты: няньки по принуждению

Сурикаты (*Suricata suricata*), небольшие млекопитающие семейства виверровых, питаются смертельно опасными животными — скорпионами, пауками, змеями. Биологи из Кембриджского университета (Великобритания) наблюдали в пустыне Калахари (Африка), как сурикаты обучают своих детенышей безопасной охоте и поеданию добычи. Уроки дают не родители, а другие взрослые члены семейной группы, причем занятия строятся с учетом уровня ученика. Вначале малышу дают умерщвленную добычу (например, скорпиона), затем тренируют его на раненой жертве (в частности, заставляют отгонять ее прутом) и только после этого терпеливо обучают настоящей охоте.

Оказалось, что для самок сурикат роль воспитательницы — во многом вынужденная. Некоторые беременные самки дразнят и угнетают других, явно желая помешать им произвести потомство (иных даже доводят до выкидыша). В результате одна доминирующая самка дает до 80% приплода в группе, а у ее соплеменниц, насильно лишенных материнства, остается масса времени для обучения детенышей победивших соперниц.

Sciences et Avenir. 2006. №715. P.29 (Франция).

Вспоминая Павла Евгеньевича Рубинина

Записки

Е.Л.Капица,

кандидат биологических наук
Мемориальный музей П.Л.Капицы
Москва

Имя Павла Евгеньевича Рубинина (1925—2006) хорошо знакомо постоянным читателям «Природы». Много лет подряд подготовленные им материалы появлялись на страницах журнала. В основном он писал о Петре Леонидовиче Капице, но так как жизнь Капицы была тесно связана с другими людьми, то и другие судьбы попадали в круг интересов Рубинина. И вот Павла Евгеньевича не стало, со времени его кончины прошел ровно год. Теперь нам, хорошо его знавшим и любившим, настал черед писать о нем самом.

Биография Павла Евгеньевича была драматичной. Он иногда рассказывал о своей жизни, но когда я заводила речь о том, что он обязательно должен написать **свои** воспоминания, отмахивался, говорил: «потом, потом...» и продолжал изучать и в каком-то смысле проживать жизнь П.Л.Капицы.

После смерти Павла Евгеньевича, разбирая, как сказали бы раньше, «его бумаги», а теперь — «файлы в компьютере», я наткнулась на документ с многообещающим, как мне показалось, названием «PRmem» — «П[авел]Р[убинин]восп[оминания]», но это оказалась лишь страничка, оборванная на полуслове и озаглавленная «Что я помню и что мне рассказали». Вот она:

«Помню, как я мучился каждый раз, когда приходилось писать свою анкету для кадрови-

ков. Никак начало не мог придумать. В конце концов “отчеканил” первые две фразы, которые и повторял потом без малейших изменений. Поэтому и запомнил их на всю жизнь, хотя не пишу уже анкеты лет сорок, по крайней мере. Вот эти фразы:

“Родился 30 июня 1925 г. в г.Копенгагене, Дания, в семье советского дипломата. Через полгода выехал (!) в Турцию, а затем в Италию. В 1928 г. вернулся в Москву...”

Меня очень забавлял оборот “вернулся в Москву”, и было забавно, что никто из кадровиков нелепости этого оборота не замечал. Лишь майор из отдела кадров “почтового ящика”, в котором я работал переводчиком после окончания Военного института иностранных языков, был поражен **смыслом** двух первых фраз. “Если бы я тебя не знал, — говорил он мне не раз, когда мы с ним сражались в шахматы на первенство нашего “ящика”, — то я бы тебя никогда не взял в наш институт с такой анкетой!...”

Данию, Турцию и Италию я не помню, и никогда больше в этих странах не бывал.

Мой младший брат Алексей родился в Риме в 1927 г. После “возвращения” в Москву из Италии мы с мамой и братом отправились в Нижегородскую область, в деревню Огнев-Майдан, где мамин отец, мой дед, Павел Иванович Кудрявцев, заведовал домом отдыха Наркоминдела в бывшей помещичьей усадьбе.

По-русски мы с Алексеем не говорили. В Риме у нас была ня-



П.Е.Рубинин в 1984 г.

Фото В.Генде-Роте

ня-итальянка, Анна, и наши родители, чтобы мы не пугали языки, тоже говорили с нами по-итальянски. Мой дальний родственник Эрик Сулимов любит вспоминать, как Леша нежно склонялся над лягушкой в какой-нибудь луже и ласково говорил: “Signorina!”

Представляю себе, с каким изумлением смотрели на нас с Лешей, лопочущих что-то на непонятном языке, деревенские жители.

За нами приглядывала девушка лет четырнадцати, Тоня, которая поехала потом с нами в Москву, а лет через пять или шесть — в Бельгию, в Брюссель...»

Детские годы Павел Евгеньевич провел в основном за границей, ведь его отец был заведующим 3-м Западным отделом НКВД СССР, а с 1935 г. полпредом СССР в Бельгии. Семья Рубининых вернулась в Россию из оккупированной Бельгии в 1940-м.

Во время войны дети с мамой жили в той самой деревне Огнев-Майдан в Нижегородской области, у деда. Павел Евгеньевич рассказывал, что его мать немедленно завела корову и другое хозяйство. Жена дипломата прекрасно со всем управлялась, ведь надо было кормить трех сыновей — к тому времени появились еще один брат.

А потом случилась трагедия — загорелся деревенский дом, в котором они жили. Все успели выскочить на улицу, но тут мать вспомнила, что забыла в доме что-то ей очень нужное, и кинулась обратно в пылающую избу. В этот момент обвалилась крыша. У пожарища остались стоять два мальчика с годовалым ребенком на руках. «Я никогда не мог забыть, — рассказывал мне Павел Евгеньевич, — как мы с Алешей руками разгребали пожарище в поисках останков мамы...»

После школы Павел Евгеньевич поступил в Институт военных переводчиков. Из времени обучения ему запомнился на всю жизнь такой эпизод:

«1946 год. Я учусь в Военном институте иностранных языков. В газетах опубликовано постановление ЦК партии «О журналах «Звезда» и «Ленинград» с уничтожающей критикой Зощенко и Ахматовой, моих любимых писателей. На следующий день я принес в институт однотомник Зощенко, и на большой перемене, с тремя-четырьмя приятелями, мы устроились на бревнышке посреди плаца, на котором обычно проводились занятия по строевой подготовке. Я вынул из портфеля книгу Зощенко и стал вслух читать мои любимые рассказы. Мы буквально рыдали от смеха...»

На следующий день меня вызвал заместитель начальника института по политчасти. Полковник или подполковник. Меня обвиняли — именно так! — в том, что я выступил публично против постановления партии. По тем временам это ничего хорошего не обещало. Как ни глуп я был, но это понял. И наивно пытался убедить невозмутимого замполита, будто, читая рассказы Зощенко, я старался лишь «проиллюстрировать» постановление партии. В какой-то степени так оно и было. Остался вопрос: как и что я «иллюстрировал» в том гнусном постановлении (я так его и воспринимал). Боюсь, что, спасая свою шкуру, я предавал тогда Зощенко. Сейчас, во всяком случае, мне стыдно за то, как я тогда «выкручивался». Но ведь были у меня братья и отец, которого тоже тогда замполит вызвал в институт. А через три года отца арестовали. И я долго мучился, считая себя виновным в его аресте. К счастью, я ошибся...

Вернемся к разговору с полковником. Глядя на лежащую перед ним бумажку, он стал задавать мне вопросы: «У меня есть сведения, что такого-то числа вы в своей группе, в институте, рассказали следующий анекдот...» И он, слово в слово повторил ходивший по Москве анекдот «не для печати», который я действительно рассказал в указанный им день. Он рассказал еще пару «моих» анекдотов... Я все отрицал. Он не напирал, не нажимал. Ему было важно мне показать, что им все известно и что мои друзья — доносчики. Ему не нужны были «признательные» показания. Сейчас я думаю, что представитель «Смерша» (Смерть шпионам!) в институте не считал нужным раздувать это дело, поэтому и попросил замполита провести со мной нечто вроде неформального допроса. Без протокола...»*

* Рубинин П. Слишком много сломанных судеб // Известия. 2003. 15 марта. №45. С.11.



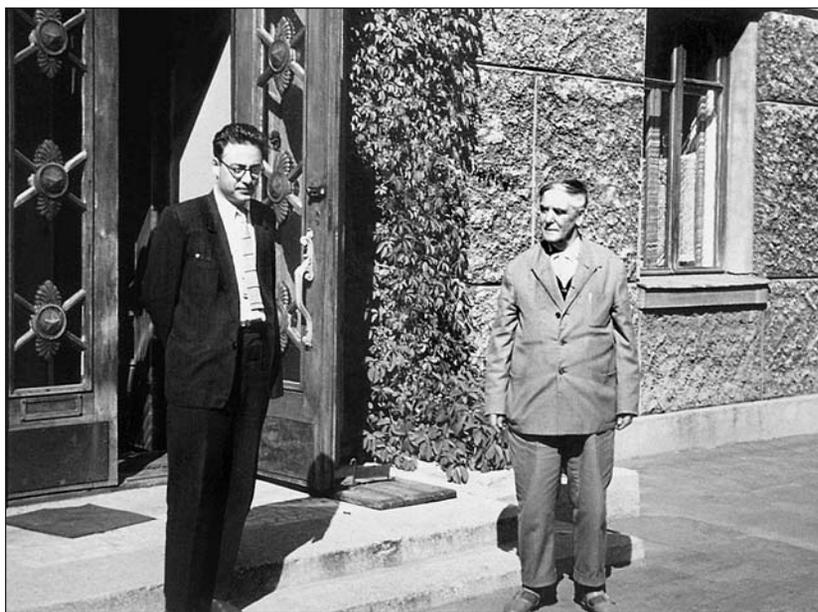
Лейтенант Рубинин. Конец 1940-х годов.

Павел Евгеньевич закончил Институт, его ждало прекрасное будущее. Но тут арестовали отца, и незамедлительно последовала реакция: люди, которых он считал своими друзьями, перестали с ним общаться и узнавать его на улицах, только очень немногие отваживались сохранить с ним дружеские отношения. Он был уволен с работы и долго никуда не мог устроиться, а ведь на его руках оставался младший из братьев. В конце концов он устроился библиотекарем в профтехучилище.

«Библиотекарем я стал волею судьбы. По образованию я был военным переводчиком, работал в одном «закрытом» военном НИИ. В январе 50-го арестовали моего отца, одного из старейших советских дипломатов, бывшего полпреда в Бельгии, заведующего отделом в Совинформбюро. Арестовали, судя по обыску, по 58-й статье: оперативники не могли скрыть свою радость, обнаружив книгу с портретами Троцкого, Муссолини и Гитлера! И они отложили ее в сторону, как улику... Через полгода, по распоряжению так называемого СМЕРША (Смерть шпионам!), меня уволили сначала из «почтового ящика», а потом и из армии. Я



С женой Людмилой Владиславовной Орловой и отцом Евгением Владимировичем. Николина Гора. 1960-е годы.



Капица и Рубинин у дома, где теперь находится музей. 1960-е годы.

год никуда не мог устроиться и жил на заработки от случайных переводов. Когда кадровики узнавали, с кем имеют дело (сын «врага народа»!), все вакансии вдруг исчезали, их неожиданно «снимали». Не испу-

гался лишь директор ремесленного училища Александр Давидович Кокин. (Позже я узнал, что его брат погиб в 37-м году.) Он выслушал мою историю (соврать, сказать, например, что отец мой умер, было невозмож-

но: уж слишком долго я был без работы), минуту помолчал, а потом произнес слова, которые я никогда не забуду: «Не знаю, как мы — вам, но вы нам — подходите». Он имел в виду, конечно, мизерный оклад заведующего библиотекой.

А я был счастлив, что попал в это училище. Будучи с детских лет книголюбом и читателем, все на свете забывающим ради книги, я был рад, что в тяжелое для меня время буду работать в библиотеке, фантастически, как оказалось, богатой. Во время войны и в первые послевоенные годы она пополнилась очень ценными и редкими изданиями по искусству. Причем не только русскими, но и иностранными — французскими, немецкими, английскими и итальянскими. Тогда училище имело возможность покупать книги в букинистических магазинах по баснословно высоким ценам»*.

Павел Евгеньевич часто рассказывал о своей работе в училище, о том, как ему удалось подружиться с ребятами, заинтересовать их чтением книг. Но, видимо, на душе было очень тяжело. Он говорил, что начал сильно пить. В это время Павел Евгеньевич полюбил удивительную женщину — Людмилу Владиславовну Орлову. Ее твердый и непреклонный характер буквально спас его от надвигающегося алкоголизма. Они поженились и прожили вместе более 50 лет.

С 1955 г. Павел Евгеньевич работает в Институте физических проблем.

«Впервые в Институт физических проблем я пришел в марте или апреле 1955 года. Пришел наниматься на работу к Петру Леонидовичу Капице. Слегка трепетал, конечно, хотя и был знаком с П.Л. еще с 1940 года. В мае того года наша семья вернулась в Москву из оккупированной немцами Бельгии. Вскоре

* Рубинин П.Е. Мой друг — Роза Марковна // Памяти Розы Марковны Куниной-Гевенман. М., 2001. С.52—65.

после приезда в Москву отец познакомился с Петром Леонидовичем, они подружились, и мы стали бывать у Капиц на Воробьевых горах и на Николиной Горе. А Петр Леонидович и Анна Алексеевна бывали у нас, в Хоромном тупике, у Красных ворот...

В феврале 54-го вернулся домой мой отец — после четырех лет тюрьмы и лагерей... В январе 55-го снова стал директором созданного им института П.Л.Капица. Ему нужен был секретарь, помощник, владеющий иностранными языками. И мой отец, который часто встречался тогда с Петром Леонидовичем, сказал мне однажды, что в семье Капиц вспомнили обо мне, и П.Л. просил меня зайти к нему в институт, если меня эта работа интересует... Я зашел, мы обо всем договорились. Месяца два спустя я сдал библиотеку в художественно-ремесленном училище, в котором проработал четыре года. В июне 1955-го я приступил к работе в ИФП...»*.

Более 50 лет работал Павел Евгеньевич в Институте — 29 лет с Петром Леонидовичем и 22 года директором Мемориального музея П.Л.Капицы и ответственным секретарем Архива Капицы.

Петр Леонидович его высоко ценил, очень доверял ему, но, кроме того, Павел Евгеньевич стал близким, родным человеком в семье Капиц, его воспринимали как еще одного сына.

Павел Евгеньевич не ограничивал свою деятельность обязанностями референта. Он отвечал за «культурную жизнь» Института. Многочисленные художественные выставки, на которые в 1960—1970-е годы в Институт приходило огромное количество людей, — прямая заслуга Рубинина. Многие запрещенные в те годы художники впервые показывали свои работы публике именно в Институте физических проблем.

«Я был... большим любителем живописи. Но в своих вкусах я

* Архив П.Е.Рубинина.



Павел Евгеньевич и Людмила Владиславовна на фоне экспозиции картин современных художников в холле Института физических проблем.



С В.Генде-Роте. В гостях у Капиц. 1970-е годы.

не был столь радикален, как П.Л., я, скорее всего, “всеяден” — люблю и Шишкина, и Кустодиева; Пикассо, Перова и Модильяни... Но я переживал за молодых художников, которым не давали дорогу зубры соцреализма, и на общественных началах (я был членом месткома) стал устраивать в Институте физических проблем художественные вы-

ставки. Из художественно одаренных мастеров** и физиков я подобрал художественный совет и назначил себя его председателем. Пользуясь “широкой спиной” Капицы, мы стали устраивать в институте выставки тех “нетрадиционных” худож-

** В Институте работало несколько одаренных художников — стеклодувов и инженеров.



X Европейская конференция по физике плазмы. Москва, сентябрь 1981 г. В первом ряду (справа налево): С.И.Филимонов, П.Е.Рубинин, П.Л.Капица, А.А.Капица.

Фото В.Генде-Роте

ников, за которыми зорко при-
сматривали “искусствоведы в
штатском”. Для этих художни-
ков “официальные” выставоч-
ные залы были закрыты...»*.

Павел Евгеньевич говорил,
что его положение человека,
приближенного к директору,
имело и свои сложности. Только
благодаря кристальной поря-
дочности и тактичности он все-
гда обходил острые углы, и у не-
го сложились прекрасные отно-
шения с сотрудниками институ-
та. Он никогда не использовал
свое положение в личных целях,
но часто выступал просителем

* Архив П.Е.Рубинина.

за других. И Петр Леонидович
знал, что если Рубинин просит
за кого-то, то это действительно
важно.

Еще при жизни Капицы Ру-
бинин придумал и осуществил
издание замечательной книги
Петра Леонидовича «Экспери-
мент. Теория. Практика».

После кончины Капицы ос-
тался очень большой архив.
И Павел Евгеньевич приступил
к работе над ним. С этого мо-
мента начинается совершенно
новый период его жизни — пе-
риод архивиста и публикатора.
Он становится одним из самых
известных и авторитетных ис-
ториков науки.

Хочется привести в связи
с этим слова Сергея Петровича
Капицы:

«В полной мере раскрылись
его способности и талант иссле-
дователя советской и мировой
науки в последние десятилетия,
когда он всецело погрузился
в изучение и публикацию мате-
риалов, связанных с жизнью Пе-
тра Леонидовича Капицы, как
яркого представителя мировой
физики и ученого с активной
гражданской позицией.

Основываясь на документах
прошлого, Павел Рубинин по-
мог раскрыть все величие
и трудности развития науки
в XX веке, ее роль в обществе
и не всегда простые взаимоот-
ношения с властями. В то время
физика занимала ведущее место
в познании природы и давала
основу для множества практи-
ческих применений. И сегодня,
когда происходит смена вех
в науке, исследовательская
и публикаторская деятельность
Павла Евгеньевича помогает
лучше понять уроки прошлого,
чтобы не сбиться с пути в насто-
щем»**.

В общей сложности за двад-
цать с небольшим лет он опу-
бликовал около 100 статей, выпу-
стил 11 книг. Последняя его ра-
бота (в соавторстве с В.Д.Есако-
вым) — второй том книги «Ка-
пица. Кремль. Наука», была им
в основном закончена и, мы на-
деемся, скоро выйдет в свет.

Всегда бывает бесконечно
грустно, когда уходят такие лю-
ди, как Павел Евгеньевич Ру-
бинин. Согревает лишь сознание,
что он успел сделать очень мно-
го и что память о нем действи-
тельно будет жить в его трудах,
его книгах.

Мы предлагаем вашему вни-
манию материал, который был
подготовлен Рубининым за не-
сколько лет до кончины. ■

** Российская газета. 2006, №137.
28 июня.

Капица в моих старых записных книжках

П.Е.Рубинин

Секретарем Капицы я был почти тридцать лет, и очень теперь сожалею, что не вел эти годы подробных, обстоятельных дневников, не записывал изо дня в день свои разговоры с Петром Леонидовичем. А разговаривал я с ним почти ежедневно. Утром, когда он приходил в свой директорский кабинет, чтобы просмотреть почту, поговорить со своими заместителями, быстро разделаться с разными административными делами; перед обедом, когда он иногда на минуту заходил в свой кабинет после экспериментов в ла-

боратории; у него дома, за обеденным столом, — в общей беседе, в которой участвовали Анна Алексеевна, сыновья Сергей и Андрей и кто-нибудь из близких и друзей семьи; и, наконец, вечером, в конце рабочего дня, когда П.Л., перед тем, как пойти домой после опытов в лаборатории, заходил иногда в свой директорский кабинет — позвонить по «вертушке» какому-нибудь министру или просто так, на всякий случай: нет ли у меня срочных «бумажек» для него...

И хотя подробных дневников, как я говорил, я не вел (терпения у меня хватало на месяц, два, три, не больше), все же что-то очень меня пора-

© Капица Е.Л., 2007



Семья Петра Леонидовича и Анны Алексеевны в гостиной дома, где теперь располагается Мемориальный музей П.Л.Капицы. 1976 г.

Фото В.Генде-Роте

жившее (или показавшееся примечательным, характерным) в словах или в «поведении» П.Л., я иногда записывал. К сожалению, лишь *иногда*... Записывал в те блокноты и записные книжки, что были под рукой.

Недавно я выгреб из моих домашних «архивных» закутков все старые блокноты и записные книжки и тщательно, блокнот за блокнотом, книжку за книжкой, перелистал их, выискивая все, что касалось П.Л. И все эти места, все эти записи перепечатал на машинке.

Часть этих записей я отобрал для настоящей публикации, сопроводив некоторые из них своим *сегодняшним* комментарием. (Эти примечания датированы тем днем, когда, перечитав давнюю запись, я решил, что она нуждается в пояснении или дополнении. Дата в этом случае стоит на правой стороне страницы.) Многие «изречения» Капицы даются без пояснительных слов: «сказал П.Л.» и т.п. Если идет прямая речь — это речь Капицы...

1962 год

П.Л. очень бережет свою подпись. Положишь ему на стол письмо — ходатайство или просьбу: телефон кому-нибудь из сотрудников дома установить, или что-нибудь по снабженческой части, что-нибудь не столь уж важное... П.Л. откинется на спинку кресла и с очень неприятным выражением лица спросит:

— А почему это Я должен подписывать такое письмо? Почему не мои заместители? Почему не Малков?

Стою с виноватым видом — надо бы самому догадаться и «завернуть» письмо, не дожидаясь этого неприятного разговора.

— Ты учти, — говорит П.Л., — что моя подпись — как шагреневая кожа: чем больше я подписываю разных писем с просьбами, тем меньше она значит, тем слабее действует...

Правило шагреневой кожи не соблюдается П.Л. только тогда, когда речь идет о болезнях. Каждый сотрудник, независимо от своего положения, если он нуждается в особом, очень специальном лечении, может прийти к П.Л., и Капица подпишет письмо с просьбой принять и проконсультировать (или госпитализировать) к самому авторитетному в данной области специалисту. Подпишет он такое письмо и о любом родственнике сотрудника института... Единственный здесь ограничитель, насколько я заметил, чисто психологический — не каждый решится пойти к П.Л., чтобы попросить его помочь своему тестю или своему зятю... Ну, а уж если решится, если придет и попросит Петра Леонидовича помочь, то П.Л. нажмет кнопку, я войду в кабинет, и он скажет: «Подготовь, пожалуйста, письмо Николаю Николаевичу Блохину...»

Чаще всего именно Блохину, руководителю Онкологического центра, и идут подобные обращения от Капицы. И он ни разу не отказал в помо-

щи. Закон шагреневой кожи здесь почему-то не работает...

1963 год

На заседании ученого совета чувствуют С.А.Яковлева, одного из старейших механиков института, заведующего гелиевой мастерской. Ему исполнилось 60 лет.

— Он обеспечивает бесперебойное снабжение лабораторий жидким гелием, — говорит П.Л. — И добивается он этого, несмотря на то, что каждый научный сотрудник стремится нарушить эту бесперебойность. Потому что каждый научный сотрудник считает, что его работа — самая главная, и только она должна обеспечиваться всем в первую очередь. И правильно считает. Каждый научный сотрудник должен считать, что его научная работа самая важная и все должны ее обеспечивать... Но каждому такому здоровому стремлению нужно противопоставить здоровое противодействие. Сергей Александрович Яковлев и представляет собой такое противодействие. Возникает конфликт. Но это здоровый конфликт...

Мы покупаем у Кубы сахар. Эту новость комментирует П.Л. Он считает, что правительство должно было объяснить нам, почему оно подписало это соглашение. Мы же можем себя полностью обеспечить свекловичным сахаром. А если мы будем покупать кубинский тростниковый, нам придется свертывать наше производство, то есть соглашение это — за счет нашего народа. Нужно поэтому объяснить народу, для чего это делается.

Я сказал, что на фоне многих других нелепостей это соглашение кажется мелочью, П.Л. рассердился и сказал, что никогда не надо мириться с такими вещами.

— Вот я поговорил с тобой, ты кому-то рассказал об этом. Вот так и создается общественное мнение. Когда нельзя высказываться в газетах, общественное мнение выражается в анекдотах...

1965 год

29 января. П.Л. надписывает свою книгу «Жизнь для науки» — с очерками о Ломоносове, Франклине, Резерфорде и Ланжевене. Он простужен. Говорит, что это как раз то дело, которым можно заниматься, когда болеешь.

Он пишет, хитро ухмыляясь, а потом читает мне вслух самые свои лихие посвящения. Они мне очень понравились, и я, перед тем как отправить книжки П.Л. по почте, некоторые дарственные надписи переписал.

О.М.Белоцерковскому (ректору МФТИ): «Дорогому Олегу Михайловичу, посылаю инструкцию для воспитания крупных ученых. Ваш П.Капица».

Академику Д.И.Щербакову (гл. редактору «Природы»): «Глубокоуважаемому Дмитрию Ивановичу, с укоризной и приветом — от П. Капицы».

Э.В.Шпольскому (гл. редактору «Успехов физических наук»): «А Балда приговаривал с укориз-

ной: не боялся бы ты, поп, цензуры капризной. А.С.Пушкин (приблизительно). На память Эдуарду Владимировичу, с приветом — от П.Капицы».

А.Е.Корнейчуку: «Дорогой Александр Евдокимович, посылаю Вам мой труд, который Вы сможете прочесть и понять...»

И.Л.Андроникову: «Дорогой Ираклий, я тоже пишу о великих людях...»

Э.Л.Андроникашвили: «Дорогой Элевтер, берите пример с тех, кто описан в этой книжке...»

31 октября 1992 г.

Прочитал озорные посвящения П.Л. и вспомнил, с каким трудом пробивался в те годы к читателю его доклад «Ломоносов и мировая наука». С этим докладом П.Л. выступил 17 ноября 1961 года на сессии Отделения физико-математических наук АН СССР, посвященной 250-летию со дня рождения великого русского ученого и поэта. В брошюре «Жизнь для науки», которая вышла в свет в январе 1965 года, этот доклад был впервые опубликован. Потому и радовался так П.Л., потому и послал свою книжку Д.И.Щербакову и Э.В.Шпольскому «с укоризной» — они доклад Капицы в своих журналах печатать не захотели (или не решились).

Почему же два солидных *академических* журнала не напечатали доклад *академика*, П.Л.Капицы, первого лауреата Золотой медали Ломоносова — а ведь это высшая награда *Академии наук*?

— А потому не напечатали, что юбилейная речь Капицы оказалась с «подвохом» — в своем докладе он утверждает, ссылаясь на исследования историков науки, что научные работы Ломоносова не были широко известны ни в нашей стране, ни за границей и не оказали «должного влияния на развитие как мировой, так и нашей науки». В те годы, когда из советских мозгов не успел еще до конца выветриться лжепатриотический угар «антикосмополитических» погромов в науке, слова Капицы воспринимались многими как нечто в высшей степени крамольное и даже кощунственное.

Капица говорит о драме Ломоносова с болью и горечью. Для него Михаил Васильевич — свой брат-физик, близкий по духу и очень по-человечески привлекательный. Он пытается разобраться в этой драме до конца. Он пишет:

«Мне думается, что объяснение надо искать в тех условиях, в которых наука развивается в стране. Недостаточно ученому сделать научное открытие, чтобы оно оказало влияние на развитие мировой культуры, — нужно, чтобы в стране существовали определенные условия и существовала нужная связь с научной общественностью за границей». И далее: «Трагедия изоляции от мировой науки работ Ломоносова, Петрова и других ученых-одиночек и состояла *только в том*, что они не могли включиться в коллективную работу ученых за границей, *так как не имели возможно-*

сти путешествовать за границу»* (выделено мною. — П.Р.).

Вспомним, что и сам докладчик не имел в те годы возможности путешествовать за границу. Его этой возможности лишили в 1934 году, когда насильно задержали в СССР. А после смерти Сталина его держали «взаперти» — только в страны Варшавского договора пускали — по высочайшему повелению Н.С.Хрущева, о чем тот сам говорит в своих «Воспоминаниях»**. Не пускали в те годы за рубеж и Л.Д.Ландау и многих других выдающихся ученых. Так что П.Л. своим докладом пытался пробить брешь в стене, в железном занавесе. Он пытается пробить «окно в Европу» — для себя и для других...

Он понимал, что доклад его ни в редакциях, ни в «инстанциях» восторга не вызовет и там начнут его кромсать и выхолащивать, ссылаясь на «недостаток места». В сопроводительном письме в «Природу» он пишет: «По Вашей просьбе направляю Вам текст моего выступления о Ломоносове. Если он окажется слишком большим для журнала, я *предпочитаю совсем его не печатать, чем печатать с сокращениями*». (Выделено мною. — П.Р.).

Доклад, как я уже говорил, ни в «Природе», ни в «Успехах» напечатан не был. Сохранилась переписка Капицы с редакторами этих журналов. Они требовали сокращений и исправлений, а П.Л. упорно сражался и на уступки не шел.

Возмущенное письмо написал П.Л. Льву Андреевичу Арцимовичу, академику-секретарю Отделения физико-математических наук АН СССР. Капица требовал поддержки Отделения... Говорил он о публикации доклада и с секретарем ЦК КПСС по идеологии академиком Л.Ф.Ильичевым. Толку от этого разговора не было никакого. Да и не могло быть, если вспомнить, что за мрачная это была фигура.

Итак, полная вроде бы безнадежность, безысходность и тупик?

И тут на сцену выходит Иосиф Борисович Файнбойм, редактор подписной серии брошюр «Новое в физике, математике, астрономии» издательства «Знание». Капица был знаком с ним еще с довоенных лет, когда Файнбойм был молодым, начинающим журналистом. Что привело Иосифа Борисовича к П.Л. осенью 1964 года, не помню. Может быть, он пришел попросить его написать предисловие к книжке о Резерфорде, которую он тогда закончил.

В ходе разговора, при котором я присутствовал, П.Л. вдруг спрашивает: «А вы могли бы напечатать мой доклад о Ломоносове?» И Файнбойм тут же ответил: «Конечно!»

И напечатал! Вместе с другими биографическими очерками Капицы. Прекрасный доклад П.Л.

* Эксперимент. Теория. Практика. М., 1974. С.340.

** Хрущев Н.С. Воспоминания. Избранные фрагменты. М., 1997. С.482—487.

о своем большом друге Поле Ланжевене, прочитанный еще в 1957 году, был также, кстати, впервые опубликован в этой очень симпатичной маленькой книжечке.

Как сумел Файнбойм обвести вокруг пальца цензора в своем издательстве, об этом он не рассказывал. Не знал я и о том, что его долго потом прорабатывали на всяких собраниях и летучках за «Ломоносова». Мне об этом недавно рассказала его вдова Наталья Михайловна Краснопольская. Он, правда, особенно не переживал, сказала она. Он знал, на что идет, публикуя доклад Капицы. (Девять лет спустя, в мае 1974 года, И.Б.Файнбойм печатает в своей серии книжку «Импульсные источники нейтронов». Автор — Юрий Федорович Орлов, известный уже тогда диссидент, правозащитник, уволенный с работы за «Открытое письмо» Брежневу)...

С легкой руки И.Б.Файнбойма «Ломоносов» П.Л. пошел к читателю. Он был тут же, кстати, перепечатан «Успехами» — Шпольский, большой друг Капицы, воспользовавшись «прецедентом», сломил сопротивление добровольных цензоров в собственной редакции. «Природа», однако, ломоносовскую речь Капицы так и не напечатала... Всего же в библиографии трудов П.Л. насчитывается 22 публикации этого доклада, из них 12 на иностранных языках!..

Петр Леонидович был человеком исключительно *благодарным*. «Добропамятным», если можно так выразиться. И он до конца своих дней был признателен Иосифу Борисовичу Файнбойму за ту маленькую книжечку, в которой был впервые напечатан его «Ломоносов». В письме к нему от 6 февраля 1979 года П.Л. писал: «Всегда с благодарностью вспоминаю участие, которое Вы при-

няли в публикации некоторых моих работ, проби-
вая для них брешь...»

* * *

Позвонили из «Ровесника» — есть такая редакция на радио — и попросили П.Л. ответить на вопрос, который группа школьников задает ученым и писателям: «В чем смысл жизни?»

— У каждого человека свой смысл жизни. Тот, кто его нашел, счастлив. А кто не нашел — несчастлив. И нельзя давать один ответ на этот вопрос.

1975 год

4 мая. Секретарь нашей партийной организации И.Б.Данилов составил проект «шапки» праздничного приказа к 30-летию Победы. Он просил меня передать этот проект П.Л., чтобы он посмотрел и поправил.

П.Л. позвал меня с Даниловым к себе, вооружил карандашом и сразу вычеркнул первое слово.

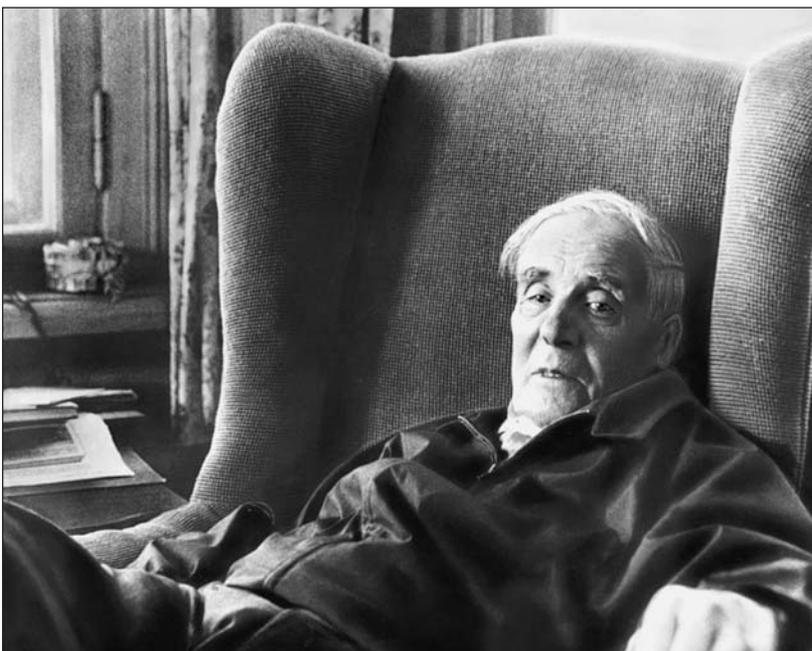
— «Весь советский народ отмечает...» — прочитал он. — Зачем «весь»? — И решительно вычеркнул это слово. — Поменьше прилагательных, — сказал он Данилову.

Особенно яростно вычеркивал он прилагательные в превосходной степени.

И странное дело — трескучий приказ, написанный «по мотивам» газетных передовиц, вдруг зазвучал *человеческим* языком...

П.Л. органически не выносит казенных текстов. Во всяком случае, подписывать такие тексты он отказывается. И сам часто их *очеловечивает*.

— Вот теперь это написано более человеческим языком, — сказал он недавно, поработав над письмом к заведующему Онкологическим цент-



1975 г.

Фото В.Генде-Роте



А.Ю.Ишлинский, П.Л.Капица, В.В.Смыслов. Николина Гора. 1977 г.

ром Н.Н.Блохину, — с просьбой госпитализировать тестя своего ученика Эдика Тищенко. (А я и так старался написать это письмо человеческим языком, «под Капицу», его языком. Но, видимо, плохо старался.)

У Петра Леонидовича письмо получилось действительно *человечным*. И это было *его* письмо. Уже с первых строк было видно, что письмо написал Капица. Сам написал, а не подмахнул заготовленный кем-то текст.

Вот так это письмо должен был написать я. Чтобы каждому было ясно, что написал *он*. Только в этом случае письмо и достигает своей цели, становится по-настоящему эффективным.

19 мая. П.Л. приехал с общего собрания Академии наук и с некоторым смущением сказал, что к нему на собрании подошли академики Амбарцумян и Имшенецкий и говорили, что читают его книгу и она им очень нравится.

9 декабря 1992 г.

Речь идет о сборнике статей и выступлений П.Л. «Эксперимент. Теория. Практика». Эта книга была «подарена» Петру Леонидовичу издательством «Наука» в день его 80-летия (9 июля 1974 г.). Она выдержала с тех пор четыре издания в нашей стране (каждое новое — дополненное) общим тиражом 223 500 экз. и девять изданий за рубежом — на английском, болгарском, венгерском,

итальянском, немецком, польском, румынском, сербскохорватском и чешском...

Для Петра Леонидовича успех его сборника был полной неожиданностью. Самым удивительным для него было то, что книгу читали не только физики, инженеры и вообще «технический» народ, но и сугубые гуманитарии — историки, писатели, художники...

— В чем дело? — спрашивал он меня. — Что нравится людям в этой книге?

Нелегкий это был вопрос, по правде говоря. И я не помню уже, что я говорил тогда Петру Леонидовичу. Для меня самого успех сборника не был неожиданным. Я, может быть, и на большее рассчитывал — так нравились мне статьи и доклады Капицы. Но не станешь же расхваливать автору его творения, если автор этот — твой начальник?

Теперь на подобный вопрос я ответил бы так. Книга Капицы нравится людям потому прежде всего, что она написана *художником*. Весь секрет — в литературном даре Капицы. Свои статьи и доклады он писал как художник, причем делал он это вполне осознанно. 8 мая 1980 года, делая со мной впечатлениями о только что прочитанной статье в «Вестнике АН СССР», П.Л. сказал: «Нет какой-то основной идеи. В каждой статье должен быть шампур, стержень, который все пронизывает». А вот еще одно его «изречение», которое я обнаружил совсем недавно, разбирая черновые на-

броски и заметки П.Л.: «Надо уметь нанизать факты на одну нить так, чтобы они образовали цельное по рисунку и красоте ожерелье».

В каждой статье П.Л. был и «шампур», была и «нить», на которую он нанизывал факты и мысли. И делал он это великолепно, потому что художник он был талантливый.

Но ведь он был, *к тому же*, еще и замечательным физиком-экспериментатором, инженером-новатором, организатором науки, учителем, общественным деятелем... И жизнь он прожил почти легендарную, не жизнь — а житие. И он был очень умным человеком. Мудрым человеком. Причем мудрость в П.Л. сочеталась с внутренней свободой, человеческим теплом, веселостью и даже озорством. Он был мудрым — и отчаянно смелым. «Единственное, чего я боюсь, — писал он Анне Алексеевне в 1935 году, — это щекотки...»

Стоит ли после всего сказанного удивляться успеху его книги?..

Петр Леонидович с удовольствием дарил свой сборник друзьям, знакомым, коллегам.

Первое издание я получил от П.Л. с такой надписью:

«Дорогому Павлу, который задумал эту книгу, подобрал статьи, расположил их в порядке и неуклонно заботился о ее рождении. С благодарностью — от П.Капицы. Москва, 22/VII/74».

Три года спустя в великих муках вышло в свет 2-е, дополненное, издание «Эксперимента. Теории. Практики». На титульном листе подаренного мне экземпляра П.Л. написал:

«Дорогому Павлу, с благодарностью, так как без тебя эта книга не появилась бы. С любовью — от П.Капицы. Москва, 4/IV/77».

Для меня эти две дарственные надписи Петра Леонидовича — высшие мои награды, полученные в жизни, самые мои «почетные грамоты» ...

29 мая. Вчера П.Л. был на заседании в отделе науки ЦК КПСС.

— Я пошел, чтобы посмотреть, какой уровень у наших академиков... Очень много говорили, много всякой чепухи... Все говорят о недостатках. Недостатки всегда есть. Нужно говорить о том, как устранить эти недостатки...

1976 год

Январь. Доклад «Энергия и физика»* публикуется сразу в трех журналах, и у каждого редактора, естественно, свои замечания, свои придирки. П.Л. в конце концов рассвирепел.

— Вот окончательный текст, — сказал он мне. — Никаких больше исправлений не будет. Скажи им, что я не Казанова — всех редакторов удолетворить я не в состоянии!..

* Этот доклад Капицы, прочитанный 8 сентября 1975 г. на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, был опубликован в начале 1976 г. в следующих журналах: «Вестник Академии наук СССР» (№1), «Успехи физических наук» (№2), «Природа» (№2).

Я передал эти слова одному из редакторов, мужчине, и он страшно веселился.

Я служу буфером между П.Л. и редакторами. Он очень дорожит своим языком, своим стилем. Вернее: интуитивно как-то чувствует, что *его* язык лучше дистиллированного редакторского. «Если слишком правильно, — говорит он, — будет скучно».

Февраль. — Они лентяи, — сказал П.Л. — Они не любят работать, наши теоретики. Я иной раз нарочно ошибку сделаю в статье. Дам теоретикам почитать, они говорят: все в порядке, все хорошо... Невнимательно просмотрят, ленятся. Это, кстати, хороший способ проверки. Когда я был студентом, я проверял так честность своих квартирных хозяек. Зброшу куда-нибудь в угол двугривенный и смотрю — найдет хозяйка монету, вернет ее мне — или нет... Я жил у финнов. Очень честная была хозяйка. Муж ее был сцепщиком. Пролетарская семья... Это — когда я учился в Политехническом. Я снимал комнату в Лесном — чтобы не ездить в институт через весь город...

5 марта, пятница. Зашел разговор о руководителях страны — экономистах. Я упомянул Вознесенского. П.Л. сказал, что он был неприятным человеком. Было у него с ним столкновение. На заседании Совнаркома в 1944 году Вознесенский потребовал, чтобы П.Л. сказал, когда точно будет пущен Балашихинский кислородный завод. П.Л. сказал, что он не может назвать точной даты, потому что все очень сложно, это первая установка такого рода. Тот настаивал. Тогда П.Л. сказал:

— Как вы думаете, мы выиграем войну?

— Конечно.

— А когда?

Вознесенский, привыкший к тому, что последнее слово всегда остается за ним, растерялся. И никогда не мог этого забыть... А Микоян поддержал тогда П.Л. «Товарищ Капица прав», — сказал он.

Март. «Молитвенными заклинаниями» называется П.Л. решения XXV съезда КПСС. Поднять производительность труда, ускорить внедрение, поднять урожайность — и тогда все будет хорошо... Но как этого добиться — об этом ни слова.

30 марта, вторник. П.Л. с ехидной ухмылочкой обращается к Анне Алексеевне:

— Расскажи, как к тебе твоя сумасшедшая приходила?

Анна Алексеевна вспыхнула:

— Как ты можешь так говорить? Это же несчастная, больная женщина... Как тебе не стыдно!

П.Л. опешил, покраснел, но продолжал улыбаться. Улыбка была вымученная.

А.А. — красная, гневная, с черными сверкающими глазами, не обращая внимания на гостей (были Генде-Роте**, я, Сергей), говорила все, что думает:

— У тебя нет ни капли ума. Как это можно!

** Валерий Альбертович Генде-Роте — фотожурналист, мастер художественной фотографии.

— Не нужно обострять, — сказал Генде-Роте. — Все! Хватит!..

— Это проявление удивительной холодности и черствости...

— С каждым бывает, — сказал Генде-Роте и очень ловко перевел разговор на другое...

Как я потом узнал, Анна Алексеевна накануне вечером взяла на себя тяжелую миссию — разговаривала с безумной женщиной, которая приехала из Запорожья и рвалась к ведущему телевизионной передаче «Очевидное — невероятное», то есть к Сергею. У А.А. был очень тяжелый, требовавший огромного напряжения разговор с *большим* человеком.

Я ее понимаю — мне тоже часто приходится оберегать П.Л. от больных людей, которые рвутся к нему со своими идеями...

5 мая, среда. В 7.30 приехали в аэропорт. Оказалось, что самолет улетает не в 8.35, как было написано на билетах, а в 7.55 и, если бы Капицы отправлялись не через депутатскую комнату, были бы неприятности. П.Л. просил меня позвонить в Аэрофлот. «Это нельзя так оставлять», — сказал он...

11 мая, вторник. Капицы вернулись из Стокгольма. С отвращением вспоминаю, как пришлось уговаривать начальника депутатской комнаты Шереметьевского аэропорта разрешить встретить Капиц «через» депутатскую комнату. П.Л. ведь не депутат, он «всего-навсего» академик, всемирно известный ученый, дважды Герой Социалистического Труда. И — старый человек.

— Вы без звука принимаете американских миллионеров, — говорю я, — а людей, на которых основывается могущество нашей родины, вы принять не хотите. В это поверить невозможно!

Это его проняло.

— Ладно, — сказал он...

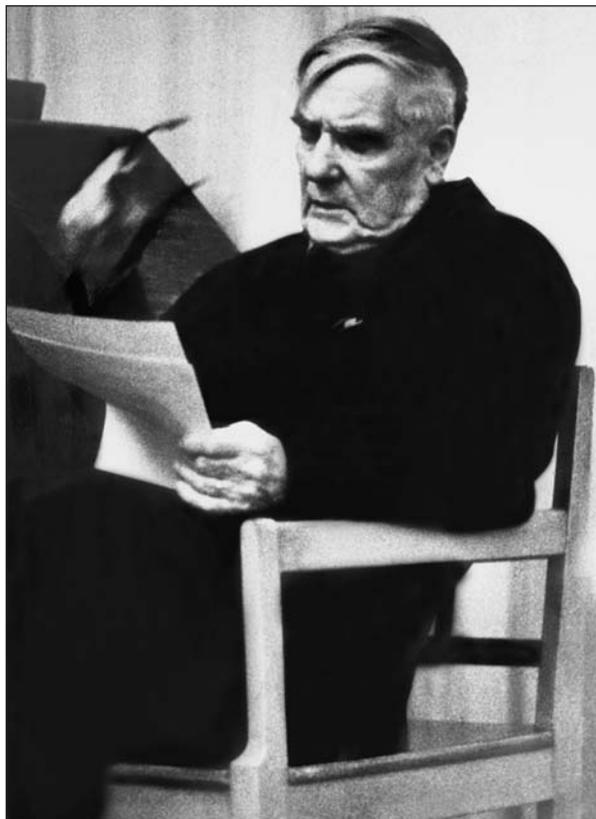
25 января 1993 г.

Стоит, по-видимому, рассказать сейчас, почему Капица никогда не избирался в Верховные Советы — ни СССР, ни РСФСР. И почему, следовательно, не имел никогда «никакого законного права» на такую очень удобную привилегию, как депутатская комната.

В очень давние времена, в 60-е годы, в партийной организации ИФП возникла мысль выдвинуть П.Л. кандидатом в депутаты Верховного Совета СССР. Секретарь партбюро, чтобы «согласовать этот вопрос», позвонил в отдел науки ЦК КПСС. И получил категорический отказ. «Ваш Капица — неуправляемый», — сказал ему с осуждением первый заместитель заведующего отделом...

* * *

П.Л. спросил меня, трудно ли было устроить депутатскую комнату. Я рассказал, как мне приходится каждый раз убеждать всяких начальников, почему нужно его, недепутата, отправлять или



В Институте физпроблем. 1974 г.

Фото В.Генде-Роте

встречать через депутатскую комнату. И дело тут в названии этой комнаты. Для иностранцев VIP (Very Important Persons — очень важные лица, т.е. министры, депутаты, миллионеры, известные личности), а для советских — «депутатская». Надо бы другое название для этой комнаты придумать.

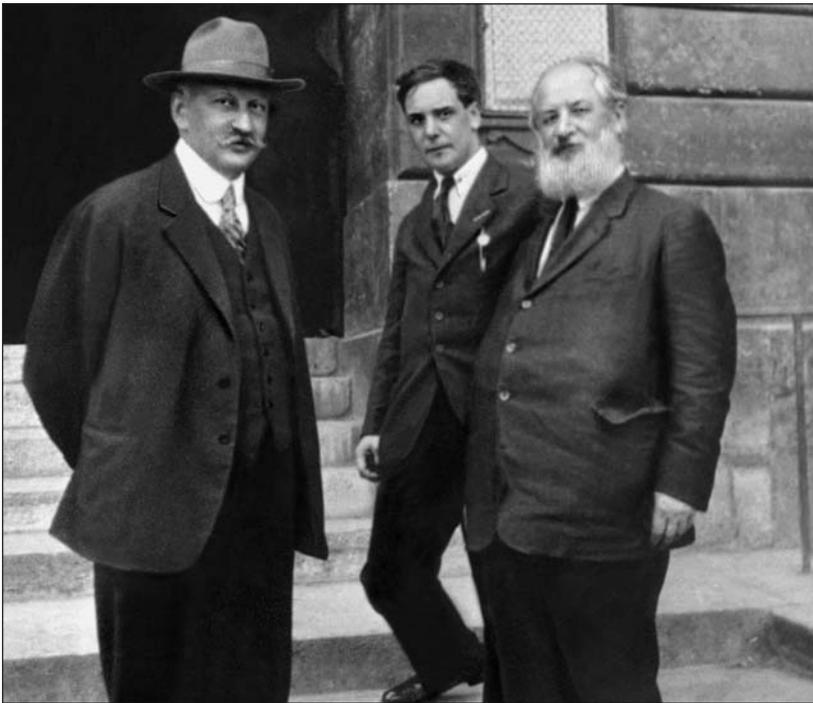
— А какое? — спросил П.Л. — Знаешь, есть такой анекдот. В Польше, в еврейском местечке, у одного дома вывеска — часы. Пришел человек с будильником. А ему говорят: «У нас не часовая мастерская, у нас обрезание делают». «Почему же вы часы вывесили?» «А что бы вы хотели, чтобы мы повесили?» Так и здесь. Какое бы ты придумал название для этой комнаты? Ведь у нас все равны...

16 июня, среда. Вчера вечером, после лекции Льва Петровича Делюсина о внутривластном положении в Китае, ужинали у Капиц, П.Л. сказал, обращаясь ко мне:

— Твой отец сказал: «Говорят: чудо-тройка, чудо-тройка, но забывают, кого эта тройка везла. А везла она *Чичикова!*»

Все засмеялись. И тут П.Л. сказал:

— Но ведь тройке-то все равно, кого она везет. Ей нравится движение, работа. Так и народ — ему все равно, кого он везет. Он получает удовлетворение от самой работы, от езды, от движения...



А.Ф.Иоффе, П.Л.Капица, А.Н.Крылов.
Франция. 1922 г.

31 января 1993 г.

Основным моим недостатком, моим «дефектом», который я болезненно ощущал, работая с П.Л., были мои гуманитарные мозги, неспособные усвоить ничего из того, что было главным призванием Капицы-физика, Капицы-инженера. Представьте себе великого музыканта, композитора, а секретарь у него — глухой!.. Я честно пробовал преодолеть этот свой недостаток, избавиться от него — читал научно-популярные книжки и статьи, высиживал, испытывая жуткие муки, заседания физического семинара Капицы. Ничего не помогало — мозги мои эту «пищу» принимать отказывались. По-видимому, гуманитарные мозги и мозги научно-естественные и технические устроены по-разному. К счастью, у П.Л. мозги оказались «универсальными», то есть и гуманитарными тоже. Он был не только физиком и инженером, но и историком науки, мыслителем, публицистом и общественным деятелем... И когда П.Л. писал статьи и готовил доклады на «общие», как говорится, темы, мои мозги уже не пасовали, и я с великим удовольствием помогал ему.

Но Петру Леонидовичу хотелось иногда поговорить со мной и о своих плазменных исследованиях. Дело в том, что в науке, в своей физике он был, как ни странно, очень одинок. Лишенный в августе 1946 года своего института, лаборатории, экспериментальных установок, помощников и учеников, он вынужден был резко изменить область своих исследований. У себя на даче, на Николиной Горе, он в 1949 году занялся электроникой больших мощностей. Эти исследования при-

вели к плазменным работам, которые с большим размахом были развернуты в ИФП, когда П.Л. в январе 1955 года вернулся в институт. Капица был убежден, что начатые им в «хате-лаборатории» на Николиной Горе исследования в будущем, в перспективе, когда его уже не будет (он часто с грустью говорил мне о том, что уж очень поздно приступил к этой работе), помогут решить «проблему века» — управляемый термоядерный синтез. Но многие его коллеги эту его убежденность не разделяли. Одни активно с ним полемизировали, другие молча его выслушивали, и их молчание было молчанием сомневающихся, неверящих, несогласных...

В одном из моих блокнотов 1964 года есть такая запись:

«П.Л.: никто не верил, что что-нибудь получится. Сергей не верил, Диатропов... Трудно работать, когда не верят. Но я к этому привык. Что бы я ни начинал, всегда находятся люди, которые считают, что ничего не выйдет. Это всегда так со всем новым. Люди не верят...»

1977 год

31 марта, четверг. Наш куратор из КГБ попросил меня вчера устроить ему встречу с П.Л. При чем встретиться ему с директором понадобилось срочно. А был уже вечер, конец рабочего дня, и П.Л. работал в своей лаборатории, проводил эксперимент. Мне пришлось позвонить ему в лабораторию.

Наш нынешний куратор — полноватый молодой мужчина с пышными усами. Очень рьяный. Не очень умный, мягко выражаясь, но — рьяный.

С королевой Швеции Сильвией после вручения Нобелевской премии. Стокгольм. 10 декабря 1978 г.



Подобное сочетание в любом деле опасно, а в деле нашего куратора опасно тройне.

В 18.30 появился в своем кабинете П.Л., и я сразу же «запустил» к нему куратора.

И вскоре услышал голос П.Л. из-за двери. Голос звучал все громче и громче.

Разговор продолжался минут десять. Когда куратор вышел из директорского кабинета, на нем, как говорится, лица не было. Его усатая нагловатая физиономия вдруг как-то поблекла и даже как бы осунулась. Будто резиновый шарик, из которого выпустили воздух.

Я пошел к П.Л. Он был страшно возбужден, у него даже руки дрожали.

— Я его отчитал, — сказал он. — Придется позвонить Андропову... Он мешает работать... Я ему сказал: «Не мы должны помогать вам, а вы — нам». Он спросил, что я думаю об иностранцах. Я сказал: «Это вы должны нам говорить, что они собой представляют».

— Насколько я знаю, — сказал я, — он озабочен тем, что у нас в институте не выполняются их инструкции.

— А инструкции и не надо выполнять, — сказал П.Л. — Есть даже такая забастовка — когда все делается по инструкции. Тогда вся работа останавливается.

По-видимому, эти самые слова услышал от него и наш не слишком умный куратор.

— Он мне угрожал, — сказал П.Л. — Показал для чего-то свой пистолет. «Я — офицер, — говорит, — и я обязан следить за исполнением инструкций...»

Сегодня утром П.Л. позвонил по «вертушке» Андропову...

25 ноября 1992 г.

Прошло все-таки месяца два после той «памятной» встречи П.Л. с нашим усатым куратором из КГБ (это серьезное ведомство должно было и о престиже своем позаботиться, о чести своей и достоинстве), а потом он исчез, сгинул, получил новое назначение...

2 мая, понедельник. Несколько дней назад, на обеде у Капиц, шел разговор о цензуре.

— Вы, Петр Леонидович, — другое дело, — сказал Виктор Яковлевич Френкель, — Вам, конечно, можно...

П.Л. возмутился:

— Что я — такой родился? Надо бороться, а у нас привыкли быстро ножки раздвигать.

П.Л. любит эту метафору и не скрывает, что автором ее был А.Н.Крылов, отец Анны Алексеевны. Напротив, он всегда с удовольствием об этом напоминает. (В арсенале П.Л. таких словечек Алексея Николаевича довольно много. Есть и совсем непечатные.)

— Никогда не надо спешить раздвигать ножки, — наставляет Капица своих заместителей, когда те жалуются ему на разного рода нажим со стороны вышестоящих организаций, включая и партийные.

П.Л. обижается, когда слышит: «Вам-то можно...» Как будто он действительно какой-то особенный, от цензуры и прочих пакостей нашей жизни чудесным образом огражденный. Что касается цензуры, то уж я-то знаю, как сражается он за каждое свое слово, за каждую фразу. И всегда сражался... Вот потому только и удается ему сказать порой со страниц журналов и газет такое, на что



После доклада на Европейской конференции по физике плазмы. Москва. 1981 г.

Фото В.Генде-Роте

другие и решиться не могут. Причем говорит он всегда *своим* голосом...

1 декабря, четверг. П.Л. куда-то уезжал, потом вернулся — сердитый и бодрый, и прямо в полубудке сел к «вертушке».

Коротко объяснил: был в мастерской слуховых аппаратов, с ним грубо обошлись.

— Говорят: нет сейчас таких аппаратов. Я спрашиваю: когда будут? «На будущей неделе». Я попросил, чтобы позвонили мне, когда будут аппараты. Девушка сказала: «Звоните сами...»

П.Л. позвонил министру медицинской промышленности. Рассказал, как с ним обошлись. Министр сказал, что они ему сделают аппарат по особому заказу, а с мастерской разберутся.

П.Л. сказал министру, что думал заказать слуховой аппарат как простой советский человек...

Анна Алексеевна, когда я пришел обедать, сказала:

— Ну вот, Петр Леонидович столкнулся с советской действительностью, а советская действительность столкнулась с Петром Леонидовичем.

Она смеялась. Ей с советской действительностью приходится сталкиваться каждый день — в магазинах, где она покупает продукты. Она и ходит в эти магазины для того, чтобы не терять контакта с действительностью. Как жена академика и члена президиума Академии наук, она могла бы без лишних хлопот получать превосходные продовольственные пайки в академической столовой. Но она этого не делает. И не пользуется она этой привилегией *принципиально*. «Чтобы знать, как у нас живут люди, — сказала она однажды. — Я покупаю в магазинах, стою в очередях, вижу очереди, слышу, о чем люди говорят...»

1978 год

23 марта, четверг. Генде-Роте попросил П.Л. поискать негативы тех его снимков, которые он

отобрал для журнала «Советское фото». Там будет публикация снимков Капицы-фотолюбителя*.

П.Л. рассказал за обедом, как началась его «карьеря» в фотографии.

— Мне было пятнадцать лет. И мне очень хотелось купить фотоаппарат «Витрикс», очень хороший и дорогой аппарат. Немного денег у меня было, но мне нужно было еще 40 рублей. Отец готов был дать, но мать считала, что это — разврат. Я объявил голодовку. Неделю голодал. Мне дали 40 рублей, и я купил фотоаппарат. Помню даже тот магазин на Невском, где он выставлен был на витрине. Наверху, над этим магазином, был ресторан «Alexandre» (П.Л. произносит это слово с французским прононсом, в нос)... И я решил заработать денег, чтобы вернуть родителям 40 рублей. Тогда отмечалось 300-летие династии Романовых... Я проник в дом губернатора, там были чугунные решетки, которые сделал Петр, и я их сфотографировал, а снимки послал в журнал «Огонек». Они были опубликованы, и я получил 40 рублей. Но родители отказались их взять... Снял я еще тогда часовню... Мои снимки опубликовала также «Биржевка»...

Ноябрь. В октябре по настоянию врачей П.Л. отдыхал в санатории «Барвиха». И вдруг сообщение о присуждении ему Нобелевской премии по физике. Эту новость он принял весьма спокойно, чего нельзя сказать о газетах, радио и телевидении. Напор с их стороны был настолько мощным, что очень скоро стало ясно, что эта приятная новость, если не принять жестких мер самообороны, повлечет за собой совершенно непосильный для П.Л. объем дополнительной нагрузки.

Дело обороны Петра Леонидовича решительно взяла в свои руки Анна Алексеевна.

* Подборка фотографий П.Л.Капицы, со вступительной статьей В.А.Генде-Роте, была опубликована в журнале «Советское фото» (1979. №7).

Никогда не забуду удивительную сцену, свидетелем которой я оказался.

К П.Л. приехал главный редактор «Вопросов философии». В этом журнале готовилась публикация большой статьи Капицы. Они обсудили возникшие в редакции вопросы, и П.Л. пригласил редактора остаться пообедать, За столом шел легкий, необременительный разговор, анекдоты, то да сё... В 2:30 Анна Алексеевна встает и говорит:

— До свидания.

Она весело улыбается.

Главный редактор говорит:

— До свидания, Анна Алексеевна. Вы уезжаете?

Анна Алексеевна качает головой.

— Нет, — говорит она. — Это ВЫ уезжаете...

И она добродушно добавляет:

— Петру Леонидовичу нужно отдохнуть.

И главный редактор уезжает (безо всякой, как мне кажется, обиды), а Петр Леонидович (весьма обескураженный) идет отдыхать...

1980 год

12 июля. Последний вечер в Ленинграде. Кончаем ужинать,

— Петя, знаешь, что я тебе скажу, — говорит А.А. — Только *entre nous**. Хорошо, что мы не поедем в Финляндию. Мы бы очень с тобой устали.

* Между нами (фр.).

— Но ты никому об этом не говори. Ты должна ругаться.

— Конечно, это безобразие, что так с тобой поступили.

— Ты должна говорить, что это дерьмо собака.

— Я деликатная женщина, я не могу произносить такие слова.

— Деликатная женщина?! Это что-то новое...

Они оба хихикают.

* * *

30 января 1993 г.

Я много, к сожалению, пропустил, не записал — по лености своей и беспечности. Но что-то все-таки осталось, что-то сохранилось. Слова Капицы — прежде всего. Его размышления, его детские воспоминания, его шутки и изречения. И «мелочи» кое-какие сохранились, те *живые* мелочи, драгоценные *подробности*, которые обычно именуют: «штрихи к портрету».

А может быть, в моих старых записных книжках найдется кое-что и для парного портрета?

Ведь Петра Леонидовича без Анны Алексеевны представить себе просто **НЕВОЗМОЖНО**...** ■

** См. в этом номере рецензию на двухтомник «Двадцатый век Анны Капицы», подготовленный к изданию Е.Л.Капицей и П.Е.Рубининым. — *Примеч. ред.*

Новости науки

Астрофизика

Прямое доказательство существования темного вещества

Идея о том, что во Вселенной есть темное вещество, восходит к 1930-м годам. Именно тогда астрономы заметили, что сила тяготения видимого вещества (звезд и газа) в скоплениях галактик слишком мала, чтобы удержать в них быстро движущиеся галактики. Из этого следовало: либо сила тяготения на больших расстояниях не подчиняется закону Ньютона, либо в скоплениях галактик есть невидимое, не испускающее света вещество.

Хотя проблема темного вещества изучалась разными дисциплинами — от космологии до физики элементарных частиц¹, долго не удавалось исключить вероятность того, что сила тяготения слегка отклоняется от привычного закона обратной пропорциональности квадрату расстояния ($1/R^2$). Однако в новом исследовании американских астрономов из университетов штатов Аризона и Флорида, Института астрофизики космических лучей и космологии им.Кавли и Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра была обнаружена система галактик, в которой положение наблюдаемого вещества не совпадает с вычисленным положением темного вещества, и это различие слишком велико, чтобы его можно было объяснить путем введения поправок в закон тяготения. По утверждению авторов, это и служит непосредственным эмпирическим доказательством существования темного вещества.

¹ См. также: *Вибе Д.З.* В эллиптических галактиках все-таки есть темное вещество // Природа. 2007. №3. С.78.

Американские ученые использовали изображения, полученные с помощью разных телескопов, чтобы выяснить, что происходит в скоплении 1E0657-558. Эта система галактик особенно интересна тем, что в ней более мелкое скопление недавно прошло сквозь более крупное, вызвав дугообразную ударную волну в межгалактической среде.

На основе снимков, сделанных космическим орбитальным телескопом «Hubble», Очень большим телескопом (VLT) Европейской южной обсерватории и телескопом «Magellan», астрономы изучили эффект гравитационного линзирования изображений более далеких галактик и с учетом этого эффекта построили карту распределения гравитационного потенциала в скоплении 1E0657-558. Это позволило выявить две области концентрации гравитационной массы.

Ученые также наблюдали эту область неба с помощью орбитального рентгеновского телескопа «Chandra» и измерили положение двух облаков плазмы, связанных со сливающимися скоплениями галактик. Выяснилось, что эти облака, излучающие рентгеновские лучи и состоящие из нормального барионного вещества, не совпадают с двумя областями концентрации гравитационной массы, расположенными друг от друга на большем расстоянии. Это объясняется тем, что, проходя друг сквозь друга, облака плазмы замедлились из-за столкновений частиц, тогда как сгустки темного вещества двух скоплений, испытывающие только гравитационное взаимодействие, проскочили дальше.

CERN Courier. 2006. V.46. №8. P.9 (Швейцария).

Астрономия

Спектроскопия внесолнечных планет

Прямые наблюдения внесолнечных планет в видимом свете затруднены очень высоким контрастом между тусклой планетой и яркой родительской звездой. Для облегчения задачи можно проводить наблюдения не в оптическом, а в инфракрасном диапазоне, где перепад яркости не столь значителен. Две группы астрономов воспользовались этим фактом, чтобы с помощью инфракрасного космического телескопа «Spitzer» провести непосредственные спектроскопические наблюдения внесолнечных планет HD 189733b и HD 209458b. Обе эти планеты относятся к так называемым «транзитным», или затмевающим. Плоскости их орбит лежат почти на луче зрения, и потому они периодически то проходят перед своими звездами, то заходят за них, создавая первичные (планета затмевает звезду) и вторичные (звезда затмевает планету) затмения. Именно вторичные затмения помогли астрономам выделить слабый сигнал планеты из доминирующего света родительской звезды. Методика наблюдений достаточно сложна, но по сути она состоит в вычитании спектра звезды, полученного во время вторичного затмения, из полного спектра системы. Результат представляет собой спектр планеты.

Группа под руководством К.Гриллмэйра (C.Grillmair; Научный центр телескопа «Spitzer», США) и Д.Шарбонне (D.Charbonneau; Гарвардский астрофизический центр, США) исследовала планету звезды HD 189733, которая несколько более холодна

и менее массивна, чем Солнце. Планета HD 189733b относится к «горячим юпитерам». Она обращается столь близко к звезде, что один оборот занимает всего 2.2 сут. Ее масса и размер немного больше, чем у Юпитера. Находясь на расстоянии 4.5 млн км от звезды, HD 189733b нагрета до температуры свыше 1000 К. Группа под руководством Дж.Ричардсона (J.Richardson; Центр космических полетов им. Годдарда НАСА США) подобным же образом исследовала внесолнечную планету HD 209458b. Эта планета массой 0.6 массы Юпитера совершает один оборот за 3.5 сут.

Результаты исследований оказались совершенно неожиданными. Многочисленные расчеты химического состава «горячих юпитеров» единодушно предсказывали, что наиболее очевидной спектральной особенностью внесолнечных планет должны быть полосы водяного пара и метана. Однако их не удалось обнаружить ни у HD 189733b, ни у HD209458b. Спектр HD 189733b оказался совершенно гладким, без каких-либо линий или полос, которые можно было бы отождествить. Спектр HD209458b более информативен — в нем обнаружены две полосы на длинах волн 7.78 и 9.65 мкм.

Полоса на длине волны 7.78 мкм напоминает спектральную особенность метана, но Ричардсон и его коллеги считают, что говорить о ее однозначной интерпретации рано. В свете невыразительности обоих спектров более интересной представляется полоса на длине волны 9.65 мкм. Если образование планет везде происходит одинаково, то молекулярный состав экзопланет не должен существенно отличаться от состава планет Солнечной системы. Поскольку мы этого не наблюдаем, значит, молекулы чем-то скрыты. Этим «чем-то» во Вселенной практически всегда оказывается пыль, и причем именно на длину волны около 10 мкм приходится известная спектральная особенность силикатов, связанная с растяжением связи Si-O.

На горячих планетах, изучаемых с помощью телескопа «Spitzer», силикаты могут существовать лишь в виде мелких пылевых частиц, способных образовывать облака. Именно эти облака, вероятно, и мешают наблюдениям молекул.

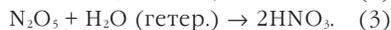
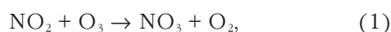
Лучший способ пролить свет на эту загадку — провести подобные наблюдения других «горячих юпитеров», чтобы определить, обладают ли их атмосферы аналогичными признаками. Астрономы также продолжают более подробное исследование HD 189733b и HD 209458b. В любом случае эти работы открывают новый этап планетологических исследований, позволяя астрономам непосредственно анализировать планетные атмосферы за пределами Солнечной системы.

Nature. 2007. V.445. №7130. P.892–895 (Великобритания).

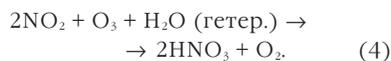
Химия атмосфер

Качество воздуха и оксиды азота

Фотохимический процесс образования озона в нижних слоях тропосферы существенно зависит от концентрации низших оксидов азота (NO и NO₂). На свету они действуют как катализаторы циклов, в которых образуется O₃ и при этом окисляются летучие органические вещества (ЛОВ). Однако ночью превращения идут иначе — NO₂ окисляется озоном с образованием нитратного радикала NO₃:



Суммарная реакция:



Таким образом, реакции оксидов азота, протекающие ночью, источают основные ингредиенты (NO₂ и ЛОВ), необходимые для фотохимического образования O₃ и в то же время поглощают, а не производят озон.

Ключевая стадия ночного процесса поглощения оксидов азо-

та — гетерогенный гидролиз пентаоксида азота N₂O₅ (4). Реакция, медленная в газовой фазе, может протекать быстро на аэрозольных частицах и таким образом уменьшать содержание оксидов азота в выбросах. Несмотря на важность этого процесса, о его реальной эффективности в ночное время было известно мало.

На основании единственного модельного исследования считалось, что на времена жизни низших оксидов азота и озона в масштабе региона почти не влияет изменение количества SO₂ в выбросах и что гетерогенный гидролиз N₂O₅ идет до конца на поверхности любых аэрозольных частиц. При этом в атмосферных моделях использовался высокий коэффициент поглощения пентаоксида азота γ(N₂O₅), установленный в лабораторных условиях, величина которого к тому же была постоянной.

Недавно американские исследователи пополнили запас сведений о превращениях оксидов азота в ночное время. С.С.Браун (S.S.Braun, Лаборатория исследования Земли при Национальной администрации по проблемам океана и атмосферы, США) и его коллеги измерили с борта самолета содержание NO₃, NO₂ и родственных соединений в ночных выбросах в воздухе над тремя регионами на северо-востоке США¹. Авторы обнаружили, что эти регионы заметно отличаются по типу превращений NO₃ и N₂O₅, хотя соотношение количеств NO₂ и O₃ было везде одинаковым. В первом регионе NO₃ и N₂O₅ оказалось значительно меньше, чем в двух других, при том что озона в смеси хватало, чтобы быстро окислить NO₂.

Заниженные в первом регионе концентрации NO₃ и N₂O₅ относительно их источника (т.е. озона и NO₂) можно объяснить двояко: либо короткими временами жизни в стационарном состоянии, либо быстрым падением уровня оксидов. Чтобы выяснить, какая из двух причин действует, авторы

¹ Braun S.S. et al. // Science. 2006. V.311. №5757. P.67–70 (США).

провели статистическую обработку данных с использованием кинетических зависимостей, рассчитали реальные константы скорости поглощения NO_3 и N_2O_5 в выбросах регионов и определили усредненные истинные значения (а не в стационарном состоянии) времен жизни. По этим результатам были определены усредненные коэффициенты поглощения $\gamma(\text{N}_2\text{O}_5)$ для каждого региона, зависящие от константы скорости реакции (3) и плотности поверхности аэрозольных частиц. Выяснилось, что и времена жизни N_2O_5 , и коэффициенты $\gamma(\text{N}_2\text{O}_5)$ значительно отличались. Это объясняется тем, что ночью оксиды азота превращаются в основном через промежуточный гидролиз N_2O_5 , сильно зависящий от состава аэрозоля. Такая вариабельность оказалась гораздо больше той, которую следовало ожидать при использовании постоянного коэффициента $\gamma(\text{N}_2\text{O}_5)$, принятого в прежних расчетах при моделировании.

Воздушная смесь над разными регионами больше всего различалась по содержанию сульфатных аэрозолей. Их уровень и интервал значений $\gamma(\text{N}_2\text{O}_5)$ привели исследователей к заключению, что выбросы SO_2 с последующим его превращением в частицы сульфата действительно могут уменьшать время жизни оксидов азота и вследствие этого влиять на фотохимическое образование озона. Величина же коэффициента $\gamma(\text{N}_2\text{O}_5)$ крайне изменчива и, по видимому, зависит от состава аэрозоля, в частности, от массы сульфата или соотношения сульфат/«органика».

Авторы предполагают, что существует сильное взаимодействие между антропогенной серой и выбросами оксидов азота. Это должно учитываться при количественном определении образующегося озона как в любом конкретном регионе, так и при выяснении глобальных процессов миграции O_3 .

© Румянцева С.А.,

кандидат химических наук
Москва

Физика

Фарадеевское вращение и электронные спины

Швейцарские исследователи использовали эффект поворота плоскости поляризации света в магнитном поле (фарадеевское вращение) для определения спинового состояния одного электрона в квантовой точке (островке InAs на подложке GaAs)¹. Эксперимент базировался на новейшей нерезонансной дисперсионной методике², основанной на сдвиге фазы либо лево-, либо правоциркулярной (в зависимости от ориентации спина электрона) компоненты линейно поляризованного света и, как следствие, повороте плоскости поляризации или по часовой стрелке, или против нее. Угол поворота составил всего лишь 10 мкрад, а для достижения отношения сигнал/шум порядка единицы пришлось усреднять сигнал по промежутку времени около 100 мс. Поскольку это существенно больше времени переворота спина из-за его взаимодействия с окружением и измерительным лазерным пучком, исходное спиновое состояние в процессе измерения постоянно поддерживали с помощью дополнительного лазера.

Полученный результат — лишь демонстрация принципиальной применимости метода. Впрочем, исследователи рассчитывают уже в обозримом будущем добиться резкого сокращения времени измерения, что сделает возможным «оптическое считывание» состояния единичного электронного спина. Кстати, дисперсионная методика допускает и неразрушающие измерения квантовых состояний³. Ранее ее уже использовали в квантовой оптике и атомной физике; видимо, она будет эффективна и для твердотельных спиновых кубитов.

http://perst.iissph.kiae.ru/Inform/perst/2007/7_04/index.htm

¹ Atature M. et al. // Nature Phys. 2007. V.3. P.101—106.

² Alen B. et al. // Appl. Phys. Lett. 2006. V.89. P.123124—123127.

³ Vandersypen L.M.K. // Nature Phys. 2007. V.3. P.83—84.

Физика

Водород в наноструктурах

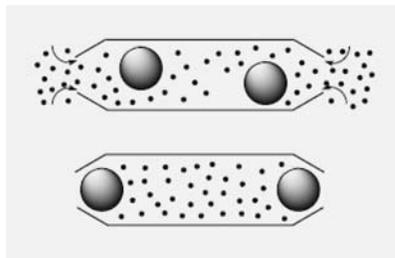
Теоретики из Китая предложили конструкцию наноконтейнера⁴ для хранения водорода при давлении ~1—3 ГПа. Как же можно пользоваться таким контейнером — ведь, к примеру, для применения водорода в автомобиле давление должно быть гораздо меньшим? Значит, нужно найти структуры, которые удерживали бы газ в сжатом состоянии даже после сброса внешнего давления. Такого результата уже удавалось добиться экспериментально: сжатый водород, внедренный в «междоузлия» льда, остался там после снятия давления. Но это произошло при 140 К, а для предложенного устройства годится и комнатная температура.

В основе конструкции — одностенная углеродная нанотрубка, которая собственно и служит контейнером. Внутри нее помещают две молекулы фуллерена C_{60} — образуется «гороховый стручок». Концы трубки закрывают «крышками» — полусферами фуллеренов, из которых травлением удалили несколько атомов, — и через них под высоким давлением внутрь просачивается водород. Когда снимают внешнее давление, внутреннее выталкивает фуллерены в концы наноконтейнера, так что выход водороду перекрывается. По сути, фуллерен и «крышка» становятся наноклапаном.

Согласно расчетам, оптимальный диаметр трубки для контейнера ~15 Å; при внутреннем давлении 2.5 ГПа емкость по водороду приближается к 7.7 масс.%, после снятия внешнего давления молекулы газа оказываются надежно запертыми внутри при комнатной температуре.

Для практических целей будет проще продавать уже заполненные в промышленных условиях контейнеры (тогда для заправки автомобилей не потребуется строительство водородных заправок на трассах).

⁴ Ye X. et al. // Carbon. 2007. V.45. P.315.



Наноконтейнер для хранения водорода.

Конечно, возникает вопрос: как из таких контейнеров можно водород извлекать? Но это уже предмет будущих исследований.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2007/7_03/index.htm

Биология

Случай неприменимости правила Копа

В XIX в. выдающийся американский палеонтолог Э.Коп сформулировал правило, впоследствии получившее его имя и вошедшее в учебники палеонтологии. Согласно этому правилу, в ходе филогенеза различных таксономических групп животных выражена тенденция к увеличению размеров тела. Правило Копа ярко иллюстрирует школьная схема эволюции лошадей — от совсем небольшой эоценовой лошади *Hyracotherium* до современных представителей рода *Equus*.

Не претендуя на всеобщность, правило Копа, однако, надежно подтверждается палеонтологическими данными. Казалось бы, представители ныне живущих групп, если их филогенетические связи достаточно полно установлены, тоже должны соответствовать этой тенденции. Иначе говоря, можно было бы ожидать, что более примитивные представители группы окажутся мельче эволюционно более продвинутых.

Американский герпетолог Д.Мозн (D.Моеп; Университет Стоуни Брук, штат Нью-Йорк) решил проверить применимость правила Копа к современным скрытошейным черепахам. Эти черепахи объединены в подотряд Сгур-

todira, включающий 201 современный таксон. Среди них такие известные любителям природы виды, как широко распространенная в Европе болотная черепаха, пустынная среднеазиатская черепаха, домашний любимец — красноухая черепаха, а также островные гиганты — исполинская и слоновая черепахи. Современные исследования показывают, что в группе скрытошейных черепах есть шесть основных эволюционных ветвей.

Мозн сопоставил сведения об эволюционном возрасте и размерах тела всех ныне живущих скрытошейных черепах и обнаружил, что в пределах этой группы правило Копа не прослеживается — размеры тела черепах никак не связаны с хронологией их эволюции. Любопытно, что правило Копа не нашло подтверждения и для других групп ныне живущих позвоночных животных. Одно из возможных объяснений — разный масштаб эволюционных событий, исследуемых, с одной стороны, палеонтологами, а с другой — специалистами по филогенетики современных групп позвоночных животных. В любом случае речь идет о снижении методологической ценности правила Копа.

Journal of Evolutionary Biology. 2006. V.19. №4. P.2210–2221 (Великобритания).

Зоология. Экология

Субтропические пришельцы в российских морях

Залив Петра Великого (Японское море) находится в умеренных водах, и зимой большинство его бухт покрываются льдом. Несмотря на это, в акватории залива обитает довольно много субтропических по происхождению видов животных. В 2000–2005 гг. сотрудники Института биологии моря им.А.В.Жирмунского ДВО РАН выявили здесь ранее неизвестных для российских вод представителей субтропической фауны, что может свидетельствовать об усилении влияния теплых течений в летне-осенний период.

Среди находок — восемь видов рыб, в том числе латунный чаб (*Cyphosus bleekeri*), саргассовый морской клоун (*Histrion histrio*), японский курковый спинорог (*Stephanolepis cirrhifer*) и пунктирный оплегант (*Oplegnathus punctatus*); три вида крабов (*Portunus sanguinolentus*, *Planes marinus* и *Plagusia depressa tuberculata*), головоногий моллюск *Idiosepius paradoxus*, брюхоногий моллюск *Cellana toreuma*, склерактиния *Dendrophyllia arbuscula*. В большом количестве обнаружены но-



Заднежаберный моллюск *Aplysia parvula* (длина особи 7 см).

Фото А.В.Патникова

вые для фауны России раки-отшельники *Paguristes ortmanni* и *Pagurus proximus*, причем последний, по-видимому, стал уже постоянным обитателем залива.

В 2005 г. в прибрежных водах о.Фуругельма найдено два экземпляра заднежаберного моллюска *Aplysia parvula*¹, обитающего исключительно в теплых водах между 40°с.ш. и 40°ю.ш. Этот вид принадлежит к группе так называемых морских зайцев, которые ранее были известны в российских водах лишь по нескольким неполовозрелым особям, собранным у о.Монерон (Татарский пролив). Моллюски же из залива Петра Великого оказались взрослыми, их длина максимальна для данного вида — 6–7 см. По всей видимости, *A. parvula* на личиночной стадии был занесен в российскую акваторию из южной части Японского моря. Примечательно, что в 2002 г. немного южнее о.Фуругельма исследователи обнаружили еще один субтропический вид, который ранее в российских водах встречался только у о.Монерон, — брюхоногого моллюска морское ушко (*Haliotis discus*). Безусловно, едва ли эти моллюски, как и морские зайцы, способны выжить при низких температурах в зимний период. Тем не менее такие находки представляют большой интерес, поскольку свидетельствуют о возрастании проникновения тепловодной фауны в северо-западную часть Японского моря.

© Чернышев А.В.,

кандидат биологических наук
Владивосток

Палеонтология

Недостающее звено на пути к четвероногим?

Одним из основных событий в истории жизни на Земле было появление четвероногих животных — тетрапод. Сейчас уже не вызывает сомнений, что тетраподы произошли от прогрессивной

¹ Чернышев А.В., Ратников А.В., Чабан Е.М. // Биология моря. 2006. Вып.32. №6. С.445—446.

группы так называемых остеоплепиформных кистеперых рыб, но время, место, условия преобразования их потомков в четвероногих и механизм этого преобразования остаются неясными.

В свете этой проблемы особую важность имеет недавняя находка американских ученых Э.Дэшлера, Н.Шубина и Ф.Дженкинса². При раскопках на о.Элмир (территория Нунават, Арктическая Канада) были найдены прекрасно сохранившиеся скелеты позднедевонских рыб, в том числе три почти полных скелета кистеперой рыбы, получившей название тиктаалик (*Tiktaalik roseae*), относящейся к группе эльпистостегид.

Эльпистостегиды — одна из наиболее эволюционно значимых групп: их строение моделирует морфологические преобразования в процессе эволюции прямых предков четвероногих — остеоплепиформов. Вероятно, это связано с обитанием обеих групп в сходных неглубоких водоемах материковых окраин, а также с близкими способами охоты и питания эльпистостегид и четвероногих. Таким образом, хотя эльпистостегиды и не являются прямыми предками четвероногих, а представляют собой боковую ветвь в развитии кистеперых, их относительно неплохо изученное строение позволяет лучше представить себе механизм морфологических и морфофункциональных преобразований.

Тиктаалик — крупная придонная рыба, отличающаяся уплощенными черепом и туловищем. Как и у других эльпистостегид (например, у пандерихта), глазницы у тиктаалика смещены на верхнюю часть крыши черепа и сильно сближены, а ноздри, наоборот, разведены к краям рта. Брызгальце сильно увеличено, спинные плавники либо утрачены, либо слились с передней частью хвостового плавника. Вероятнее всего, данные признаки имеют адаптивное значение — приспособление к придонному обра-

² Daeschler E., Shubin N., Jenkins F. // Nature. 2006. V.440. P.757—763, 764—771.

зу жизни. Эти же черты характерны и для древнейших девонских четвероногих.

Однако крыша черепа у тиктаалика несколько отличается по строению от известной у пандерихта: предглазничная область длиннее заглазничной; кроме того, ребра туловища черепитчато налегают друг на друга. Загадкой остается отсутствие на всех трех наиболее сохранившихся скелетах тиктаалика жаберной крышки и костей, которые окаймляют крышу черепа сзади и связывают с ним плечевой пояс. Непонятно, отсутствуют ли они из-за неполной сохранности скелетов или этих элементов у тиктаалика просто не было. Если верно второе предположение, значит, тиктаалик показывает промежуточное морфологическое состояние между кистеперыми рыбами и древнейшими четвероногими. В пользу же первой точки зрения говорит присутствие полного состава костей плечевого пояса, характерного для других рыб. Такая конструкция морфологически неоправдана в отсутствие точки прикрепления к черепу.

По мнению авторов, тиктаалик обитал в мелководных меандрирующих речных системах субтропической—тропической части Евразии. Его морфология была адаптирована к жизни в этих специфических условиях. Если кости жаберной крышки действительно отсутствовали, нагнетание воздуха для дыхания осуществлялось мышцами и костями дна ротовой полости. Выдыхаемая вода выводилась через увеличенное брызгальце, что характерно для современных придонных хрящевых рыб.

Авторы предполагают, что хорошо развитые и удлиненные кости скелета грудного плавника и укороченные элементы его наружной лопасти были приспособлены к сложным движениям при опоре на субстрат. У тиктаалика между элементами концевой отдела плавника, в отличие от других кистеперых, есть три зоны поперечной подвижности, так что плавник мог легко изгибаться

и участвовать в приподнимании передней части туловища над дном. Этот механизм предвосхищает функцию запястного сустава четвероногих.

Таким образом, грудной плавник тиктаалика создает переходную морфологическую модель от конечности остеолепиформных кистеперых к передней лапе четвероногих. Авторы считают, что формирование кисти не является новацией тетрапод: ее элементы постепенно образовывались в результате адаптации к обитанию в мелководных прибрежных экосистемах позднего девона.

© Лебедев О.А.,
кандидат биологических наук
Москва

Археология

Из истории ранней Москвы

Специалистов, занимающихся историей Москвы, не нужно убеждать в том, что этот город — не самый древний среди других российских центров (легописная дата его основания — 1147 г.), хотя в СМИ и звучат периодически уверенные утверждения, что находка в Москве слоев X в. не за горами. И чаще всего эти «надежды» связывают с территорией Боровицкого холма, на котором размещена средневековая крепость — Кремль. Но многолетние исследования археологов, работающих на территории исторического ядра города, показали, что освоение высокого холма над Москвой-рекой началось не ранее середины 12-го столетия.

Это подтверждают и находки последних лет. В начале XXI в. в очередной раз удалось прозондировать культурные слои в северной части Соборной площади, рядом со зданием Патриаршего дворца 17-го столетия. Еще в 1960-е годы здесь была выявлена активная застройка второй половины XII—XV вв. — жилые дома и хозяйственные постройки вдоль древнейшей в Москве улицы, мо-

щенной деревянными досками на лагах (она датируется концом 12-го столетия).

В 2005 г. в нескольких шурфах информация сорокалетней давности подтвердилась. Найденные обломки глиняной посуды и бытовые вещи, включая бронзовые украшения (витой браслет), относились к самым первым десятилетиям жизни людей на этом участке Боровицкого холма.

При реставрационных работах в Благовещенском соборе Кремля в 2006 г. выяснилось, что и здесь сохранился культурный слой, хотя и на незначительных по площади участках. Древнейшие отложения относились к XIII в., что подтвердили немногочисленные, но весьма характерные находки. Были обнаружены фрагменты браслетов из стекла, бронзовая подвеска каплевидной формы со следами позолоты, несколько обломков глиняных амфор. Последние являются важным индикатором статуса населения, так как в такой тарной посуде привозили из Византии на Русь дорогое вино и оливковое масло. Эти продукты использовала церковь для совершения таинств и потребляла городская знать. В Москве вообще находки амфор концентрируются на территории Кремля — резиденции князя, его ближайшего окружения и места пребывания церковного иерарха.

Новые артефакты и наблюдения за изменением состава культурных слоев помогают уточнить историю освоения Боровицкого холма, проследить рост территории ранней Москвы, выяснить систему обороны города на разных этапах его жизни. Сейчас становится очевидным, что наиболее активно заселялась в XII—XV вв. верхняя терраса холма, а его Подол (низкая приречная часть или пойма Москвы-реки) начал осваиваться только со второй половины 14-го столетия и то лишь на отдельных участках. Постройка кирпичного Кремля в конце XV в. позволила развернуть застройку у подножья холма, на Подоле (сегодня

этот участок носит название Тайницкого сада).

В настоящее время достаточно определенно можно говорить о наличии в системе древних дерево-земляных укреплений Москвы конца XII — середины XIV в. двух основных въездов на территорию городской крепости. Один из них сохранился и в Кремле времени великого князя Ивана III — это район современных Троицких ворот. Этим входом москвичи и гости столицы пользуются и сегодня. Второй въезд проходил по глубокой балке напротив Константино-Еленинской башни. Здесь были обнаружены остатки деревянных конструкций, укреплявших склоны этой балки (оврага) и 10 (!) настилов (ярусов) проезда этих ворот, существовавших здесь с конца XII в. и до постройки первой белокаменной крепости при великом князе Дмитрие Ивановиче (будущем Донском). Затем система ворот в крепости изменилась и этот древний въезд в укрепленный центр города исчез. Но его конструкции частично сохранились в земле, что и позволило представить устройство древних линий обороны Москвы несколько столетий спустя. Интересно, что именно в районе этих ворот ранней московской крепости был найден редчайший меч, произведенный на территории современной Германии, в Рейнской области в середине 12-го столетия. Как известно, при осаде крепостей наиболее жестокие сражения завязывались при обороне ворот — самых уязвимых узлов защиты города в Средние (и не только) века.

Научные исследования, проводимые археологами музея-заповедника «Московский Кремль» (включая автора этого сообщения), анализ и обобщение многочисленных находок древностей, обнаруженных в культурном слое Кремля, уже сейчас дают возможность по-новому взглянуть на прошлое столицы России.

© Панова Т.Д.,
доктор исторических наук
Москва

Рецензии

Символы времени

С.Э.Шноль,

доктор биологических наук

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
Пушино

Это книги о жизни замечательных людей, об истории нашей страны в XX в., о жизни науки, о страшных событиях 30–50-х годов, о ярких научных идеях, но более всего — о любви, верности и благородстве. Повесть о двух влюбленных: об Анне Крыловой и Петре Капице. Рассказ о долгой и счастливой, при всех обстоятельствах, жизни Анны Алексеевны (1903–1996) и Петра Леонидовича (1894–1984). Повесть о дружбе Э.Резерфорда и П.Капицы и о верном друге Поле Дираке. Здесь множество лиц и событий. Но главным героем стала сама Анна Алексеевна, единственная дочь генерала — академика-математика — теоретика флота — Алексея Николаевича Крылова. Представительница древних российских фамилий — Филатовых, Сеченовых, Ляпуновых, Крыловых, она была талантлива и активна, мечтала заниматься искусством и археологией, но в итоге посвятила свою жизнь Петру Капице. Их ожидали потрясения. Мы знаем о катастрофе «на взлете», когда в 1934 г. Петра Леонидовича не выпустили из СССР, и он не смог вернуться в Англию, в лабораторию, построенную специально для него Кембриджским университетом. Мы это знали. Но только сейчас мы узнаем о чрезвычайном нервном напряжении и героической роли Анны Алексеевны в те дни. Создается знаменитый Институт физических проблем АН СССР, где с первых дней работает вместе с Капицей уникальный экспериментатор А.И.Шальников. Там расцветает

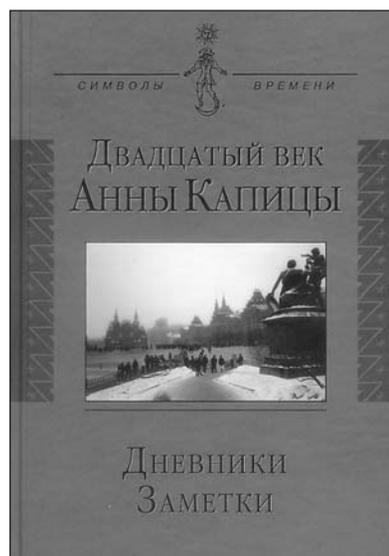
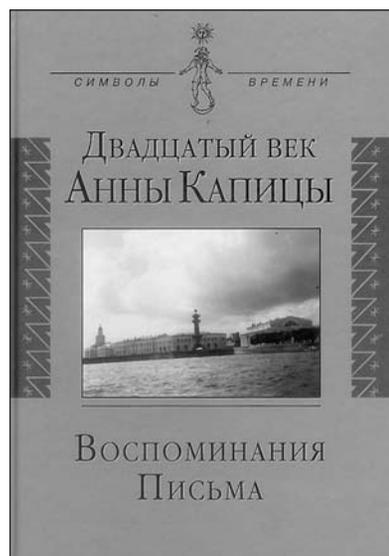
гений Л.Д.Ландау. С верным помощником С.И.Любимовым Капица открывает поразительное явление свехтекучести гелия (за что много лет спустя получает Нобелевскую премию). С началом Отечественной войны он все более увлекается проблемой промышленного производства жидкого кислорода.

Петр Леонидович на равных общается с «вождями». Пишет пространственные письма Сталину, Молотову, Межлауку, Бухарину, чтобы довершить дискуссию (а Капица уезжает в Ленинград), — садится в тот же поезд, и они продолжают спор в купе...

Бесстрашные письма Петра Капицы спасают арестованных В.А.Фока и Л.Д.Ландау. Когда он перестает писать, Сталин просит Маленкова выяснить, в чем дело. «А он не отвечает мне», — объясняет Петр Леонидович...

Катастрофа! Создатель Института физических проблем, руководитель «Главкислорода» вдруг отставлен от всех должностей. Уволен!

Удар почти смертельный. Почти. Но Анна Алексеевна! Они живут на даче, на Николиной Горе. Дача казенная. Супруги поселяются в сторожке. Пилят и рубят дрова. Топят печку. У знакомой бабушки в деревне просят на первое время кастрюльку, две вилки и ложки. Генератор идей и мастер экспериментального их осуществления отставлен от грандиозной работы. Они создают лабораторию в сарае. А директором Института физических проблем назначен А.П.Александров. Он поселяется вместе с семьей в коттедже Капиц на территории института.



Двадцатый век Анны Капицы: Воспоминания. В 2 т. Сост.: Е.Л.Капица, П.Е.Рубинин.

М.: Аграф, 2005. (Из сер. «Символы времени».)

Петр Леонидович и Анна Алексеевна счастливы. Они вместе и не выходят из дома поодиночке. Никогда, все девять лет, пока не кончилась опала... Берия опасен.

Спустя два года С.И.Филимонову разрешено вновь работать с Капицей — в «хате-лаборатории». Помогают сыновья. Особенно физик С.П.Капица. К ним присоединяется Л.М.Данилова — помощник директора, бухгалтер, лаборант и уборщица — «четвертая часть всех кадров» лаборатории на Николиной Горе. Она пишет: «Время, проведенное на Николиной Горе вместе с Петром Леонидовичем, для меня навсегда останется символом человеческого счастья».

Атмосфера счастья. Петр Леонидович говорил: «Нигде в мире не было подобной физической лаборатории, какая была у нас тогда на Николиной Горе. Несмотря на скромное оборудование, небольшое количество кадров и на ту хату, в которой помещалась наша лаборатория, мне нигде так хорошо и плодотворно не работалось, как в этих необычайных условиях...»

В сарае, в изоляции от «научного сообщества», почти без оборудования, почти без средств разрабатывает в лаборатории на Николиной Горе новый тип СВЧ-генератора — планотрон и ниготрон мощностью 300 кВт...

В марте 1953 г. умирает Сталин, в июне арестован и в декабре этого же года расстрелян Берия. 28 августа Президиум АН СССР принимает постановление «О мерах помощи академику П.Л.Капице в проводимых им работах».

Опалу сняли 28 января 1955 г. Петр Леонидович вновь назначен директором Института физических проблем.

Как можно было вынести тяжелейшие удары судьбы и не только сохранить работоспособность, но и ощущение счастья жизни?

Анна Алексеевна пишет: «У нас с Петром Леонидовичем были особенные отношения.

Мы были мужем и женой, но связывала нас не только любовь. У нас были необыкновенно дружеские отношения, полное понимание того, что мы делаем. И абсолютное доверие друг к другу, совершенное. Он знал, что я его не подведу никогда. Я знала, что он мне всегда скажет всю правду о том, что происходит. И вот это, я думаю, было основное, что помогло нам победить все жизненные невзгоды — полное доверие друг к другу, полная поддержка и взаимопонимание. Оказывается, дружба в супружестве гораздо важнее любви. Дружба — это основное» (с.353).

В двух томах множество бесценных картин, описаний событий, портретов людей. Это картины трагического XX века нашей страны.

Поразительна стройная драматургия жизни Анны Алексеевны и Петра Леонидовича Капиц. Готовая пьеса, четко разделяющаяся на Действия, Сцены, Картины.

Пьеса почти готовая к постановке.

1-е действие. Талантливый юный физик в школе А.Ф.Иоффе. Дружба с Н.Н.Семеновым. Сцена — в мастерской Б.М.Кустодиева. Друзья заказывают свой двойной портрет.

2-е действие. Смерть отца, жены и маленьких детей.

3-е действие. Семья генерала-кораблестроителя А.Н.Крылова. Двое сыновей. Первая дочь, Анна, умирает. Родается вторая дочь, ее тоже называют Анной. Она умирает. Третья дочь — опять Анна — это Анна Алексеевна. Братья погибают в Гражданскую войну. Анна в Париже увлекается искусством и археологией.

4-е действие. А.Ф.Иоффе «вывозит» подавленного и опустошенного П.Капицу в Англию. Представляет его Резерфорду. Тот воспринимает нового молодого сотрудника настороженно. В Кавендишской лаборатории поразительная атмосфера новой физики и традиционные

принципы экспериментальной работы. Самодельные остроумные приборы. По возможности, из подручных средств. Приборы «из колб, веревок и консервных банок». Необходимые и достаточные для наблюдения ожидаемого эффекта, эти приборы «должны сами разваливаться по окончании измерений». А тут Капица строит мощные инженерные сооружения, заказывая их изготовление могучим машиностроительным фирмам. Он получает магнитные поля невиданной интенсивности. Резерфорд (и окружающие) потрясены. Капица организует семинар — «Клуб Капицы». Дружба с Резерфордом.

5-е действие. Появляется Анна Крылова. Париж. Лондон. Кембридж. Для Капицы строится мощная современная лаборатория. Супруги строят в Кембридже дом и сажают вокруг деревьев. Расцвет исследований. Полное счастье. Сын Сергей. Потом сын Андрей.

6-е действие. Петр Леонидович приезжает в СССР. Обрато его не выпускают. Катастрофа. Анна Алексеевна борется за право на возвращение. Когда это не удается, берет на себя заботы об организации передачи оборудования Мондовской лаборатории в СССР для Петра Леонидовича. Строительство Института физических проблем.

7-е действие. 1937 год. Письма Сталину о спасении В.А.Фока и Л.Д.Ландау. Открытие сверхтекучести.

8-е действие. 1941 год. Жидкий кислород. «Главкислород»

9-е действие. 1946 год. Отказ от работы над созданием атомной бомбы под руководством Берии. Письмо Сталину. Сталин: «Я его тебе сниму, но ты его не трогай...». Николина Гора. Хата-лаборатория. СВЧ-генераторы — планотрон и ниготрон мощностью 300 кВт. Физтех.

10-е действие. 1953 год. Постановление «О мерах помощи академику П.Л.Капице в проводимых им работах». 1955 год.

Институт физических проблем. Семинары-«капичники».

11-е действие. 1966 год. Анна Алексеевна и Петр Леонидович снова в Кембридже. «30 лет спустя». Около своего бывшего дома. Как выросли деревья!

12-е действие. Нобелевская премия. «По парадной лестнице в зал спускается король, ведущий под руку Анну Алексеевну. Анна Алексеевна необыкновенно хороша — в длинном вечернем платье цвета старого золота. <...> Петр Леонидович сидит между королевой и женой спикера парламента...»

13-е действие. «Кончается наше счастье, такое долгое и дивное. <...> Я только боюсь

умереть первой, без меня ему будет трудно...» У Петра Леонидовича инсульт. Две недели борьбы за жизнь. Анна Алексеевна рядом не выпускала из рук его руку. Он умер 8 апреля 1984 г., так и не приходя в сознание.

14-е действие. Анна Алексеевна создает музей и добивается своего: Постановление Президиума АН СССР 11.09.1990 — Присвоить Институту физических проблем имя его основателя и директора академика П.Л.Капицы. 5.11.1990 — доска с новым названием. Анна Алексеевна умерла 14 мая 1996 г.

Это была бы потрясающая пьеса. Пьеса о героях и злодеях, о любви и верности, о нравст-

венном выборе решений в ситуациях, когда выбор кажется невозможным.

Эти два тома займут в наших библиотеках место рядом с трехтомными воспоминаниями Л.К.Чуковской об Анне Ахматовой, рядом с книгой «Крутой маршрут» Евгении Гинзбург.

Мы обязаны выходу в свет этих книг трудам Елены Леонидовны Капицы и Павла Евгеньевича Рубинина (1925—2006).

Для Павла Евгеньевича это был завершающий шаг в многолетнем труде по собиранию, сохранению, публикации материалов, связанных с жизнью и трудами Петра Леонидовича и Анны Алексеевны Капиц. ■

Медицина

А.Б.Сумароков, В.Г.Наумов, В.П.Масенко. С-РЕАКТИВНЫЙ БЕЛОК И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ПАТОЛОГИЯ. Тверь: Триада, 2006. 180 с.

С-реактивный белок (СРБ) относится к «белкам острой фазы», т.е. входит в группу протеинов, которые вырабатываются в организме в ответ на внешнее или эндогенное воздействие. Например, уровень СРБ повышается при острых бактериальных, вирусных, грибковых, паразитарных инфекциях, при хронических воспалительных процессах, ревматоидном артрите, различных видах онкопатологии, а также после хирургических вмешательств. Иными словами, повышенная выработка СРБ — это ответ на любое повреждение и гибель тканей.

Книга содержит обзор новейших данных, касающихся

роли СРБ при различных видах сердечно-сосудистой патологии, связанной с атеросклерозом. Авторы участвуют в дискуссии, активно ведущейся в современной научно-медицинской литературе и касающейся роли этого белка при атеросклерозе. Рассмотрены механизмы участия СРБ в возникновении атеромы и прогрессировании этого заболевания; факторы, влияющие на уровень СРБ (норма и патология); значение СРБ у больных при остром инфаркте миокарда, нестабильной стенокардии, артериальной гипертонии, сахарном диабете, при проведении ангиопластики. Читатель может получить достоверную информацию о природе СРБ, его синтезе в организме, способах медикаментозной коррекции, а также о ходе развития дискуссии по данной проблеме.

Книга может представлять интерес для широкого круга

читателей: не только врачей-кардиологов, специалистов по липидному обмену, биохимиков, но и для научных работников, занимающихся проблемами биологии и медицины.

Орнитология

В.Храбрый. АТЛАС-ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ПТИЦ. СПб.: Амфора, 2006. 231 с.

Знаете ли вы, сколько видов воробья обитает в одном только вашем городе? На территории нашей страны обитает более 700 видов птиц. Они живут с нами по соседству, мы снимаем о них кино, подкармливаем хлебом. Книга введет читателя в увлекательный мир орнитологии, научит самостоятельно определять птиц в природе, расскажет об особенностях их поведения и местах обитания.

За последнее десятилетие на российском книжном рынке

появилось всего несколько изданий, посвященных описанию птиц, но они почти сразу же стали библиографической редкостью. Опыт работы со школьниками показывает, что им нужна удобная, понятная, красочная книга. Атлас-определитель птиц, обитающих на территории России, оказался именно такой книгой: он содержит краткие морфологические и биологические характеристики отрядов и семейств. И хотя иллюстрации здесь не вполне отвечают техническим требованиям, предъявляемым к подобным изданиям, тем не менее именно благодаря атласу наблюдение за пернатыми стало любимым занятием многих школьников.

Главная задача атласа — научить читателя самостоятельно определять птиц в природе, а также дать представление о территории их распространения, среде обитания, образе жизни. Ведь так приятно правильно ориентироваться среди птичьего многоголосья.

Книга переиздана спустя 18 лет после ее первой публикации. Небольшие поправки внесены в видовой список птиц в связи с изменившимися географическими границами России.

Картография

А.М.Берлянт. ТЕОРИЯ ГЕОИЗОБРАЖЕНИЙ. М.: ГЕОС, 2006. 262 с.

К геоизображениям относят обычные и электронные карты, картоиды и анаморфозы, аэро- и космические снимки, стереоизображения и блок-диаграммы, анимации, голографические и виртуальные модели геосистем. Создание единой теории геоизображений — прямой результат наблюдающейся в настоящее время интеграции картографии, геоинформатики, дистанционного зондирования и смежных с ними науч-

но-технических дисциплин, таких как телекоммуникация, теория распознавания образов, иконика.

Впервые выполнена приоритетная разработка единой теории геоизображений — графических, математически определенных и генерализованных моделей Земли. В книге рассмотрены модельные свойства геоизображений (проанализирован каждый вид), даны их систематизация и классификация. Обосновано появление новой научной дисциплины — геоиконики, исследующей общие свойства и направления использования геоизображений. Автором с единых позиций рассмотрены проблемы графической визуализации, масштабов пространства—времени, языка геоизображений (геосемиотики), генерализации, получения количественной информации о структуре, взаимосвязях и динамике геосистем. Особое место занимает здесь проблема распознавания графических образов, их чтения и пространственного анализа. Намечены подходы к созданию «разумных» геоизображений будущего, обладающих свойствами интерактивности, многомасштабности, виртуальности и оперативного обновления. Общая теория геоизображений имеет практическое применение в науках о Земле и связанных с ними социально-экономических и геоэкологических отраслях знания.

История науки

ИЛЬЯ МИХАЙЛОВИЧ ЛИФШИЦ. Ученый и человек. Отв. ред. В.В.Рудницкий. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. 717 с.

Илья Михайлович Лифшиц (1917—1982) — выдающийся физик-теоретик, с именем которого связано несколько новых областей теоретической физики конденсированного состоя-

ния: теория неупорядоченных систем, электронная теория металлов или «фермиология», статистическая физика полимеров и биополимеров, теория квантовых кристаллов. Многие из концепций, введенных Ильей Михайловичем, не нуждаются более в литературных ссылках, так как носят его имя: квантование Онсагера—Лифшица, формула Лифшица—Косевича, фазовые переходы Лифшица двухс-половинного рода, коалесценция Лифшица—Слезова, хвосты Лифшица плотности состояний, квантовые кристаллы Андрева—Лифшица.

Более 30 лет Илья Михайлович проработал в Украинском физико-техническом институте — УФТИ (Национальный научный центр ХФТИ). В Харькове проходили широко известные теорфизические семинары Лифшица, где он демонстрировал свой уникальный научный стиль, сочетающий интеллигентность и бескомпромиссность. Именно здесь он создал свою широко известную школу теоретической физики конденсированного состояния. Этой книгой УФТИ отдает дань глубокого уважения и благодарности одному из самых ярких представителей когорты ученых, принесших институту мировую известность.

Структура книги такова: после научно-биографического очерка помещены избранные работы Ильи Михайловича. За ними следуют комментарии, основная цель которых — отразить развитие идей Лифшица за 25 лет, прошедших после его кончины. Далее публикуется ряд оригинальных работ, написанных несколькими крупнейшими физиками и математиками специально для этой книги. Заключительный раздел — это воспоминания жены, учеников и коллег.

Фотографии и документы отобраны из архива ННЦ ХФТИ и личного архива И.М.Лифшица.

Костромской помещик Н.Н.Смецкой

Н.И.Малых,

кандидат технических наук
Сухумский физико-технический институт
Абхазия

В дендропарке бывшего дома отдыха «Сухуми» напротив ворот стоит памятник Н.Н.Смецкому (1852—1931). Кем же был этот человек, удостоившийся такой высокой чести?

После окончания Кавказской войны и упразднения Абхазского княжества царское правительство усилило процесс освоения края. Различны были его формы, в частности дворянская и курортная. Если первая создавала здесь в основном прослойку землевладельцев, преследующих личные интересы в развитии края — создание усадьбы с экзотической растительностью, то вторая оказала большое влияние на развитие экономики, культуры и курортологии.

Осенью 1889 г. на Кавказ, в Батуми, направлялся вместе со своей женой костромской помещик и лесопромышленник Смецкой. Выбор места был точно не определен, и большую роль в этом вопросе сыграл попутчик-студент, который так захватывающе рассказывал о красотах сухумского побережья, что Николай Николаевич решил на время прервать свою поездку в Батуми, но, как впоследствии оказалось, эта остановка была навсегда.

Высадившись на берег, семья Смецких была гостеприимно принята начальником Сухумского округа полковником А.Н.Введенским, который поселился здесь ранее и за короткое время превратил принадлежащий ему участок в сад «Субтро-

пическая флора». Именно под его влиянием Смецкой, как пишет его племянница О.П.Дмитриева, стал любителем садоводства. Впоследствии Николай Николаевич писал, что им с женой «показалось привлекательным приложить свои силы и средства к этой дикой, но мощной по природным данным стране и способствовать приобщению их к русской культуре».

Николай Николаевич Смецкой родился в 1852 г. в Москве в богатой дворянской семье. Его отец Николай Павлович был одно время директором Константиновского института. Мать Ольга Ильинична Грибанова происходила из богатой купеческой семьи, владевшей в Вологде полотняной фабрикой. В волости Варлавиновского уезда Костромской губернии Смецким принадлежало 34 280 десятин земли, из которых 33 тыс. были заняты под лес.

Николай Смецкой учился в Москве сначала в гимназии, а затем на юридическом факультете в университете, откуда был выпущен кандидатом права. В 1882 г. он женился на дочери известного археолога и музейоведа, помощника директора Оружейной палаты Московского Кремля Ю.Д.Филимонова. Когда Смецкие жили в деревне, в своем имении Стрельцы, где Николай Николаевич приводил в порядок расстроенные финансовые дела, жена Ольга Юрьевна также не сидела без дела. Она создала Мошкинское земское училище, а затем и народную библиотеку-читальню, попечи-

телями которых супруги были более 30 лет.

Смецкой умело управлял делом. Если в начале он сплавлял сырой лес по Волге до Царицына плотами, то затем построил лесопильный завод у себя в имении, что, по-видимому, значительно увеличило его доходы. Но заболевает жена, ей необходим теплый климат. В конце 1892 г. Николай Николаевич приобретает в Сухуме несколько участков земли за городским кладбищем, а затем увеличивает свой земельный надел до 41 десятины: в равнинной части находился фруктовый сад, а в нагорной — дубовый лес. Вся эта растительность была тотчас вырублена, а вместо нее посажены хвойные и различные субтропические растения.

На площади около 30 десятин им были высажены 50 видов пальм, 80 — эвкалиптов, более 50 — акаций, свыше 30 — камелий, большая коллекция хвойных, обширные насаждения цикладей и единственная в своем роде коллекция кактусов. На участке в 13 десятин вырос хорошо плодоносящий мандаринник. Дмитриева вспоминает, что «устройство парка производилось лично владельцем, который почти ежегодно посещал юг Европы и Северную Африку, подбирая и приобретая там наиболее интересные новые растения и коллекции. Этот декоративный парк считался единственным в Европе по площади и разнообразию насаждений. И известен был не только европейским специалистам, но и широкой

публике, так как его описания помещались в популярных журналах на английском, французском и немецком языках». Главным садовником в нем был крупный специалист по растениеводству Д.С.Цеквава.

Известный советский дендролог С.Г.Гицкум отметил, что заслуга Смецкого состоит в том, что он сумел создать парк, в котором растут редкие субтропические деревья и кустарники, поражая своей мощью и экзотичностью даже равнодушных к красоте природы людей. Парк этот получил название «Субтропическая флора», какое носил в свое время сад Аполлона Введенского, находящийся ныне на территории Сухумского физико-технического института.

Прекрасный дендрарий лечебно-курортного назначения Смецкой создает и в районе Гульрипши и Агудзера, где в 1895 г. за 7 тыс. рублей он покупает у князя Эристави 1400 десятин земли, которая, за исключением трех десятин, засеянных кукурузой, находилась под листовым лесом. Как и в Сухуме, Николай Николаевич приступил к его расчистке и посадке новых субтропических культур. Здесь главным садоводом по плодоводству, виноградарству и парко-декоративному строительству становится крупный специалист своего дела А.И.Бишкевиус. Впоследствии он писал, что «хозяин выписывал семена и саженцы из-за границы, а я занимался освоением, размножением и разработкой агротехники всех выписываемых экзотов».

К сожалению, судьба Бишкевиуса оказалась печальной. По национальности он был латыш, но кто-то донес, что немец, он был выслан из Абхазии и погиб в 1941 г.

В Гульрипшском имении Смецкой провел большие работы по виноградарству и плодоводству. В своем «Описании работ, произведенных мною в Абхазии» Николай Николаевич писал: «Я культивировал в неболь-

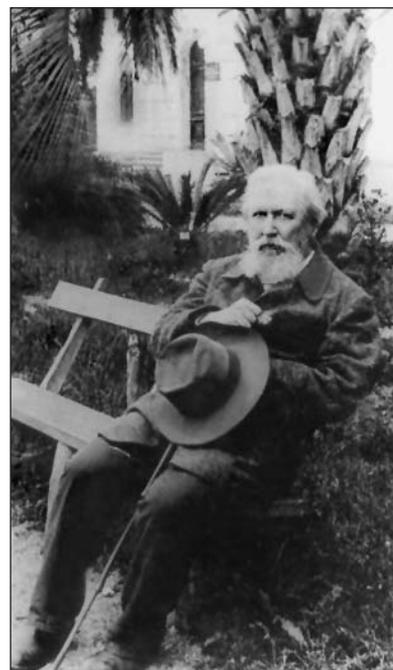
шом количестве все местные сорта с целью сохранить их с низкой обрезкой на американском подвое, при котором лоза не повреждается. По этому способу было засажено 48 десятин и еще 12 по местному способу. Фруктовый сад на 80 десятин был засажен европейскими сортами плодов».

Путеводитель по Кавказу за 1910 год писал: «В 1900 г. начато строительство, а в 1902 г. в 12 верстах от города открыт грандиозный санаторий Смецкого «Гульрипш». Это в высшей степени симпатичное учреждение сооружено на средства и на земле г. Смецкого, поставившего себе задачу придти на помощь легочным больным, обладающим ограниченными материальными средствами. Санаторий рассчитан на 100 кроватей. Под санаторий отведено 50 десятин земли, на которых разбит обширный парк, устроен водопровод, проведена канализация и пр.

Окружающая местность в высшей степени благоприятна по своим санитарным и гигиеническим условиям и очаровательна по красоте окружающей роскошной природы на берегу моря, на бугре, возвышающемся над окрестной местностью более, чем на 380 футов.

При въезде в имение Смецкого от самых ворот идет довольно длинный широкий Смирновский проспект, обсаженный большими пальмами, магнолиями и соснами попеременно. От Смирновского проспекта влево отходит дорога в экономию, а продолжением Смирновского проспекта, сделав небольшой оборот вправо, идет роскошный Емельяновский проспект, весь засаженный пальмами, который делает два-три зигзага по подъему и достигает скоро главного фасада «Гульрипша».

Для приема в санаторий существуют особые правила и необходимо свидетельство врача, пользовавшегося ранее больным, причем свидетельство это должно быть составлено по форме, выработанной санаторием, или



Н.Н.Смецкой.

же больные принимают после их осмотра в сухумской городской больнице.

Принимаются больные лишь с начальными формами туберкулеза, так как климатические условия Сухума не считаются благоприятными для дальнейших стадий развития болезни.

Важнейшие правила для поступления в санаторий следующие: необходимо подать на имя заведующего врача прошение и при нем медицинское свидетельство, по рассмотрению этих бумаг санаторий уведомляет, удовлетворено прошение или нет; комнаты устроены — на одного, 2 и 5 человек, плата за помещение, лечение и содержание — 60 руб. в месяц, независимо от того, будет ли больной помещен в отдельную комнату, или в одну из общих палат; больные должны иметь собственное носильное белье; постельное же предоставляется санаторием.

День в санатории распределяется таким образом: встают по звонку в 7½ час. утра; в 8¼ час. — утренний чай (молоко, 2 яйца, масло, сыр и горячее



Санаторий «Гульрипш», построенный на личные средства Смецкого.



Санаторий «Агудзера».

мясное блюдо); после чая некоторые больные гуляют в парке, другие, по предписанию врача, лежат на открытых верандах определенное для каждого число часов; в час дня — обед из 3-х блюд; в 5 час. вечерний чай; в 7 час. — ужин из 2 блюд, после ужина до 9 час. вечера больные проводят время в общей комнате, в 9 час. вечера — молоко, а к 10 час., когда тушатся огни, все ложатся спать.

Меблировка спален состоит лишь из самых необходимых предметов. Оконные форточки в спальнях устроены так, что холодный воздух направляется сначала вверх и затем только, постепенно обогреваясь, распространяется по комнате; это дает возможность держать всю ночь и во всякую погоду форточки открытыми, следовательно, больные дышат всегда свежим воздухом.

Гостиная, столовая и читальня общие для женщин и мужчин.

Во время еды положенных порций нет, а каждый ест столько, сколько желает. Все находящиеся на излечении в санатории обязаны подчиняться установленному режиму, отступления от которого не делается ни для кого. Санаторий функционирует с 15 сентября до 15 мая. Заведует санаторием — доктор С.С.Емельянов» [1].

Строительство зданий санатория Смецкой начал в 1890 г. В 1902-м было закончено Белое

здание на 120 человек, а в 1903-м — Красное. На эти стройки Николай Николаевич не получил ни гроша от государства. Он лично израсходовал 5 млн руб.

«Не доезжая “Гульрипша”, вправо от Драндского шоссе, ведет дорога в “Агудзеру”, куда от Сухума 10 верст. В прекрасной местности недалеко от моря на земле того же Смецкого и на его же средства (2 млн руб.) сооружен санаторий “Агудзера”, который не только заслуживает полного к себе внимания, но, несомненно, не раз вызовет самую горячую признательность всех тех малоимущих, которые лишь благодаря добрым начинаниям г-на Смецкого, пришедшего к ним на помощь, получают возможность за крайне дешевую плату воспользоваться всеми благами одного из очаровательных уголков Черноморского побережья.

Прекрасное двухэтажное каменное здание на высоком фундаменте вмещает до 70 комнат со всеми удобствами, рассчитанных на 100 человек, кроме того, имеются роскошно обставленные два больших зала, 4 гостиных, 6 крытых веранд, обставленных кушетками для лежания, читальня, 3 ванны и пр. Во все комнаты проведена вода к умывальникам; имеется канализация, отопление водяное. [Сейчас в здании размещен Сухумский физико-технический

институт. — Н.М.] Здание окружено парком площадью 30 десятин, засаженным пальмами и цветущими растениями; в недалеком расстоянии от санатория, на берегу моря, находится роскошный парк в 33 десятины, засаженный хвойными, эвкалиптами, пальмами и др. вечнозелеными растениями; парк этот также предоставляется г. Смецким всем здесь живущим. Рядом с санаторием в особом, очень изящном и безукоризненно чистом помещении — ресторан, соединенный с ним теплым переходом. Комнаты сдаются только помесечно, причем тяжело больные не принимаются. Полный пансион с помещением, прислугой, освещением, ваннами и пр. (но без постельного белья, подушек и стирки) стоит для одного человека — 50 руб. в месяц. Завтракать, обедать и ужинать в комнатах не допускается, а только в столовой. Часть столовой превращена в сцену, где устраиваются концерты, спектакли и пр. “Агудзера” соединен телефоном с конторой имения, с “Гульрипшем” и Сухумом. Заведует санаторием доктор Е.И.Доброзраков.

Обширная площадь земли, окружающая санаторий и прилегающая к морю с чудным пляжем, засажена сплошь вечнозелеными субтропическими растениями, разбита на кварталы и участки, по которым проведен водопровод, устроена ка-

нализация и пр. Многие участки распроданы и застроены дачами, остальные продаются.

В 1908 г. сооружена в древнерусском стиле и 1-го октября освящена во имя св. Георгия церковь, а 1 ноября 1909 г. открыта школа, помещающаяся в прекрасном, специально сооруженном здании.

Как церковь, так и школа сооружены Смецким на его земле и содержатся на его же средства. В здании находится квартира для священника, учителя и прислуги. Под церковь отведен нужный участок земли. Жалованье священнику — учителю уплачивает 300 руб. Смецкой и 300 руб. духовное ведомство» [1].

Николай Николаевич продолжал строительство туберкулезных санаториев и в 1913 г. окончил строительство Красного корпуса. Общая сумма затрат составляла 2 млн руб.

Поскольку стоимость путевок не давала возможность содержать санатории, Смецкой каждый год доплачивал на содержание больных от 30—40 тыс. руб. Содержание санаториев легло тяжелым бременем на Смецкого, поэтому он неоднократно обращается к правительству России с просьбой принять его обширное хозяйство на баланс государства. Так, в 1905 г. он предложил Московской Городской Думе взять санатории на свой баланс — отказали. В 1910 г. он обращается с аналогичной просьбой к министру просвещения России: жертвует санатории для учащихся, и снова отказ. В 1913 г.

Николай Николаевич предлагает свои санаторные владения российским властям, и снова очередной отказ. И только в 1915 г. Совет Министров Империи обсудил вопрос о санаториях и не встретил препятствий для их принятия.

Кроме санаториев, Смецкой отдавал и свои городские владения: школу, приют и др. Но шла война, в санатории отдыхали и лечились военные, в том числе и больные туберкулезом, и о формальностях забыли. Уже в 1916 г. Николай Николаевич хочет отдать государству все, включая дендропарк, и только революция помешала этому.

Послереволюционные годы. Первый вопрос, который возникает: почему Смецкой не уехал за границу?

В мае 1984 г., прогуливаясь по набережной, я встретился с историком-краеведом В.Пачулия. Разговор шел о том о сем, но потом мы перешли к вопросу о Смецком. Привожу дословный рассказ Пачулия, который сообщил, что 11 лет тому назад он был в Швейцарии и там встретился с сыном писателя Леонида Андреева, который ему (Пачулия) сообщил следующее: в 1920—1921 гг. два племянника Смецкого прибыли в Абхазию тайно из Турции, чтобы вывезти дядю за границу, и получили решительный отказ. Николай Николаевич сказал, что его родина — Россия и только ей он служит. По-видимому, разговор был очень серьезным. Смецкой даже убедил младшего племянника остаться в Абхазии. Но старший

племянник сказал: «старика не трону, а тебя [младшего племянника. — Н.М.], если не уедешь со мной — застрелю...»

Так они и уехали, оставив Николая Николаевича в Сухуме.

Постепенно власть в Абхазии стабилизировалась. Ходили слухи, что Смецкой собрал все свое столовое серебро и отправился в Ревком к Н.Лакобе, где отдал не только его, но и предложил властям все свое имущество. Николаю Николаевичу был выделен первый этаж в его доме, где он и проживал со своей супругой. Работой он уже серьезно не занимался, хотя был достаточно бодр, о чем свидетельствует фото.

С пенсией было сложнее. Смецкой получал пожизненно 50 руб. в месяц с 1925 г., и то при поддержке М.Горького, который хорошо его знал.

Умер Николай Николаевич в 1931 г. Похоронен на кладбище, на краю дендрария, который он в свое время вырастил. Кладбище сейчас разорено, но могила ориентировочно находится на территории кочегарки бывшего дома отдыха «Сухуми». Камня нет! Но толстое дерево, под которым лежит его прах, сохранилось. Супруга — Ольга Юрьевна — скончалась в 1940 г. Видимо, пенсии у нее не было, так как старые сухумцы рассказывали, что она жила от «торговли». Продавала сложенные на красивом сухумском подносе пирожки на пляже. Сама была одета безукоризненно — на голове шляпка, на руках белые нитяные перчатки. ■

Литература

1. Москвич Г. Иллюстрированный практический путеводитель по Кавказу. М., 1910.

Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
М.В.КУТКИНА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.05.2007
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 251
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6