

ПРИРОДА

12 03



В НОМЕРЕ:**3** **Виноградова Е.Б.****Городской комар**

Этот назойливый кровосос и переносчик опасных для человека и животных заболеваний родом из тропиков; в городах умеренного климата он поселился лишь в 20-х годах XX в. Что же позволило теплолюбивому насекомому освоить столь необычный для него биотоп?

10 **Немцов А.В.****Убойная сила российского пьянства**

Антиалкогольная кампания высветила многие злоеющие связи алкоголя и общества и продемонстрировала, что пьянство стало существенной частью российской культуры.

Лекторий**17** **Михайлов О.В.****Как склеить «химический кувшин» из осколков**

Один из способов получения макроциклических соединений — темплатный синтез, в ходе которого образуется хелатный комплекс с органическим лигандом во внутренней координационной сфере. Но сам лиганд среди исходных веществ отсутствует, под управлением иона металла-комплексобразователя он формируется из «осколков» — более простых строительных блоков.

25 **Алёшин В.В., Петров Н.Б.****Условно нейтральные признаки**

Похожя или нет молекулярная эволюция на морфологическую? Ответить на этот вопрос помогает изучение консервативных и переменных участков в макромолекулах.

35 **Иванов-Шиц А.К., Демьянец Л.Н.****Материалы ионники твердого тела**

Носителями тока могут быть не только электроны, но и ионы, и не только в жидких электролитах. Существуют твердые электролиты — кристаллы, в которых ионы перемещаются по каналам. На ионной проводимости основана работа всем известных литиевых батареек.

Заметки и наблюдения**44** **Казак А.П., Колокольцев В.Г., Якобсон К.Э.****Конические постройки в осадочных породах****Орлов А.М.****Золотистый минтай (46)****Научные сообщения****48** **Плеханова Л.Н.****Почвы Зауралья в древности и теперь****53** **Сизых Вал.И., Сизых Вит.И., Сизых Ю.И.****Исток Ангары**

В Байкал впадает 336 водотоков, а вытекает лишь одна Ангара. Исток Ангары с прилегающей акваторией озера содержит уникальные геологические, геоморфологические и археологические памятники природы.

Калейдоскоп**58**

Горные вершины Антарктиды.

59 **Ман Л.И.****Жизнь и плавание капитана И.А.Мана**

К 100-летию со дня рождения

Выходец из речного Саратова, с детства влюбленный в парусники, он стал одним из лучших капитанов дальнего плавания. Искусно водил суда в холодных и теплых морях и океанах, его мастерство во многом определило успех первых советских антарктических экспедиций.

Новости науки**71**

«Детство» Вселенной — на карте (71). По-настоящему горячие звезды (71). Гамма-всплески связаны с гиперновыми. Сурдин В.Г. (72). Монокристаллические нанотрубки из GaN (73). Наномеханизмы, управляемые светом (74). Чистый водород — из природного газа (74). Смена правил в ходе игры. Гиляров А.М. (75). Вода — в поле зрения ученых. Аверьянова В.А. (76). Древние кораллы и уровень океана (77). Белуха-океанолог (77). Сейсмоопасная зона Австралии (77). Антивулканическая здравоохранительная сеть (77). Спутник видит вулканы Южных Сандвичевых островов (78). Первые земледельцы Америки (79).

Коротко (24, 34, 43)

Рецензии**80** **Никонов А.А.****Новая книга о Г.А.Гамбурцеве**
К 100-летию со дня рождения**Новые книги****83****В конце номера****85** **Кузьмин А.В.****Мышина Тропка****87****Тематический и авторский указатели журнала «Природа» за 2003 год**

CONTENTS:**3 Vinogradova E.B.****The Urban Mosquito**

This annoying blood-sucker and vector of dangerous diseases originated in the tropics. It was not until the 1920s that it came to inhabit temperate urban areas. What allowed this thermophilic insect to adapt to this entirely new habitat?

10 Nemtsov A.V.**The Destructive Power of Russian Drunkenness**

The anti-alcohol campaign revealed many ominous links between alcohol and society and demonstrated that drunkenness had become an essential part of Russian culture.

17 Mikhailov O.V.**How to Glue Together a «Chemical Pitcher» from Fragments**

One of the methods for obtaining macrocyclic compounds is template synthesis, which produces a chelate complex with an organic ligand in the inner coordination sphere. Yet this ligand is not among the starting materials; it forms from «fragments,» i.e., basic building blocks.

25 Aleshin V.V. and Petrov N.B.**Conditionally Neutral Features**

Is molecular evolution similar to morphological evolution? Research on the conservative and variable portions of macromolecules can help answer this question.

35 Ivanov-Shits A.K. and Demyanets L.N.**Solid State Ionics**

An electric current can be carried not only by electrons but also ions, and not only in liquid electrolytes. There are also solid electrolytes — crystals in which ions move through channels. Ionic conductance underlies the operation of the well-known lithium battery.

Notes and Observations**44 Kazak A.P., Kolokoltsev V.G., and Yakobson K.E.****Conical Structures in Sedimentary Rocks****Orlov A.M.****The Golden Pollock (46)****Scientific Communications****48 Plekhanova L.N.****Trans-Uralian Soils in Antiquity and at Present****53 Sizykh Val.I., Sizykh Vit.I., and Sizykh Yu.I.****The Angara's Head**

336 streams flow into Lake Baikal, and only the Angara flows out. The Angara's head with the adjacent offshore area is noted for some unique geological, geomorphological, and archaeological sites.

Kaleidoscope**58**

Mountain Peaks of Antarctica

59 Man L.I.**The Life and Voyages of Captain I.A. Man**

On the Centennial of His Birth

Born in the river town of Saratov and fascinated with sailboats from childhood, he became one of the best sea captains. He skillfully steered ships in cold and warm seas and oceans, and his ability was the chief determinant of the success of the first Soviet Antarctic expeditions.

Science News**71**

The «Childhood» of the Universe Depicted on a Map (71). Really Hot Stars (71). Gamma-Ray Bursts Are Related to Supernovae. **Surdin V.G.** (72). Single-crystal Nanotubes Made of GaN (73). Light-controlled Nanomechanisms (74). Pure Hydrogen Derived from Natural Gas (74). Changing the Rules in the Course of the Game. **Gilyarov A.M.** (75). Scientists Keep an Eye on Water. **Averyanova V.A.** (76). Ancient Corals and Sea Level (77). White Whale the Oceanographer (77). An Earthquake-Prone Area in Australia (77). An Antivolcanic Health Care Network (77). A Satellite Sees the Volcanoes of the South Sandwich Islands (78). The First Farmers in America (79).

In Brief (24, 34, 43)

Book Reviews**80 Nikonov A.A.****A New Book about G.A. Gamburtsev**
On the Centennial of His Birth**New Books****83****End of Issue****85 Kuzmin A.V.****The Mouse Trail****87****Subject and Author Indexes**
to the 2003 Issues of *Priroda*

Городской комар

Е.Б.Виноградова

Известно довольно много животных, приспособившихся к городским условиям; некоторые из них доставляют немало хлопот человеку. Городские комары — это не только зуд от укусов, аллергия, бессонные ночи и испорченное настроение, но и серьезная социальная проблема, которая касается санитарного состояния городов и в конечном счете здоровья населения. Кроме того, эти насекомые представляют большой биологический интерес, поскольку до сих пор ведутся научные споры об их происхождении, распространении и даже положении на иерархической лестнице систематики.



Елена Борисовна Виноградова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Зоологического института РАН. Область научных интересов — экология и физиология насекомых.

Систематический ранг

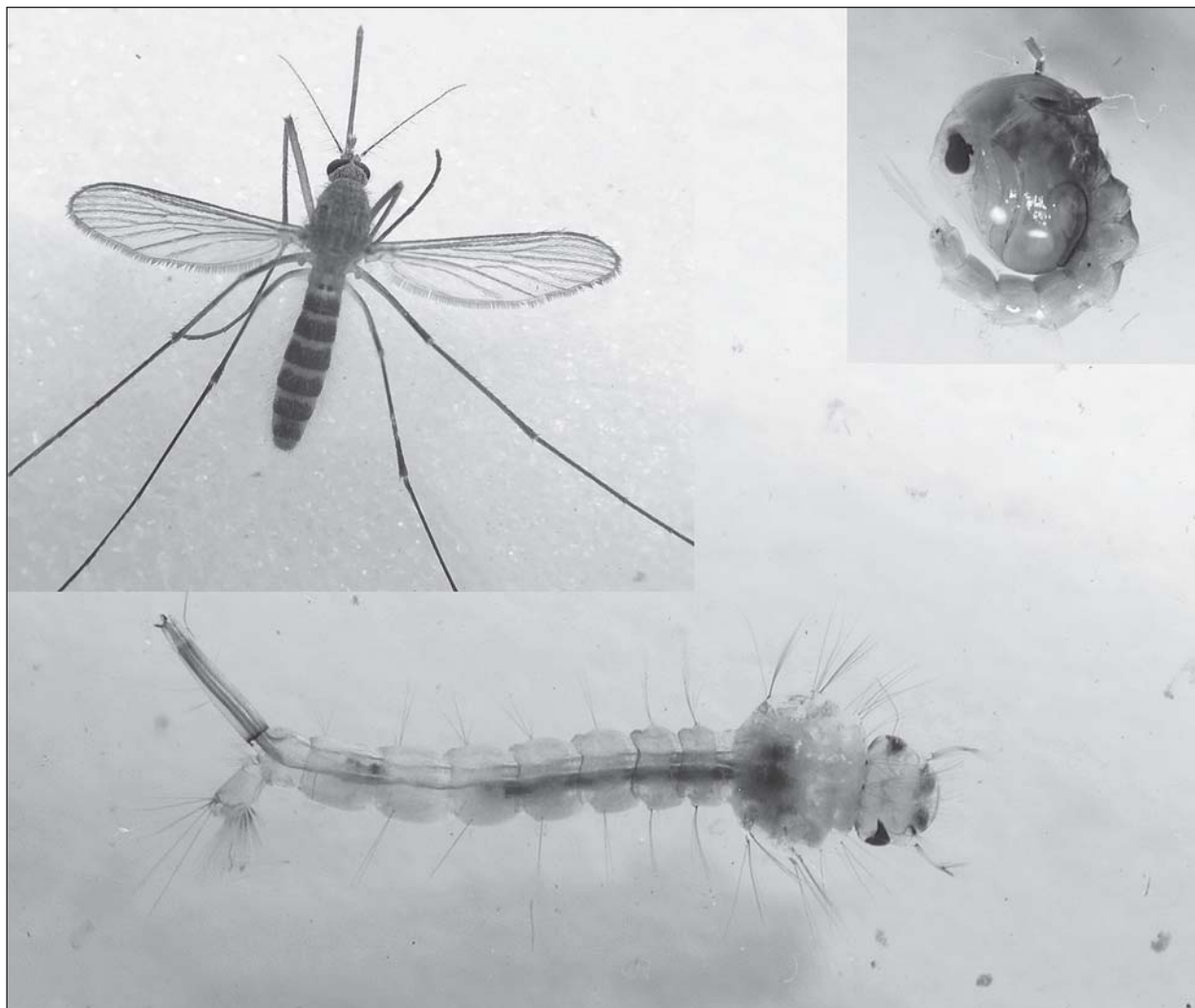
Род кровососущих комаров *Culex* включает более 400 видов, обитающих в основном в тропиках. В нашей стране наиболее распространен вид *C.pipiens*. Впервые его описал К.Линней еще в 1758 г. Спустя 17 лет его ученик, менее знаменитый шведский естествоиспытатель П.Форсколь, по собранным в Египте экземплярам описал другого, внешне схожего с *C.pipiens*, но более агрессивного комара — *C.molestus*. Кстати,

«*molestus*» в переводе с латинского означает «докучливый, назойливый, доставляющий беспокойство», что вполне соответствует характеру насекомого. Впоследствии именно этот комар получил известность как городской, или подвальный. Со временем представление о его таксономическом статусе менялось, и до сих пор на этот счет нет единого мнения. Однако никто в настоящее время не удостаивает его видового статуса, обычно городского комара относят к подвиду *C.pipiens*, мы

же и вовсе называем его *Culex pipiens pipiens f. molestus*, что на языке систематики соответствует внутривидовой форме (еще точнее экотипу), приспособившейся к обитанию в определенных экологических условиях.

В 1964 г., когда *C.pipiens* уже считали политипическим видом, включающим несколько подвидов, по инициативе Всемирной организации здравоохранения в Женеве был созван международный семинар, на котором обсуждались систематика, экология, физиология, гене-

© Е.Б.Виноградова



Городской комар на разных стадиях развития: личинка (внизу), куколка (вверху справа) и взрослая особь.

тика, устойчивость к инсектицидам и меры контроля численности комаров всего комплекса *C.pipiens*. Тем не менее за прошедшие с тех пор годы так и не сформировалось общего представления о составе комплекса и таксономическом статусе его членов. По нашему мнению, комплекс *C.pipiens* состоит из четырех подвидов — *C.p.pipiens*, *C.p.quinefasciatus*, *C.p.pallens* и *C.p.australicus* и близких к ним видов *C.torrentium* и *C.vagans* (таблица). Два первых подвида, таксономический ранг которых иногда повышают до вида, приурочены к разным климатическим зонам: *C.p.pipiens*, часто на-

зываемый в иностранной литературе северным домовым комаром, обитает в основном в зоне умеренного климата, тогда как южный *C.p.quinefasciatus* — в субтропиках и тропиках. На территории СНГ встречается только *C.p.pipiens*, представленный двумя формами — пипиенс (*C.p.pipiens* f. *pipiens*) и молестус (*C.p.pipiens* f. *molestus*).

О морфологических различиях между подвидами обычно судят по двум признакам: генитальному индексу (соотношению между размерами определенных структур гениталий самцов) и сифональному индексу личинок (отношению длины

дыхательной трубки личинки к ее ширине у основания). Однако эти морфометрические признаки подвержены изменчивости — индивидуальной, географической, комбинативной (как следствие гибридизации) и модификационной (возникающей под воздействием факторов внешней среды), что снижает их диагностическую ценность.

Биологические различия между подвидами и внутривидовыми формами, напротив, выражены сильнее, и в качестве диагностических используют три основных признака. Первый — способность откладывать первую порцию яиц без кровососа-

Таблица

Географическое распространение, морфометрические и биологические характеристики комаров подвидов и форм комплекса *C. pipiens*

	А	С, Э	Д	Ан	DV/D	ССИ	Распространение
<i>C.p.pipiens</i>							Европа, Африка, нетропическая часть Азии, Америка (севернее 39°с.ш. и 32–50°ю.ш.)
f. <i>pipiens</i>	–	Э	+	– +	<0.3	≥4.7	Америка (севернее 39°с.ш. и 32–50°ю.ш.)
f. <i>molestus</i> (городской комар)	+	С	–	+		<4.5	Там же, где и пипиенс, а также в Австралии
<i>C.p.quinquefasciatus</i>	–	С	–	+	>0.4	<3.5	Субтропическая и тропическая Африка, Америка, Ю.-В.Азия, Австралия
<i>C.p.pallens</i>	–	С	+	+	0.2–0.4	4.0	Америка (36–39°с.ш.), Китай (28–32°с.ш.), Япония
<i>C.p.australicus</i>	–	Э	+	–		6.0–7.0	Австралия

Примечание. А – автогения, С – стеногамия, Э – эвригамия, Д – диапауза, Ан – антропофилия, DV/D – генитальный индекс самцов, ССИ – средний сифональный индекс личинок.

ния, за счет питательных резервов, накопленных на личиночной стадии (автогения); этой способностью обладают лишь немногие виды или отдельные популяции. Второй – спаривание во время роения (эвригамия) или, наоборот, спаривание без роения (стеногамия). Понятно, что роение возможно лишь на открытом пространстве, поэтому в замкнутых биотопах (пещерах, подвалах, туннелях и т.д.) обитают комары, спаривающиеся без роения. И наконец, третий признак – способность к формированию репродуктивной диапаузы, позволяющей комарам переживать неблагоприятный осенне-зимний сезон в условиях умеренного климата. Сочетание названных признаков характеризует тот или иной подвид, а случается и форму. Наиболее интересен в этом смысле подвид *C.p.pipiens*, две формы которого наделены альтернативными признаками: молестус – автогенией, стеногамией и способностью обходиться без диапаузы, у пипиенса же все наоборот. Признак автогении столь важен для идентификации этих форм, что нередко понятия «автогенная» и «неавтогенная» формы употребляются в качестве синонимов молестуса и пипиенса.

Естественно, что на практике дифференцировать популяции автогенных и неавтогенных форм северных домовых кома-

ров довольно сложно. Поэтому настоящей удачей стало обнаружение достоверной корреляции между величиной среднего сифонального индекса личинок и автогенией самок, полученной на основании анализа 259 природных популяций *C.pipiens* из разных частей его ареала [1]. В результате мониторинга, проведенного в городах и поселках Карелии, Северного Кавказа, Дальнего Востока и Узбекистана, выяснилось, что неавтогенный пипиенс предпочитает размножаться в разнообразных открытых наземных водоемах, тогда как автогенный молестус освоил специфические подземные биотопы (подтопленные подвалы домов, туннели, подземные коллекторы и т.п.). Исключения из этого правила редки. Таким образом, две формы – пипиенс и молестус – существуют бок о бок, но занимают разные экологические ниши [2].

Петербургская популяция

Как ни странно, до сих пор изучение особенностей популяционной экологии и жизненной стратегии городского комара нигде не проводилось. В Санкт-Петербурге из-за неудовлетворительного состояния жилищно-коммунального хозяйства подвалы большинства домов оказались подтопленными, там

сложились благоприятные условия для круглогодичного размножения комаров. В 1997–2002 гг. мы обследовали множество таких домов в разных частях города, а в 10 из них вели постоянные наблюдения [3]. Личинки комаров были обнаружены только в отапливаемых подвалах со стоячей водой довольно высокой степени загрязнения, причем не только органического, служащего для личинок пищей. Как оказалось, они устойчивы к высокому содержанию тяжелых металлов: например, в иле одного из подвалов в центре города их концентрация превышала допустимую норму в несколько раз (кадмия – в 12, свинца – в 5, меди – в 3 и цинка – в 2 раза).

Лишенный от природы способности зимовать молестус в течение всего года может размножаться только в условиях более или менее стабильных положительных температур (10–37°C). Во время отопительного сезона температура воды в городских подвалах поднимается до оптимального для развития личинок уровня (16–22°C, иногда даже до 27–34°C). В результате на свет появляются друг за другом несколько поколений, численность комаров быстро растет, что сразу отмечают горожане. После отключения отопления, когда температура воды опускается до 12–13°C, а порой и ниже, развитие кома-

ров заметно замедляется, соответственно снижается их численность.

В отличие от большинства видов обсуждаемого рода комаров, нуждающихся для воспроизводства в кровососании, жизненный цикл молестуса в подвальных биотопах (даже полностью изолированных) максимально упрощен и сокращен. Численность популяции может поддерживаться бесконечно долго исключительно за счет автогенных яйцекладок при условии оптимальной температуры и загрязнения воды органикой. Высокий уровень автогении — важная особенность петербургской популяции комаров. Средний размер автогенных яйцекладок в зависимости от условий в подвале и сезона варьировал примерно от 31 до 106 яиц (судя по литературным данным, это рекордная величина даже для природных популяций), а доля автогенных самок в 26 из 29 сборов была близка к 100%, что свидетельствует об их хорошем питании на личиночной стадии развития. Едва родившись, самки спариваются, а после откладки яиц стремятся вылететь, чтобы насосаться крови для созревания следующей порции яиц. Зимой взрослые самки попадают в квартиры через лестничные проемы и вентиляционные отверстия, а при повышении температуры воздуха до 10°C могут вылетать из подвала наружу и проникать в жилые помещения через окна. Свою жертву комары находят благодаря сложному поисковому поведению; пищевыми аттрактантами для них служат углекислый газ, молочная кислота и некоторые другие соединения.

Проведенный мониторинг показал, что петербургская популяция городского комара благоустраивает, признаков каких-либо инфекций у личинок и заметной их смертности не отмечено. Соотношение полов (другая важная популяционная характеристика) примерно соответствует нормальному (1:1),

по совокупности всех сборов, из куколок отрожалось в среднем 55% самцов. Высокая экологическая и физиологическая пластичность городского комара позволила ему развиваться в воде разного химического состава, включая органическое и техногенное загрязнение. Естественно, что после осушительных и истребительных мероприятий, а также вследствие понижения температуры и уровня органического загрязнения воды подвальные популяции молестуса деградируют.

Происхождение и распространение

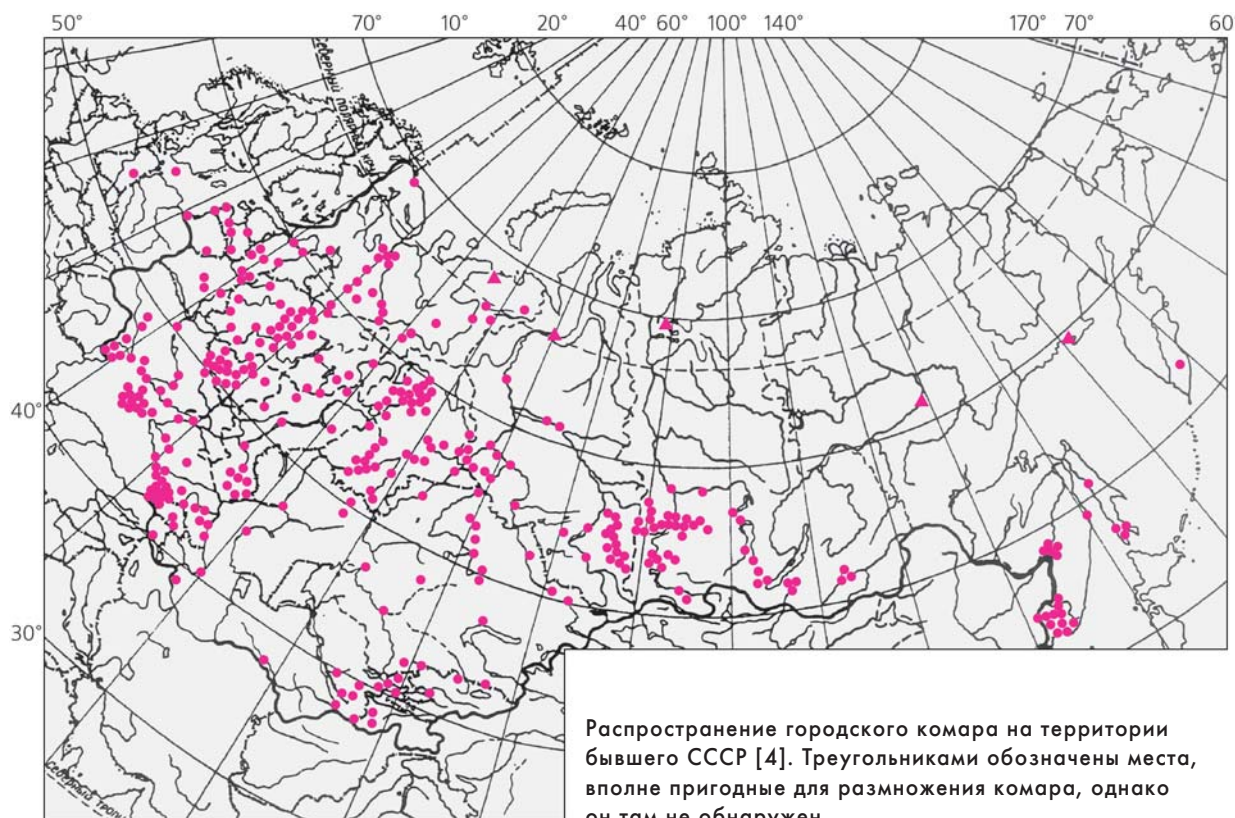
Первоначально найденный в субтропиках в XVIII в., молестус успешно расселился в XX в. по городам умеренного пояса. В 1921 г. его обнаружили в Лондоне и еще в трех городах Англии, в 30-х годах — в Стокгольме, Осло, Париже, Тихани и Метреревербили, а чуть позднее — в городах Германии, Чехии, Словакии и других европейских стран. Сейчас молестус встречается почти повсеместно, однако детально его распространение изучено только в бывшем СССР и Японии.

В СССР впервые городского комара нашли в 1926 г. в Днепрпетровске, а в 1939 г. его обнаружили еще в Ленинграде и Москве (в туннелях метро). В 1990 г., по данным опроса медицинских энтомологов, молестус зарегистрирован в более чем 300 городах и поселках городского типа практически во всех ландшафтно-климатических зонах страны — от Мурманска, Архангельска и Воркуты на севере до Еревана и Баку на юге, от западных границ государства до Владивостока и Петропавловска-Камчатского на востоке [1, 4].

С какой скоростью городской комар, появившись однажды в одном из подвалов, завоевывает город? Таких сведений, к сожалению, мало, так как долгое время эта информация была

засекреченной. Но даже немногочисленные опубликованные данные весьма впечатляют. Например, в Москве в 1950—1965 гг. существовало только 20 подвалов, где плодились комары, а к 1977 г. их число возросло почти до 1600. В Екатеринбурге в 1983 г. отмечено 25 домов с комарами, к 1987 г. их было 175, а к 1992 г. — 325 [2]. В Ленинграде в 1954 г. было всего три таких подвала, куда В.Г.Федоров, энтомолог Городской санитарной эпидемиологической станции, привел меня, тогда еще студентку Ленинградского государственного университета, для сбора материала. Сейчас практически все районы города заселены комарами.

Как расселяются комары внутри города — более или менее ясно. Известно, что комарам свойствен определенный суточный ритм активности — лёта, спаривания, кровососания и яйцекладки [1]. У большинства видов это происходит во время вечерних или утренних сумерек, а также ночью. Перед вылетевшей из подвала самкой стоит довольно трудная задача — быстро найти место, подходящее для развития ее будущего потомства. Благодаря хорошо развитой системе органов чувств комар находит добычу, чтобы напиться крови, и отыскивает подвал, подходящий для откладки яиц; дистантные хеморецепторы позволяют ему по запаху оценивать качество воды на расстоянии, а контактные — при непосредственном с ней соприкосновении. Большое количество таких рецепторов находится на ротовых органах и лапках. Экспериментально доказано, что комары способны различать в воде разную концентрацию некоторых солей, а главное — содержание разных органических веществ. Сейчас известны как аттрактанты, так и репелленты, соответственно стимулирующие или тормозящие откладку яиц [2]. Наши эксперименты по изучению аттрактивности разных сред выполнены на город-



ских комарах из подвалов Петербурга [5]. Выяснилось, что самки предпочитают чистой воде загрязненную из подвальных водоемов (95.9% яйцекладок), культуральную среду (77%), а также воду, в которой до этого в течение двух дней находилось небольшое количество личинок (76.5%) или яйцекладок (77.5%). Наши результаты подтверждены в экспериментах других ученых. Более того, японцам удалось выделить из яиц молестуса белок, стимулирующий яйцекладку. Таким образом, обладая таким комплексом «навигационно-поискового оборудования», самки весьма быстро осваивают новые территории.

Гораздо труднее понять, как молестус попадает из одного города в другой и расселяется по странам и континентам. Кто он — пришелец, перебравшийся в Европу и Северную Америку, например, из Египта, или местный житель, до какого-то времени не обнаруживший себя? Расселение насекомых в новые для

них места и формирование стабильных, способных к самовоспроизводству популяций может происходить по-разному. Естественный путь включает миграции, занос ветром и т.д., а искусственный связан со всеми современными транспортными средствами. Известно много примеров случайного завоза вредных насекомых с одного континента на другой. Один из них — недавняя экспансия комара *Aedes albopictus*, кровососа и переносчика инфекций, уроженца Юго-Восточной Азии. За последние 10–15 лет он заселил Северную и Южную Америку, часть континентальной Африки и Южную Европу [6]. Это стало возможно благодаря его выдающимся биологическим особенностям — способности откладывать яйца и развиваться в разных контейнерах, наличию диапаузы яиц, которые, будучи значительно обезвоженными, долгое время сохраняют жизнеспособность. В США, например, он попал

с использованными автопокрышками, в больших количествах переправляемыми морским и воздушным транспортом для дальнейшей переработки.

Перемещения вредных насекомых, в том числе и комаров из страны в страну отслеживают карантинные службы, которые есть в каждой стране. Из неmalarийных комаров, судя по литературным данным, больше всех любит путешествовать *C.p. quinquefasciatus*. Предположительно в XIX в. он был завезен на Гавайские о-ва, а во время второй мировой войны на некоторые острова центральной части Тихого океана. При осмотре 4436 вагонов из 113 поездов, прибывших в 1958–1960 гг. из Мексики в США, было собрано 3162 экземпляра комаров, из которых 98.7% составлял *C.p. quinquefasciatus*. В 1948–1960 гг. были обследованы также самолеты, прибывавшие в четыре крупных аэропорта США, а также в Гонолулу и Пуэрто-Рико. Тогда собрали 20 693 экземпляра

ра 51 вида комаров, в том числе 4796 особей *C.p. quinquefasciatus*, из них только 1362 — живых. Таким образом, за год только названным путем завозили в среднем по 100 комаров. Такая успешная «иммиграция» *C.p. quinquefasciatus* возможна лишь в пределах тропического пояса — в зоне умеренного климата он обречен на вымирание, поскольку не способен зимовать.

Что же касается молестуса, то его расселение с транспортом в зоне умеренного климата теоретически возможно, хотя надежного подтверждения тому пока нет. Во всяком случае для успешного освоения комарами нового города, очевидно, необходим неоднократный завоз.

Известно, что в Мельбурне (Австралия) городской комар появился после второй мировой войны, и считается, что он был завезен туда морским путем, но такому способу расселения противоречат особенности биологии этого комара.

Американские специалисты Д.Кицмиллер и А.Барр независимо друг от друга высказали иную гипотезу, объясняющую появление молестуса в городах умеренного пояса. Они предположили, что городской комар происходит от местных популяций пипиенса. Теоретически это возможно, но лишь в случае, если в популяции есть автогенные и стеногамные особи, способные развиваться в условиях городских подвалов. Канадские ученые, исследовав типичную популяцию пипиенса, установили, что в ней встречаются, хоть и очень редко, такие особи, которые могли бы стать основательницами будущих популяций городского комара.

Взаимоотношения экотипов

К настоящему времени уже не осталось сомнения в том, что экспансия городского комара в умеренном поясе обус-

ловлена урбанизацией. Однако урбанизация — это лишь одна из форм многообразной хозяйственной деятельности человека. Она оказывает мощное воздействие на естественные биоценозы, сопровождается формированием совершенно новых типов биотопов, в том числе и разнообразных искусственных водоемов, часто с высоким уровнем биогенного и техногенного загрязнения. Многие организмы успешно адаптируются к новым экологическим условиям, в результате появляются синантропные популяции и виды. Городской комар относится к облигатным синантропам, так как тесно связан с жильем человека и за пределами его поселений (по крайней мере в умеренном поясе) не встречается. Неавтогенный пипиенс — факультативный синантроп, поскольку также приспособился к существованию в городских условиях (личинки развиваются в полисапробных водоемах, таких как сточные канавы, поля фильтрации и т.п., а взрослые особи питаются кровью животных, в том числе человека), но может жить и вне городов. Такие антропофильные популяции пипиенса были впервые обнаружены в 1956—1959 гг. в городах Северного Кавказа и на Украине (в Одессе), а затем — в окрестностях Москвы (в 1964 г.) и на юге Карелии (в 1973 г.). Сейчас их ареал значительно расширился. Таким образом, в ряде городов население зимой страдает от нападения молестуса, а летом к нему присоединяется и антропофильный пипиенс.

На протяжении почти всего ареала экотипы северного домового комара могут сосуществовать вместе. Естественно возникает вопрос, насколько они репродуктивно изолированы друг от друга и есть ли механизмы, поддерживающие их самостоятельность?

Собственные исследования и анализ литературы позволяют нам выделить по крайней мере

три механизма, обеспечивающих изоляцию между пипиенсом и молестусом в умеренном поясе [2]. Первый механизм заключается в их биотопической, или экологической, разобщенности. Как мы уже отмечали, молестус размножается в подземных биотопах, а пипиенс — в наземных, открытых водоемах. Различаются и средние сифональные индексы личинок соответствующих популяций. Аналогичная биотопическая дифференциация обнаружена при изучении популяций комаров из долины Верхнего Рейна (Германия) и из Лондона [7, 8].

Второй механизм связан с характером наследования диапаузы при скрещивании автогенной и неавтогенной форм [2]. У гибридов первого поколения диапауза отсутствует, но проявляется у незначительной части самок второго поколения. Без диапаузы комары не способны пережить зиму, а редкие перезимовавшие насекомые не могут обеспечить стабильное существование гибридных популяций. Все это обеспечивает обособленность экотипов.

Третий механизм обусловлен различиями в поведении при спаривании (эвригамия и стеногамия), а также пространственным разобщением мест спаривания: неавтогенная форма спаривается в роях на высоте двух-трех метров, автогенная — вблизи поверхности земли. Получено и фактическое доказательство отсутствия гибридизации между ними в эксперименте с выпуском автогенных особей в природную неавтогенную популяцию *C.p. pipiens* [9]. Интересно, что степень изоляции между упомянутыми формами изменяется в пределах ареала, уменьшаясь с севера на юг. Так, детальное исследование энзимного полиморфизма у *C.p. pipiens* в Египте и Израиле не подтвердило существование там двух генетически изолированных форм, которые отмечены в северной части ареала подвидов, т.е. в Европе [10].

Известно, что результат скрещивания может определяться не хромосомами, а цитоплазмой яйцеклетки. Это так называемый материнский эффект, который приводит к цитоплазматической несовместимости, и тогда при гибридизации образуется нежизнеспособное потомство [11]. Все разнообразие результатов, полученных при скрещивании отдельных популяций и подвидов *C.pipiens*, укладывается в три варианта: двухсторонняя совместимость (фертильность), двухсторонняя (стерильность) и односторонняя несовместимости. Впоследствии выяснилось, что цитоплазматическая несовместимость связана с присутствием в цитоплазме половых желез *C.pipiens* симбиотических бактерий *Wolbachia pipientis*, передающихся трансвариально от матери ее потомкам [12]. Сейчас уже нет сомнений в широком распространении симбиотических бактерий родов *Wolbachia*, *Rickettsia* и *Spiroplasma* среди членистоногих и их серьезном воздействии на репродукцию хозяев, приводящем к цитоплазматической несовместимо-

сти, феминизации, партеногенезу или андроциду [13]. Чтобы оценить степень обособленности автогенных и неавтогенных форм, мы приступили к изучению методом ПЦР распространения *W.pipientis* в природных популяциях *C.p.pipiens* на территории России [14]. Установлено, что подвальные популяции комаров из северной части ареала заражены вольбахиями, тогда как соседствующие с ними популяции пипиенса из открытых водоемов лишены этих бактерий. Таким образом, вольбахия вызывает одностороннюю несовместимость экотипов. Более того, мы уверены в стабильности выявленной системы «хозяин—паразит» (молестус—вольбахия) на протяжении, по крайней мере, последних 40 лет, когда велись наблюдения.

* * *

Постоянный интерес медицинских энтомологов и эпидемиологов к комарам *C.p.pipiens*, в том числе и городским, вполне понятен и оправдан. Они служат переносчиками многих возбудителей заболеваний че-

ловека и животных, в том числе энцефалитов (западного лошадиного — в США, японского — в Юго-Восточной Азии, Сан-Луи в США и Южной Америке), лихорадки долины Рифт в Африке. Западнонильская лихорадка, первоначально известная из Африки, недавно появилась в Европе, Чехии и Румынии, вспышки этого заболевания зарегистрированы в 1999 г. в России (в Волгоградской обл.) и в США (в Нью-Йорке). А недавно из автогенной формы комаров была выделен возбудитель болезни Лайма (боррелия), получившей широкое распространение в США и Европе.

Кроме того, развивающийся в грязной воде подвалов домов и подземных коллекторов вездесущий и назойливый городской комар оказался еще и очень интересен фундаментальной науке, стал популярным лабораторным объектом. Внимание ученых к нему не ослабевает, о чем красноречиво свидетельствует число публикаций. Во всемирной паутине в 1999 г. насчитывалось 5800 работ, и ежегодно этим комарам посвящается примерно по 100 статей. ■

Литература

1. *Виноградова Е.Б.* Комары комплекса *Culex pipiens* в России. СПб., 1997.
2. *Vinogradova E.B.* *Culex pipiens pipiens* mosquitoes: taxonomy, distribution, ecology, physiology, genetics, applied importance and control. Sofia; Moscow, 2000.
3. *Vinogradova E.B.* // Proc. Zool. Inst. 2001. V.289. P.167—172.
4. *Маркович Н.Я., Заречная С.Н.* // Мед. паразитология. 1992. №1. С.5—9.
5. *Vinogradova E.B.* // Int. J. Dipterol. Res. 2001. V.12. №1. P.3—7.
6. *Knudson A.B.* // Europ. J. Epidemiology. 1995. V.11. №3. P.345—348.
7. *Becker N., Jost A., Weitzel T. et al.* Exploiting the biology of urban mosquitoes for their control // Proc. 3-rd Conference on Urban Pests. Czech. Univ. Agriculture. Prague. 1999. P.425—429.
8. *Byrne K., Nichols R.A.* // Heredity. 1999. V.82. №1. P.7—15.
9. *Bullini Z., Coluzzi M.* // Monitore Zoolog. Ital. 1980. V.14. №1—2. P.99—101.
10. *Villani F. et al.* // Biol. J. Linnean Soc. 1986. V.29. P.49—62.
11. *Laven H.* Speciation and evolution in *Culex pipiens* // Genetics of insect vectors of disease. Amsterdam, L., N.Y., 1967. P.251—275.
12. *Yen J.G., Barr A.R.* // Nature. 1971. V.232. P.657—658.
13. *Werren J.H.* // Ann. Rev. Ent. 1997. V.42. P.587—609.
14. *Vinogradova E.B., Zakharov I.A., Shaikevich E.V.* // Proc. Zool. Inst. Acad. Sci. 2002. V.296. P.157—162.

Убойная сила российского пьянства

А.В.Немцов

Почти экспериментальные условия, сложившиеся в результате российской антиалкогольной кампании 1985 г., высветили многие зловещие связи спиртных напитков и общества, сделав эти связи доступными для изучения. Кампания еще раз показала многообразие и сложность действия такого простого химического агента, как этиловый спирт, обнаружила его социальную роль и продемонстрировала, что пьянство стало существенной частью российской культуры.

Приступая к теме алкогольных потерь, прежде всего следует отметить, что в такой сильно пьющей стране, как Россия, никто не знает точно, сколько спиртного потребляет ее население.

По официальным данным ЦСУ РСФСР, Госкомстата РСФСР и Госкомстата России (с середины 1960-х и до 1988 г. секретным), в 1984 г. среднестатистическое потребление (100% спирта на человека в год) составляло без учета самогона 10,5 л. Однако американский экономист Владимир Тремл подсчитал, что в 1970 г. на человека в среднем приходилось 12 л, а через 10 лет уже 14 л [1, 2]. На основе этих и собственных оценок (с 1981 г.), близких по значению, можно за-



Александр Викентьевич Немцов, доктор медицинских наук, руководитель отдела Московского научно-исследовательского института психиатрии Министерства здравоохранения РФ. В круг научных интересов помимо эпидемиологии потребления алкоголя и его последствий входят наукометрия психиатрии, методология науки и прикладная статистика. Автор книг «Алкогольная ситуация в России» (1995) и «Алкогольная смертность в России, 1980–1990-е годы» (2001). Неоднократно печатался в «Природе».

ключить, что средний уровень потребления в России накануне кампании составлял 14,2 л, из которых 3,8 л (26%) приходилось на самогон.

Много это или мало? Для наглядности преобразуем это количество спиртного в привычные напитки и объемы, т.е. в 35,5 л водки или 71 бутылку (0,5 л). С учетом разного отношения к спиртным напиткам мужчин и женщин и их популяционного соотношения на одного мужчину приходилось 123 бутылки. Если считать, что главные потребители — мужчины в возрасте от 15 до 65 лет, то в среднем один взрослый за

год выпивал 180 бутылок водки, или одну бутылку за два дня. Пусть читатель сам решит, можно ли усредненного российского мужчину считать пьяницей.

Антиалкогольная кампания началась 1 июня 1985 г. За первые полтора года регистрируемая продажа спиртного упала на 51%, а реальное потребление — только на 27% за счет резкого увеличения производства самогона. В 1991 г. подпольные вино-водочные изделия составляли более половины от общего потребления, уровень которого приблизился к 1984 г.

Начало рыночных реформ (с 2 января 1992 г.) сопровождало

лось не только либерализацией цен и продажи спиртных напитков, но и отменой государственной монополии на производство и торговлю спиртным. На винно-водочный рынок хлынули не облагаемые акцизами, а значит очень дешевые фальсификаты, более токсичные по сравнению с самогонном.

Потребление спиртного увеличивалось до 1994 г. (рис. 1), затем сокращалось до 1998 г., а с 1999 г. снова начало расти (в 2001 г. 15.0 л). Такова эволюция потребления алкоголя с ее резкими перепадами. А как умирали россияне в это время?

С 1965 по 1984 г. общая смертность довольно равномерно увеличивалась (рис. 2). За 20 лет сократилась ожидаемая продолжительность жизни, особенно у мужчин (на 2.5 года: с 64.5 до 62 лет), что отчасти связано с ростом потребления спиртного. Ведь с 1960 по 1980 г. его продажа увеличилась более чем в два раза (с 4.6 до 10.5 л), а реальный рост с 9.8 до 14.0 л. При этом в два раза повысилась смертность от отравления алкоголем. Однако из этих данных трудно вычленить алкогольный фактор среди других неблагоприятных явлений и оценить

его роль в сокращении продолжительности жизни населения. Сделать это помогла кампания.

Не затрудняя читателей многочисленными расчетами и цифрами (все они приведены на графиках), можно сказать, что *антиалкогольная кампания сохранила жизнь более чем 1 млн человек. Это ее главный позитивный итог, подтверждающий, что спиртные напитки — существенный фактор высокой смертности в России.*

В результате кампании к 1986 г. смертность снизилась на 203.5 тыс. (12.3% от общего числа в 1984 г.), а потребление уменьшилось на 3.7 л (зависимость была строго линейной). Согласно расчетам, в пределах 10—15 л среднелитрового алкоголя на каждый литр приходилось 3.3% общего количества смертей, а для мужчин от 35 до 59 лет — 6.9%. По данным Т.Норстрема [3], во Франции и Германии для мужчин этого возраста алкогольные потери составляли приблизительно 1%. Расхождение с российскими показателями в какой-то мере могут объяснить три обстоятельства.

Во-первых, в России спиртные напитки были более токсичными. Второе обстоятельство

во скорее всего связано с насильственным характером антиалкогольной кампании. Медленные и небольшие колебания потребления спиртного в европейских странах приводили к его разнонаправленному изменению среди отдельных категорий населения и таким образом уменьшали общий результат. И наконец — генетические особенности российской популяции в отношении алкогольдегидрогеназы — фермента, участвующего в метаболизме поступающего в организм алкоголя.

Долгое время считалось, что русские относятся к европеоидам, для которых характерна умеренная активность алкогольдегидрогеназы. Именно этот фермент превращает этанол в токсичный ацетальдегид, который и вызывает тяжелые соматические и психические последствия злоупотребления спиртными напитками. Теперь показано, что в популяции московского мегаполиса широко распространен ген (41%), кодирующий синтез высокоактивной алкогольдегидрогеназы, которая при поступлении этанола в организм продуцирует ацетальдегид в больших количествах.

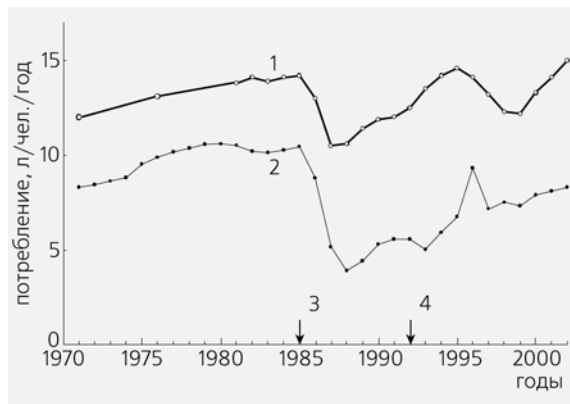


Рис. 1. Оценка реального потребления алкоголя в России в 1970—1999 гг. 1 — средняя по данным V.Trml (1970—1993), Госкомстата РФ (1980—1987) и А.В.Немцова (1981—2001); 2 — регистрируемое потребление алкоголя (Госкомстат РФ), 3 — начало антиалкогольной кампании, 4 — начало рыночных реформ.

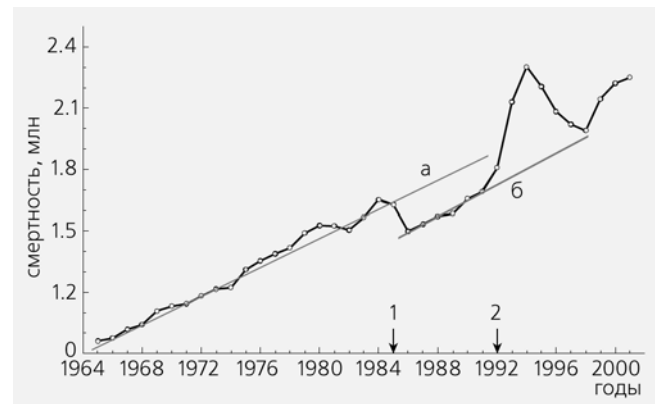


Рис. 2. Общее количество смертей в России в 1965—2001 гг. 1 — начало антиалкогольной кампании, 2 — начало рыночных реформ; пунктиром обозначены линии регрессии: а — 1965—1984 гг., б — 1986—1991 гг.

вах [4]. Вот почему одно и то же вещество — винный спирт — вызывает острые и хронические токсические последствия. По частоте данного гена московская популяция занимает промежуточное положение между европеоидной (0—5%) и континентально-монголоидной (20—80%).

* * *

Неоспоримые факты резкого сокращения продажи спиртных напитков и всех жестко зависимых от них болезней (психозов, отравлений и циррозов печени), а также насильственных смертей и преступности [5] говорят о том, что в 1985—1986 гг. даже закоренелые пьяницы стали пить существенно меньше. Известно, что население страны по отношению к выпивке представляет собой более или менее жестко взаимосвязанный конгломерат [6, 7], который подчиняется одному из законов алкологии: сокращение среднедушевого потребления спиртного отражает общую тенденцию, как для мало, так и для много пьющих. Россия никак не могла быть исключением из этого правила, поскольку антиалкогольные мероприятия касались всего общества, включая самых активных пьяниц. Тотальный характер прессинга проявился в том, что во время кампании снизились зависимые от алкоголя показатели смертности и заболеваемости (причем линейно по отношению к потреблению).

Однако даже в 1986—1991 гг. потребление спиртного оставалось очень высоким (10.5—12.6 л). Как оценить полные алкологические потери? Вот тут нам может помочь линейная зависимость смертности от потребления. На основе регрессионных уравнений рассчитано, что в 1984 г. из общего числа умерших (1 650.9 тыс. человек) 525.0 тыс., или 31.8% всех смертей связаны с потреблением спиртного, что в 10 раз больше официальных данных (3.1%). Это и есть наши прямые и не-

прямые потери, в которых алкоголь был главным или дополнительным фактором смерти. Но и в том и другом случае спиртное «помогло» этим людям сойти в могилу раньше отведенного им срока.

В США прямой и непрямой алкологический урон в начале 80-х годов по разным оценкам составил 105—200 тыс. человек (5—9% всех смертей) при потреблении 8.2—8.3 л, а в 90-х годах — еще ниже (4.4%).

* * *

За какими диагнозами и в каких соотношениях скрывалась алкологическая смертность? В начале кампании кроме смертности при опухолевых, инфекционных и паразитарных заболеваниях все другие большие классы смертей снизились (рис.3) и далее изменялись сходным образом. Кампания показала, что главный вклад в алкологическую смертность мужчин (44.9%) вносили травмы, отравления и несчастные случаи. В 1981—1984 гг. у 53.1% (Москва) и 58.4% (Россия) умерших по этим причинам в крови был выявлен алкоголь. Однако в государствен-

ной статистике доля смертей «в состоянии опьянения» лишь в отдельные годы превышала 10%. Среди этой большой группы особое место занимают такие социально значимые явления, как самоубийства и убийства. Россия занимает одно из первых мест в мире по количеству самоубийств: от 37.9 в 1984 г. до 42.1 в 1994 г. (на 100 тыс. жителей), уступая в Европе только Литве (47.3 в 1994 г.). В 1984 г. 43 тыс. мужчин и 11 тыс. женщин покончили с собой. В 1994 г. количество самоубийств было максимальным (как и потребление), а затем началось снижение, продолжавшееся до 1998 г. (рис.4).

Тему «алкоголь и самоубийства» наглядно иллюстрируют данные Бюро судебно-медицинской экспертизы: за 1981—1990 гг. в шести областях России (Амурской, Кемеровской, Новгородской, Орловской, Саратовской и Сахалинской), а также Башкортостане и Санкт-Петербурге с общим населением 17.5—18.2 млн человек, — всего 52.5 тыс. самоубийств. До начала кампании (1981—1984) у 60.2% покончивших

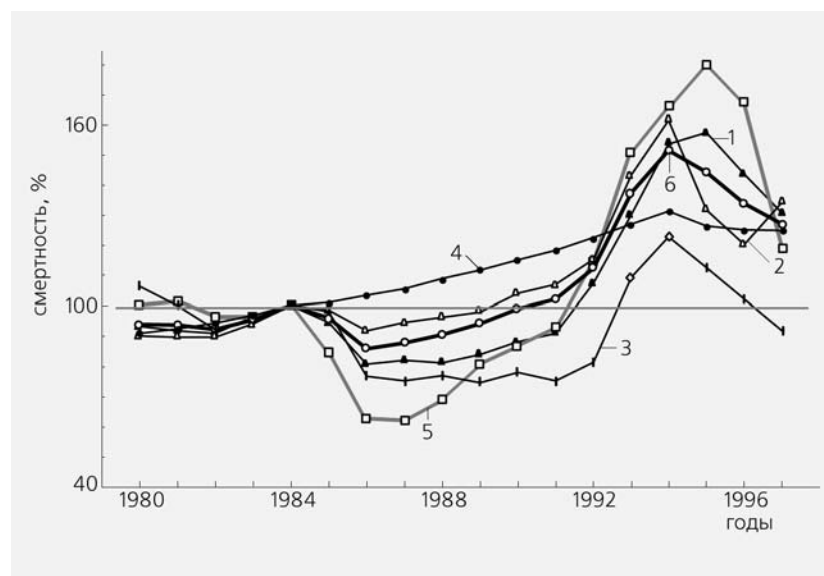


Рис.3. Смертность мужчин в России в 1980—1997 гг. от разных причин: заболеваний органов пищеварения (1), сердечно-сосудистых (2), дыхательных (3), опухолевых, инфекционных и паразитарных (4), от внешних причин (5), в среднем (6). Данные 1984 г. приняты за 100%.

с собой в крови был обнаружен алкоголь. С 1985 г. количество таких случаев уменьшилось почти синхронно с динамикой потребления, а уровень трезвых самоубийц почти не изменился (рис.5). Важно, что насильственная смертность росла быстрее чем от других причин. Это говорит о том, что снижение смертности в 1985–1987 гг., в частности при самоубийствах, не было обусловлено новыми надеждами и оптимизмом в связи с «перестройкой», о чем много писалось у нас и за рубежом.

Похожая картина складывается и при анализе убийств. В 1984 г. было убито 16 тыс. человек, в 1985 г. жертв стало меньше (с 12.1 до 7.4 на 100 тыс. населения в 1987 г.). Соотношение мужчин и женщин, убитых в состоянии опьянения, может быть выражено как 5:1. В 1987 г. начался рост потребления алкоголя, вместе с ним и количество убийств. Скорее всего это свидетельствует о включении новых, помимо алкогольных, факторов: коренного передела собственности, перераспределения сфер криминального влияния и смены преступных элит. В конце 80-х годов так называемых «законников» (воров в законе) вытеснили «беспредельщики», действовавшие вне воровских законов. Эта «первая криминальная война» плавно перешла во «вторую», базой которой стала приватизация и новый передел собственности на ее основе (рис.6).

По аналогии с самоубийствами соотношение убитых трезвых и с алкоголем в крови можно исследовать в тех же регионах России: последние в 1981–1984 гг. составляли 64%; в 1988 г. — 59%, а в 1990 г. — 64%. Эти данные показывают, что помимо социально-экономических причин во время «первой криминальной войны» роль спиртного оставалась очень высокой: рост числа убитых в пьяном состоянии происходил в два раза быстрее, чем в трезвом.



Рис.4. Смертность при самоубийствах (на 100 тыс. населения) и потребление алкоголя (цветная кривая) в России в 1981–1999 гг.

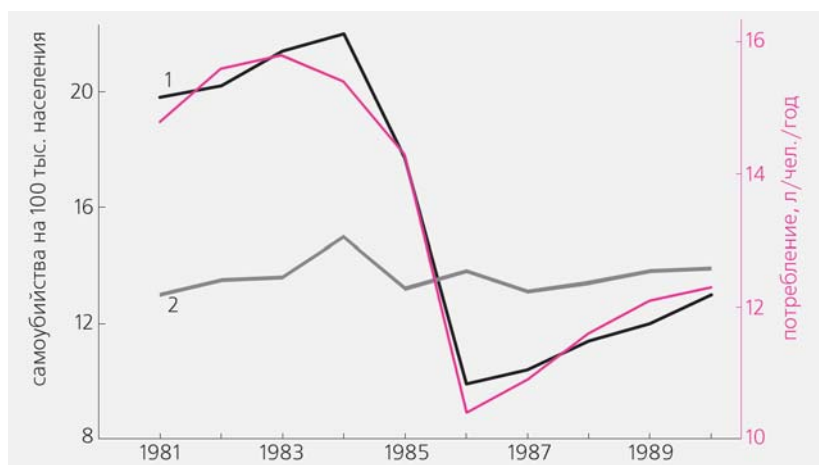


Рис.5. Динамика уровня самоубийц с алкоголем в крови (1) и трезвых (2) в восьми регионах России; цветная кривая — потребление алкоголя в тех же регионах в 1981–1990 гг.

* * *

Во время кампании смертность сократилась в основном за счет двух сердечно-сосудистых заболеваний, почти одинаково часто встречающихся у мужчин и женщин: атеросклеротического кардиосклероза и нарушения мозгового кровообращения [8].

Сегодня хорошо известно, что хроническая алкогольная интоксикация осложняет течение этих заболеваний и служит дополнительным фактором риска. Она сокращает продолжи-

тельность жизни мужчин с такой патологией в среднем на 17 лет (данные Центра профилактической медицины АМН РФ). С другой стороны, злоупотребление спиртным часто приводит к развитию болезни. В последние годы появились данные о том, что в случае массивных выпивок в результате изменения в крови соотношения липопротеинов высокой и низкой плотности повышается риск сердечных аритмий и гипертонических кризов, а также тромбозов сердечных сосудов. Вот почему

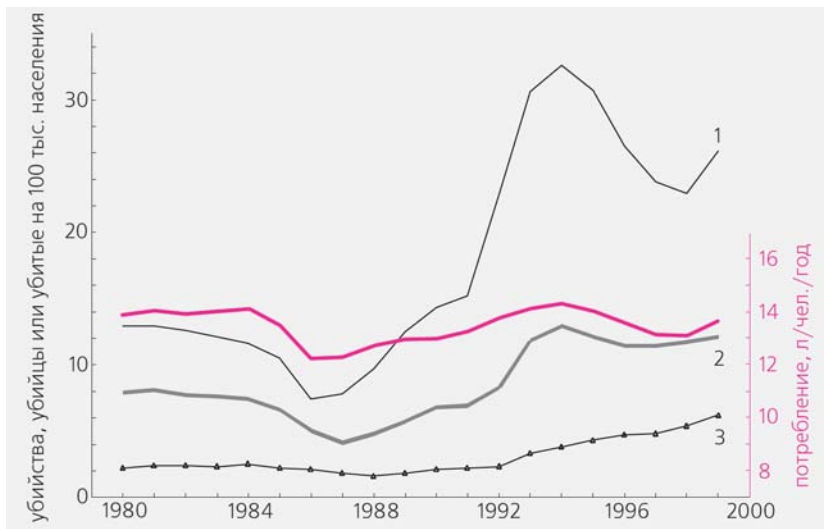


Рис.6. Динамика убитых (1), выявленных убийц в состоянии опьянения (2) и трезвых (3) в сравнении с потреблением алкоголя (цветная кривая).

смертность при болезнях системы кровообращения существенно увеличивается с субботы по понедельник, в отличие от таковой при новообразованиях, равномерно распределенной по дням недели.

По официальных источникам, 97.7% алкогольных потерь — это случаи отравления спиртным, да и то, вероятно, учтенные не полностью. Почему? Причин много: тривиальная халатность медицинского персонала при постановке посмертного заключения, низкая квалификация врачей в диагностике причин заболевания и смерти, слабость технической базы и квалификации патолого-анатомической службы в стране, а также прямая фальсификация алкогольных диагнозов смерти и подмена их наиболее частыми сердечно-сосудистыми диагнозами.

С этих позиций интересен анализ, проведенный в Курске в 1991 г.: у 29% мужчин и 8% женщин, умерших с диагнозом сердечно-сосудистая патология, в биологических жидкостях присутствовал алкоголь [9]. При этом у 11.6% мужчин и 4.3% женщин его содержание было смертельным и составляло 4%

и более. Остается гадать, в силу каких причин в Курске отравление алкоголем было скрыто у этих людей, в результате чего их смерти попали в государственную статистику с диагнозом болезней системы кровообращения.

* * *

Итак, во время кампании и позже, вплоть до 1992 г., смертность сравнительно хорошо коррелирует с оценкой ре-

ального потребления алкоголя. Но в 1992 г. возникли новые социально-экономические условия, и в 1993 г. эта зависимость довольно резко изменилась. В обыденном сознании сверхвысокая смертность в 1992—1996 гг. (рис.2) часто связывается с социально-экономическим кризисом и войной в Чечне.

Однако некоторые зарубежные исследователи считают, что такие факторы, как бедность населения и слабость здравоохранения, действительно снизивших качество жизни в России, а также изменение экологических условий не могут объяснить столь значительное повышение смертности. Связан ли ее рост с алкоголем, а если да, то насколько и каким образом?

Для того, чтобы решить этот вопрос, сопоставим общую смертность с явлениями, жестко зависимыми от потребления спиртного, например с алкогольными отравлениями и психозами (рис.7, 8). Прежде всего обращает внимание почти полная синхронность изменений этих видов смертности и потребления. Но с 1993 г. смертность «обгоняла» потребление, что скорее всего означает включение новых факторов. Один из них — передел собственности. Другой — увеличение

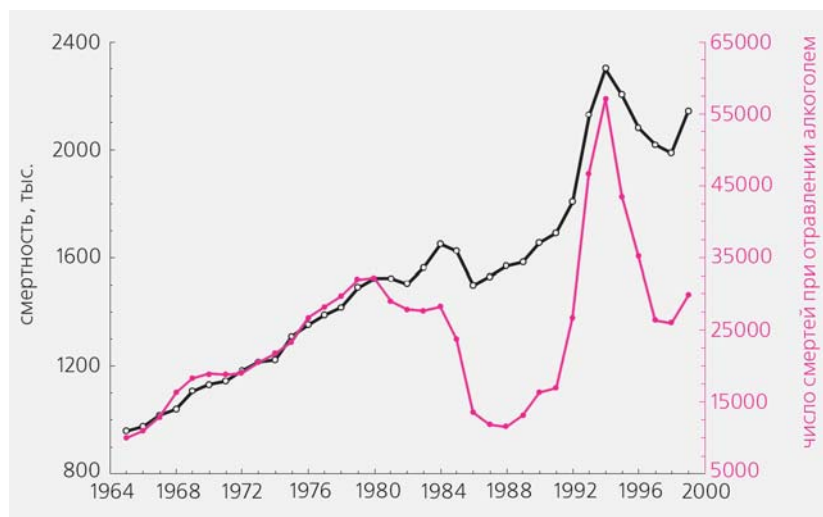


Рис.7. Соотношение общей смертности и смертей при отравлении алкоголем (цветная кривая).

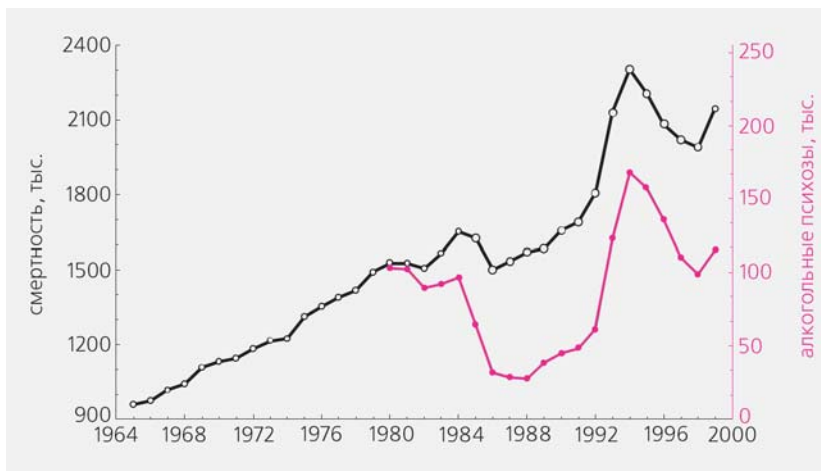


Рис. 8. Соотношение общей смертности и заболеваемости алкогольными психозами (цветная кривая).

категории людей с повышенным риском смертности за счет сохранивших во время кампании жизнь, а с ней и свой риск умереть, который реализовался во время рыночных реформ. Можно считать, что резкий подъем смертности в 1993—1994 гг. отчасти обусловлен «удвоением» числа людей с повышенным риском.

Еще один фактор повышения смертности — возросшая токсичность фальсификатов ликеро-водочной продукции. В 1992 г. в связи с рыночными реформами и отменой государственной монополии на спиртное ситуация на рынке радикально изменилась. В частности, появилась водка из технического спирта, который покрывал около 20% потребления. По данным Роскомторга, при выборочных проверках брак ликерно-водочных изделий к объему проверенной продукции вырос с 6% в 1991 г. до 30% в 1994 г. Еще хуже было качество импортной продукции. Все это не могло не отразиться на здоровье потребителей.

Применив метод, описанный выше для 1984 г., и дополнив его поправкой на возросшую токсичность спиртных напитков, получим: в 1994 г. полные алкогольные потери составили

750 960 человек или 32,6 % всех смертей (по официальным данным — 3,0%). Согласно нашим оценкам, в 1992—1996 гг. из 10,5 млн умерших около 3,8 млн человек (36,2%) ушли из жизни, злоупотребляя спиртным. Для сравнения: в первой Чеченской войне за неполных два года погибло 35,7 тыс. человек (военных и мирных жителей). Очевидно, что общее число убитых и в Чечне и за ее пределами значительно уступает алкогольному урону страны.

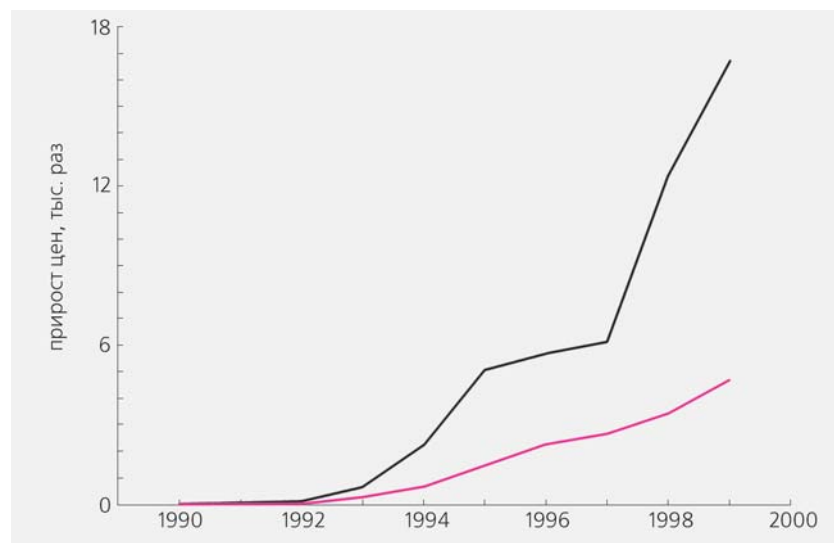


Рис. 9. Ежегодный прирост цен на пищевые продукты и спиртные напитки (цветная кривая). Данные 1990 г. приняты за 1.

Переломным для общей (рис. 2) и алкогольной смертности (рис. 5) был 1994 г., после чего началось снижение показателей. Можно предположить, что с 1995 г. пить стали меньше (в 1998 г. — 12,2 л). Тогда же увеличилась ожидаемая продолжительность жизни, причем на фоне снижения ее качества (падения калорийности пищи, сокращения доходов, почти двукратного увеличения безработных, а также задолженности по зарплате).

Снижению потребления спиртных напитков (1995—1998) способствовали: некоторое сокращение импорта и внутреннего производства фальсификатов (благодаря активности работников МВД); некоторое упорядочивание рынка на основе новых законодательных актов, рост цен на алкогольную продукцию в 1995—1997 гг. по сравнению с ценами на продукты питания (рис. 9). Фактором «отрезвления» можно считать и обеднение населения: даже очень дешевая водка стала недоступной для значительной части потребителей. Еще одна причина — вымирание большинства пьяниц в начале рыночных реформ (1992—1994).

Период, когда цены на спиртные напитки «догоняли» цены на другие продукты и товары, был недолгим (1994—1997). Уже в 1998 г. рост цен на спиртное стал вновь отставать от цен на другие продукты и товары, а в 1999 г. увеличилось потребление алкоголя и связанные с ним последствия, что продолжается до настоящего времени.

* * *

Очевидная сложность алкогольной ситуации в России, трудность учета всех ее переменных и ущербность государственной статистики позволяют усомниться в большой точности наших расчетов. Мы попытались приблизительно оценить грандиозные потери страны, особенно ее мужского населения в трудоспособном возрасте. Но и такие результаты показывают масштаб алкогольного урона, его место в тяжелой демографической ситуации России, которую часто обозначают как кризис. В последние полтора десятилетия все перемены смертности происходят вокруг тенденции, сложившейся еще в середине 60-х годов. Но из-за давности лет эту, уже привычную тенденцию никак нельзя считать благоприятной, в значительной части — из-за российской водки, которая во второй половине XX в. знала толк в людской смертности.

Но это только диагноз. А каков прогноз? И есть ли надежды на скорое избавление от убойной силы пьянства? К сожалению, россияне не осознают масштабы алкогольной гибели людей или, что еще хуже, воспринимают ее как естественный процесс. И это главное, что гасит надежду. Нетрезвая страна уже давно разучилась считать своих покойников. Социальный заказ на трезвость в России почти отсутствует, а цена человеческой жизни все еще очень низка. Нам предстоит научиться понимать, что каждая отдельная судьба и жизнь — высшая ценность и наше общее достоинство, а значит, и забота. Скоро ли такое понимание станет уделом большинства?

Терпимость населения к пьянству и смертности от него питает равнодушие руководства страны к этой проблеме. Главная забота правительства — сбор налогов на спиртное. Но и это оно делает плохо (полагая, что собирает половину, получает только треть от выпитого). Сейчас нельзя сказать, что государство спаивает свой народ: две трети дохода от спиртного присваивает криминальный бизнес, который прочно прилип к российской почве сверхприбылью, используя коррупционность госаппарата.

Вот мы и подошли к главным препятствиям на пути отрезвления населения, вышли к общим

социальным проблемам страны, от решения которых зависят насущные частные, в том числе алкогольные. Скоро ли удастся их решить?

Литературная традиция последних 70—80 лет требует оптимистического финала. Однако обоснованных надежд на скорое избавление от алкогольного мора нет. Нормальная ситуация в такой сильно пьющей стране, как Россия, может сложиться лет через 20—30 только в том случае, если уже сейчас изменится ценовая политика государства в отношении спиртных напитков, начнется серьезная борьба с криминальным винно-водочным рынком; если сейчас появятся признаки нормализации экономической ситуации и существенного роста уровня жизни. Но 4% роста ВВП в 2001 г. — это еще не уверенность, а только надежда, что через 20—30 лет число нищего населения нашей страны существенно сократится.

Не располагая оптимистическим прогнозом на ближайшие годы, оставим за собой право на призыв. С середины 60-х годов и до начала XXI в. в России гибель людей, связанная с пьянством, сравнима с потерями в Отечественной войне. Очевидно, что пора остановить этот губительный процесс. Нужно наконец начать медленное, но непрерывное снижение потребления алкоголя, а вместе с ним — снижение смертности. ■

Литература

1. *Treml V.G.* Alcohol in the USSR. A statistical study. N.Y., 1982.
2. *Treml V.G.* Soviet and Russian statistics on alcohol consumption and abuse. Premature death in the new independent States / Eds. J.L.Bobadilla, Ch.A.Costello and F.Mitchell. 1997. P.220—238.
3. *Norström T.* // *Addiction*. 2001. V.96. P.113—128.
4. *Ogurtsov P.P., Garmash I.V., Miandina G.I. et al.* // *Addiction Biology*. 2001. P.377—383.
5. *Смирнов А.И.* Преступность и правонарушения в СССР. М., 1990.
6. *Ledermann S.* Alcool, alcoolisme, alcoolisation. Paris, 1956.
7. *Skog O.-J.* // *British Journal of Addiction*. 1985. V.80. P.83—99.
8. *Вишневецкий А., Школьников В.* Смертность в России: главные группы риска и приоритеты действия. М., 1997. Вып.19.
9. *Тишук Е.А.* // *Здравоохранение Рос. Федерации*. 1997. №2. С.34—36.

Как склеить «химический кувшин» из осколков

О.В.Михайлов

История, о которой пойдет рассказ, началась почти три четверти века назад, в 1927 г. Пытаясь синтезировать 1,2-дицианобензол из цианида меди(I) и 1,2-дибромбензола в пиридине при 200°C, химики наряду с целевым продуктом обнаружили (правда, в небольшом количестве) необычное вещество с интенсивной темно-синей окраской. Установить его природу тогда не удалось, что хотя и не доставило ученым большой радости, но и особого огорчения тоже не вызвало, и о нем довольно быстро забыли.

Продолжение этой истории последовало более 30 лет спустя, когда в начале 1960 г. малоизвестный в ту пору новозеландский химик Н.Куртис произвел нехитрый эксперимент — попытался растворить в ацетоне перхлорат *трис*(1,2-этилендиамино)никеля(II). Куртис вынужден был отлучиться из лаборатории на некоторое время, а по возвращении неожиданно для себя обнаружил, что из раствора выпали красивые ярко-желтые кристаллы. Пытаясь разобраться в необычном феномене, он сначала решил, что это результат хорошо известной в органической химии реакции дегидратации (схема 1). Но потом понял, что ошибался. Хотя



Олег Васильевич Михайлов, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества Казанского государственного технологического университета. Научные интересы связаны с координационной химией, комплексообразованием, фотохимией, физикохимией гибридных функциональных материалов. Автор 120 изобретений и многих научных публикаций, вышедших в России и 15 странах мира. Монографии: «Реакции комплексообразования в желатин-иммобилизованных матричных имплантатах» (Казань, 2002), «Нитрат целлюлозы: молекулярно-структурная неоднородность» (в соавторстве с В.И.Коваленко, Г.М.Храповским; Казань, 2003). В «Природе» опубликовал несколько статей.

без дегидратации здесь и впрямь не обошлось, в действительности образовались координационные соединения никеля(II) с новыми тетраденатными лигандами L^1 и L^2 (схема 2).

Вскоре американский химик Д.Буш обратил внимание на весьма специфическое образование комплекса при взаимодействии 2-аминобензальдегида

с ионами ряда $3d$ -элементов. К тому времени выраженная способность этого соединения к самоконденсации с возникновением линейных и циклических полимеров уже не была откровением. Изучавшие 2-аминобензальдегид незадолго до Буша его соотечественники Г.Эйхорн и Р.Латиф высказали мнение, что ионы $3d$ -элементов вступают в комплексообразование

© О.В.Михайлов

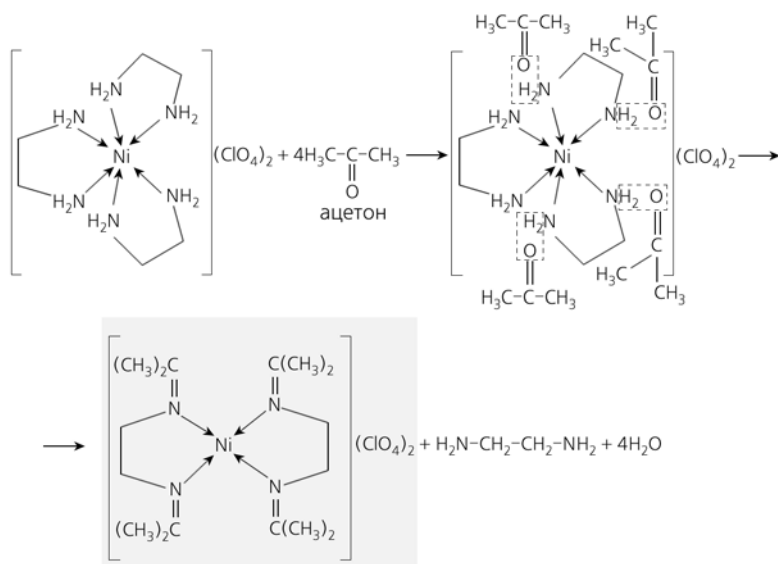


Схема 1. Реакция дегидратации, которую Н.Куртис счел сначала «виновницей» образования нового координационного соединения, выпавшего в осадок при стоянии в виде ярко-желтых кристаллов.

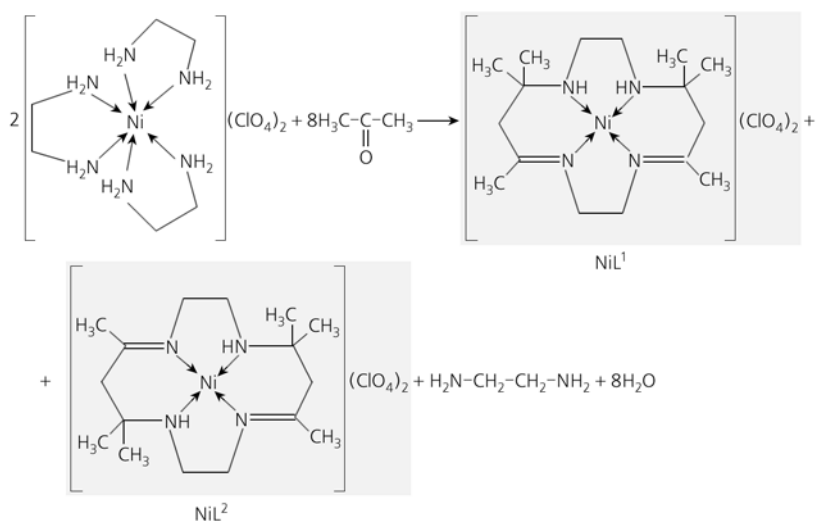


Схема 2. Последовательность стадий темплатного синтеза, в действительности осуществленного Куртисом.

с его линейным тримером. Буш, однако, установил, что на самом деле ситуация куда сложнее и интереснее: в присутствии VO(II) возникают координационные соединения с циклическим тримером 2-аминобензальдегида (схема 3), другие металлы — железо, кобальт, медь, цинк, палладий или платина (все со степенью окисления 2) —

с его циклическим тетрамером (схема 4), а при наличии Ni(II) и Co(III) образуется смесь комплексов обоих этих типов.

Третий химик, заслуживающий упоминания в связи с нашим повествованием, — Э.Егер (Германия). Он «сварил» хелаты Ni(II) и Cu(II) с тетрадентатным лигандом (схема 5) при взаимодействии ряда замещенных бис-

ацетилацетонэтилендиамина с 1,2-этилендиамином в присутствии солей указанных металлов. Примечательно, что ни одно из этих замещенных с 1,2-этилендиамином не реагирует.

Есть еще одна любопытная черта каждой из упомянутых реакций: того лиганда, который находится во внутренней координационной сфере сформированного хелатного комплекса, среди исходных веществ *не было* — он образовывался из более простых химических соединений, причем в присутствии *конкретного* иона металла. И синтез металлохелатов был осуществлен не по классической схеме ион металла + лиганд → комплекс, а по схеме ион металла + «осколки» лиганда → комплекс, да к тому же из «осколков», которые вроде бы и склеить-то друг с другом никак нельзя. Химики-органики давно уже научились получать соединения исключительной структурной сложности в реакциях сочетания. Так что не выглядит слишком необычной идея использовать аналогичный по сути прием и для получения координационных соединений, в ходе которого органический лиганд образуется прямо в процессе синтеза самого комплекса из более простых строительных блоков. Довольно скоро стало ясно: природа иона металла оказывает подчас решающее влияние не только на характер продуктов подобных реакций, но и на возможность их осуществить.

Ни один из упомянутой троицы не знал кого-либо из двух других, но каждый из них, похоже, быстро уловил, что наткнулся — хоть и случайно — на настоящую золотую жилу. Неудивительно, что все они независимо друг от друга с удвоенной энергией продолжили исследования в этом сразу ставшим перспективным направлении химического синтеза и к настоящему времени опубликовали весьма значительное количество работ.

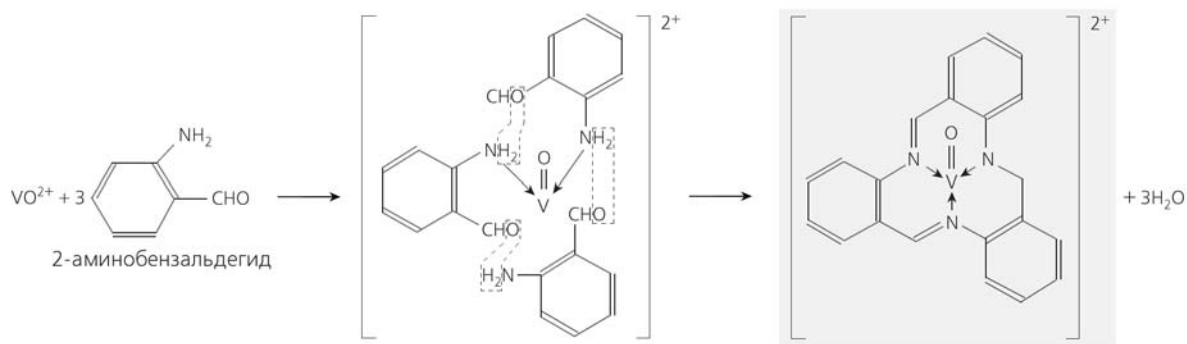


Схема 3. Образование комплексного соединения при взаимодействии ванадия с 2-аминобензальдегидом, который в процессе синтеза конденсируется в циклический тример.

Ну, а кульминацией истории стал 1987 г., когда трем виднейшим специалистам по данной проблеме — правда, не упомянутой тройце, а Ж.-М.Лену, Ч.Пердерсену и Д.Краму — была присуждена высшая научная награда, Нобелевская премия.

Для открытого упомянутыми первопроходцами синтетического приема один из них (Буш) уже в 1963 г. предложил специальный термин — **темплатный синтез** (от англ. template — шаблон, лекало), который быстро приобрел права гражданства и стал общеупотребительным. В настоящее время под ним понимается такой процесс, в котором ион металла не только выполняет функцию комплексообразователя, но и способствует формированию из исходных веществ таких лигандов, чей синтез в его отсутствие затруднен или вообще не возможен. Характерная черта темплатного синтеза в том, что в подавляющем большинстве случаев он сопровождается возникновением дополнительных металлоциклов, а нередко и «сшиванием» их в единый замкнутый контур.

Коль скоро речь зашла о терминологии, упомянем еще три связанных с темплатным синтезом термина, которые нужны будут в дальнейшем изложении. Это **лигсон** — органическое соединение, выполняющее роль одного из фрагментов (своеобразный строительный блок)

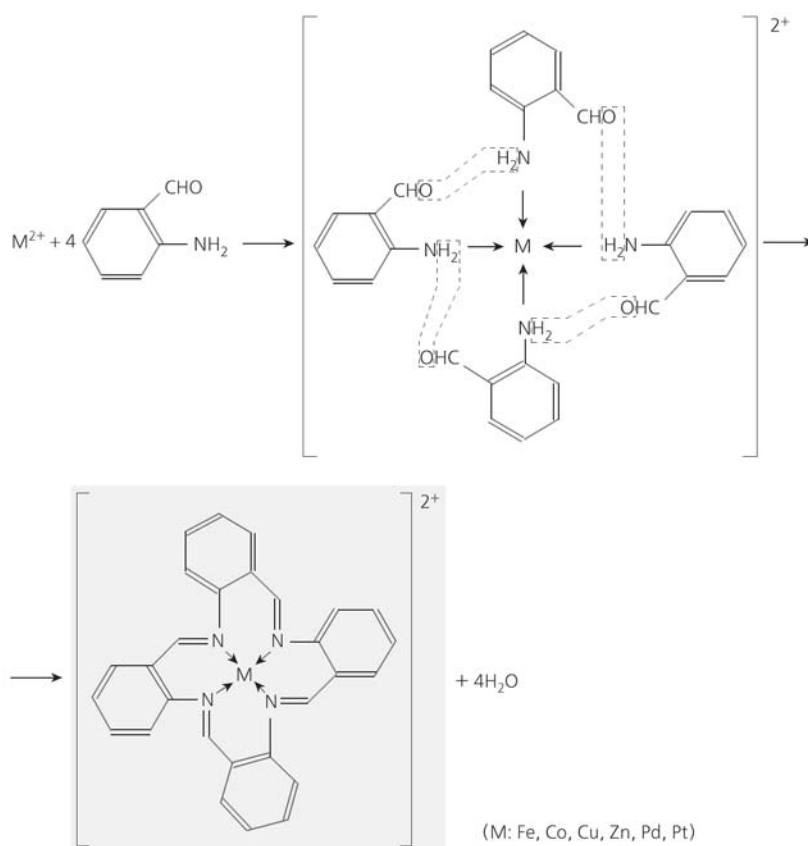


Схема 4. Пример темплатного синтеза, в ходе которого образуется координационное соединение из 3d-металла с циклическим тетрамером 2-аминобензальдегида.

при формировании лиганда; **темплат** — ион металла или другая частица, способная определенным образом ориентировать и подготавливать реакционноспособные лигсоны к последующему их взаимодей-

ствию; **хелант** — лиганд, образующийся при взаимодействии лигсонов. Согласно определению темплатного синтеза, лиганд, входящий в состав образующегося координационного соединения, *не должен возникать*

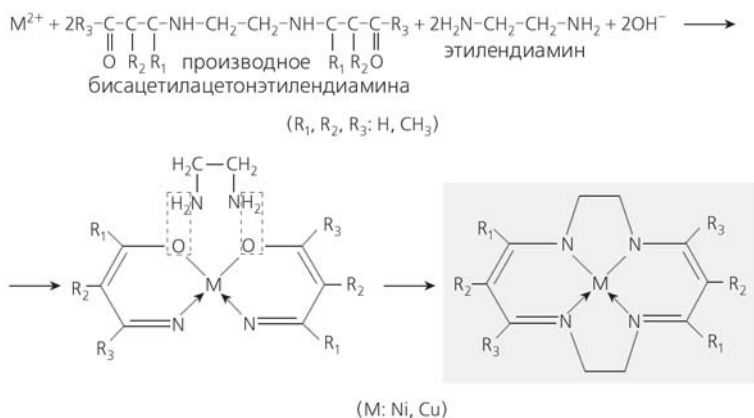


Схема 5. Реакция образования хелатов никеля и кобальта, проведенная Э.Егером.

при непосредственном взаимодействии лигандов. Следовательно, можно постулировать, что в темплатном процессе вообще и наиболее простом его варианте — в тройных системах (ион металла — лиганд А — лиганд В), в частности, каких-либо реакций между данными органическими соединениями не происходит. Вначале один из лигандов, например А, с собственным набором донорных атомов, ориентируется определенным образом вблизи иона металла, после чего в дело вступает лиганд В, выполняющий функцию некоего «сшивающего» агента.

Реакции темплатного синтеза можно разделить на три категории. К первой относятся реакции, в ходе которых все донорные атомы, участвовавшие в ко-

ординировании лиганда А к иону металла, сохраняются в хелате внутренней сферы металлокомплекса. В реакциях второй категории содержится лишь часть таких атомов, а в третьей они полностью заменяются какими-либо другими. Хотя это деление весьма условно, оно, на наш взгляд, полезно для систематизации подобных процессов, независимо от того, протекают они без изменения степени окисления темплата или она не сохраняется. Нетрудно заметить, что темплатные синтезы Куртиса и Буша подпадают под первую категорию, реакция Егера — под вторую. Те и другие варианты, кстати, весьма распространены, тогда как реакции третьей категории более редки: к ним относится, в частности, процесс, протекающий в систе-

ме металл(II)—замещенное ацетилацетона—1,2-фенилендиамин (схема 6).

Обычно темплатный синтез осуществляется с участием двух лигандов, однако в строительстве макроциклических соединений могут быть одновременно задействованы три и больше. Пример такого рода — процесс в четверной системе Ni(II)—1,2-этилендиамин—формальдегид—аммиак (схема 7).

Описанные здесь темплатные реакции, да и практически все известные, так или иначе связаны с дегидратацией. К числу немногих исключений относится оригинальная реакция синтеза фталоцианина меди(II) (схема 8).

Существует не меньше четырех условий, соблюдение которых обязательно для «соискателей» на роль темплатного центра:

- должны соответствовать друг другу радиусы иона металла-комплексообразователя и внутренней полости, которая возникает в ходе сборки хеланта;
- количество донорных атомов внутри полости должно соответствовать координационному числу данного иона металла;
- донорные атомы должны располагаться в полости так, чтобы мог образоваться оптимальный координационный полиэдр этого иона;
- хелат должен обладать конформационной гибкостью, за счет которой при минимальной затрате энергии донорные

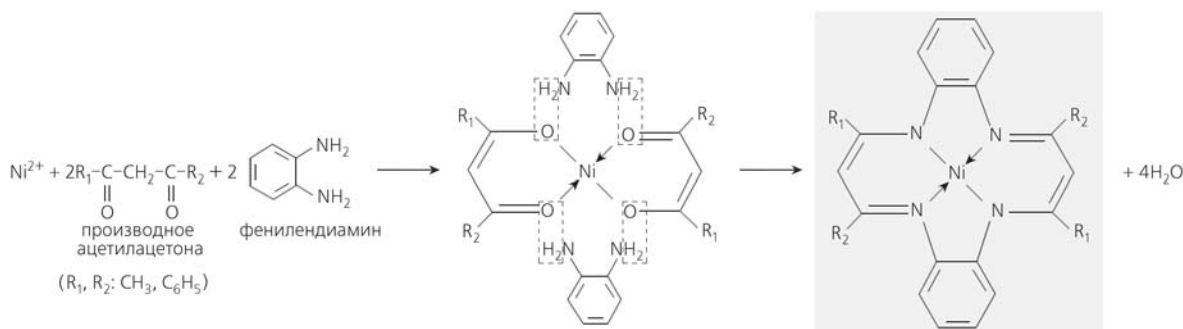


Схема 6. Один из вариантов темплатного синтеза, во время которого донорные атомы кислорода, участвовавшие в координировании к иону металла, в конечном продукте полностью заменены на атомы азота.

атомы ориентировались бы внутри полости так, чтобы выполнялось предыдущее условие.

Это, так сказать, «геометрические» ограничения. Расчеты показывают, что более других на роль темплатов подходят как раз ионы $3d$ -элементов, причем в таком порядке «пригодности»: никель(II), за ним медь(II), потом железо(II). Именно они чаще фигурируют в реакциях темплатного синтеза.

Поскольку в большинстве случаев в полости хеланта находятся четыре донорных атома и, как минимум, два из них — атомы элементов с высокой электроотрицательностью, можно ожидать, что наиболее подходящими ионами металлов для выполнения функций темплатов окажутся так называемые «жесткие» и «умеренно жесткие» кислоты Пирсона*. Для них типичны либо плоская ромбическая, либо тетраэдрическая координация донорных центров лиганда относительно иона металла. В принципе не исключен и вариант октаэдрической координации, при которой «экваториальная плоскость» октаэдра занята донорными центрами хеланта, а «аксиальные» позиции — каких-либо других лигандов. Немаловажное значение имеют, однако, и электронные характеристики центрального иона металла, в частности его эффективный заряд и способность отдавать d -электроны на π -орбиталь лиганда.

Однако прогнозирование результатов темплатного синтеза даже с учетом всех упомянутых факторов и по сей день представляет весьма непростую за-

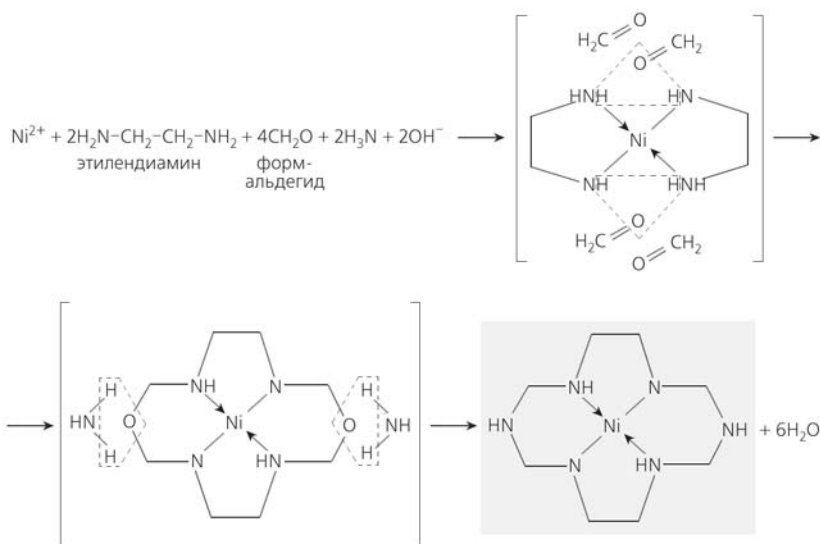


Схема 7. Пример темплатного синтеза с участием трех лигандов.

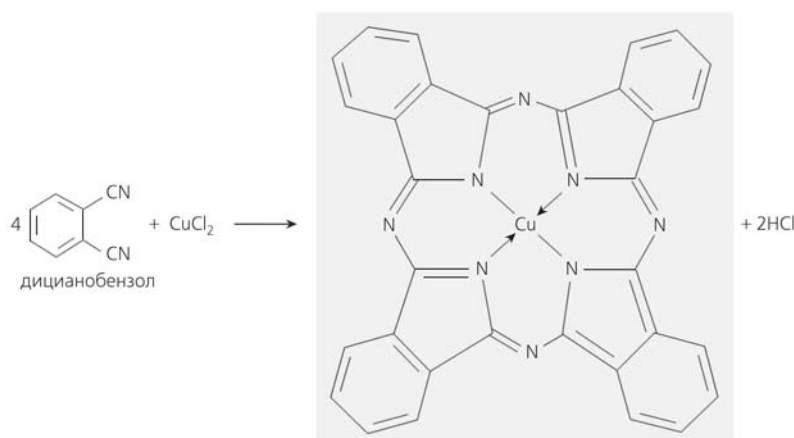


Схема 8. Случай темплатного синтеза в довольно редком варианте — без внутримолекулярной дегидратации.

дачу, особенно если не известны сколько-нибудь близкие аналоги процесса. Подчас даже сходные по геометрическим и электронным параметрам ионы, оказываясь в роли темплатов, «раскручивают» синтез в совершенно разных направлениях. Бывает даже так, что ион металла, выстроив «хоровод» лигандов, вдруг неожиданно покидает его.

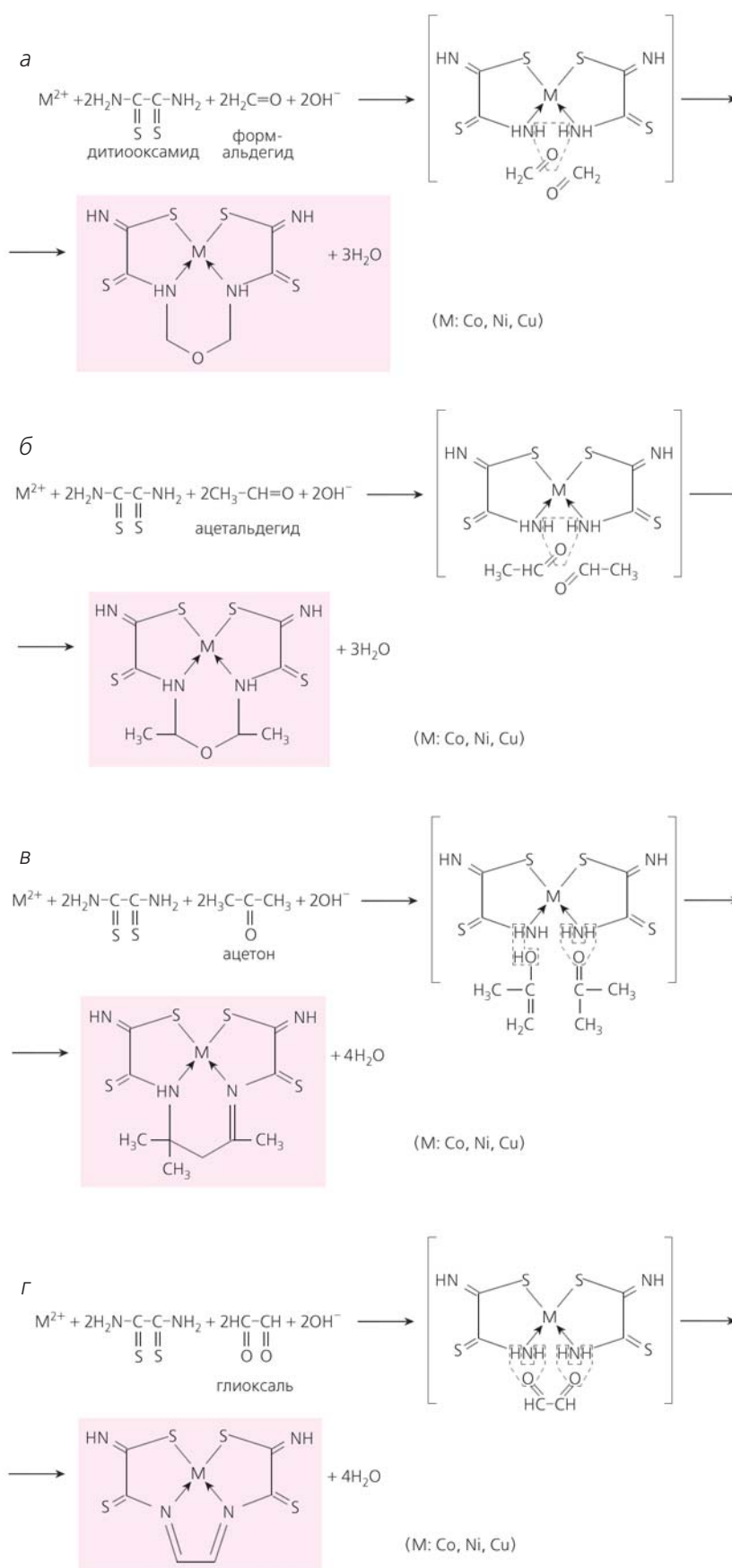
Химики основательно поработали на ниве темплатного синтеза. Уже в 70–80-е годы ис-

следования в данной области координационной химии шли семимильными шагами, а к настоящему времени количество публикаций и разнообразие материала просто не счесть. Все это, однако, касается темплатного синтеза в растворах или твердой фазе, и до наших работ, похоже, никому и в голову не приходила мысль осуществить подобный синтез в каких-то иных условиях. И в самом деле, так ли уж нужно от добра искать добра? Нужно, и вот почему.

* Понятия «жесткие» и «мягкие» кислоты введены Р.Пирсоном для качественной оценки способности ионов металлов образовывать координационные соединения с теми или иными лигандами. К «жестким» кислотам относятся ионы металлов с высоким положительным зарядом, малым размером, слабой поляризуемостью и не имеющие легко возбуждаемых внешних электронов. К «мягким» — ионы металлов с малым положительным зарядом, большим размером, высокой поляризуемостью и имеющие несколько легко возбуждаемых внешних электронов.

При конструировании макроциклических соединений из лигандов в традиционных условиях (в растворе или твердой фазе) скорость синтеза весьма мала. Поэтому, чтобы получить целевой продукт в заметном количестве, хочешь не хочешь приходится повышать температуру да еще и давление в течение длительного времени. Ясно, что предпочтительнее было бы избегать ужесточения условий синтеза. В связи с этим выглядит заманчивой идея осуществить его в системах, содержащих металл, который иммобилизован в полимерной матрице. В таких системах реакционный объем крайне мал, а подвижность комплексообразователя-«лекала» резко ограничена, что способствует необходимому предварительному снижению энтропии и тем самым существенно облегчает реализацию всех стадий сборки макроцикла. Весьма перспективны иммобилизованные системы, в которых принципиально возможен темплатный синтез, — гексацианоферраты(II) *p*-, *d*- и *f*-металлов, закрепленных в желатиновой матрице. Природному желатину присущи изотропность физико-механических свойств, прозрачность, гидрофильность и пластичность, а иммобилизованным веществам — жесткость фиксации, оптимальная кинетическая лабильность и весьма низкая растворимость в воде. В таких системах темплатный синтез мог бы проходить при контакте упомянутых металлокомплексов с водными растворами лигандов.

По химической природе желатин — это биополимер, полидисперсная смесь низкомолекулярных полипептидов (молекулярная масса 50—70 кД) или же их агрегатов (200—300 кД). Длина молекул желатина составляет в среднем 2850 Å, а диаметр — всего 14 Å. Они состоят из трех полипептидных цепей α-типа почти с одинаковой молекулярной массой, которые свиваются в спираль. Существен-



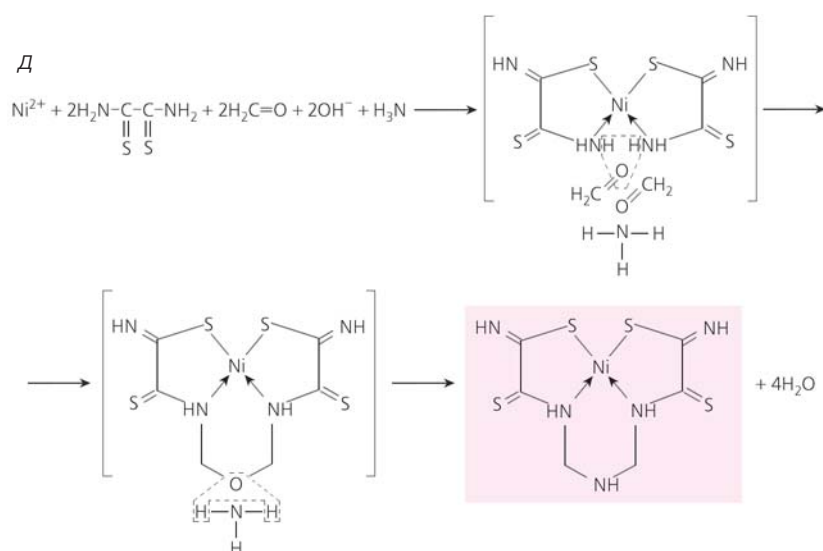


Схема 9. Примеры темплатного синтеза, проведенного в желатиновой матрице с иммобилизованным гексацианоферратом(II) кобальта, никеля или меди. В качестве лигандов использованы разные соединения.

ную роль в ее стабилизации играют водородные связи. В результате образуется совокупность длинноцепных молекул, соединенных между собой ограниченным числом поперечных швов. Такая структура весьма удобна в качестве матрицы для иммобилизации, так как она, с одной стороны, не позволяет образоваться каким-либо жестким кристаллическим блокам, с другой — обладает достаточно большим количеством ячеек для размещения в них молекул иммобилизуемого вещества. Средний размер межмолекулярных пустот в желатине составляет порядка 80—90 Å, так что в каждой такой среднестатистической пустоте может разместиться до нескольких десятков элементарных ячеек того или иного гексацианоферрата(II). Сами же ячейки, уже заполненные молекулами химического соединения, сохраняют определенную свободу перемещения в пространстве. Вот почему матричные системы на основе желатина характеризуются наноструктурной организацией, довольно однородным распределением иммобилизованного вещества и хорошей

стерической доступностью молекул для осуществления различных химических процессов и темплатного синтеза тоже. Кроме того, желатин, будучи амфолитом, в щелочной среде приобретает избыточный заряд. Это чрезвычайно важно, поскольку, как упоминалось, большинство реакций темплатного синтеза связано с дегидратацией и, следовательно, с участием подвижных протонов. Оно в свою очередь обусловлено протонодонорной способностью лигсона (надо ли говорить, что она повышается в среде молекул, несущих отрицательный заряд).

Первой парой лигандов, которые мы использовали для проверки возможности темплатного синтеза в нетрадиционных условиях, были дитиооксамид $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{S})-\text{C}(=\text{S})-\text{NH}_2$ и формальдегид $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$. Дитиооксамид, содержащий подвижные протоны (несмотря на это его никогда не использовали в таком синтезе), не взаимодействует с формальдегидом по крайней мере при $T < 350$ К. Поэтому, если в системе из дитиооксамида, формальдегида и какого-либо иона металла образу-

ется комплексное соединение, в построении молекулы которого принимают участие оба эти вещества, правомерно квалифицировать процесс как темплатный синтез. Однако при комнатной температуре и даже при нагревании ни в растворе, ни в твердой фазе такой синтез не возможен, возникает только комплекс иона металла с одним лишь дитиооксамидом. Но вот если желатиновую матрицу с иммобилизованным гексацианоферратом(II) кобальта, никеля или меди обработать воднощелочным (рН-12) раствором упомянутой пары лигандов (в соотношении 1:2), синтез протекает уже при температуре 20—25°C, и повышенного давления не требуется! В результате образуются металлмакроциклические соединения (схема 9, а).

Аналогичен синтез и в том случае, если в паре с дитиооксамидом вместо формальдегида участвует какой-либо из его ближайших «родственников»: ацетальдегид $\text{H}_3\text{C}-\text{HC}=\text{O}$, ацетон $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ или же простейший диальдегид — глиоксаль (схемы 9, б—г).

Недавно в желатиновой матрице с иммобилизованным гексацианоферратом(II) никеля $\text{Ni}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ нами осуществлен темплатный синтез в четверной системе Ni(II)—дитиооксамид—формальдегид—аммиак (схема 9, д). Перечень систем, в которых нам удалось реализовать темплатный синтез, используя желатиновую матрицу с иммобилизованными в ней гексацианоферратами(II) этих трех металлов, перечисленным далеко не ограничивается. И претендентов на роли лигандов не шесть.

Здесь обрисованы лишь основные контуры темплатного синтеза — одного из актуальнейших научных направлений современной координационной химии. Да и примеры ограничены только реакциями, которые приводят к образованию мономерных и монолигандных комплексов. Подобный синтез с ус-

пехом применяется для получения гетероядерных и гетеролигандных кластерных, палубных, катенановых и прочих супрамолекулярных координационных соединений. В некоторых из них ионы металлов фактически «закапсулированы» в полостях хелантов настолько, что извлечь их оттуда без полного разрушения всего соединения невозможно.

От первых склеенных «химических кувшинов» до современных супрамолекулярных соединений пройден не один шаг, и каждый был весьма продуктивным. Полученные в результате темплатного синтеза макроциклические соединения, содержащие металл, олицетворяют собой своеобразную «пограничную зону» между неорганической и органической химией. Поэтому вполне естественно, что таким «темплатным» комплексам присущ ряд специфических свойств, которые обеспечат им самые разные области практического применения. Некоторые иммобилизованные на поверхности хелаты 4f-элементов, например, обладают уникальными

люминесцентными свойствами и могут быть использованы в качестве биологических меток. За счет «капсулирования» ионов металлов и образования «клеточной» структуры во многих случаях резко повышается термостабильность координационных соединений и существенно увеличивается их способность к летучести без разложения. Благодаря этому они становятся пригодными для получения металлических и металлоксидных пленок. Полиядерные макроциклические хелаты с вакантными полостями оказались весьма перспективными для изготовления так называемых молекулярных переключателей, а гетероядерные комплексы — для запоминающих устройств. То и другое применение обусловлено своеобразным внутримолекулярным переносом ионов из полости в полость, изменением заряда центрального иона металла без разрушения структуры комплекса, в результате чего ион выполняет роль своеобразного медиатора внутримолекулярных редокс-процессов. Из макроциклических хелатов с длинноцепо-

чечными заместителями можно получать жидкокристаллические системы. Некоторые комплексы, прежде всего содержащие Co(II), оказались эффективными переносчиками электронов в фотокаталитическом разложении воды с выделением водорода. Заманчиво использовать такие хелаты как фотосенсибилизаторы в фотохимических процессах трансформации кислорода в пероксид водорода. Недавно предложены радиотерапевтические препараты на основе макроциклических азотбор-содержащих комплексов Tc(III), позволяющие эффективно доставлять радиоактивный технеций в пораженную раковой опухолью зону организма. Координационные соединения ряда 3d-элементов могут быть использованы в качестве носителей фотографических изображений... Как видно из сказанного, перечень возможных точек практического приложения подобных соединений весьма разнообразен. Да и сама эта область химической науки таит в себе еще много неожиданного и интересного. ■

Детальное картографирование, проведенное Министерством природных ресурсов Канады, позволило открыть на севере провинции Квебек выходы древнейших в мире вулканических пород, занимающих площадь 16 км². Их возраст оценивается в 3,825 млрд лет. Интерес к этим породам вызван определенной последовательностью залегания слоев. В сравнении с аналогичными обнажениями, найденными на западе Гренландии, канадские вулканы позволяют реконструировать геологические процессы первого миллиарда лет в истории Земли.

Sciences et Avenir. 2003. №671. P.23 (Франция).

Австралия объявила о создании крупнейшего в мире (почти 62 тыс. км²) океанского резервата, расположенного в тысяче километров севернее Антарктиды; под охрану попадут также о-ва Мак-Доналд (53°01'ю.ш., 72°33'в.д.) и о.Херд (53°06'ю.ш., 73°30'в.д.). Это поможет сохранить таких редких животных, как южный морской слон (*Mirounga leonina*), гигантский буревестник (*Macronectes giganteus*) и др. В резервате будут запрещены промышленное рыболовство, разведка и добыча нефти; проведение научных исследований разрешат только в ограниченных объемах.

Terre Sauvage. 2003. №179. P.22 (Франция).

На севере Китая недавно была встречена группа из 11 гигантских панд. Обнаружение животных столь редкого, исчезающего вида — знаменательное событие: их численность в пределах естественной территории обитания колеблется всего от 1000 до 1500 особей. Панды впервые были взяты на учет после принятия суровых мер в отношении охотников на этих спокойных и тихих зверей. Тюремное заключение сроком на 10 лет за браконьерство и вырубку лесов в зоне обитания панд оказалось действенной мерой для восстановления их численности.

Terre Sauvage. 2003. №184. P.18 (Франция).

Условно нейтральные признаки

В.В.Алёшин, Н.Б.Петров

В нынешней теории эволюции есть одно кажущееся противоречие: непрерывная эволюция приводит к дискретному результату — новым видам. Вряд ли кто-то станет спорить, что это следствие вымирания. По Ч.Дарвину, борьба за существование заставляет возникающие формы уходить от конкуренции, приспосабливаться к различным условиям, и это ведет к дивергенции. Так что виды должны отличаться в первую очередь по адаптивным признакам. Однако тот, кто хоть однажды знакомился с разнообразием видов не по Красной книге, где собраны представители с бросающейся в глаза внешностью, знает, как трудно бывает определить видовую принадлежность найденного экземпляра. Озадачивает, что в определительных ключах почему-то указаны признаки, функциональное назначение которых часто непонятно. Неужели только такой узор на крыльях бабочек или раковин морских моллюсков конусов, форма зазубринок по краю листовой пластинки и длина шипов на пыльцевых зернах — основной результат дивергенции и только они обеспечивают выживание вида в природе? А если бы они были чуть-чуть иными?

© В.В.Алёшин, Н.Б.Петров



Владимир Вениаминович Алёшин, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела эволюционной биохимии Научно-исследовательского института физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — молекулярная эволюция.



Николай Борисович Петров, доктор биологических наук, заведующий лабораторией геносистематики животных того же института. Область научных интересов — зоология и молекулярная филогенетика.

Нередко диагностические признаки имеют двойственную природу: и приспособительную, и как бы случайную. Так, шипики в жевательном желудке короедов нужны для превращения древесины в опилки. Отличия в вооружении желудков у раз-

ных видов тоже понятны. Ведь исходная прочность древесины, к которой специализированы короеды, не одинакова: одному требуется «рашпиль», а другому — мелкозубчатый «напильник». Но почему рельеф желудка неповторим у десятков видов?

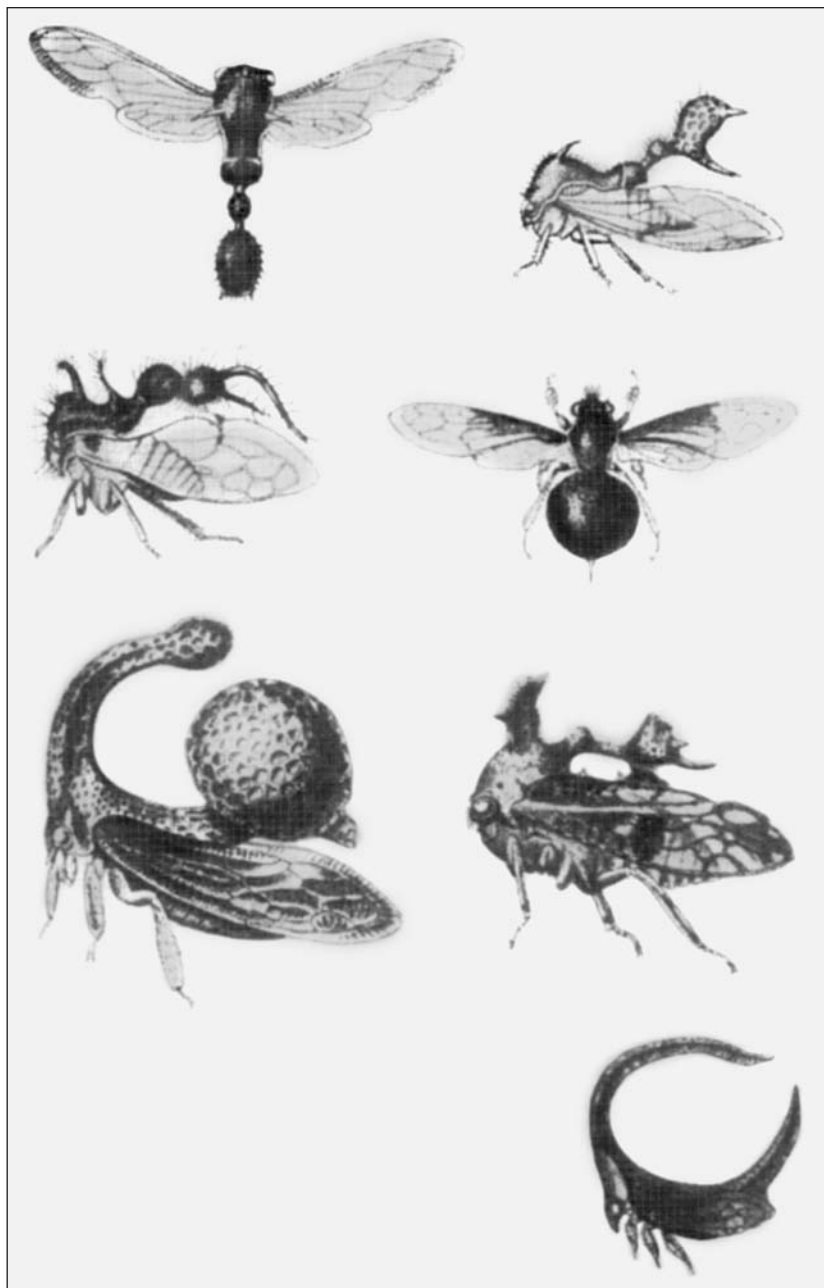


Рис. 1. Формы, возникновение которых, по мнению Л.С.Берга., «трудно объяснить <...> естественным отбором» [1].

А нередко видоспецифические орнаменты покрывают и поверхности, не используемые в качестве абразивных. Ихтиолог Л.С.Берг, адепт законов, направляющих эволюцию, в качестве структур непонятого назначения приводил выросты переднеспинки у небольших насе-

комых горбатов (рис.1) [1]. На самом деле выросты делают горбатов колючими. Так что их полезность сомнения не вызывает. Но почему они именно такой формы и настолько отличаются у разных видов?

Неясность функционального значения многих диагностичес-

ких признаков породила диаметрально противоположные мнения, разбила специалистов на две партии. Одну образовали, условно говоря, ортодоксальные дарвинисты, считающие, что мы просто не понимаем смысла видовых различий, на самом деле важных и безусловно приспособительных. На другом полюсе собрались ревизионисты, утверждающие, что эволюция идет не по Дарвину. Это позиция была очень соблазнительна: открытие эволюции органического мира стало важным и эмоционально насыщенным событием в биологии XIX в., повлиявшим на культурную жизнь людей. Заново открыть эволюцию, конечно, невозможно, но многим хотелось найти или придумать хотя бы свой ее главный фактор.

Итак, что заставило виды отлиться именно в те формы, которые мы наблюдаем: неизбежная закономерность эволюции или случайность? Всякое ли эволюционное изменение приспособительно? На эти старинные вопросы трудно дать достаточно обоснованные ответы, если ограничиваться традиционными аргументами спорящих более века сторон.

Нейтральная эволюция и молекулярные часы

Иногда биологам приходится иметь дело не с целыми организмами, а с их фрагментами (при изучении питания — по содержимому желудков, фауны и флоры недавнего прошлого — по захоронениям в торфе и т.п.). Такие фрагменты или целые организмы (личинки, самки) под микроскопом чаще всего можно определить только до рода, потому что видовые признаки не обнаруживаются, а внешний вид и анатомическое строение большинства органов у близких видов совершенно неотличимы даже для специалиста. Совсем иная картина открылась при изучении макро-

молекул. Хотя обмен веществ у всех живых существ сходен, белки-ферменты, катализирующие в клетке одну и ту же химическую реакцию, у разных видов почти всегда хоть немного, но отличаются по первичной структуре. В сущности наибольшее биоразнообразие открылось с изучением макромолекул. И оказалось, вызвано оно не движущим естественным отбором, а игрой случая.

Среди 20 типов аминокислот, входящих в состав белков, некоторые химически сходны. Легко представить, что замена аминокислоты на похожую мало повлияет на общие свойства белка, состоящего из сотен аминокислотных остатков. Конечно, это не относится к остаткам, находящимся в активном центре фермента: они одинаковы не только у близких видов, но и у всех живых существ. Но даже самые консервативные гены изменчивы в силу вырожденности генетического кода.

Проверить, влияют или не влияют на приспособленность морфологические различия близких видов, почти невозможно, а вопрос о нейтральности молекулярных решается экспериментально. Так, чужеродный ген, введенный в бактерии или дрожжи методами генной инженерии, нередко полностью компенсирует дефект собственного гена, по крайней мере в лабораторных условиях. В экспериментах с многоклеточными также показана возможность полноценной неродственной замены, в том числе и генов, управляющих эмбриональным развитием [2].

Если не движущий отбор, то какая сила вызвала эволюцию переменных участков, состав которых не важен для работы фермента? Предположим, некоторые аллельные состояния гена мало влияют на выживание особи в довольно разнообразных условиях. Это допущение не противоречит бытовым наблюдениям над людьми с разным фенотипом, генно-инже-

нерной практике или ящичным экспериментам с мутантными линиями плодовых мушек. Вопрос в том, может ли нейтральный признак распространиться в популяции, т.е. победить исходный аллель.

Выживание и размножение особи в природе зависит не только от абстрактной величины — адаптивности, но и от случая. Отбор предпочитает более приспособленных, однако случай может дать шанс кому угодно, просто шанс этот меньше. Если приспособленность двух аллелей почти не отличается, то их соотношение в популяции будет колебаться по случайным причинам. Впервые такие колебания частот нейтральных аллелей предсказали в 1931 г. Н.П.Дубинин, Д.Д.Ромашов и С.Райт. Ситуация аналогична игре в орлянку (или на бирже): хотя вероятность проигрыша одинакова при конкретном броске (1/2), тем не менее, если два человека с ограниченной суммой долго играют между собой, один непременно проиграет. Рано или поздно (тем скорее, чем меньше денег) ему не повезет, а отыграться он не сможет, потому что нечего будет поставить на кон. В популяционной генетике этому соответствует полная утрата одного аллельного варианта [3]. Одинаковая приспособленность проявляется в том, что невозможно предсказать, какой аллель (или какой игрок на бирже) победит. Время от времени это будет какой-либо вновь возникший мутант. Игра случая при достаточно продолжительной независимой эволюции приведет к накоплению отличий в функционально несущественных областях генов. Поскольку они нейтральны, любые из них одинаково вероятны и у каждого вида будут независимыми, а различия составят сумму мутаций, зафиксированных в эволюции после их дивергенции от общего предка.

Не так легко представить фактор, который бы сдерживал

или, наоборот, стимулировал распространение в популяции нейтральных мутаций. Согласно простейшей гипотезе Э.Цукеркандля и Л.Полинга, нейтральные мутации возникают и закрепляются с относительно постоянной скоростью (вероятностью). Чем дольше независимая эволюция видов, тем больше мутаций успеет закрепиться. Их накопление оказывается своего рода молекулярными часами, по которым можно оценить время независимой эволюции видов и построить филогенетическое дерево*.

В неорганическом мире разрушение любого сложного предмета или системы можно предотвратить, только затрачивая энергию на их поддержание (консервацию или ремонт). Без ремонта тепловое движение молекул, геологическое выветривание, космические лучи и другие энтропийные факторы порождают и постепенно увеличивают хаос в сложной системе. Биологические виды удерживают сложную морфологию, принося в жертву энергию, заключенную в телах погибших и не оставивших потомства мутантов. Где алтарь стабилизирующего отбора угасает, там энтропийные факторы (мутационный процесс) в скором времени разрушат сложную форму. Так происходит редукция органов, ставших бесполезными (глаза пещерных рыб и т.п.). Наличие в макромолекулах неизменных для всех царств функциональных участков наряду с вариациями, отличающими близкие виды, определяется совместным действием энтропийных (мутационного) и антиэнтропийных (отбор) факторов.

В целом эволюция макромолекул с ее очевидным нейтральным компонентом, молекуляр-

* Здесь не важно, насколько точны молекулярные часы [4]. По крайней мере по сравнению с радиоуглеродными часами они менее точные хотя бы потому, что статистические закономерности, лежащие в их основе, проявляются не на миллиардах атомов, а всего на тысячах нуклеотидных остатков, если учитывать какой-нибудь один ген.

ными часами и малоприметностью движущего отбора кажется более понятной, но совсем непохожей на эволюцию макроскопических признаков, по которой выведены закономерности эволюции, записанные в учебниках.

Прерываемое равновесие

Вторая, после теории нейтральной эволюции, идея, взбудоражившая научное сообщество и вызвавшая шквал откликов, хвалебных и ругательных, пришла из палеонтологии. Н.Элдридж и С.Гулд, изучая окаменевшие остатки моллюсков, захороненных на месте пресноводного озера в Восточной Африке, описали характерную для палеонтологии ситуацию: в достаточно больших по толщине слоях осадков они обнаруживали раковины неизменной формы. Вдруг, начиная с какого-то горизонта, прежняя форма навсегда исчезала, а вместо нее возникала похожая, но все-таки отличающаяся (как бы новый вид моллюска из того же рода). И это наблюдалось много раз по всей толще разреза. Поскольку переходных форм палеонтологи не находили, они предположили, что виды сами по себе очень стабильны, но иногда стабильность почему-то прерывается, и скачком, без постепенных изменений, возникает новый вид. Такой способ эволюции Элдридж и Гулд назвали прерываемым равновесием. Сторонники этой идеи образовали лагерь пунктуалистов (от англ. punctuate — прерывать), объявили ее новым словом науки, а своих противников, градуалистов, — ретроградами. Градуалисты в свою очередь не оставались в долгу. Действительно, вряд ли скорость осадконакопления в разрезах была неизменной и отсутствовала эрозия, уничтожавшая время от времени осадки, содержавшие переходные формы. Невероятно,

чтобы на протяжении всех геологических эпох ископаемый водоем был замкнут и в него не могли вселяться иммигранты из соседних водоемов, где они возникли и где оставили ископаемые переходные формы. Но главный аргумент градуалистов заключался в ясности идеи отбора как естественного, постепенно действующего фактора эволюции против туманных причин стазиса и его прерывания в трактовке пунктуалистов.

Дискуссия вокруг идеи прерываемого равновесия показала необходимость переоценки давно известных фактов неравномерности морфологической эволюции. А то, что мы знали об эволюции ДНК, в основном ограничивалось градуальной теорией нейтральной эволюции и эмпирическим обобщением молекулярных часов, идущих с постоянной скоростью. В этих теориях не было места ни стабильности, ни ее неожиданному прерыванию.

Прерываемое равновесие в эволюции макромолекул

У всех организмов, от бактерии до человека, рибосомная РНК выполняет одинаковую функцию — участвует в синтезе белка. Одни ее участки почти неизменны, другие изменчивы по составу, но образуют консервативные элементы вторичной структуры, например короткие внутримолекулярные двойные спирали, соединенные уотсон-криковскими парами. Если нуклеотид в одной ветви меняется, то для сохранения спирали меняется и противолежащий — комплементарный ему [5]. Конечно, компенсация возникает не из-за целесообразности мутаций. Просто нейтральными (а только они могут сохраниться) оказываются двойные мутации.

Один из элементов рРНК, изменчивый по составу, но кон-

сервативный по вторичной структуре, — спираль с порядковым номером 17, она представлена в живой природе двумя основными формами. Одна, длиной 13 нуклеотидных пар, почти универсальна (обычна у водорослей, высших растений, низших животных: губок и кишечнополостных). Вторая выявлена у двусторонне-симметричных животных (Bilateria) и отличается вставкой неспаренного, «лишнего», нуклеотида, который располагается в одном и том же месте в моделях этой спирали (рис.2). Спираль из 13^{1/2} пар почти столь же эволюционно стабильна, как из 13 пар, и распространена у позвоночных, членистоногих, моллюсков, иглокожих, плоских, кольчатых червей и других животных. Прежнее равновесие оказалось прервано и установилось новое.

Очевидно, дополнительный нуклеотид внедрился в ген рРНК общего предка Bilateria и унаследовался современными типами. Поскольку его нет в рРНК губок, гребневиков, кишечнополостных, то общий предок Bilateria возник уже после отделения от «радиальных» животных. Филогенетика, конечно, не указывает прямо, каким образом он произошел и как был устроен (была ли у него паренхима, как у плоских червей и личинок кишечнополостных, или все его ткани были эпителизованы, как у высших многоклеточных и взрослых кишечнополостных). Это выходит за область ее применения. Но сходная генетическая основа для развития осевых структур в онтогенезе насекомых, позвоночных и плоских червей говорит о том, что ближайший общий предок Bilateria был двусторонне-симметричным, а не радиальным [6].

Наличие альтернативных состояний в структуре спирали 17, каждое из которых стабильно, напоминает состояние стазиса и его нарушения в моделях

пунктуалистов. Примерно так же меняется конфигурация и других спиралей в рРНК: например, укорочение спирали 42 (оно помогло расшифровать родственные отношения низших многоклеточных), локальные нарушения комплементарности в спирали 49 и др. [7].

Закон Долло для макромолекул

Характерная особенность спирали 17 Bilateria, неспаренный нуклеотид, отсутствует в рРНК погонофор и вестиментифер — глубоководных свободноживущих червей, у которых нет пищеварительной системы. Вестиментиферы прославились симбиозом с хемотрофными бактериями, извлекающими химическую энергию из горячих высачиваний «черных ку-

рильщиков», обеспечивая в глубинах океана синтез органических веществ для себя и всего сообщества [8]. Погонофоры таким же образом используют холодные высачивания природного газа метана. У этих червей для «лишнего» нуклеотида нашелся парный, и их спираль состоит из 14 пар. Погонофоры и вестиментиферы — близкие родственники, и своеобразное устройство спирали 17 в рРНК еще одно подтверждение их монофилии (рис.2).

Другие животные без кишечника, паразитические колючеголовые черви или скребни (*Acanthocephala*), потеряли типичный «лишний» нуклеотид, но приобрели вместо него свой, специфический. Он у них пиримидин, а не пурин и находится в 5'-, а не в 3'-ветви спирали 17. Круглые черви на первый взгляд «вернулись» к предковому со-

стоянию спирали: у них нет неспаренного нуклеотида и общая длина спирали 13 пар. Но если у растений, грибов, протистов и «радиальных» животных в четвертой паре от вершины в 3'-ветви почти всегда находится пиримидин (обычно остаток тимидина), то у нематод — пурин (гуанин, реже аденин), как положено «лишнему» нуклеотиду Bilateria, номер которого — четвертый. Похоже, круглые черви избавились не от «лишнего», а от следующего за ним нуклеотида.

Спираль 17 своеобразно устроена и у бескишечных ресничных червей отряда Acoela, пресноводных брюхоresничных червей, мизостомид, тихоходок и некоторых других животных [9]. Среди микроспоридий имеется даже несколько ее вариантов. Складывается впечатление, что эта структура следует изве-

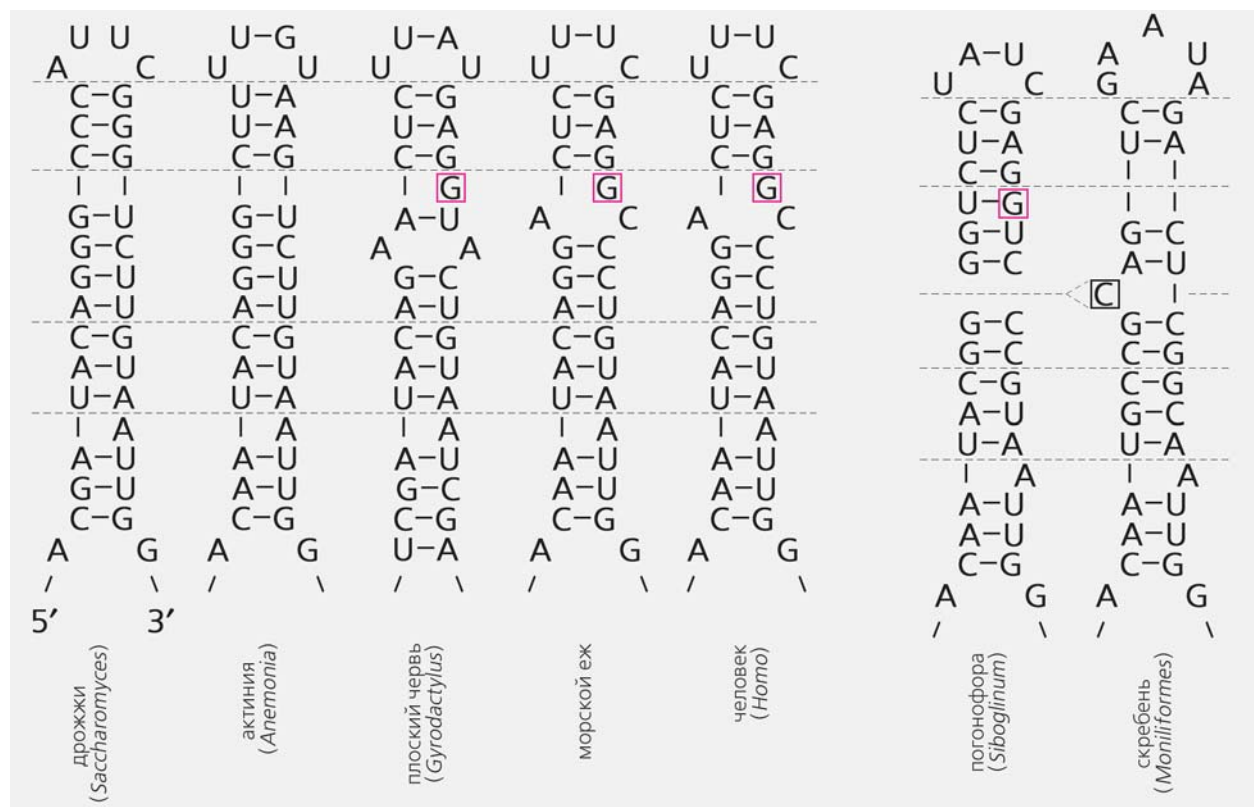


Рис.2. Модификации спирали 17 рРНК у двусторонне-симметричных животных. Структура этой спирали у кишечнорастворных сохраняет предковое состояние, подобное таковому у грибов (две модели слева). Пунктирные линии отделяют гомологичные участки для удобства сопоставления. Цветом выделен индикаторный признак (специфический нуклеотид) спирали, показывающий монофилию двусторонне-симметричных животных.

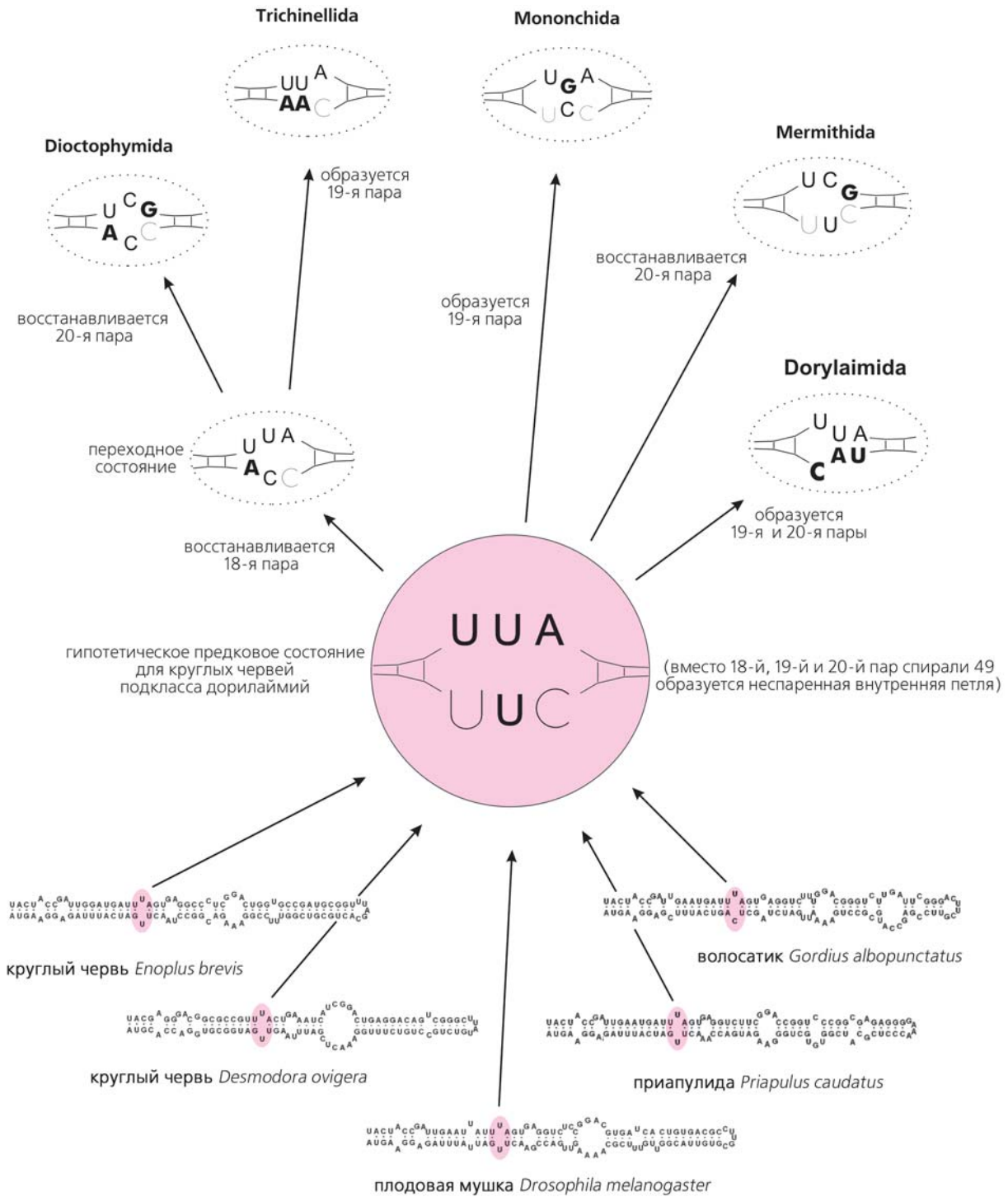


Рис.3. Эволюция внутренней петли спирали 49 малой рРНК у круглых червей подкласса дорилаимий. Цветом показано, что на месте 19-й пары находятся два противоположащих нуклеотида — пиримидина, ограниченных уотсон-криковскими, 18-й и 19-й парами. (Rusin L.Y. et al. // Nematology. 2003.)

стной шутке: менять конфигурацию нельзя, но если очень хочется, то можно. В результате она принимает какую угодно форму, но постоянную в рамках монофилетической группы (типа, отряда, группы видов). Вероятно, с увеличением числа изученных видов найдутся сходные модификации у неродственных видов. Например, как и у погонофор и вестиментифер, устроена она у бокоплавов — единственного отряда ракообразных, где произошла такая же конвергентная достройка пары к «лишнему» нуклеотиду.

Подобная специфичность обнаруживается и в спирали 49 рРНК. Так, у многих видов в определенном участке вместо комплементарной уотсон-криковской пары закономерно находятся два неспаренных пиримидина. Но у пяти отрядов круглых червей *Dorylaimia* они или смещены с 19-й пары на 18-ю или 20-ю, или окружены необычными нуклеотидами, притом современные последовательности нельзя легко вывести одну из другой (рис.3). Значит, уже у их общего предка нарушилась комплементарность соседних пар, а затем произошла полная или частичная компенсация (в разных отрядах независимо, за счет либо обратных, либо компенсаторных мутаций). Стабилизировать одну или две пары из трех можно 18 способами, и не удивительно, что в пяти отрядах *Dorylaimia* все они разные.

Сложность макромолекул (РНК и белков) не меньше, чем морфологических структур и органов. Множество конструктивных способов решения задач, диктуемых отбором (например, стабилизировать одну из спиралей рРНК), объясняет многообразие их реализации (при условии случайности мутаций). Так, если какое-то предыдущее изменение потеряло адаптивность, то возврат в исходное состояние только одна из многих возможностей, и весьма вероятно, что вместо

возврата появится что-то новое. Этот принцип необратимости эволюции, названный по имени бельгийского ученого, сформулировавшего его, законом Доло, на уровне макромолекул получает ясное и наглядное объяснение как результат стабилизирующего отбора на фоне случайных мутаций.

Приспособление или компенсация?

В основу современной парадигмы молекулярной эволюции легли две тесно связанные гипотезы: концепции значительного нейтрального компонента в эволюции макромолекул и молекулярных часов. Постоянство мутационного процесса и случайный характер размножения обладателей различных аллельных вариантов обеспечивают весьма быстрые, безотносительные к движущему отбору, изменения в митохондриальных геномах, межгенных участках, интронах, вариабельных областях рибосомных генов, отличающие даже близкие виды. Напротив, в спиралах 17 и 49 малой рРНК обычно фиксируются только те мутации, которые не затрагивают вторичную структуру, пока не возникнет временная их нестабильность, результат которой — измененное состояние — далее вновь стабильно наследуется. По сути спирали 17 и 49 эволюционируют в режиме прерываемого равновесия.

При наличии в белках и рРНК активного центра и «неважных» участков, переменная эволюционная консервативность несколько неожиданна. Тем не менее такие участки небесполезны: они должны сблизить функционально активные остатки на строго определенное расстояние, ориентировать их под нужными углами друг к другу, облегчить доступ в активный центр субстратов и удалить продукты, заякорить макромолекулу в нужном отделе клетки, свя-

зать сигнальные молекулы и, конечно, при этом не затрагивать ничего постороннего. Многие эволюционно устойчивые состояния рРНК отличаются вставками или делециями отдельных нуклеотидов, т.е. мутациями, локально изменяющими вторичную структуру. Можно предположить (по аналогии с комплементарными парами в спиралах), что они, дабы не повлиять существенно на структуру рибосомы и не снизить приспособленность, должны сопровождаться одновременной компенсацией во взаимодействующей молекуле (РНК или полипептиде).

100 лет назад английский философ и эволюционист Г.Спенсер понял, что одновременные согласованные мутации очень редки, если они независимы. Тогда еще не знали об эмбриональной индукции, благодаря которой в онтогенезе целые комплексы структур меняются согласованно в зависимости от единственной мутации, влияющей на развитие индуктора. Спенсер полагал, что для наблюдаемой скорости эволюции необходима определенная (а не дарвиновская неопределенная) изменчивость. Молекулы, в отличие от органов, изменяются независимо, так что длительные периоды стазиса в их эволюции (до случайного изобретения новой гармонии) неудивительны.

Отсутствие способов компенсации делало бы любые функциональные участки генов исключительно консервативными, а мутационный груз очень тяжелым. Один из таких способов показывает спираль 49: она достаточно длинная, и одна-две мутации, нарушающие комплементарную пару, приведут только к локальному изменению и скорее всего будут нейтральными или слабо вредными. Но любое следующее нарушение, затрагивающее еще одну пару, вызовет «фазовый переход» — расплетение спирали в целом и гибель му-

танта. Теперь фиксироваться смогут только компенсаторные мутации. Значит, используя предшествующий запас прочности, можно изменить одну комплементарную пару в спирали за две мутации, предварительно исчерпав запас прочности: доведя спираль почти до полного развала и пожертвовав всеми последующими мутантами без компенсации. Несовершенная короткая спираль вряд ли долговечна. Она должна быстро стабилизироваться в результате обратной или компенсаторной мутации и предстать либо в виде неизмененного исходного состояния, либо в виде двойной мутации.

Но спираль 49 вовлечена и в межмолекулярные взаимодействия. Ее 3'-ветвь комплементарна не только 5'-ветви, но и так называемой транспортно-матричной РНК [10]. Благодаря этому спираль может расплестись и связать тмРНК, что необходимо в некоторых «аварийных» ситуациях*. Следовательно, чтобы мутации в этой области были нейтральными, они должны компенсироваться не только в комплементарной ветви спирали, но и в тмРНК. Пока тмРНК найдена только в клетках бактерий, но неравномерный характер эволюции спирали 49 эвкариот заставляет думать, что и у них нуклеотиды этой спирали участвуют в межмолекулярных взаимодействиях.

* Впервые с действием тмРНК столкнулись генные инженеры, когда с удивлением обнаружили, что различные неправильно сконструированные гены (без стоп-кодона) приводят к синтезу в бактериальной клетке белков с одинаковыми С-концевыми аминокислотами, не закодированных к тому же в искусственных генах. Если мРНК по какой-то причине лишена стоп-кодона (а мРНК без стоп-кодона постоянно возникает в клетке, поскольку эта молекула не вечна и постепенно разрушается), то бактериальная рибосома не прерывает сразу трансляцию, а дожидается, когда с ней свяжется тмРНК, на которую трансляция и переключится. В тмРНК есть стоп-кодон, а перед ним несколько триплетов, кодирующих аминокислотные остатки — мишени внутриклеточных протеаз. Поэтому дефектный белок, синтезированный с неполной матрицы, будет в клетке очень быстро распознан и расщеплен.

Таким образом, мутации, требующие компенсации, возникают редко (относительно времени существования филогенетических линий), не подвержены реверсиям (по закону Долло), и поэтому те из них, которые возникли в стволовой группе, маркируют ветви филогенетического дерева [7]. Их нельзя рассматривать как адаптивные: нет оснований думать, что это приспособления к каким-то новым особым функциям. В то же время скорость их фиксации не такая, как у нейтральных мутаций: их возникновение невозможно предсказать, исходя из времени существования филогенетической линии по результатам калибровки молекулярных часов.

Такие мутации, названные нами условно нейтральными, очень важны для филогенетики [11]. Действительно, как распознать древнюю линию, отдельные ветви которой существуют, например, с кембрия? Их общие признаки не должны разрушиться нейтральными мутациями. Значит, они адаптивны? Но в чем состоит адаптивное значение различий в макромолекулах, выполняющих неизменные клеточные функции? И если они адаптивны, возникает новый вопрос о вероятности конвергенции. Может, признаки типов и классов эволюционируют по другим законам, нежели нейтральные признаки низших таксономических уровней, и молекулярная биология наконец-то нашла пресловутую границу между микро- и макроэволюцией? Представление об условной нейтральности этих признаков снимает остроту всех перечисленных вопросов, а заодно служит наглядной моделью прерываемого равновесия, более понятной, чем в случае морфологической эволюции.

Совместное действие на генетический аппарат стохастического мутационного процесса и стабилизирующего отбора вносит в эволюцию функцио-

нально значимых признаков компонент неравномерности, своеобразной квантованности и непредсказуемости их изменений во времени, тогда как нейтральные признаки меняются постепенно, пропорционально времени независимой эволюции, но направление их изменения принципиально непредсказуемо (в этом и проявляется их нейтральность). Таким образом, биологическая эволюция включает как содержательную, так и временную неопределенность, и вряд ли надо требовать от теории эволюции такой прогностичности, как от ньютоновской механики.

Наследственные болезни и условно нейтральные мутации

Наследственная болезнь — это в простейшем случае такая мутация, которая приводит к замене одной из аминокислот в кодируемом белке, изменяет или дестабилизирует его пространственную структуру. В результате белок перестает выполнять свою функцию или выполняет ее хуже. Например, патологически измененный гемоглобин хуже или, наоборот, чересчур прочно связывает кислород или плохо сохраняется в эритроцитах — одним словом, это нарушает его транспортную функцию и приводит к анемии. Вредные мутации не могут фиксироваться в популяциях по законам нейтральной эволюции, и можно было ожидать, что те аминокислотные замены, которые патогенны для человека, не будут обнаружены у других видов. Однако А.С.Кондрашов с соавторами [12] обнаружил, что такие мутации встречаются как видовые признаки, хотя и намного реже, чем мутации, не попавшие в список патогенных для человека, причем примерно с одинаковой частотой у приматов, рыб или земноводных, т.е. независимо от родства с человеком. Может быть, они

потому фиксируются редко, что портят белки других организмов, как и белки человека? Но тогда как они вообще фиксируются? Почему макаки и ксенопусы с патогенной для человека мутацией не болеют?

Вредная мутация может стать нейтральной, если одновременно в структуре макромолекулы (этой же или другой, но взаимодействующей с ней в клетке) происходит изменение, компенсирующее дефект. Одна такая пара замен обнаружена в глобине [12], причем мутантные аминокислоты разнесены в последовательности, но в нативной молекуле пространственно сближены. Вероятность двух одновременных мутаций крайне низка, поэтому частота появления жизнеспособных двойных мутантов очень мала и зависит только от одновременного возникновения двух таких мутаций. Нейтральные изменения между соответствующими генами человека и ксенопуса или рыбы мало повышают возможность фиксации условно вредной мутации, поскольку «компенсирующая» мутация сама по себе вряд ли нейтральна и скорее всего тоже может существовать только в паре с уже известной вредной мутацией.

Унификация повторяющихся последовательностей

Для полноты картины рассмотрим еще один пример, когда диалектика случайных мутаций и случайного размножения приводит к единообразию внутри вида при межвидовых отличиях по нейтральным признакам. Возьмем гены рибосомной РНК. В эвкарриотическом геноме их обычно 200–300, сгруппированных в несколько больших тандемных кластеров по способу «голова к хвосту». Много копий необходимо, чтобы обеспечить нужный уровень транскрипции, ведь рРНК — одна из самых массовых макро-

молекул в клетке. По канонам классической генетики, ее гены, расположенные в различных локусах, должны накапливать мутации и эволюционировать независимо. В результате в одном геноме должны бы присутствовать потомки первой дупликации генов рРНК (произошедшей у самого первого эвкарриота), которые должны отличаться между собой не меньше, чем отдельные гены рРНК амебы и человека! Однако члены семейства генов рРНК похожи друг на друга, как близнецы. Это очень кстати, иначе возникли бы исключительные трудности при сборке рибосом, в состав которых, кроме четырех различных рРНК, входит несколько десятков белков, и все должны быть подогнаны друг к другу!

Оказалось, нуклеотидные последовательности в тандемных блоках эволюционируют согласованно [13, 14]. Конечно, ничто не может помешать возникновению мутации в любом локусе. Вопрос в ее дальнейшей судьбе. Либо мутантный аллель, либо его сосед вскоре дублируется (в блоках это происходит часто из-за неравного кроссинговера при мейозе, а также по механизму генной конверсии и транспозиции с перемещением на другие хромосомы, только с меньшей частотой). Но неограниченное размножение одного гена в геноме невозможно: кроме дупликаций бывают делеции, и если они не снижают число рибосомных генов ниже нормы, то их обладатели сохраняются в популяции. В результате в геноме число рибосомных генов то немного возрастает, то убывает, и при этом меняется соотношение исходного и мутантных вариантов гена рРНК. Когда-то частота одного из них станет равна единице. Если новый вариант рибосомы не хуже исходного, то на втором этапе, как учит теория нейтральной эволюции, он может зафиксироваться не только в геноме, но и в популяции [3].

Таким образом, мутационному процессу противостоят унифицирующие факторы: неравный кроссинговер при образовании гамет (сам по себе мутационный фактор), гибридизация и случайное размножение особей в популяции. Конечно, унификация — не закон природы, а только результат соотношения различных факторов (частоты мутаций и неравного кроссинговера, селективности мутантных вариантов, числа элементов в тандемном блоке, тандемов в хромосоме, хромосом с генами рРНК, частоты переноса аллелей с одной хромосомы на другую, эффективной численности популяции). Если бы значения всех этих параметров были известны, их можно было подставить в формулу и предсказать, какой процесс будет в данном случае преобладать: расхождение копий в геноме или их унификация. За очень редкими исключениями индивидуальные аллели рРНК почти не отличаются в пределах одного генома (и одного скрещивающегося сообщества, т.е. биологического вида). Вместе с генами рРНК унифицируются и соседние фрагменты ДНК, которые вырезаются и не попадают в рибосому. Их функция ничтожна (не мешать созреванию рРНК), тем не менее они так же стабильны внутри вида, как и гены рРНК [13]. Это результат унификации. Но, естественно, самые разнообразные мутации таких участков не вредят их функции. Благодаря мутационному процессу и нейтральной эволюции они довольно сильно отличаются даже у близких видов.

Таким образом, половой процесс и гибридизация — главный фактор унификации, а во все не источник разнообразия, за который его принимают по недоразумению, проверив селекционерам на слово. Описанный «молекулярный привод» обеспечивает единство скрещивающегося сообщества по множеству тандемно сгруппированных по-

вторяющихся последовательно-стей и его скачкообразное отличие от других биологических видов. Оно выявляется с помощью различных методик [15] и позволяет установить биоло-

гические виды только по коллекционным экземплярам, без наблюдений за скрещиванием в природе. Этот относительно понятный, постепенно действующий механизм градуаль-

ной эволюции создает прерывистость нейтральных генетических маркеров, в точности напоминающую прерывистость морфологических диагностических признаков. ■

Литература

1. Берг Л.С. Номогенез, или эволюция на основе закономерностей / Тр. по теории эволюции. 1922—1930. Л., 1977. С.95—311.
2. Ronsbaugen M. et al. // Nature. 2002. V.415. №6874. P.914—917.
3. Кимура М. Молекулярная эволюция: теория нейтральности. М., 1985.
4. Антонов А.С. Эволюция генов растений: вызов теории «молекулярных часов» // Природа. 1986. №7. С.68—77.
5. Woese C.R. et al. // Microbiol. Rev. 1983. V.47. №4. P.621—669.
6. Воронов Д.А. Старая гипотеза «перевернутости» хордовых подтверждается // Природа. 2000. №11. С.18—22.
7. Алёшин В.В., Петров Н.Б. Регресс в эволюции многоклеточных животных // Природа. 2001. №7. С.62—70.
8. Малахов В.В. Вестиментиферы — автотрофные животные // Сорос. образоват. журн. 1997. №9. С.18—25.
9. Алёшин В.В. и др. // Молекуляр. биология. 1999. Т.33. №2. С.319—329.
10. Muto A. et al. // Trends Biochem. Sci. 1998. V.23. №1. P.25—29.
11. Петров Н.Б., Алёшин В.В. // Генетика. 2002. Т.38. №8. С.1043—1062.
12. Kondrashev A.S. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2002. V.99. №23. P.14878—14883.
13. Доувер Г. и др. Динамика эволюции геномов и дифференциация видов // Эволюция генома. М., 1986. С.329—356.
14. Ратнер В.А. и др. Проблемы теории молекулярной эволюции. Новосибирск, 1985.
15. Медников Б.М., Шубина Е.А., Мельникова М.Н. Молекулярные механизмы генетической изоляции // Природа. 2001. №5. С.40—47.

Китайские геофизики и палеонтологи впервые в мире обнаружили погребенные кости динозавров, используя геофизические методы: местонахождение Дашаньпу (г.Цзыгун, провинция Сычуань) было открыто с помощью электроразведки и радара. Первоначальная площадь в 5 км², выделенная этими исследованиями, была сужена до 1 км² и изучена послойно. Окаменелые кости содержатся в 19 слоях.

China Science and Technology Newsletter. 2003. №336. P.3 (КНР).

Крупный клад кельтских монет нашли археологи вблизи Маркит-Харбора (Великобритания). В кладе оказалось три тысячи золотых и серебряных монет, датированных 450—50 гг. до н.э. По мнению руко-

водителя раскопок В.Приста (V.Priest), монеты были дарами одного из кельтских племен языческим богам. Среди монет обнаружена римская каска с позолотой и серебрением, изображениями льва и гириандой. Никогда ранее такой доспех не находили на британской территории.

Sciences et Avenir. 2003. №675. P.40 (Франция).

Начались работы по реконструкции скелета *Liopleurodon ferox* — крупнейшего морского хищника за всю историю Земли. Его ископаемые остатки, найденные в Мексике, 20 лет хранились в Музее естественной истории г.Карлсруэ (Германия). Животное, которое палеонтологи называют владыкой морей или чудовищем Эрим-

берри, обитало на Земле 150 млн лет назад, достигало почти 18 м в длину и имело массу около 50 т. После реконструкции скелет вернут на его родину — в Мексику.

Terre Sauvage. 2003. №181. P.12 (Франция).

С.Лури (S.Lourie; Университет Мак-Гилл в Монреале, Канада) описала новый вид морского конька — *Hippocampus denise* — обитателя кораллов прибрежных вод Индонезии. Он оказался самым миниатюрным (13—16 мм в длину) среди своих сородичей. Ранее таковым считался *H.bargibandi*, обнаруженный у берегов Новой Каледонии в 1970 г.

Sciences et Avenir. 2003. №676. P.26 (Франция).

Материалы ионики твердого тела

А.К.Иванов-Шиц, Л.Н.Демьянец
Институт кристаллографии РАН, Москва

Первые упоминания о высокой проводимости ионных кристаллов относятся, по-видимому, к началу XIX в.: в 1833 г. М.Фарадей отметил аномально большую электропроводность сульфида серебра, сравнимую с таковой для металлов. Аналогичный эффект в оксидных материалах был обнаружен В.Нернстом, который использовал керамику на основе оксида циркония, легированного иттрием, в качестве материала для ламп накаливания. Только в начале XX в. ученые доказали, что высокая проводимость таких веществ обусловлена движением не электронов, а разнозаряженных ионов, как это наблюдается в жидких электролитах. Подобные соединения получили название твердых электролитов или суперионных проводников.



Алексей Кириллович Иванов-Шиц, доктор химических наук, заведующий сектором твердых электролитов Института кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН. Вице-президент российского научного общества «Ионика твердого тела». Занимается синтезом суперионных материалов, исследованием их физических свойств.



Людмила Николаевна Демьянец, доктор химических наук, заведующая отделом кристаллизации из растворов в том же институте. Область научных интересов — рост и кристаллохимия неорганических соединений.

Непоседливые ионы

При нормальных условиях перенос заряда ионами в обычных твердых телах — как кристаллических, так и аморфных — не очень значителен и при комнатной температуре удельная проводимость не превышает 10^{-10} – 10^{-12} Ом⁻¹·см⁻¹. Электропроводность же суперионных

проводников составляет величину порядка 10^{-1} Ом⁻¹·см⁻¹ (при комнатной температуре!). Это значение близко к проводимости расплавов и концентрированных растворов жидких электролитов. Таким образом, речь идет о материалах, сочетающих свойства жидкостей (проводимость, характерную для жидкого расплава или раствора, ион-

ную термоэдс) и твердых тел (механическую жесткость кристаллов).

В настоящее время твердые электролиты перестали быть экзотическими объектами исследований благодаря открытию и синтезу нескольких сотен новых соединений с высокой ионной проводимостью. Они незаменимы при создании полно-

© А.К.Иванов-Шиц, Л.Н.Демьянец

стью твердотельных топливных элементов, газовых и жидкостных сенсоров, миниатюрных аккумуляторов (все знают о литиевых батарейках, но не все задумываются, из чего они сделаны). Для эффективного поиска таких веществ потребовались новые теоретические подходы к изучению явлений аномально быстрого ионного переноса в конденсированных средах и развитие специальных современных экспериментальных методик. Этим обусловлено возникновение нового раздела науки — ионики твердого тела, находящейся на пересечении физики и химии твердого тела, электроники и электрохимии, кристаллографии и неорганической химии, материаловедения и энергетики.

Существование суперионной проводимости во многом зависит от структурных особенностей материала:

- чтобы ионы могли перемещаться, энергетически близких кристаллографических позиций для размещения потенциально подвижных ионов в элементарной ячейке должно быть больше, чем самих ионов;

- энергия разупорядочения ионов по позициям в кристаллической решетке и энергия, затрачиваемая на движение, должны быть малы ($\approx kT$, где, как обычно, k — постоянная Больцмана, T — температура). Энергетические барьеры между соседними позициями должны быть небольшими (в сравнении с kT), что при наличии в кристаллической решетке вакантных мест приведет к статистическому распределению мобильных ионов по разрешенным позициям;

- в кристаллической структуре «сетка каналов» для движения ионов должна быть сквозной, в противном случае быстрое движение заряженных частиц будет возможным лишь в пределах одной или нескольких элементарных ячеек.

Перечисленным требованиям удовлетворяют лишь особые

кристаллы, в структуре которых для атомов одного или нескольких сортов отсутствует дальний порядок в их пространственном расположении, хотя для остальных частиц дальний порядок сохраняется. Такие соединения рассматриваются как кристаллы с собственным структурным разупорядочением.

Хорошим примером служит структура модельного кристалла α -AgI (рис.1). Кристаллический каркас «держат» анионы иода, а два катиона серебра могут размещаться по 12 тетраэдрическим позициям элементарной ячейки. Именно для такой ажурной структуры, в которой нарушен дальний порядок для атомов одного типа, было введено наглядное (может быть, не совсем удачное) понятие «квазирасплавленная подрешетка», и считалось, что жесткая анионная подрешетка находится в «катионном расплаве».

Подвижные частицы относительно свободно перемещаются по всему объему кристалла, за исключением той его части, которая занята ионами неподвижного остова. Поэтому здесь более разумно говорить не об «ионном расплаве», а о существовании в матрице кристалла

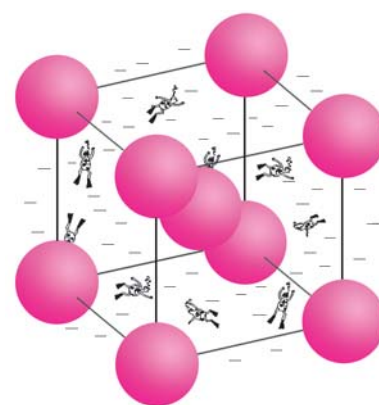


Рис.1. Подвижные положительные ионы серебра, как аквалангисты, легко перемещаются в пространстве между рифами — атомами иода (сферы) — в кристалле AgI.

«проводящего пространства». Такое качественное рассмотрение находит подтверждение в полиэдрическом представлении одной из подрешеток кристалла (см., например, рис.2).

Растущую потребность в суперионных материалах — как новых соединений, так и известных в ином качестве (газоплотная керамика, пленочные покрытия, наноструктурные си-

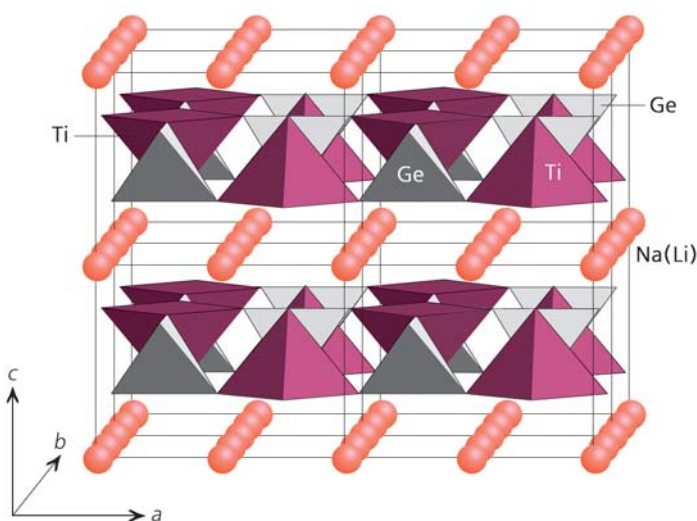


Рис.2. Кристаллическая структура $\text{Na}_2\text{TiGeO}_5$; выделены слои из жестко связанных тетраэдров $[\text{GeO}_4]$ и пирамид $[\text{TiO}_5]$. В пространстве между слоями могут свободно перемещаться подвижные ионы.

стемы) — нельзя удовлетворить, ограничиваясь лишь полумпирическими подходами и классическими методами синтеза. Решение этой сложной проблемы возможно лишь в случае, если опираться на фундаментальные закономерности, установленные при изучении синтеза новых материалов и процессов ионного транспорта в них.

В чистом виде такие закономерности наиболее четко прослеживаются при исследовании монокристаллических твердых электролитов.

В то же время при использовании твердых электролитов в качестве рабочих сред функциональных элементов необходимо учитывать, что нужны материалы заданного вида и формы, например в виде плотной керамики или пленочного покрытия. И здесь на помощь могут прийти наноматериалы, которые зачастую либо обладают улучшенными характеристиками по сравнению с объемными монокристаллами, либо даже дополнительно приобретают новые свойства. Основная особенность всех типов наноматериалов (нанопористых, нанокристаллических, нанокомпозитных систем) заключается в преобладающей роли поверхности, а не объема. Поскольку структура поверхности как границы раздела твердое тело—окружающая среда значительно отличается от структуры объема, можно говорить о существенно дефектной (по отношению к объему) структуре поверхности и ожидать заметного изменения характеристик материала.

Обсудим некоторые аспекты поиска, создания и изучения объектов ионики твердого тела на примере работ, выполненных в Институте кристаллографии РАН. Целенаправленные исследования в этой области были начаты в 1980 г. и нашли свое отражение в монографиях [1, 2], обзорах [3–7] и отдельных публикациях, освещающих разные аспекты проблемы.

Дороги, которые ионы выбирают

Ионная проводимость твердых электролитов обеспечивается переносом самых различных ионов — одно-, двух-, трехзарядных катионов (Ag^+ , Cu^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Tl^+ , Cs^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Sc^{3+} , Ce^{3+} , Eu^{3+}) и анионов (F^- , Cl^- , Br^- , O^{2-} , S^{2-}). Существуют материалы, где носителями заряда служат ионы двух или даже трех сортов, и вещества со смешанной ионно-электронной проводимостью.

Особый интерес представляют суперионные проводники с Li^+ - и Na^+ -ионной проводимостью, поскольку именно они дают максимальный выигрыш в энергии, что гарантирует им будущее в производстве миниатюрных литиевых батареек и тяговых аккумуляторов для электромобилей. Поэтому все стремятся улучшить характеристики известных соединений или найти для этих ионов принципиально новые проводящие матрицы.

Целенаправленное изменение характеристик соединений возможно только в случае, если нам удастся заглянуть в глубь кристалла, чтобы узнать, как и насколько эффективно способны перемещаться ионы

в кристаллической решетке. Иначе говоря, нужно оценить потенциальные каналы проводимости и найти способы увеличения скорости движения заряженных частиц по ним. Рассмотрим в этом плане как достаточно известное соединение — ортофосфат лития Li_3PO_4 , так и сравнительно новое — литий-замещенный титанат лантана $\text{La}_{2/3-x}\text{Li}_{3x}\square_{1/3-2x}\text{TiO}_3$ (\square — вакансия в позиции крупного катиона).

С середины 70-х годов ортофосфат лития известен как ионный проводник, в структуре которого пустоты кристаллического каркаса формируют сквозные прямые каналы вдоль осей a и c и зигзагообразные вдоль оси b (рис.3). Однако величина электропроводности не очень высока, поскольку, несмотря на «рыхлость» структуры, все катионы лития участвуют в постройке жесткого каркаса и не способны свободно перемещаться по каналам. Решение задачи увеличения ионной проводимости напрашивается само собой: необходимо поместить в каналы дополнительные катионы Li . Это достигается специальным введением в базовый материал гетеровалентных примесей, что и наблюдается в твердых растворах со структурой высоко-

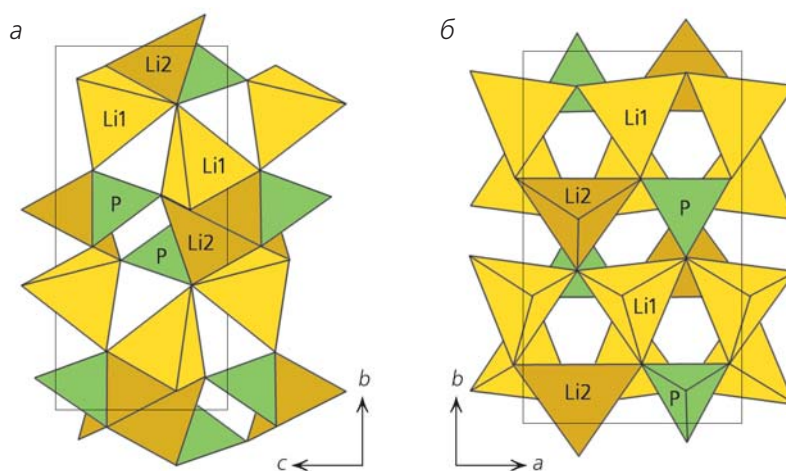


Рис.3. Каналы проводимости в структуре $\gamma\text{-Li}_3\text{PO}_4$ образуются при формировании каркаса из связанных общими вершинами тетраэдров $[\text{Li}1\text{O}_4]$, $[\text{Li}2\text{O}_4]$ и $[\text{PO}_4]$. а — проекция bc , б — проекция ab .

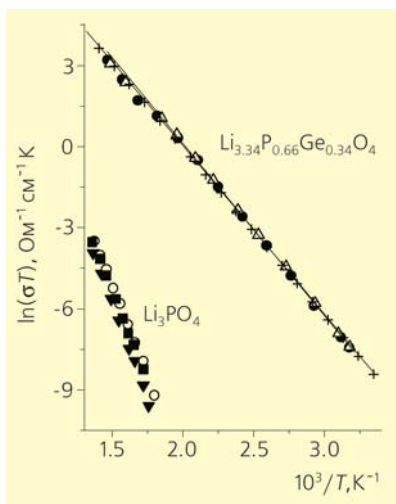


Рис.4. Ионная проводимость монокристаллов Li_3PO_4 и $\text{Li}_{3+x}\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_4$. Разными значками изображены величины проводимости в различных кристаллографических направлениях.

температурной γ -модификации Li_3PO_4 .

Получаемые нестехиометрические фазы систем Li_4GeO_4 — Li_3VO_4 и Li_4GeO_4 — Li_3PO_4 обладают ионной проводимостью, значения которой составляют 10^{-4} — 10^{-5} $\text{Om}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ уже при комнатной температуре. Чтобы понять механизм ионного транспорта, потребовалось провести экспериментальные исследования на монокристаллах больших размеров и хорошего качества.

Монокристаллы $\text{Li}_{3+x}\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_4$ ($x=0.34$) были выращены в Институте кристаллографии методом кристаллизации из раствора в расплаве. Величины удельной проводимости кристалла $\text{Li}_{3.34}\text{P}_{0.66}\text{Ge}_{0.34}\text{O}_4$ составляют $1.8\cdot 10^{-6}$ и $3.7\cdot 10^{-2}$ $\text{Om}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ при 40° и 400°C соответственно — что, как видно из рис.4, на не-

сколько порядков выше проводимости номинально чистого γ - Li_3PO_4 .

Миграция ионов лития в твердом растворе $\text{Li}_{3+x}\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_4$ связана с внедрением дополнительных катионов Li^+ в пустоты кристаллического каркаса, что приводит к разупорядочению литиевой подрешетки не только в каналах проводимости, но и в жестком каркасе (рис.5), и число доступных для миграции лития позиций существенно возрастает. Кристаллическая структура при этом становится приблизительно одинаково «прозрачной» для ионного транспорта во всех направлениях, благодаря чему значения проводимости по трем главным кристаллографическим направлениям почти выравниваются (анизотропия проводимости

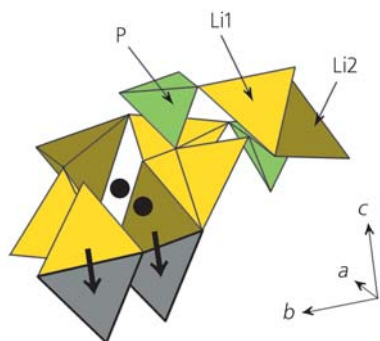


Рис.5. Фрагмент кристаллической структуры твердого раствора $\text{Li}_{3+x}\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_4$. Зеленым цветом показаны тетраэдры PO_4 , желтым и коричневым — тетраэдры LiO_4 . Дополнительные ионы лития (темные кружки) при образовании твердого раствора смещаются в направлении, показанном стрелками. Собственные ионы лития переходят в тетраэдры, ребра которых выделены жирными линиями (в чистом γ - Li_3PO_4 эти тетраэдры незаняты).

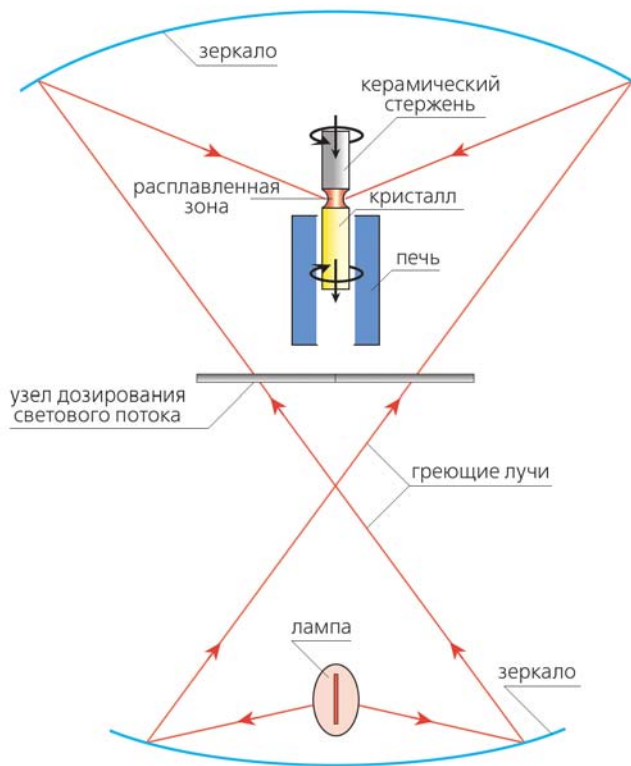


Рис.6. Схема установки для выращивания кристаллов методом бестигельной зонной плавки. Чтобы вырастить монокристаллы, керамический стержень плавят направленным световым пучком мощной лампы. При опускании стержня в печь, имеющую температурный градиент, происходит кристаллизация расплава с формированием массивного монокристалла.

в твердом растворе $\text{Li}_{3+x}\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_4$ по сравнению с $\gamma\text{-Li}_3\text{PO}_4$ понижается).

Литий-замещенный титанат лантана $\text{Li}_{0.255}\text{La}_{0.582}\text{TiO}_3$ может служить еще одним примером целенаправленного конструирования твердого электролита. Внедрение достаточно большого количества посторонних атомов, в том числе и лития, в кристаллическую матрицу перовскитоподобной фазы $\text{La}_{2/3}\text{TiO}_3$ приводит к образованию нестехиометрических фаз $\text{La}_{2/3-x}\text{Li}_{3x}\text{Ti}_{1/3-2x}\text{TiO}_3$. Ионный перенос осуществляется за счет перескока внедренных ионов лития по вакантным позициям. Создание монокристаллов таких сложных фаз сродни искусству, и это в полной мере относится к синтезу литий-замещенного титаната лантана методом бестигельной зонной плавки (блок-схема установки показана на рис.6). В полученных кристаллах высокая ионная проводимость при комнатной температуре (около $5 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$) соседствует с пренебрежимо малой величиной электронной проводимости.

Позвольте пройти, или «Окно проводимости»

На первый взгляд кристаллическая структура $\text{Li}_{0.255}\text{La}_{0.582}\text{TiO}_3$ не должна допускать высокой ионной проводимости, поскольку размеры «окна проводимости» (рис.7) недостаточны для беспрепятственного перемещения ионов Li^+ по каналам. Наблюдаемое противоречие можно объяснить особой ролью тепловых колебаний атомов кристаллического каркаса, из-за которых размер «окна проводимости» постоянно меняется — каналы «дышат». Перескок ионов в соседнюю позицию может происходить в момент наибольшей открытости «окна».

Получить новые структурные матрицы с ажурной структурой, пригодной для заполне-

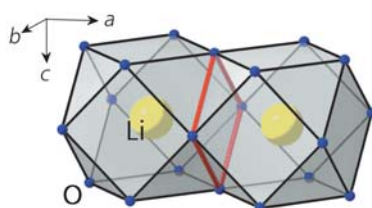


Рис.7. «Окно проводимости» в $\text{Li}_{0.255}\text{La}_{0.582}\text{TiO}_3$ — наиболее узкий участок канала проводимости (выделен красным цветом) для перескока иона лития из одной позиции в другую (соседнюю).

ния «ионным расплавом», не так просто, поэтому ученые обращаются за помощью к природе и исследуют известные минералы, создавая искусственные кристаллические матрицы на их основе. Так были найдены катионные проводники в семействе сложных оксидов (β-глинозем), силикатов (цирконосиликаты — насикон, лисикон, алюмосиликаты — сподумен, эвкрипит), фторионные проводники на основе флюорита. Наше внимание привлек силикат натрия-титана — натисит $\text{Na}_2\text{TiSiO}_5$. В его структуре между слоями, составленными Ti-полуоктаэдрами и Si-тетраэдрами

(рис.2), можно увидеть «прослойки» из катионов натрия, что позволяло надеяться на достаточно высокую подвижность щелочных ионов. Нам удалось синтезировать и изучить электрические свойства массивных монокристаллов двух членов семейства A_2TiGeO_5 со структурой типа натисита: $\text{Na}_2\text{TiGeO}_5$ и $\text{Li}_2\text{TiGeO}_5$. Ярко выраженный слоистый характер кристаллической структуры этих соединений обуславливает высокую спайность в направлении, перпендикулярном оси c, и объясняет высокую анизотропию проводимости: отношение проводимостей в направлениях, параллельном и перпендикулярном слоям, достигает 10^4 (рис.8).

Подвижными в кристаллах могут быть не только катионы, но и анионы, например фтора в нестехиометрических фазах $\text{M}_{1-x}\text{R}_x\text{F}_{2+x}$ со структурой флюорита (M=Ba, Sr, Ca; R=La—Lu,Y). Здесь надо отметить, что электропроводность чистых и слаболегированных дифторидов MF_2 со структурой флюорита не очень велика и не превышает $10^{-6}–10^{-5} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$ при 500–600 К. Твердые растворы на основе MF_2 с большой концентрацией примеси, являясь однофаз-

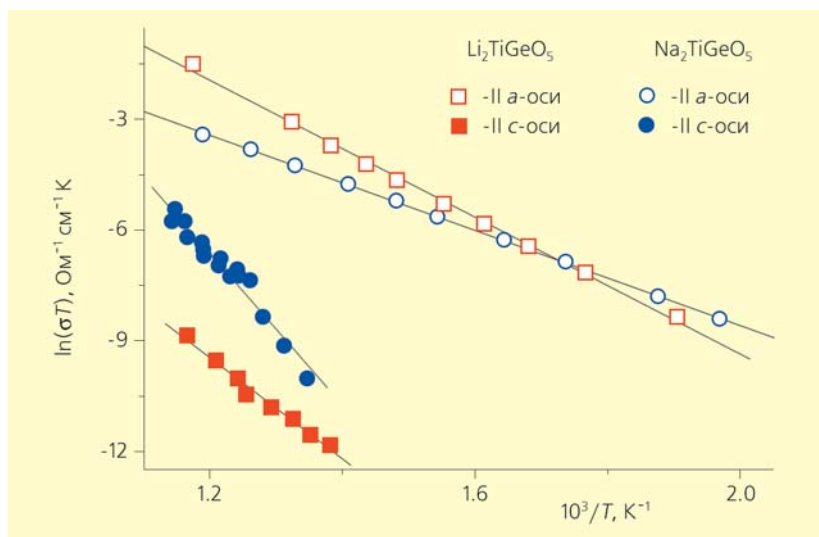


Рис.8. Температурные зависимости проводимости кристаллов $\text{Na}_2\text{TiGeO}_5$ и $\text{Li}_2\text{TiGeO}_5$ вдоль осей a и c.

ными, имеют переменный состав и повышенную концентрацию анионов фтора. Ионный перенос трактуется в рамках предложенной нами модели дефектных областей, характеристики которых зависят как от типа катиона матрицы, так и от сорта ионов R^{3+} , изоморфно замещающих ионы M^{2+} в матрице. В ядре дефектной области располагаются редкоземельные ионы и «замороженные» комплексообразователи атомы фтора в виде кластеров различного типа, а в периферийной части, т.е. прилегающей к ядру искаженной флюоритовой матрице, могут находиться слабо связанные, а потому подвижные анионы фтора, которые и переносят ток. Поэтому характеристики ионного переноса в сильнестехиометрических фазах определяются главным образом атомным строением дефектных областей, так как подвижность междоузельных анионов F^- зависит от типа катиона матрицы (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}) и сорта редкоземельных ионов R^{3+} . Совместный анализ электрофизических и структурных характеристик

нестехиометрических фаз позволил предложить конкретный механизм ионного переноса, связанный со строением ядер дефектных областей.

Лучше меньше, да лучше

Монокристаллы твердых электролитов хороши и необходимы как объекты для выяснения фундаментальных аспектов быстрого ионного переноса в твердых телах. Так выбирают оптимальные материалы, которые находят практическое применение уже в виде поликристаллов (керамика, порошки, покрытия).

Поликристаллические образцы обычно изготавливают классическим методом твердофазных реакций, который обладает рядом существенных недостатков: сложно получить полностью однофазные продукты из-за плохой гомогенизации исходных реагентов, нужна высокая температура отжига, синтез длителен и трудоемок. К одним из лучших литийпроводящих

материалов относятся соединения семейства сложных литиевых фосфатов $Li_3M_2(PO_4)_3$, характеризующиеся (для монокристаллов и стандартной керамики) рабочими температурами выше $300^\circ C$. Чтобы понизить эти температуры, мы попытались приготовить сложные фосфаты в наноструктурном виде. Нанопорошки $Li_3M_2(PO_4)_3$ были синтезированы путем пиролиза ультрадисперсных растворов (рис.9), в котором гомогенизация исходных реагентов осуществляется на молекулярном (нано-)уровне, что значительно облегчает получение полностью однофазных материалов. Суть метода заключается в следующем: в раствор, содержащий исходные реагенты, помещается мембрана, колеблющаяся с ультразвуковой частотой (рис.10). Над поверхностью раствора образуется «туман», состоящий из ультрадисперсных капель размером от сотен нанометров до микрометров. При быстром нагреве «тумана» происходит испарение растворителя, а затем химическое взаимодействие между реагентами.

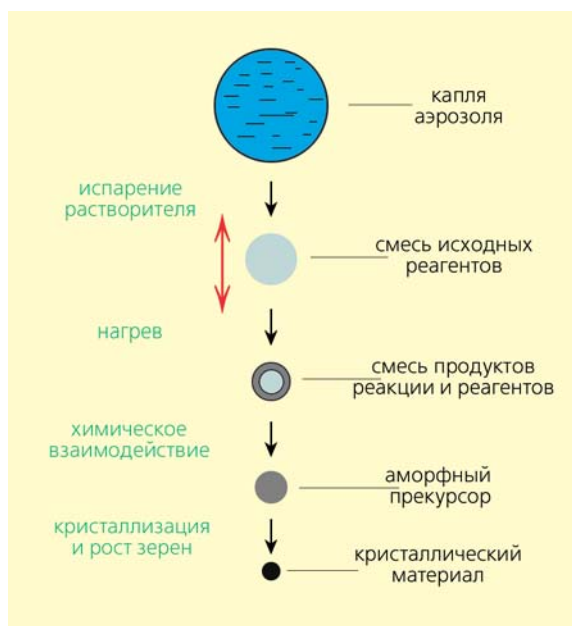


Рис.9. Схема получения кристаллического материала при ультразвуковом диспергировании и термической обработке растворов.

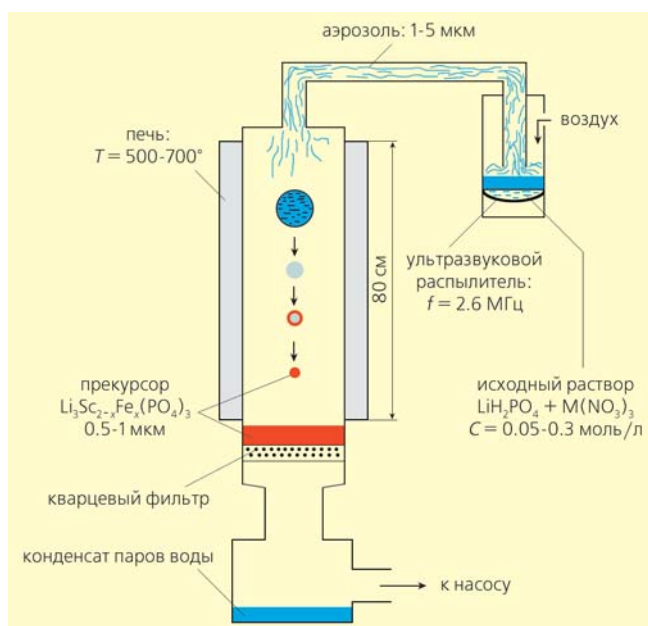


Рис.10. Экспериментальная установка для изготовления материалов методом ультразвукового диспергирования растворов.

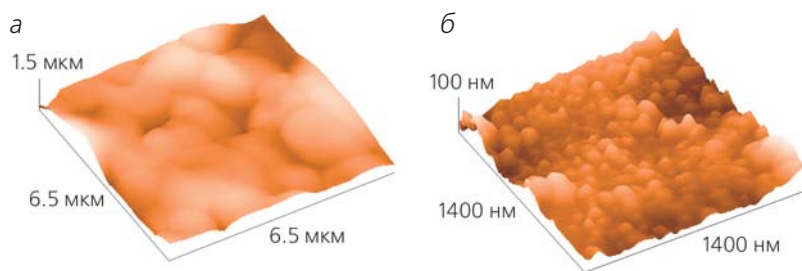


Рис. 11. Структура поверхности пленок $\text{Li}_3\text{Sc}_{2-x}\text{Fe}_x(\text{PO}_4)_3$ (данные атомно-силовой микроскопии): а — $x=2$; б — $x=0.5$.

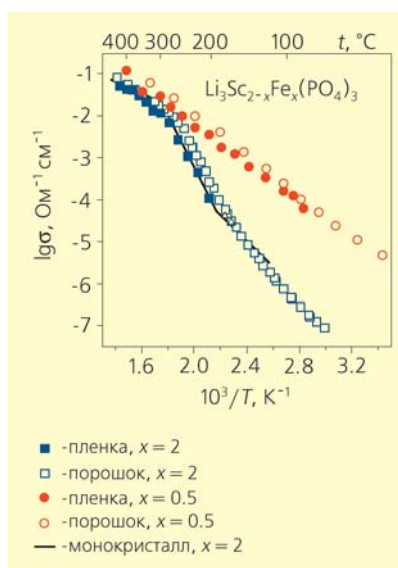


Рис. 12. Температурные зависимости объемной ионной проводимости пленок и порошков $\text{Li}_3\text{Sc}_{2-x}\text{Fe}_x(\text{PO}_4)_3$, полученных методом пиролиза диспергированных растворов.

Этим методом были изготовлены сплошные гладкие пленки твердых растворов $\text{Li}_3\text{Fe}_2\text{Sc}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ толщиной 3–5 мкм. Снимки поверхности образцов, сделанные методом атомно-силовой микроскопии (рис.11), показывают столбчатую структуру пленок с диаметром зерен от 1 до 5 мкм. Каждое зерно состоит из множества кристаллитов размером 10–20 нм для $x=2$ и 50–100 нм для пленки состава $x=0.5$. Значения объемной ионной проводимости плотных керамических об-

разцов $\text{Li}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ из нанокристаллитов и нанокристаллических пленок близки и составляют $2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ при комнатной температуре. Измеренные величины электропроводности более чем на порядок выше по сравнению с таковыми монокристаллов (рис.12).

«Интервенция» в кристаллические матрицы

Литийсодержащие фазы привлекательны не только как потенциальные твердые электролиты, но и как электродные материалы для литиевых источников тока — литий-ионных аккумуляторов (рис.13). При наложении электрического поля ионы лития выходят из анода и внедряются в материал катода, создавая эдс. При включении нагрузки происходит разрядка аккумулятора, и концентрации ионов лития на аноде и катоде выравниваются. После этого цикла требуется повторная зарядка системы. Напомним, что электродные материалы должны обладать смешанным, ионно-электронным, типом проводимости. Такому условию отвечают нестехиометрические ванадаты лития. Литий-ванадиевая бронза представляет собой фазу переменного состава, которая образуется при внедрении лития в «туннели» кристаллической структуры оксида ванадия. Сравнение структур бронз раз-

личных типов показывает, что наибольшей емкостью по литию обладает бронза типа $\text{K}'\text{-Li}_{1+x}\text{V}^{+4}_x\text{V}^{+5}_{3-x}\text{O}_8$.

Наиболее эффективно источники тока будут работать при максимально большой емкости материала по проводящему иону (литию) и при высокой устойчивости материалов при циклическом чередовании заряда и разряда ячейки (циклировании). Улучшить характеристики материала можно разными способами, например, модифицируя состав введением примесей (легирование) либо изменяя микроструктуру материала (варьирование фактора).

Мы синтезировали фазы внедрения со структурой $\text{Li}_{1+x}\text{V}_3\text{O}_8$ и изучили их свойства. Полное заполнение всех вакантных позиций соответствует составу $\text{Li}_5\text{V}_3\text{O}_8$, т.е. максимальная (теоретическая) емкость этого материала по литию достигается при $x=4$. Но все попытки разных исследователей добиться полного заполнения литиевых позиций в чистом ванадате лития LiV_3O_8 окончились неудачей: максимальное значение x достигло лишь 2.85. Мы попытались решить проблему, варьируя геометрические размеры элементарной ячейки кристалла путем легирования. Оказалось, что гетеровалентное замещение части ванадия на крупные катионы молибдена Mo^{6+} несколько улучшает ситуацию — для $\text{Li}_{1+x}\text{Mo}_{0.25}\text{V}_{2.75}\text{O}_8$ емкость увеличивается, однако только до $x=2.9$.

Таким образом, легирование материала не позволило заполнить литием все доступные позиции в структуре. Здесь затруднения создают кинетические факторы, связанные с микроструктурой поликристаллического объекта, т.е. необходимо учитывать размер частиц, их взаимную ориентацию, наличие текстуры и т.п. Поэтому нами был применен новый способ синтеза исследуемого материала с наноразмерными кристал-

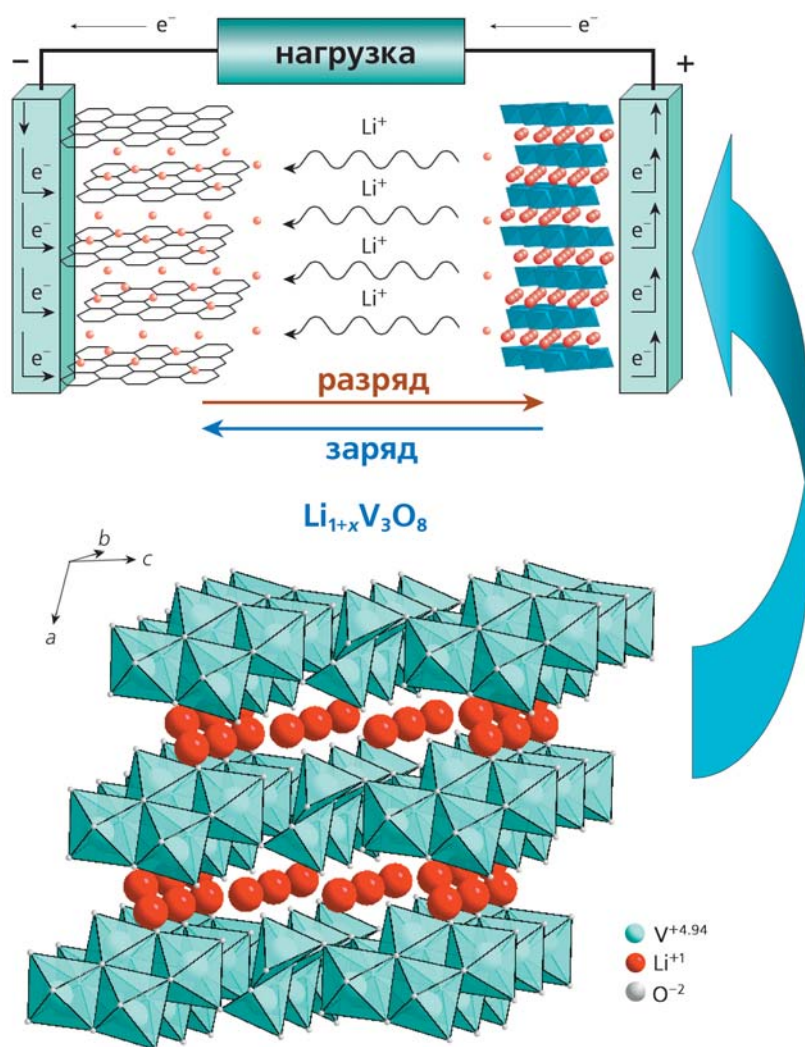


Рис. 13. Принцип работы литиевого аккумулятора. Оксидная ванадиевая бронза $Li_{1+x}V_3O_8$ служит как анодом, так и катодом.

литами на основе методов «мягкой химии» (низкие температуры синтеза, средние значения pH, органические прекурсоры и т.д.).

Для оптимизации форм-фактора материалов на основе $Li_{1+x}Mo_yV_{3-y}O_8$ был использован золь-гель синтез этих фаз из растворов алкогалатов соответствующих металлов (рис.14)

Самые интересные результаты были получены для тонких пленок $Li_{1+x}Mo_yV_{3-y}O_8$ с использованием капельного нанесения растворов-прекурсоров на вращающуюся подложку. В этом случае удалось избежать нежелательного текстурирования покрытий и сформировать пленки субмикронной толщины из изотропных частиц с размерами от десятков до сотен нанометров. Такое направленное изменение форм-фактора привело к существенному улучшению разрядных характеристик пленок с высоким уровнем легирования молибденом: удалось практически полностью заполнить литиевую подрешетку ($x=3.9$).

* * *

Мы рассмотрели только несколько примеров поиска и создания новых материалов, но они наглядно показывают, что ионика твердого тела — интенсивно развивающаяся отрасль науки, открывающая широкие возможности получения новых интересных результатов в области и фундаментальных, и прикладных исследований. Главный вопрос — как найти эффективные суперионные проводники, как повысить ионную проводимость соединений при относительно невысоких температурах — остается актуальным и решается на основе широкого спектра экспериментальных и теоретических данных.

Развитие современной энергетики выводит на передний план задачи конструирования нетрадиционных источников электрической энергии. Этот



Рис. 14. Золь-гель синтез $Li_{1+x}Mo_yV_{3-y}O_8$ из растворов алкогалатов соответствующих металлов.

процесс будет определяться как миниатюризацией современных источников тока, так и развитием работ по созданию мощных аккумуляторных устройств. Успех здесь невозможен без развития молодых технологий (в частности, нанотехнологий) и способов получения твердых

электролитов. Разнообразие областей применения твердотельных ионных материалов объясняет востребованность и возрастающий интерес к новым суперионным проводникам в виде монокристаллов, порошков, плотных керамик, пленочных покрытий. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 99-03-32726, 02-02-16861, 02-03-33353, 02-02-16958, а также грант РФФИ-NWO (Научное нидерландское общество) NWO-RF 047-007-008 (1999–2001).

Литература

1. *Иванов-Шуц А.К., Мурын И.В.* Ионика твердого тела. СПб., 2000.
2. *Sobolev V.P.* The Rare Earth Trifluorides. Barcelona, 2000. P.1; 2001. P.2.
3. *Иванов-Шуц А.К.* Электрофизические свойства твердых электролитов $\text{Li}_3\text{M}_2(\text{PO}_4)_3$ ($\text{M}=\text{Fe}, \text{Sc}$) // Электродика твердотельных систем / Под ред. М.В.Перфильева. Свердловск, 1991. С.70–88.
4. *Иванов-Шуц А.К.* Особенности ионного переноса в сильнонестехиометрических фазах $\text{M}_{1-x}\text{R}_x\text{F}_{2+x}$ ($\text{M}=\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$; $\text{R}=\text{La-Lu}, \text{Y}$) со структурой флюорита // Электродика твердоэлектролитных систем / Под ред. М.В.Перфильева. Свердловск, 1991. С.89–105.
5. *Иванов-Шуц А.К., Демьянец Л.Н.* // Кристаллография. 1995. Т.40. №6. С.1077–1112.
6. *Ivanov-Schitz A.K.* Anisotropic conductivity of the solid electrolytes (A review) // Solid State Ionics: New Developments / Ed. B.V.R.Chowdari. Singapore, 1996. P.63–81.
7. *Ivanov-Schitz A.K., Demianets L.N.* Crystal growth of superionic conductors (A review) // Solid State Ionics: Science and Technology / Eds. B.V.R.Chowdari, K.Lal, S.A.Agnihotry et al. Singapore, 1998. P.47–57.

В Китае после длительного этапа поисковых работ открыто первое в стране месторождение газа мирового уровня. Доказанные запасы природного газа вблизи Икечжаомена (Внутренняя Монголия) оценены в 602.5 млрд м³. Это открытие вошло в список 10 крупнейших научно-технических достижений КНР за 2002 г.

China Science and Technology Newsletter. 2003. №320. P.1–2 (КНР).

Специалист по нумизматике К.Томпсон (С.Thompson; Калифорнийский университет, США) считает, что найденные на территории Палестины небольшие кусочки серебра представляют собой древнейшие монеты. Датированные 1200 г. до н.э., они на шесть веков старше греческих и лидийских монет. Чеканка на них свидетельствует о том, что при их выпуске

и обращении велся контроль за весом и достоинством.

Греки и лидийцы взяли за образец эту монетарную систему. Однако вне зоны средиземноморских стран существовали иные денежные системы. Например, в Китае имел хождение нож-монета.

Sciences et Avenir. 2003. №675. P.55 (Франция).

Участники недавней экспедиции Национального индейского фонда Бразилии встретили на крайнем западе Амазонии деревню, в которой проживают 40 взрослых и 12 детей, принадлежащих не известной ранее этнической группе. В прямой контакт с индейцами ученые вступать не будут, поскольку уже были случаи жестокого избиения участников экспедиций аборигенами. Фонд определяет границы обитания пле-

мен, чтобы работающие здесь лесопромышленники и геологи не нарушали уклад их жизни.

Sciences et Avenir. 2003. №673. P.16 (Франция).

Американские археологи из Восточного института (Чикагский университет) обнаружили на расскрещенных космических снимках, выполненных военными, отчетливые следы дорожной сети, которая существовала на Среднем Востоке 4–5 тыс. лет назад. Это полосы растительности, которая хорошо произрастает в древних колеях (глубиной до 75 см), поскольку в них скапливается вода. Одна из дорог связывала города Алеп (современная Сирия) и Нинив (ныне территория Ирака).

Sciences et Avenir. 2003. №673. P.21 (Франция).

Археология

Заметки и наблюдения Конические постройки в осадочных породах

А.П.Казак, В.Г.Колокольцев, К.Э.Якобсон,
кандидаты геолого-минералогических наук
Санкт-Петербург

В последние годы увеличилось число работ, посвященных изучению следов восходящих флюидов в осадочных толщах. В результате взаимодействия тепломассопотоков с проводящими породами возникают новообразования, которые похожи на обычные осадочные породы, что сильно затрудняет их диагностику.

При их изучении весьма информативными оказываются специфические текстуры и текстурные элементы. Важное место среди них принадлежит текстурам «конус-в-конусе», которые представляют собой интереснейшую особенность осадочных пород.

Мы встречали подобные конические постройки среди рифейского комплекса на Золотицком кимберлитовом поле. Цель нашей заметки — привлечь внимание геологов к образованиям такого типа, как вероятным индикаторам флюидопроводных, возможно, рудоконцентрирующих зон.

Золотицкое кимберлитовое поле находится на западе Архангельской обл. На архейско-нижнепротерозойском кристаллическом фундаменте здесь залегают алевритопесчаные отложения рифея мощностью более 500 м, перекрытые преимущественно глинистыми вендскими осадками мощностью до 800 м. Рифейско-вендский комплекс пронизан телами кимберлитов,

внедрение которых произошло на рубеже девона и карбона. Завершают разрез маломощные отложения карбона и четвертичной системы.

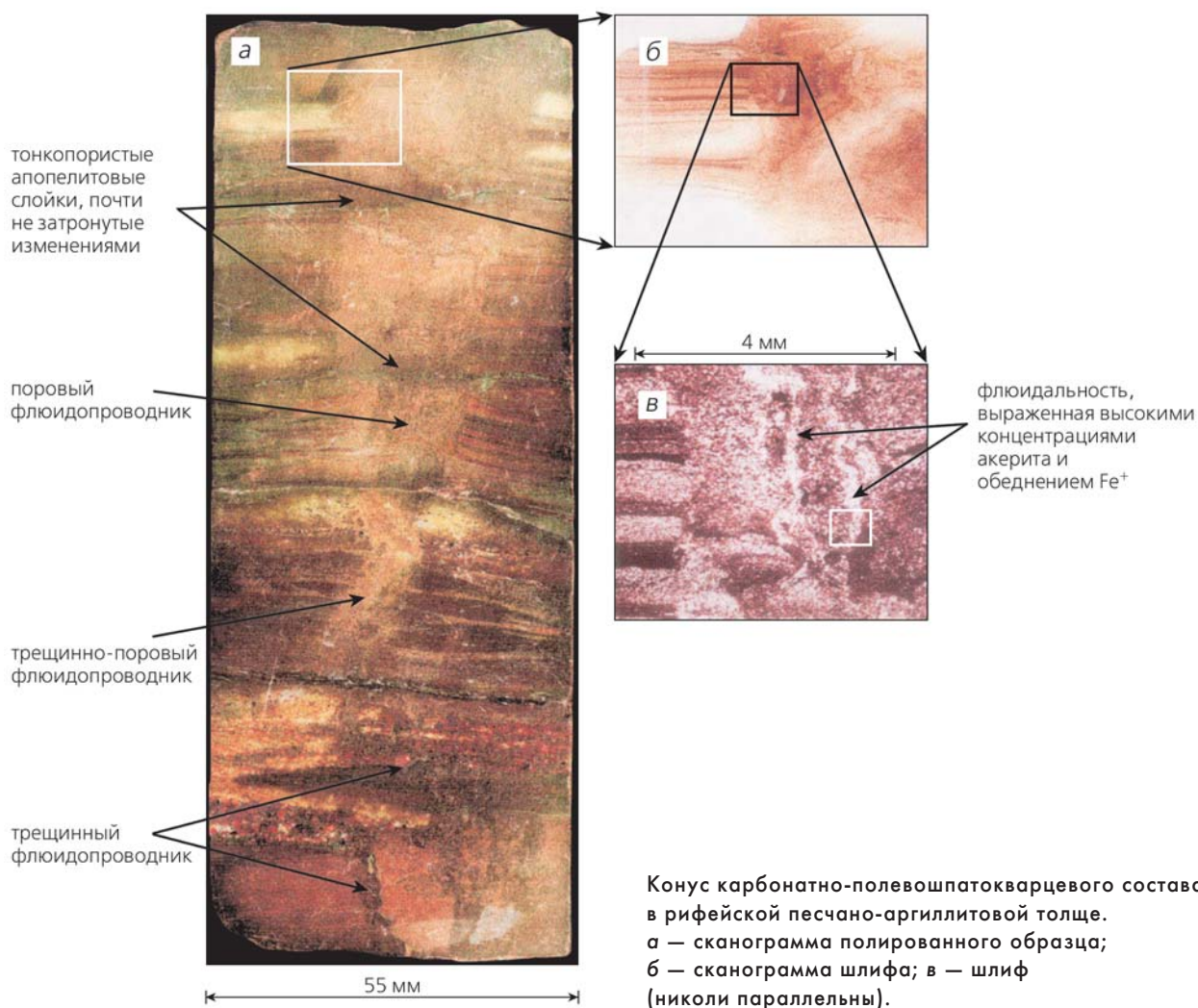
Скважиной №1000, пробуренной в 100 км севернее Архангельска, на глубине около 1117 м, был вскрыт пропласток карбонатизированной кимберлитоподобной породы толщиной около 0.2 м. В полуметре выше него и обнаружена коническая постройка высотой 14 см, ориентированная вершиной вниз. Апикальный угол конуса составляет 30–35°, а максимальный диаметр достигает 3 см.

При макроскопическом изучении выделяется несколько видов флюидопроводящих каналов и прослеживается определенная связь их формы с физико-механическими особенностями вмещающей породы. В нижней части постройки рифейские породы сильно трещиноваты. Кверху по напластованию идет смена трещинного флюидопроводника трещинно-поровым. Последний постепенно вытесняется поровым, в пределах которого и возникает конус. Примечательно, что слоистость рифейской пачки, обусловившая чередование в вертикальном разрезе зон с различной пористостью, также отражается в его строении. Конус практически не прослеживается в зонах микропористых (пелитовых) и тонкослоистых разностей.

Остроугольная форма кварцевых и полевошпатовых об-

ломков, обычная для вмещающих рифейских отложений, в основном сохраняется и внутри конуса. Но вот текстура и состав цемента резко отличаются от окружающих пород. В цементе уменьшается количество распыленного гематита, возрастает объемная доля карбонатов (кальцита и анкерита), развиты процессы замещения мелкочешуйчатого биотита хлоритом и серицитом. Флюидальная текстура выражена ориентировкой лейст (пластинок) слоистых силикатов и формой микроагрегатов карбонатных минералов: кальцит и анкерит образуют линзовидные тонкокристаллические агрегаты толщиной до 0.2 мм. Удлиненные S-образно изогнутые лейсты серицита, как правило, повторяют положение карбонатных агрегатов. Выделения серицита приобретают более упорядоченную плоскопараллельную направленность за границами нижнего контура конуса в пределах трещинного проводника. Во внутренней части постройки изредка встречаются деформированные кусочки вмещающих слоистых пород.

Таким образом, процесс формирования конуса сопровождается образованием кальцита, анкерита, замещением биотита хлоритом и серицитом, выносом окислов железа (с частичной их фиксацией в анкерите), почти полным уничтожением слоистой текстуры за счет пространственного перерас-



пределения кварцевых и полевошпатовых мелкообломочных частиц.

Подобные постройки, как считают некоторые исследователи, образуются в термоградиентном поле за счет энергии тепломассопотока. При этом их основания всегда направлены в сторону более низких температур [2]. Ориентировка конуса вершиной вниз может свидетельствовать о восходящем характере формирующего флюида, температура которого падала в процессе подъема. Наличие

в постройке тонкопористых перегородок с ненарушенной структурой вмещающего субстрата может говорить о низкой вязкости флюида и его высокой проникающей способности.

Пока преждевременно судить об источнике флюида и его генетической связи с алмазонасными тепломассопотоками, но сам факт устойчивой пространственной связи конических построек с морфологически сходными, но масштабно отличающимися алмазонасными диапирами заслуживает определенно-

го внимания. Нельзя не учитывать и более позднее возникновение подобных образований, сопровождающихся вторичной карбонатизацией рифейских осадочных толщ и заключенных в них алмазонасных пород. В любом случае наличие таких конусов позволяет более уверенно судить о флюидопроводных свойствах осадочных толщ. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 03-05-65100.

Литература

1. Казак А.П., Якобсон К.Э. Инъекционные туффзиты Золотицкого кимберлитового поля // Очерки по геологии и полезным ископаемым Архангельской обл. Архангельск, 2000. С.103—114.
2. Колокольцев В.Г. // Литология и полез. ископаемые. 2002. №6. С.612—627.

Золотистый минтай

А.М.Орлов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Москва

И.А.Бирюков

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Южно-Сахалинск

Отклонения в окраске рыб встречаются в природе довольно часто, наиболее распространены альбинизм и двухцветность особей, в норме окрашенных однотонно. Двухцветность в большей мере свойственна камбалообразным, у которых она в различной сте-

пени проявляется в окраске нижней (слепой) стороны, обычно однотонно светлой.

К аномалиям в окраске рыб относится и меланизм (избыток темного пигмента меланина в тканях); он возникает на различной генетической основе и приводит к появлению особей с черной, коричневой, серой или рыжей окраской кожных

покровов [1]. В большинстве случаев меланизм появляется под воздействием естественных причин, но может быть вызван и антропогенными факторами (индустриальный меланизм). У рыб эта аномалия встречается относительно редко (значительно реже альбинизма и двухцветности); иногда она бывает связана с межродовой гибриди-

© А.М.Орлов, И.А.Бирюков



Обычно окрашенный минтай (слева) и золотистый экземпляр из тихоокеанских вод Курильских о-вов. Черные пятна и точки на роговице глаза золотистого минтая — подтверждение того, что аномалия в окраске вызвана избытком меланина в тканях пойманной рыбы.

зацией или патологическими инвазиями.

Меланизм привлек внимание селекционеров: благодаря этой особенности были получены новые формы аквариумных рыб (например, телескоп, золотая рыбка и др.).

До сих пор случаи меланизма были известны у представителей семейств веслоносых (Polyodontidae), панцирниковых (Lepidosteidae), сельдевых (Clupeidae), лососевых (Salmonidae), гамбузиевых (Poeciliidae), карповых (Cyprinidae), вьюновых (Cobitidae), колюшковых (Gasterosteidae), скорпеновых (Scorpaenidae), помакантовых (Pomacanthidae), морских слизней (Liparidae) и камбаловых (Pleuronectidae). Для дальневосточных тресковых (Gadidae) описано два типа проявления меланизма в окраске: черная тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* [2] и золотистый минтай *Theragra chalcogramma* [3]. Этот последний тип аномалии представляет особый интерес, поскольку рыжая окраска покровов крайне нехарактерна для минтая.

В норме минтай имеет темную оливково-серую окраску с многочисленными темными пятнами вдоль боковой линии и светлое брюхо; спинные, груд-

ной и хвостовой плавники значительно темнее брюшных и анальных.

Впервые минтай с «золотой» окраской тела был пойман в 1959 г. в Японском море, у о-вов Садо (прибрежные воды префектуры Ниигата, Япония), на глубине около 360 м. Рыба достигала в длину около 42 см и при жизни имела, по описаниям, ярко-золотистую окраску, которая по прошествии нескольких часов после смерти стала ярко-оранжево-желтоватой. Фотография пойманного экземпляра была, в соответствии с техническими возможностями того времени, черно-белой, в связи с чем трудно составить представление о том, как же в действительности выглядел этот минтай.

Более чем за 40-летний период в научной литературе не встретилось ни одного сообщения о поимках минтая с аномальной окраской. И вот 11 ноября прошлого года был пойман второй экземпляр золотистого минтая. Его обнаружили в улове японского траулера «Томи-Мару 82», который выполнял контрольное траление на глубине 202–213 м у побережья о.Парамушир (северные Курильские о-ва). Улов по массе на 94.4% состоял из минтая.

Золотистый экземпляр оказался самкой с яичниками на II–III стадии зрелости. Самка имела длину тела 455 мм, масса достигала 755 г, а желудок был полностью заполнен эвфаузиевыми рачками. Самое характерное отличие пойманного экземпляра — необычная ярко-золотистая окраска всего тела (за исключением брюха) в виде пятен и полос (аналогично нормально окрашенным особям), впрочем, выраженных не столь ярко. Все плавники желтовато-оранжевые, особых различий в окраске между плавниками верхней и нижней частей тела не наблюдалось. Иногда встречающаяся у рыб аномально желтая окраска может быть обусловлена избытком в покровах желтого пигмента ксантина. Однако в рассматриваемом случае мы все же имеем дело с меланистической природой аномалии, о чем свидетельствуют скопления черного пигмента в виде мелких черных пятен и точек на роговице глаза золотистого экземпляра, чего не наблюдается у нормально окрашенного минтая.

Таким образом, описанный нами случай аномалии в окраске минтая — второе документально подтвержденное проявление меланизма у вида *Theragra chalcogramma*. ■

Литература

1. Биологический энциклопедический словарь. М., 1986. С.350.
2. Полупов И.А. Черная треска восточного берега Камчатки // Вопр. ихтиологии. 1955. Вып.5. С.81–84.
3. Нонма У.А. // Collecting & Breeding (Saishu to Shiiku). 1959. V.21. №7. P.222, 224 (In Japanese).

Почвы Зауралья в древности и теперь

Л.Н.Плеханова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
г.Пушино

Несколько лет подряд свой летний полевой сезон я провожу в Южном Зауралье, работая в составе экспедиции историко-культурного и природно-ландшафтного музея-заповедника «Аркаим», о которой не так давно рассказывалось на страницах «Природы» [1]. Напомню только, что на территории Аркаимской долины обнаружено более сотни памятников различных эпох: курганные могильники, поселения, ритуальные комплексы. Их хорошая сохранность дает возможность проводить почвенно-археологические исследования, поскольку погребенная под слоем грунтовых насыпей памятников почва хранит информацию о древних природных условиях.

Степная зона, в настоящее время наиболее преобразованная человеком, и в прошлом сыграла особую роль в развитии цивилизации благодаря населявшим ее кочевым и оседлым племенам. Прямая палеоландшафтная информация помогает не только понять происхождение современного облика степных почв и растительности, но и дает возможность оценки их дальнейшего развития.

Наши совместные с археологами исследования ведутся на восточном склоне Урала, в пре-

делах Зауральского плато. Сегодня маршруты экспедиции охватывают территорию протяженностью с севера на юг более чем 300 км, а с запада на восток 120—150 км. Разнообразны геологические структуры этого района — реликты древних океанов и континентов, вулканических цепей, мелководных внутренних морей. Количество атмосферных осадков невелико (250—300 мм), район подвержен засухам, частым суховеям и ветровой эрозии. Главный барьер на пути воздушных масс — горы Южного Урала, в меньшей мере — сопки Центрального Казахстана. Почвенно-растительный покров определяется разнообразием геолого-геоморфологических условий, которые весьма неоднородны. Здесь можно встретить мелкосопочник с остатками кор выветривания, озерно-аллювиальные поверхности и т.п.

Основные (зональные) почвы — маломощные черноземы и черноземы обыкновенные. Под лесными колками встречаются солоды и серые лесные почвы, в балках и поймах — луговые почвы и солончаки; большие площади занимают солонцы и солонцовые почвы. На глинистых породах широко распространены мерзлотные полигональные формы микрорельефа, из-за чего почвенный покров особенно мозаичен.

Нужно сказать, что территория заповедника — самый изученный почвоведомы уголок Зауральских степей. Только автором этих строк заложено около 200 разрезов и еще больше — специалистами из Пушино, Новосибирска, Перми. Все это позволяет судить о разнообразных путях эволюции почв региона.

На высоких террасах и делювиальных склонах в течение более 4 тыс. лет преобладал процесс образования черноземов с постоянным набором генетических горизонтов. На низких надпойменных террасах с более тяжелым механическим составом (в основном глинисто-песчаные аллювиальные наносы) лугово-черноземные почвы подвергались засолению и осолонцеванию в несколько этапов, причем, по мнению некоторых исследователей, связанных с 20—22-летними циклами увлажненности климата.

Базовый разрез, расположенный в Аркаимской долине и состоящий из одной дневной и четырех погребенных почв, позволил установить, что за период от 11 тыс. лет назад и до наших дней холодные степи сменялись лесом, а затем приобрели нынешний вид, периодически формировались подпрудные водоемы [2], на дне которых шло осадконакопление, а когда они мелели, образовывалась почва.



Равнины в степном Зауралье сочетаются с массивами мелкосопочника и островных низкогорий.

Здесь и далее фото
Л.Н.Плехановой

Следы сожжения погребальной конструкции и погребенная под курганной насыпью почва эпохи бронзы. Раскопки Т.С.Малютиной.



Вот почему в современных разрезах высокой поймы мы наблюдаем чередование озерных отложений и почвенных горизонтов. Малогумусная лесная почва сменилась затем дерново-лесной, а затем луговой, на которой потом начались процессы засоления и осолодения, в дальнейшем резко усиливавшиеся [3].

Для почв, расположенных на первых надпойменных террасах в степной зоне, характерна комплексность: в непосредственной близости находятся черноземно-луговые почвы, солонцы и солончаки. Эту мозаику известный почвовед В.М.Фридланд сравнивал с роскошным персидским ковром, где с помощью

орнаментов и символов запечатлены все потаенные секреты природы. Основы мозаики заложены в период формирования ландшафтов региона в целом, т.е. в первой половине голоцена, наиболее яркие ее проявления имеют прямую связь с антропогенной дефляцией или выдуванием почвенного покрова, при-



Раскопки поселения у с. Степного классическими квадратами. Виден культурный слой — «зольник» и следы нескольких этапов образования почвы. Раскопки Д. Г. Здановича.

чем не только на современном этапе.

Обычно в увлажненных понижениях под луговой растительностью формируются лугово-черноземные почвы, а на более сухих микроповышениях, где при близких соленых грунтовых водах возникает солончатый эффект, — засоленные. В нашем случае все наоборот. Налицо инверсия почвенно-растительного покрова и микрорельефа.

Проиллюстрировать ее можно на примере окрестностей укрепленного городища эпохи бронзы Аландского (самого южного из изучаемых археологических памятников), где изучены современные почвенно-растительные группировки и древние подкурганные почвы эпохи финальной бронзы [4]. Над поверхностью на 30—50 см возвышаются луговые сообщества с преобладанием черноземной почвы, сохранившиеся за счет более устойчивого к дефляции плотного растительного покрова. На курганных насыпях возрастом 2—3 тыс. лет так же, как

в почвах окрестных памятников, описаны солонцы в комплексе с черноземно-луговыми почвами — но инверсии здесь нет. Под курганами эпохи бронзы погребен чернозем, сформированный в теплом влажном климате, а под насыпями ритуальных комплексов железного века хорошо сохранились засоленные почвы, образовавшиеся в более засушливый по сравнению с эпохой бронзы период.

Причина сохранности поверхности лугово-черноземных и луговых почв микроповышений — прочная дернина и зернистая структура верхних горизонтов (средняя мощность 80 см, количество гумуса — 6%), а растительность на них относительно устойчива из-за близкого залегания вод. Верхние же горизонты солонцеватых почв и солонцов микропонижений быстро разрушаются из-за их пылеватой и пластинчатой структуры. К тому же перевыпас приводит здесь к преобладанию испарения с поверхности и солевому разрыхлению верхнего горизонта, который становится



Распаханная южноуральская степь.



Долина р. Большой Караганки. Вблизи загона для скота (вверху слева) хорошо видны растущие овраги.



Столбчатые отдельности погребенного солонца.

менее устойчивым к водной эрозии и дефляции. Такое распределение почв широко распространено на пастбищных экосистемах первых надпойменных речных террас степной зоны.

Можно сделать некоторые выводы о периодах усиления антропогенной нагрузки на

ландшафт. Первый этап перевыпаса проходил в эпоху поздней бронзы (3500—3000 лет назад), когда и начала формироваться указанная инверсия. Для того времени характерны максимальная концентрация населения в долине, комплексное ведение хозяйства, значительное воздействие на экосистемы

и начало формирования выраженной в наши дни мозаичности почвенного покрова, сохранившейся и усилившейся в условиях аридизации климата 3000—2500 лет назад, когда развивалось кочевое скотоводство. В XX в. резкое повышение антропогенной нагрузки привело к еще большей деградации поч-

венно-растительных комплексов первых надпойменных террас [5].

По методике, разработанной в Новосибирске, определены стадии деградации растительности сенокосов и пастбищ в некоторых степных районах (Брединском, Кизильском и Верхнеуральском) Челябинской обл. Оценивались общее проективное покрытие, средняя высота травостоя, горизонтальная структура сообщества, видовая насыщенность (на 100 м²), запас надземной фитомассы, урожайность, пастбищная нагрузка (усл. гол./га), состояние пастбищ. На территории одного только Верхнеуральского р-на Челябинской обл. обследовано 83 тыс. га сенокосов и пастбищных угодий, из них не изменились (0 стадия) всего 1.5% от обследованных; слабо деградированы (I стадия) 21.2% (ковыльно-разнотравные сообщества встречаются только в этих группах); средне деградированы (II стадия) 53.8%; сильно деградированы (III стадия) 23.5% от обследованных площадей. Из-за

экономических изменений последних 3—5 лет нагрузка на луга и пастбищные угодья значительно уменьшилась, что положительно сказалось на их состоянии, и все же 77.3% кормовых угодий можно отнести ко II и III стадиям дигрессии [4].

Полученные данные можно сравнить с результатами почвенной экспедиции 1916—1917 гг. под руководством С.С.Неуструева, часть маршрута которой проходила неподалеку от населенных пунктов — Карагайского, Петропавловского, Сухтели, Краснинского современного Верхнеуральского р-на. Эти же территории в числе прочих были охвачены и нашими исследованиями. И.М.Крашенинников, работая в составе экспедиции Неуструева, отмечал пестроту и неоднородность растительного покрова, считая ее следствием разнообразия экологических условий местности. Но преобладающей растительной ассоциацией в ту пору были ковыльно-разнотравные степи. Хотя уже тогда территория была распахана, встреча-

лись мощные куртины ковылей (семь видов) почти во всех точках и богатое разнотравье лугово-степного типа. Однообразные степи Крашенинников отмечал всего раз — на склонах логов р.Уя.

Сегодня естественная растительность сохраняется только на нераспаханных участках, неудобьях. В западной части района, на правобережье р.Урал, преобладающий тип степей — типчаково-разнотравные, кроме них встречаются ковыльно-разнотравные, разнотравно-злаковые и полные.

За последние 20 лет трансформация растительности на Южном Урале шла по пути изменения количества видов, уменьшения урожайности сельхозугодий. Это вызвано в основном неконтролируемым выпасом крупного рогатого скота и овец, а также изменением химического состава почв и их эрозией. Мы пока знаем об истории ландшафтов этих мест не так много, но уже ясно, что почвенная археология помогает прочесть их летописи. ■

Литература

1. Зданович Г.Б., Иванов И.В., Плеханова Л.Н. Музей-заповедник «Аркаим» в Стране городов // Природа. 2001. №9. С.50—58.
2. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Основные геолого-палеоэкологические события конца позднего плейстоцена и голоцена на восточном склоне Южного Урала // Природ. системы Юж. Урала / Под ред. Л.Л.Гайдученко. Челябинск, 1999. С.66—103.
3. Иванов И.В., Плеханова Л.Н., Чичагова О.А. и др. Палеопочвы Аркаимской долины и Самарского региона как индикатор экологических условий в эпоху бронзы // Бронзовый век Вост. Европы: характеристика культур, хронология и периодизация: Материалы междунар. науч. конф. Самара, 2001. С.375—384.
4. Плеханова Л.Н. Прямые и обратные соотношения почвенно-растительного покрова и микрорельефа в степной зоне // Геоэколог. пробл. почвоведения и оценки земель: Материалы Междунар. конф. / Под ред. Л.И.Герасько. Томск, 2002. С.172—178.
5. Плеханова Л.Н., Левит А.И. Трансформация степной растительности под влиянием антропогенной нагрузки // Степи Сев. Евразии: стратегия сохранения природ. разнообразия и степ. природопользования в XXI веке. Материалы международного симпозиума. Оренбург, 2000. С.312—314.

Исток Ангары

Посвящается М.М.Тетяеву, основоположнику шарьяжной* тектоники в регионах Восточной Сибири

Вал.И.Сизых, Вит.И.Сизых, Ю.И.Сизых

В Байкал впадает 336 водотоков, а вытекает лишь одна Ангара...

Кто хоть однажды преодолел на лодке исток этой реки, никогда не забудет неизгладимого впечатления от нарастающей бездны Байкала. Загипнотизированный взгляд не успевает следить за бегущим навстречу мелководьем. Течение Ангары здесь чрезвычайно быстро: по фарватеру от 4 до 8 км/ч, т.е. 1—2 м/с. Каменное ложе стремительно приближается и возрастает, словно падает на тебя. С ужасом ждешь столкновения с гранитным днищем. И вдруг резкий перепад — бездонный, бирюзовый морской обрыв, от которого кружится голова. Вокруг беспредельная, многовоковая тишина. И невольно вспоминается древняя легенда о седом Байкале и его юной убегающей дочери.

Максимальная ширина Ангары в истоке около 1 км, глубина 4—6 м, а в некоторых местах 0,5—0,7 м, и тогда каменистые гряды и отдельные камни возвышаются над водной поверхностью. Шаманский камень на середине русла никогда не покрывается водой. Собранный архео-

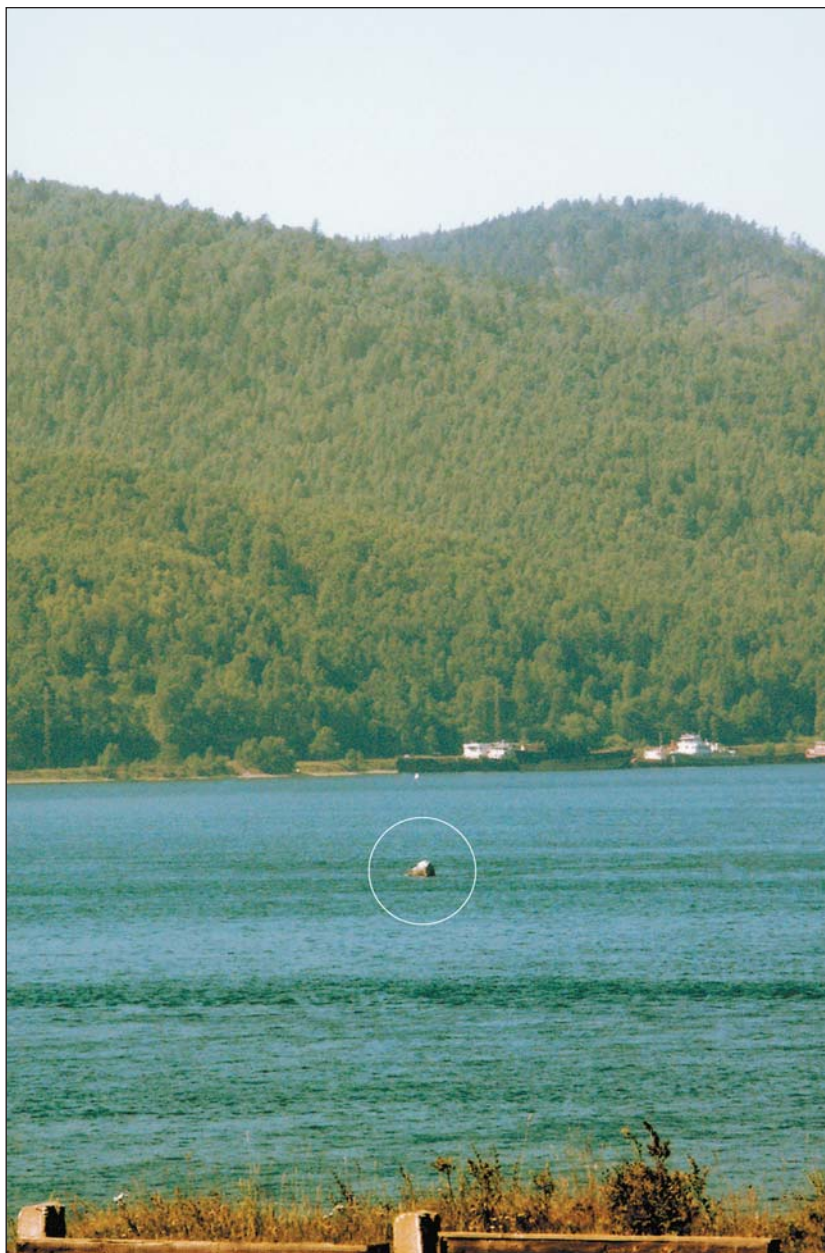


Валентин Иннокентьевич Сизых (в центре), доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и магматизма древних платформ Института земной коры СО РАН (Иркутск). Область научных интересов — общая тектоника, геодинамика, геология нефти и газа. Один из первооткрывателей Среднезиминского редкометалльного месторождения. Неоднократно печатался в «Природе».

Виталий Иннокентьевич Сизых (справа), кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией прикладной минерагении Забайкальского института (Чита). Специалист в области тектоники и металлогении. Первооткрыватель Бом-Горхонского вольфрамового месторождения.

Юрий Иннокентьевич Сизых, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Аналитического центра Института земной коры СО РАН. Научные интересы связаны с химическим анализом горных пород и минералов.

* Шарьяж — горизонтальный или пологий надвиг с перемещением горных пород в виде покрова на значительные расстояния.



Шаманский камень никогда не покрывается водой.

Здесь и далее фото Ю.И.Сизых

логический материал свидетельствует о том, что этот каменный островок в неолите представлял собой жертвенное и культовое место коренных народов Приангарья.

В Ангару поступает мощный поток не только с поверхностных слоев озера, но и с глубин 60–80 м, где вода относительно теплая. Зимой, прежде чем за-

мерзнуть, она успеваеет убежать по реке на 10–15 км [1]. Здесь обитают многочисленные утиные стаи. Вода в реке такая же прозрачная, как и в Байкале. По всему руслу до мельчайших подробностей просматривается дно.

Исток Ангары с прилегающей акваторией Байкала содержит уникальные геологические, гео-

морфологические и археологические памятники природы.

Прорезь Ангары

История геологического развития истока этой реки содержит еще немало нерешенных проблем. Особый интерес вызывает происхождение ее прорези, возникновение которой большинство исследователей связывает с временем образования Ливинского залива. На его берегах хорошо выражена только первая байкальская терраса высотой 2–4 м. Более высокие террасы в заливе отсутствуют. За его же пределами наблюдаются остатки третьей террасы (на мысе Березовом и других смежных участках Байкала). Отсутствие их на берегах Ливинского залива может свидетельствовать о том, что опускание территории нынешнего дна акватории происходило до формирования первой (раннесреднеголоценовой) и после образования третьей байкальских террас, а значит, Ангарская прорезь могла возникнуть в начале или середине сартанского времени (20–15 тыс. лет назад).

Ангарский надвиг

Нет ясности и в том, являются ли юрские конгломераты района дельты Селенги и Ангары образованиями единого седиментационного бассейна. Последние геологические данные позволяют предположить, что непрерывный юрский бассейн относительно недавно был разорван Южно-Байкальской рифтогенной котловиной. Между ее кайнозойским чехлом и кристаллическим фундаментом фиксируются отложения юры, палеозоя и, возможно, докембрия. Юрские отложения перекрыты знаменитым Ангарским кристаллическим надвигом.

В свое время эта структура послужила мощным толчком для оживленной дискуссии по

применению шарьяжно-надвиговой тектоники к регионам Восточной Сибири. Впервые надвиг древнейших кристаллических пород на юру в истоках Ангары установил Н.И.Свистальский в 1914 г., а уже в следующем году совместно с М.М.Тетяевым они представили относительно подробное его описание. Тетяев выделил здесь три фации юры (иркутскую, дабатскую и байкальскую) в качестве крупных тектонических чешуй, последовательно надвинутых друг на друга. По его мнению, они представляли собой фрагменты единой покровной структуры [2]. Впоследствии эти предположения полностью подтвердились нашими и другими полевыми исследованиями [3–5].

Сложность внутреннего строения зоны Ангарского надвига подтверждена профильным бурением и горными выработками. Он обладает чешуйчатой структурой с элементами вращения отдельных блоков. Наклон сместителей на глубине становится круче, появляются оперяющие сбросы, взбросо-сдвиги с амплитудой 500–600 м. В разрезе наблюдаются перемежающиеся клинья-чешуи и пластины кристаллических и осадочных пород.

Несмотря на значительную протяженность надвига, большая его часть закрыта и картируется по косвенным геологическим, геоморфологическим данным и результатам дешифрирования аэрофотоснимков. Непосредственно в коренных выходах контакт с подстилающими породами можно наблюдать лишь в единичных местах.

На водоразделе Большие и Малые Коты, в 800 м к северу от оконечности хребта, отчетливо видны гряды гранитоидов Приморского комплекса, надвинутые на юрские конгломераты. Тектонический контакт приурочен к узкой седловине. Гранитоиды интенсивно катаклазированы (деформированы и раздроблены), по составу отвечают биотит-роговообманковым грано-



Исток Ангары — единственной реки, вытекающей из Байкала.

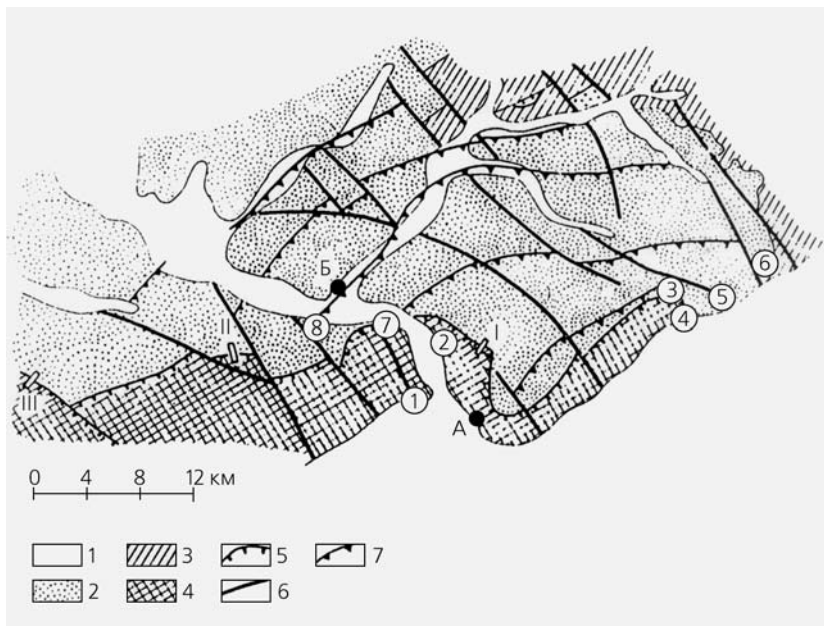


Первая терраса на берегу Листвянского залива, недалеко от истока Ангары.

диоритам, кварцевым сиенитам. Вдоль фронта надвига наблюдается серия тектонических чешуй, дугообразно изгибающихся вверх. Главная зона Ангарского надвига (детachment) представлена катаклазитами и милонитами мощностью 10–15 м. Юрские конгломераты в лежащем крыле надвига также интенсивно катаклазированы. Ориентировка слоистости песчаников указывает на подвороты пластов, вплоть до опрокидывания,

что впервые подробно описал В.Н.Данилович [6, 7].

На побережье Байкала, в 100 м к западу от устья р.Варначка, в коренных выходах фиксируется поверхность сместителя надвига, т.е. здесь можно непосредственно изучать контакт кристаллического фундамента и осадочного чехла Сибирской платформы. Это уникальный классический полигон не только для студенческих, но и международных геологических экс-



Геолого-тектоническая схема истока Ангары [5]. 1 — четвертичные осадки; 2 — юрские отложения; 3 — байкальский комплекс рифея; 4 — шарыжалгайский комплекс архея; 5 — фронт Ангарского надвига; 6 — разрывные нарушения; 7 — надвиговые чешуи. I—III — буровые профили. Цифры в кружках — геологические объекты: 1 — мраморы порта Байкал, 2 — конус выноса ручья Банного, 3 — водораздел Большие и Малые Коты, 4 — падь Варначка, 5 — падь Нижняя, 6 — мыс Соболева, 7 — падь Сосновая, 8 — падь Подорвиха. А — пос.Листвянка, Б — пос.Большая Речка.

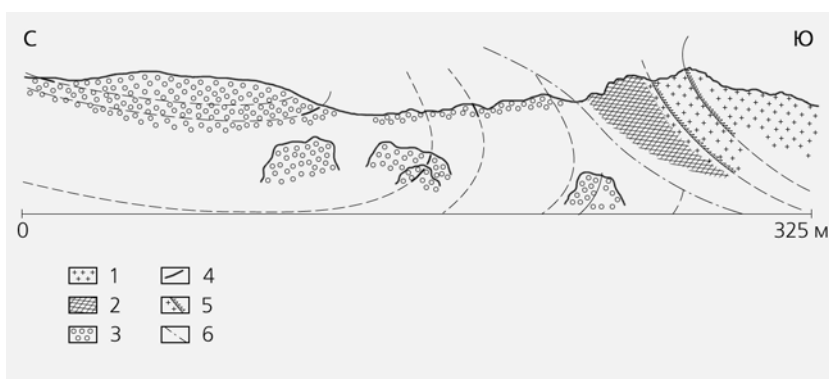


Схема зоны Ангарского надвига на водоразделе Большие и Малые Коты [6]. 1 — гранит; 2 — милонит; 3 — конгломерат; 4 — прослой песчаника; 5 — контакты между чешуями; 6 — поверхность сместителя надвига.

курсий. Особенно эффектно он выглядит после обильных дождей, когда сместитель отретуширован ярко-коричневой, охристой тектонической глиной, темно-серыми милонитами. Залегание юрских осадков определяется по двум подвернутым маломощным (10—15 см) прослоям песчаников. Первый находится в 30 м от контакта, второй — в 40 м.

В 6.5 км от истока Ангары, в левом борту Иркутского водохранилища, ниже пади Сосновой, в береговых обрывах наблюдается надвигание архейских гнейсогранитов на осадочные породы юры. Гнейсовидность в кристаллических породах выражена отчетливо, с ней совпадает основная система трещин кливажа* надвига. Вниз по течению последовательно вскрываются: катаклазиты по гранитогнейсам и песчаникам (мощностью 4.0 м); тонкополосчатые, черные, углистые милониты (0.5 м); толстоплитчатые песчаники (1.5 м); катаклазированные песчаники (4.0 м); средне-грубозернистые, массивные песчаники с детритом (2.0 м); бурые, массивные песчаники (2.0 м); конгломераты с маломощными (20—40 см) пластами песчаников (10.0 м); песчаники с прослоями аргиллитов (25.0 м); конгломераты с тонкими прослоями песчаников (19.0 м) и песчаники с алевролитами (1.0 м). Далее — обычное чередование пологозалегающих пластов и пачек юрских конгломератов, песчаников, алевролитов.

Тектонические останцы Ангарского надвига

О реликтах тектонических останцов в истоках Ангары впервые упоминается в работах Тетяева [8, 9]. Однако в дальнейшем большинство исследователей забыли об этом и рассмат-

* Кливаж — способность горных пород раскалываться на пластинки и призмы по густо развитой системе параллельных поверхностей.

ривали их как результат выветривания крупновалунных юрских конгломератов или как эрозионные выступы кристаллического фундамента. Последняя точка зрения возобладала и нашла свое отражение практически на всех изданных геологических картах. По нашим данным и некоторым литературным материалам, в истоке Ангары, вдоль фронта надвига и к северо-востоку на расстоянии 6–8 км среди сплошного поля юрских осадочных пород наблюдается серия тектонических останцов древних кристаллических пород. Как правило, они приурочены к абсолютным отметкам 600–800 м, в долинах же рек подошва юрских отложений вскрывается скважинами на глубинах 50–100 м.

Одним из примеров таких останцов служит уступ горы Острой. Здесь, на водоразделе рек Банной и Раскопихи, на юрских конгломератах залегает реликт нижнепротерозойских гранитоидов китойского комплекса с ксенолитами кристаллических сланцев шарыжалгайской серии архея. Размер тектонического останца 30×130 м², мощность 15–20 м. Юрские конгломераты, непосредственно залегающие под ним, несут следы интенсивно проявленного динамометаморфизма: видны зеркала и борозды скольжения, вмятие и деформация галек.

На склоне байкальского берега, в 400 м к западу от мыса Соболева, в непосредственной близости от фронтального сместителя, на юрских конгломератах залегает останец гранитоидов приморского комплекса. В плане он имеет овальную форму с диаметром около 20 м.

Наиболее сложно построен тектонический останец пади Нижней размером 300×600 м². Он состоит из двух пластин. Нижняя, мощностью около 40 м, сложена архейскими гранитоидами, верхняя, мощностью 25–30 м, — доломитами средней подсвиты голоуспенской свиты.

Схема расположения останцов Ангарского надвига [5].

1 — аллохтон (кристаллические породы докембрия); 2 — автохтон (юрские осадочные породы); 3 — Ангарский надвиг; 4 — клиппы (останцы) Ангарского надвига; 5 — ориентировка движения тектонических чешуй [6]; 6 — местоположение частного разреза; 7 — линия разреза.

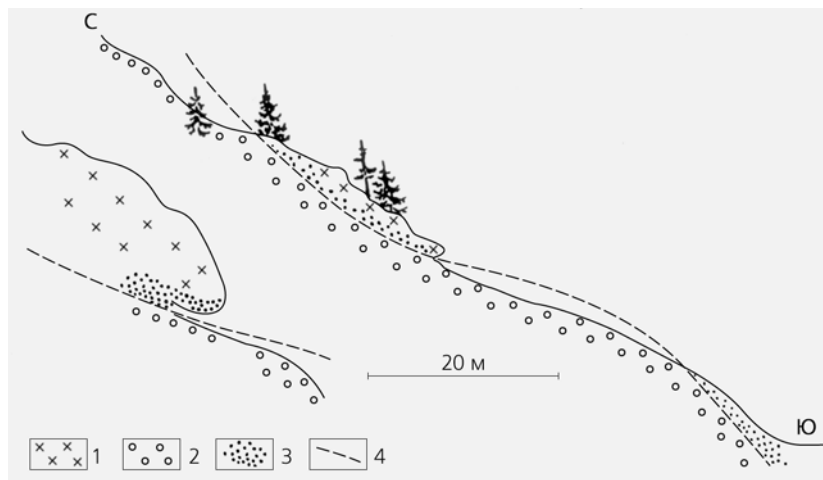
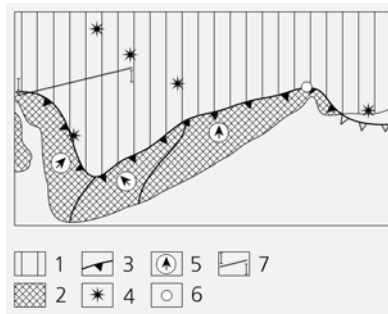
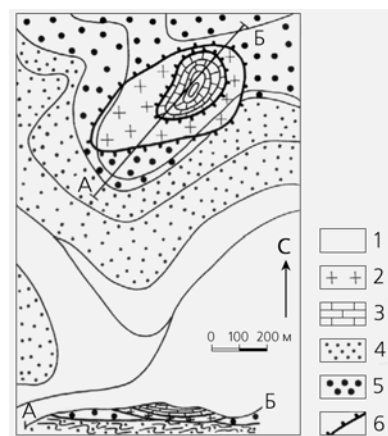


Схема останца Ангарского надвига на мысе Соболева [6].

1 — гранитоиды милонитизированные; 2 — конгломераты; 3 — тектонические брекчи и милониты; 4 — линия надвига. Слева — фрагмент нижней части останца.

Мраморы порта Байкал

В районе порта Байкал, вдоль полотна железной дороги, на протяжении 400 м наблюдается выход красивых доломитизированных мраморов мощностью около 40 м. В жилах, гнездах и других обособлениях широко распространена наложенная минерализация, представленная серпентином, хлоритом, бруситом, пренитом. Процессы ультраметаморфизма здесь отражены в формировании магниезильных скарнов. Наиболее ранние из них обнаруживаются на контакте мраморов с перекрывающими их гранат-биотитовыми плагиогнейсами. Они характеризуются следующей зональностью: пироксен-плагиоклазовая или мономинеральная плагиок-



Геологическая схема района пади Нижней [5].

1 — современные осадки; 2 — гранитоиды; 3 — карбонатные породы голоуспенской свиты; 4 — рифейские терригенные породы; 5 — породы юры; 6 — контуры клиппа.

лазовая порода, шпинель-пироксеновый скарн, пироксеновый скарн, шпинель-форстеритовый кальцифир, доломитовый мрамор. В мраморах также распространены жильные и линзовидные тела мономинеральных снежно-белых диоксидовых скарнов. По их периферии присутствуют зоны форстеритовых скарнов и кальцифиров, в которых встречаются изометричные октаэдрические кристаллы серой, голубой, реже рубиновой, красной и розовой шпинели [10].

Конус выноса ручья Банного

Карьером на окраине с.Николы, вблизи автотрассы, ведущей в пос. Листвянка, вскрыт конус

выноса ручья Банного, образующий первую надпойменную террасу (4–6 м) Ангары. В береговых обнажениях от с.Николы до Лимнологического института встречаются древние кусочки железного шлака, наконечники стрел, пластинки, скребки, отщепы, обломки шлифованных изделий из зеленого нефрита, осколки гладкостенной либо орнаментированной керамики.

Обращает на себя внимание отсутствие в никольском разрезе аллювиальных (речных) фаций. Принимая во внимание перекрытие тылового шва первой надпойменной террасы сартанскими конусами выноса, можно предполагать, что накопление осадков здесь происходило в условиях почти полного прекращения стока Ангары из Бай-

кала. В устье пади, где расположен Лимнологический институт, на скальном мысе высотой 7–8 м лежит покров рыхлых отложений мощностью 1.0–1.5 м. На глубине 5–15 см обнаружены культурные остатки железного века (2.5–1.0 тыс. лет назад), а на глубине 60 см, в кровле погребенной супесчаной почвы – следующий культурный горизонт с остатками раннего неолита (7–5 тыс. лет назад). На глубине 0.9–1.5 м располагается третий культурный горизонт [10], соответствующий финальному мезолиту (9–8 тыс. лет назад). ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 01-05-97216.

Литература

1. Галазий Г.И. Байкал в цифрах и ответах. Иркутск, 1987.
2. Тетяев М.М. К геологии Западного Прибайкалья // Материалы по общ. прикл. геологии. 1916. Вып.2.
3. Замараев С.М., Сизых В.И., Мешалкин С.М. и др. // Докл. СССР. 1982. Т.267. №6. С.1426–1429.
4. Замараев С.М., Сизых В.И., Мешалкин С.М. и др. // Геология и геофизика. 1983. №5. С.126–130.
5. Сизых В.И. Шарьяжно-надвиговая тектоника окраин древних платформ. Новосибирск, 2001.
6. Данилович В.Н. Трещинная тектоника и ориентировка движения покрова надвига // Тр. Иркут. ун-та. 1953. Т.5. Вып.1. С.5–26.
7. Данилович В.Н. О локальных покровных структурах на юге Восточной Сибири // Пробл. тектоники. М., 1961. С.174–188.
8. Тетяев М.М. // Вестн. Геол. комитета. 1928. №4/6. С.8–12.
9. Тетяев М.М. Геотектоника СССР. Л., 1938.
10. Геологические памятники Байкала / Сост. Г.В.Рязанов. Новосибирск.

География

Горные вершины Антарктиды

Гора Шинн в составе хребта Сентинел — третья по высоте на Антарктическом континенте (с 1960-х годов во всех справочниках, атласах и на картах стоит отметка 4800 м над ур.м.). Однако недавно два альпиниста — Д.Гилди (D.Gildea) из Австралии и Р.Фика (R.Fica) из Чили, совершившие нелегкое восхождение на вершину, опровергли это. В продолжение семи часов

они при температуре около –30°C и скорости ветра до 25 км/ч упорно шли вперед, а последние десятки метров карабкались по нестабильному льду под углом 50–60°.

Достигнув пика, они провели там около 7 часов, чтобы уловить сигналы спутника системы GPS (Global Positioning System) и через спутниковый телефон передать данные на компьютер Австралийского управления наук о Земле в Канберре. Ко времени, когда альпинисты спустились в базовый лагерь, вычисления уже были завершены и со-

общены им по радио. Оказалось, что предыдущая оценка высоты горы Шинн завышена на 140 м — ее истинная высота «всею» 4660.5 м. Тем не менее свое третье место на «пьедестале» Антарктиды она сохранила; четвертое занимает гора Краддок (4650 м), расположенная на п-ове Терстон. А высочайшей вершиной ледового континента справедливо называют пик Винсон в одноименном массиве (5140 м над ур.м.), за ним следует гора Тайри в хребте Элсуэрта (4965 м над ур.м.).

AusGeoNews. 2003. №69. P.18 (Австралия).

Жизнь и плавание капитана И.А.Мана

К 100-летию со дня рождения

Л.И.Ман,

кандидат физико-математических наук

Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН

В изучении Мирового океана капитаны судов сыграли выдающуюся роль. Здесь можно назвать немало славных имен: И.П.Крузенштерн и Ю.Ф.Лисянский, Ф.Ф.Беллинсгаузен и Ю.Ф.Лазарев, О.Е.Коцебу и С.П.Макаров. Эти и многие другие командиры русских кругосветных плаваний не ограничивались прокладыванием маршрутов и открытием новых земель, они исследовали природу океана, определяли его глубины, температуру, соленость, выявляли течения в разных районах.

Когда в 50-х годах XX в. готовилась первая Советская антарктическая экспедиция, прежде всего были востребованы работы Беллинсгаузена и Лазарева, открывших на шлюпах «Восток» и «Мирный» в январе 1820 г. шестой континент и несколько островов в Южном океане. Но экипажи этих судов на берег не высаживались, русские навигационные карты отсутствовали, не ясно было положение береговой линии многих участков Антарктиды.

Между тем предстояло выбрать такое место для первой базы крупной экспедиции, чтобы оно было максимально удобно для разгрузки тяжелых грузов на берег, представляющий собой ледовый обрыв высотой 20–30 м. Эта выгрузка была совсем не простой: тяжелые трактора, самолеты, тысячи тонн разнообразных материалов, часто при неблагоприятных погодных условиях. От этого этапа зависел успех или неуспех научно-исследовательской работы всей наземной части экспедиции. Роль капитана здесь – решающая, и Иван Александрович Ман выполнил ее блестяще.

Что до морской части антарктической экспедиции, то задача капитана была еще важнее. Работы велись в районах, практически не изученных из-за крайне тяжелой ледовой обстановки. Для проведения морских исследований необходимо было установить точное положение океанографических станций, точка каждой из них определялась астрономически, поскольку радиометоды тогда в Южном полушарии не использовались. Большую часть времени небо здесь закрыто облаками, нередко туманы, и именно капитан обеспечивал в крайне тяжелых условиях правильность навигации.

В дрейфующих льдах, когда с высокого борта «Оби», самого крупного в то время исследовательского судна в мире, проводились исследования с помощью тяжелых океанологических приборов (некоторые весом до тонны), приходилось приспосабливаться к пронизывающему холоду. Никакого опыта не было, требовалось взаимодействие всех служб судна и членов экспедиции – без капитана и здесь не обойтись. Особенно трудно было в «ревущих сороковых» и «неистовых пятидесятых». Вместе с капитаном Маном удалось (после многих неудач) создать специальную методику управления судном – с «подработкой» на станциях машинами против ветра и волны. Впоследствии она вошла в практику и широко применяется в наше время.

Капитана интересовало все, что связано с природой морей и океанов, но особенно исследования жизни в океане, морской воды и его дна. Он лично участвовал в первых пусках новых приборов. (Автору этих строк в ходе экспедиции удалось сделать трубку большого диаметра для получения уникальных колонок донных осадков и погружные насосы для отбора глубинной воды с горизонтов до 150–200 м.) При их испытании капитан показал настоящее мастерство. Ныне такие заборные работы обычны для морских геологов всего мира, и в этом – также немалая заслуга Мана.

Капитан всегда участвовал в работе научно-технического совета экспедиции, интересовался полученными результатами, старался организовать работу судна так, чтобы научный состав и экипаж, выполняя сложные задачи, были едины. Мы, участники первых антарктических экспедиций, полагаем, что их успех в значительной мере связан с именем Ивана Александровича Мана. Вспоминаем его с теплотой и благодарностью.

© Академик А.П.Лисицын



Иван Александрович Ман (1903–1982).

Здесь и далее фото из архива Л.И.Ман

Мой отец так и не написал книги о своей необычной, яркой жизни. Судьба не поспешила, свидетель и активный участник многих событий, он был знаком и дружен со многими выдающимися людьми. По мере сил и способностей хочется восполнить этот пробел и рассказать о жизни отца, используя его сохранившиеся записи и другие доступные мне документы.

В выписке из Волжского архива значится, что во второй половине XIX в. в Саратов из Германии приехал бежавший от преследований за революционные настроения «принadleжавший к знатному роду Богдан Ман с женой Натальей». Их сын Александр, окончив Петровскую академию в Москве, стал преподавать математику в г. Горки бывшей Могилевской губ. Хозяйство у него вела Агафья Ивановна Козырева, и от этого гражданского брака (против церковного были родители) появился на свет сын Иван. В 1913 г. отец мальчика скоропостижно скончался. Ивану, носившему в то время фамилию матери, пора было заняться учебой, для чего нужны были документы.хлопоты матери увенчались успехом: «...означенному в метрической выписи Ивану... 18 декабря 1914 года укреплены отчество “Александрович” и фамилия “Ман” с тем чтобы он пользовался исключительно этой фамилией».

Иван с матерью переехали в Саратов к сестре отца — Люции Богдановне, умной и образованной женщине, преподававшей иностранные языки, прекрасной музыкантше. Она-то и занялась воспитанием моего отца, который очень уважал свою тетку и многое от нее перенил. Поступив в реальное училище, он одновременно обучался игре на фортепьяно, увлекался спортом — зимой бегал на лыжах, а летом плавал на яхтах; стал членом саратовского яхт-

клуба, затем инструктором парусного спорта и капитаном «Фриски». Учитель музыки не смог смириться с вечными мольбами на руках ученика и предложил ему выбор — фортепьяно или яхты. Без колебаний отец выбрал яхты. Впрочем, музыке он любил, и позже в Одессе с удовольствием ходил в оперу и на симфонические концерты, играл вальсы Шопена, а со мной — пьесы в четыре руки. В Саратове отец поступил в Политехнический институт и учился там в течение трех лет, вплоть до его закрытия.

Времена были голодные. Приходилось подрабатывать рабочим на складе, куда поступала помощь голодающим Поволжья. В конце дня рабочим разрешалось подметать склад и собирать остатки просыпавшейся муки, сахара, какао. В 1921 г. в Саратов приезжал Фритъоф Хансен, знаменитый полярный исследователь, гуманист и друг России, руководитель Фонда помощи голодающим Поволжья. К тому времени море и полярные исследования уже завладели всеми помыслами отца, а мимолетная встреча с Хансеном только укрепила его уверенность в том, что ему пора «двигаться к настоящему морю».

В 1923 г. институт закрыли и отец уехал в Петроград, где собирался учиться на кораблестроительном факультете Политехнического института, но на собеседовании ему посоветовали Морской техникум (в соответствии с его склонностями), куда он и поступил. Однако вскоре отца отчислили из-за «недостаточно хорошего социального происхождения», но восстановили после того, как он совершил одиночное плавание на байдарке из Петрограда в Астрахань. Вскоре у отца и его товарища по техникуму возникла мысль спроектировать и построить яхту и совершить на ней кругосветное плавание. С этой идеей они обратились к начальнику технику-

ма, знаменитому капитану Д.А. Лухманову, который план одобрил и помог воплотить в жизнь: яхта «Красная звезда» была построена и опробована в Финском заливе. Но XIII съезд ВКП(б) провозгласил строжайшую экономию, и кругосветное путешествие запретили, а яхта еще много лет была учебным судном Ленинградского мореходного училища.

В числе лучших курсантов отец был направлен практикантом на четырехмачтовый барк «Товарищ» под командой Лухманова, где стал матросом, а потом и боцманом. За три с половиной года он прошел настоящую морскую школу, совершил кругосветное плавание и навсегда полюбил парусники (их изображения и сегодня украшают его комнату в Москве). Наступал новый период, теперь предстояло самостоятельно работать и учиться уже у самой жизни.

Арктика. Дальний Восток

Получив диплом штурмана дальнего плавания в Одесском мореходном училище, с 1929 по 1933 г. отец плавает на лесовозе «Анастас Микоян» Балтийского торгового флота — сначала боцманом, потом третьим и вторым помощником и, наконец, старшим помощником капитана. Это судно было в составе Первой особой северо-восточной полярной экспедиции Наркомвода, доставившей из Владивостока к устью р. Колымы первых строителей и 12 тыс. т груза. Рейс каравана из восьми крупных морских судов и парусно-моторной шхуны под проводкой ледореза «Федор Литке» проходил в очень тяжелых ледовых условиях при штормах, каких не помнили даже старожилы Чукотки. Понадобились две полярные навигации и зимовка всего каравана в районе мыса Певек, а часть судов даже вынуждена была зазимовать второй раз вблизи мыса



Люция и Александр Ман. Саратов. Начало XX в.



Иван Ман — ученик реального училища.



Экслибрис.

Биллингса в открытом море. Эта экспедиция положила начало освоению богатейшего Колымо-Индибирского края. В зимовку 1932—1933 гг. были проведены промеры около Чаунской губы и островов Большой и Малый Раутан, установлены первые навигационные знаки, подготовлены материалы для составления карт и лоций района. Отец активно участвовал в работе среди населения Чукотки, проводимой участниками экспедиции, совершил два санно-лыжных похода по торосистым льдам для оказания помощи экипажу лесовоза «Урицкий», отставшего от каравана и дрейфовавшего во льдах.

Затем он — старпом на пароходе «Кола», а впоследствии — капитан (после получения в 1935 г. диплома капитана

дальнего плавания). Следующее судно отца — «Правда», — которое участвовало во вспомогательных транспортных операциях по первой проводке военных кораблей по Северному морскому пути с запада на восток, потом — пароход «Комилес». В 1940 г. отец назначен заместителем начальника Дальневосточного пароходства по мореплаванию, но с началом Великой Отечественной войны вернулся на море. Командуя крупнотоннажными судами «Трансбалт», «Турксиб», «Войков», он доставлял из-за океана грузы для фронта и народного хозяйства.

В 1943 г. «Войков», направляясь с грузом из США в СССР, в условиях плохой видимости (из-за сильного тумана) потерпел аварию недалеко от бухты Про-

видения. На помощь поспешил И.Д.Папанин, тогдашний начальник Главсевморпути. Усилиями экипажа и подоспевших судов корабль был снят с мели и отправлен своим ходом для ремонта в один из портов США. По тогдашним суровым правилам отца судили и приговорили к семи годам лишения свободы без поражения в правах. По его просьбе отбывание наказания было заменено отправкой в прифронтовую зону, на Черное море. С декабря 1943 г. он плавал третьим, вторым и старшим помощником капитана теплохода «Тракторист», возившего десант в район Новороссийска. После нескольких месяцев тяжелейшей работы в море летом 1944 г. судимость сняли. Отец считал себя удачливым и счастливым человеком, но и неприятностей в его жизни было немало...

В 1944 г. он снова капитан — сначала на пароходе «Стахановец», а затем «Калинин». В это

время мы с мамой приехали из Владивостока и плавали с отцом. Время было очень тяжелое, большинство черноморских портов лежало в руинах. Наполовину разрушенный Новороссийск и полностью — Севастополь... Велика была опасность подорваться на многочисленных минах. На судах перевозили войска, раненых, военные грузы. В конце 1944 г. «Калинин» пришел в только что освобожденную Одессу, куда было переведено Управление Черноморского пароходства. Черноморский торговый флот нуждался в существенном пополнении. 2 января 1945 г. отец принял в Констанце румынский теплоход «Бессарабия», переименованный в «Украину».

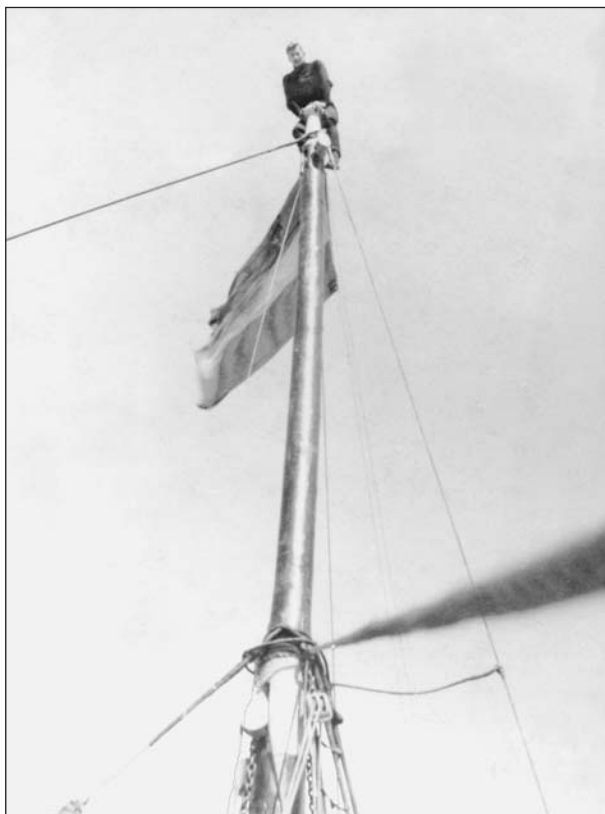
«Украина» и «Россия»

У меня к «Украине» особая любовь. Представьте себе прекрасное, дивных пропорций за-

литое светом судно в темном разбитом Одесском порту. Команда (40 человек) и капитан были еще румынскими, так что некоторое время отец занимал не капитанскую каюту, а «королевский люкс», такой роскошный по сравнению с нашей квартирой без крыши, с горкой угля посредине комнаты.

«Бессарабия» (кажется, это была яхта короля Михая) была построена в Дании в 1938 г. Она обладала превосходными мореходными качествами и ходила со скоростью 21 узел. Комфортабельные каюты, великолепное белье, посуда. Музыкальный салон, два ресторана с портретом короля, немедленно замененным на портрет Сталина.

До середины июня «Украина» совершила 17 рейсов Одесса—Констанца—Одесса и доставила пополнение Четвертому украинскому фронту — 34 тыс. бойцов и офицеров, а в Одессу — около 25 тыс. раненых, кроме того — 5 тыс. тонн генеральных



На мачте «Товарища».



Д.А.Лухманов — капитан барка «Товарищ».



Капитан «Правды».

грузов, в числе которых было много имущества, вывезенного оккупантами из СССР. Судно, рассчитанное на 600 пассажиров, возило до 4000, а иногда 4500 человек.

А сколько мужества потребовалось экипажу «Украины», чтобы доставить севастьяпольских моряков в один из портов Албании, потом в Англию, чтобы принять переданный Советско-

му Союзу по лендлизу линкор. Из Средиземного моря вышли в Атлантику, а затем в начиненное минами туманное и штормовое Северное море. «Это была далеко не прогулка», — вспоминал отец.

Именно на «Украине», стоявшей у одесского причала, мой отец, мать и я встретили 9 мая 1945 г. День победы. Утром 16 июня «Украина» вышла в свой первый рейс по крымско-кавказской линии (судно было тогда на ней единственным) из Одессы в Севастополь, Феодосию, Новороссийск, Туапсе, Сочи, Сухуми, Поти, Батуми и обратно. Люди возвращались домой из эвакуации, разыскивали родных и близких. Многие возили продукты «с юга» — мандарины, яблоки, хурму... Вот одна из записей отца, относящаяся к этому времени: «В связи с большим количеством всплывающих мин заграждения, плавание совершалось только в светлое время суток. Ночевали в Севастополе, Новороссийске, Сухуми. <...> Благодаря неизменным заходам во все порты, предусмотренные расписанием, загрузка была полной, а в летнее время даже чрезмерной. За год обычно перевозилось 80—

100 тыс. пассажиров. <...> Вместе с тем короткие стоянки в промежуточных портах и нехватка в них рабочей силы требовала участия экипажа в грузовых работах», а иногда и членов семей моряков. Даже я кричала «майна — вира». Бездельников отец не выносил.

Летом я плавала с отцом и спала на угловом диванчике в его кабинете... Обычно посадка в Одессе начиналась в 23 ч, а снималось судно в 4 утра. Приходилось швартоваться несколько раз в день (великолепная школа, пригодившаяся впоследствии в Антарктике). Количество пассажиров (включая палубных) превышало все нормы, и отец очень переживал, видя жирные следы от мешков с тюлькой на великолепной тиковой палубе, чистоту которой он частенько проверял носовым платком.

Вот еще заметка, датированная июнем 1978 г.: «Сразу после войны портовое хозяйство, причальные линии были в тяжелом состоянии. <...> Почти полное отсутствие <...> амортизирующих устройств очень затрудняло швартовые операции. Посадка и высадка пассажиров на рейдах в Евпатории, Ялте и Сочи при плохой погоде была трудной и даже опасной. Поэтому заход «Украины» в сочинский порт еще до его достройки явился существенным шагом в улучшении обслуживания пассажиров. То же повторилось с заходом «России» (это следующее судно отца. — Л.М.) в Ялтинский порт. В расписании они были названы факультативными и зависели от решения капитана. Сейчас это настолько обычно, что история заходов в эти порты забыта».

Отец славился своими швартовками, и эмоциональные одеситы ходили смотреть на них, как на представление. Он был первым капитаном, ошвартовавшимся в Севастополе и в курортных городах (кроме уже упомянутого Сочи) Ялте и Сухуми. Городские власти



Пароход «Правда» в Арктике.



Капитан «Украины» на погрузочных работах. 1946 г.



На борту «Украины» с женой Татьяной Ивановой и дочерью Люцией. 1946 г.

встречали «Украину» транспарантами, аплодисментами и даже подарками. Позже, два года подряд, отцу приходилось встречать и швартовать шведский лайнер «Грипсхольм» (23 000 регистровых тонн брутто) с туристами в Сочи и Ялте (его приглашали лоцманом). Задача была совсем не простой, ведь предельная длина обычных «крымчаков» была 110 м, «Украины» и «России» — 130 и 182 м соответственно, а «Грипсхольма» — 196 м!

Со временем флот пополнился новыми кораблями, появились «Победа», «Грузия», «Петр Великий» и, конечно, уже упомянутая огромная «Россия». И все же многие одесситы, москвичи и киевляне предпо-

читали по-прежнему плавать на «Украине», с Маном. Сколько же интереснейших людей побывало на «Украине» — ученых, артистов Большого и Кировского театров, журналистов, «киношников», художников... Вспомню только некоторых — офтальмолога Филатова, Марка Бернеса, Леонида Утесова, балерин Лепешинскую и Дудинскую, певцов Козловского, Давыдову, виолончелиста Кнушевицкого, дирижера Кондрашина... И никто никогда не отказывал в просьбе дать бесплатный концерт или прочесть лекцию для экипажа и пассажиров. Время от времени отец и сам устраивал морские «шоу». Так, в одном из рейсов «Украина» прошла между берегом и Айдаларами —

скалами у берегов Крыма (но это не было ухарством: предварительно были сделаны все необходимые промеры, что, впрочем, не помешало отцу получить за это выговор в пароходстве).

Во всех черноморских портах к отцу относились очень тепло, да и он всегда старался сделать морское путешествие максимально приятным для пассажиров. Близко подходил к берегам, так что на Пицунде, например, даже видны были пасущиеся коровы. При этом радист В.Зайцев с большим знанием дела и любовью рассказывал о красотах и достопримечательностях Крыма и Кавказа.

С 1951 по 1954 г. отец плавал капитаном на «России»,



«Украина» проходит между берегом и Айдаларами. Крым. 1949 г.



С министром морского флота П.П.Ширшовым. 1946 г.

и многие его почитатели перешли вслед за ним на новое судно. Особыми пассажирами для отца были семьи моряков, которым приходится ездить по всем портам страны, чтобы хоть немного, во время стоянки судна, побыть со своими мужьями. Мы с мамой тоже много поездили по Союзу за отцом. Свое первое путешествие в Мурманск я совершила в шестиме-

сячном возрасте. Потом были Владивосток, Находка, Сахалин, Камчатка.

До сих пор не могу понять, как отец выдерживал в течение почти десяти лет такой темп жизни — ежедневно ложиться в 2—3 ч ночи и вставать в четыре утра. В городе, если мы встречали знакомых и в разговоре не обращались к отцу напрямую, он тут же стоя засыпал и просыпался,

только когда говоривший обращался непосредственно к нему.

Красавец-капитан, высокий и статный, «не имевший равных по вождению пассажирских лайнеров» (по словам известного моряка-полярника Ф.Д.Шепилова), на мостике белоснежной громады «России» — ну как можно было не влюбиться! И влюблялись... Черноморский период был нелегким, но счастливым временем.

Антарктика

В 1954 г. отца перевели в Москву и назначили Главным ревизором безопасности мореплавания Министерства морского флота СССР и одновременно членом Коллегии министерства. Однако канцелярская работа была ему не по нутру. И тут его позвали в Антарктику. Сохранился его рапорт министру морского флота В.Г.Бакаеву (копия первому заместителю председателя Совета министров СССР Л.М. Кагановичу):

«Настоящим доношу, что руководством Главсевморпути и Первой Антарктической экспедиции мне предложено принять в ней участие в качестве капитана специально оборудованного для экспедиции д/э «Обь».

Берег, где должна быть высажена береговая часть экспедиции, имеет протяженность свыше 500 морских миль. Он мало исследован, совершенно не описан и, в значительной своей части, загражден мощным барьером шельфового льда. Таким образом, подход к берегу, выбор места высадки, организация разгрузки научного снаряжения, стройматериалов, запасов топлива и продовольствия предстанит серьезные трудности.

Ясно представляя ответственность поставленной задачи, я приложу все усилия и знания, чтобы быть полезным участником ее выполнения. Мой двадцатилетний опыт командования судами и плавания в различных морях, в том числе и арктичес-

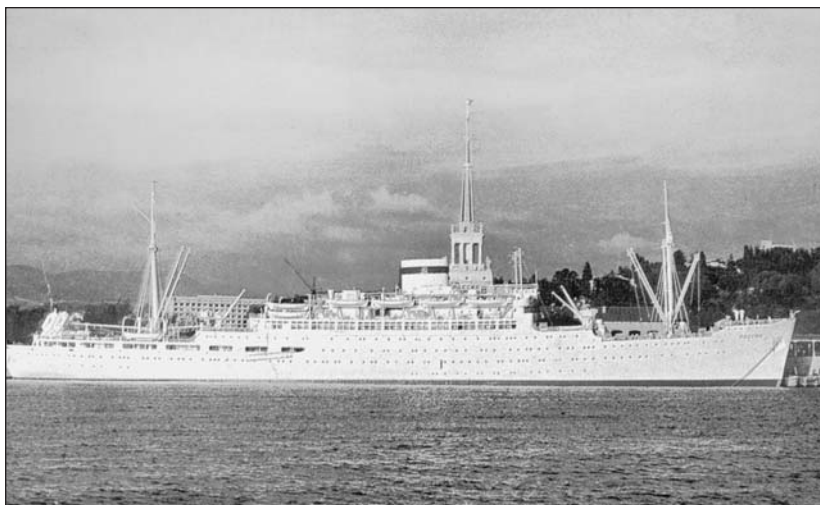
ких, будут иметь положительное значение...»

26 ноября 1955 г. отец был официально назначен капитаном флагманского судна экспедиции — дизельэлектрохода «Обь» и одновременно исполняющим обязанности заместителя начальника первой комплексной Советской антарктической экспедиции (САЭ) по морским операциям. В экспедиции также участвовал дизельэлектроход «Лена» и рефрижераторное судно «Кооперация». Советских карт и лоций с описанием берегов материка и субантарктических островов не было, их выписали из Англии. Началась активная подготовка экспедиции, начальником которой был известный океанолог и полярный исследователь М.М.Сомов.

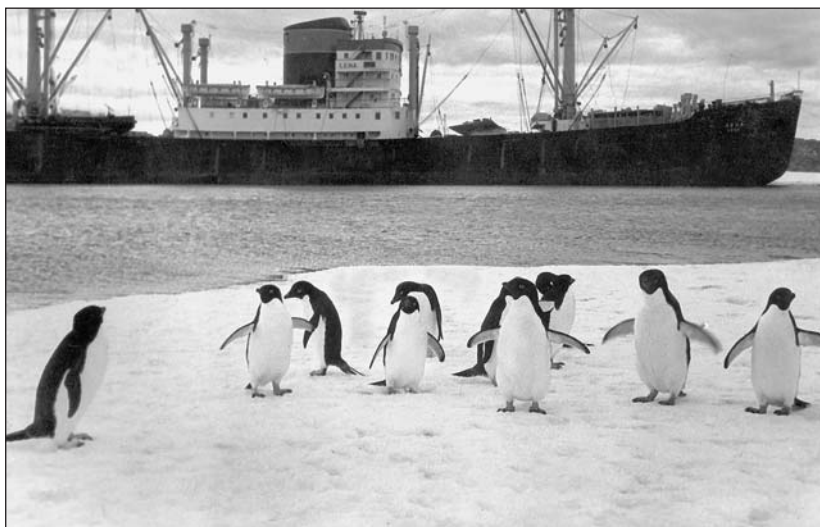
Корабль ледового класса «Обь» (длина 130 м, ширина 19 м, водоизмещение 12 600 т и грузоподъемность 6160 т) был построен в Нидерландах, государственный флаг СССР был поднят на нем 26 июня 1954 г., а 1 декабря 1955 г. из Калининграда судно направилось к берегам шестого континента.

Пройдены Балтийское и Северное моря с их штормами и туманами. После пересечения экватора пришлось несколько отклониться к востоку, чтобы идти через холодное Бенгальское течение — надо было позаботиться об авиабензине в трюме — он мог перегреться. Далее относительно спокойное плавание до Кейптауна, где пополнили запасы воды и провианта.

5 января ночью «Обь» подошла к о.Дригальского. Высокие ледяные скалы обрывались в черные воды моря, свободного ото льда. Отец, его дублер, Сомов и руководитель морской части экспедиции В.Г.Корт не сходили с мостика. До намеченной точки оставалось всего 30—35 миль, и впереди к югу была чистая вода. Справа к западу остался ледник Хелен. А дальше судно ждал сплошной туман — с мостика невозможно было различить даже бак. И все же



«Россия» на Черном море.



«Обь» у берегов Антарктиды.



Антарктический пейзаж на фотографии механика И.Белова.

«Обь» продолжала медленно двигаться вперед, лавируя между айсбергами.

Наконец судно достигло бухты Депо. 6 января 1956 г. на землю Антарктиды впервые ступили русские люди (экипажи Беллингаузена и Лазарева в 1820 г. видели берег только с борта корабля). Первое личное знакомство с «аборигенами» и первый на материке приказ начальника экспедиции Сомова — пингвинов не убивать!

Разгружались на припай. Дороги, проложенные на береговой барьер, часто разрушались, приходилось строить новые. Работали в авральном режиме — более 12 ч в сутки. Летчик А.А.Каш на самолете АН-2 вылетел на север вдоль края материка в поисках места для первой научной обсерватории — Мирного. Место выбрали на краю материка в районе о.Хасуэлл, куда и направилась 14 января «Обь». Выгрузили тракторы, сани, вездеходы... Швартоваться приходилось непосредственно к ледяному барьеру. Вот где отцу пригодился арктический опыт и бесчисленные швартовки на Черном море.

Любая лишняя минута стоянки у барьера, прозванного Обской набережной, могла ока-

заться роковой. Глубина вокруг судна была 25—30 м, а в 18—20 м за кормой — подводные камни. Чтобы избежать контакта с наиболее уязвимыми местами судна — рулем и винтом, — необходимо было постоянно работать судовой машиной. Делали это, и когда к носу вплотную подходили айсберги и большие льдины. Вскоре, после отхода «Оби», огромный массив льда обвалился, затонул и тут же всплыл в виде огромного айсберга. («Туман и айсберги — Сцилла и Харибда Антарктиды», — говорил отец.) Легко можно себе представить, какого мастерства, нервного напряжения, интуиции стоила такая швартовка и стоянка у барьера и как трагично она могла бы закончиться, не скомандуй отец вовремя отойти от барьера...

14 февраля 1956 г. антарктическая станция Мирный была торжественно открыта, а 29 февраля «Обь» приступила к работам в море Дейвиса. Была исследована прибрежная часть континента до о-вов Баллени, проведены океанографические измерения по разрезам вдоль Новозеландского порога, через Тасманово море, от Австралии до моря Дейвиса и затем на север, через район о.Кергелен, по Ин-

дийскому океану до Аденского залива. «Обь» заходила в Аделаиду, где судно посетили многие австралийские исследователи и один из корифеев изучения Антарктики сэр Д.Моусон. Маршрут «Оби» с комплексными океанологическими работами составил около 20 тыс. миль. На протяжении свыше 800 миль проводился эхолотный промер на глубинах до 5000 м и более. Систематически отбирались колонки грунта, делались магнитные измерения, гидробиологи проводили траление и сбор планктона. Во время плавания «Обь» иногда встречала в пределах видимости до ста айсбергов одновременно, размеры самых крупных из них доходили до 18 км в длину и 65 м в высоту. Были открыты новые острова (а некоторые закрыты!), исправлены контуры береговой линии.

Большое значение имело описание берегов от Земли Королевы Мэри до Земли Клари, а также гидрографическая съемка на подходах к матерiku, там где не препятствовали льды берегового припая.

По словам участника первого антарктического рейса А.И.Живаго, капитан «оказывал ученым всемерную помощь при проведении научных исследований. На станциях, даже ночью, он всегда был на мостике, заботясь о наиболее удобной постановке судна относительно ветра, отслеживая вертикальное положение троса, на котором опускались приборы. Утром обычно он посещал лаборатории, справляясь о результатах обработки материалов, выступал на заседаниях, когда обсуждались планы и итоги проведенных работ». Пройдя за свой первый рейс в Антарктику более 33300 миль, расстояние почти равное длине экватора, 8 июля 1956г. «Обь» прибыла в Ленинград.

Затем были второй (1956—1957) и третий (1957—1958) рейсы «Оби» в Антарктиду, но рамки журнальной статьи не позволяют рассказать о них по-

дробно. И все же не могу не привести отрывки из телеграммы, отосланной отцом в Москву во время второго антарктического плавания: «Дизельэлектроход “Обь” производил большой океанографический меридиональный разрез от берега Принцессы Рагнхильды к мысу Доброй Надежды, когда была получена радиограмма командира японского исследовательского ледокола “Сойя”, капитана Мацумото о том, что ледокол затерт льдами еще с 15 февраля и что он не может не только двигаться, но даже проворачивать машины, и просил оказать помощь. Серьезность создавшегося положения в связи с наступающей в Южном полушарии осенью и низкими температурами в районе, где “Сойя” затерта льдами (бухта Лютцев Хольм), заставила нас прервать океанологические работы и следовать на помощь “Сойе”. Это было нелегко, <...> следовало точно рассчитать расход топлива, чтобы самим не оказаться в беде; 600 миль, отделявших нас от “Сойи”, были пройдены в условиях десятибалльного шторма, обусловленного медленно смещающимся к востоку циклоном, давление в центре которого было одним из самых низких из наблюдавшихся нами в течение двух экспедиций в Антарктике. <...>

28 февраля в 14 часов 05 минут по московскому времени “Обь” вошла в лед, проследовала к “Сойе”, форсируя сжатый крупнобитый лед, скованный молодым льдом. Особенно труден был участок, где находился ледокол. Лед здесь был спрессован айсбергами. И в 19 ч 20 мин “Обь” подошла к ледоколу, на котором был поднят сигнал по международному своду сигналов: «Благодарю за помощь». Немедленно приступили к выводу “Сойи” из льдов. Операция была проведена быстро, чему немало способствовало наступившее улучшение погоды. Последние мили ледового плавания производились уже в тем-

В год 75-летия.

На юбилей А.П.Лисицын поздравляет И.А.Мана.



ноте при свете прожекторов. В 0 ч 06 мин по московскому времени первого марта ледокол “Сойя” был выведен на чистую воду».

В течение нескольких дней на «Обь» поступали благодарственные телеграммы, была получена и телеграмма от правительства и парламента Японии.

Третий рейс «Оби» был настоящим кругосветным путешествием. Он начался с посещения Генуи, где советской делегации и руководству экспедиции был вручен диплом о присуждении «Оби» почетной премии Хрис-

тофора Колумба. После посещения Мирного — исследовательская работа в Южном и Тихом океанах. Тогда был серьезно поврежден гребной винт судна. Благодаря помощи известного поэта Пабло Неруды, бывшего тогда членом чилийского парламента, «Обь» удалось в кратчайший срок поставить в док Сантьяго и провести необходимые ремонтные работы. Читаю телеграмму, отправленную отцом из Бискайского залива 27 июля 1958 г. в Главсевморпуть. Дух захватывает от одних только названий: Антарктика, Меж-



Ледокол «Капитан Ман».

дународный антарктический симпозиум в Веллингтоне, уже знакомая Аделаида, встреча с Моусоном, о-ва Баллени, встреча с китобойной флотилией «Слава», о.Пасхи, Чили, Шетландские и Фольклендские о-ва, Буэнос-Айрес, Монтевидео... Однако самым замечательным местом на Земле для участников САЭ всегда был шестой континент. Не слишком склонный к публичным выражениям эмоций, отец пишет под фотографией механика И.Белова, сделанной в 1956 г.: «Над вечным ледяным хаосом. Скованные титанические силы. Серый гранит, парящий над ними поморник и льды, искрящиеся драгоценными бриллиантами. На восходе они розовые, сиреневые, фи-

олетовые, солнце делает их зелеными и голубыми, в тени они синие, пещеры зияют чернотой. Зеленеющие с поднятием солнца, глубоко синие в тени — они незабываемы. Их вид достоин кисти величайшего художника. Ниже, за вершиной сопки, — так называемая Обская набережная. Айсберги замкнулись кольцом, как в прошлом году, когда они зажали и держали в плену «Обь» более двух суток».

* * *

Потом были годы плавания на судах Черноморского пароходства «Петр Великий», «Победа», «Грузия», «Россия», «Дунай», работа в Министерстве морского флота и Главсевморпути, на выставке «Морской

флот СССР». И все же отец еще два раза побывал в Антарктике. В 1966 г. он ходил капитаном-наставником на танкере «Фридрих Энгельс», доставившем топливо и необходимые грузы на станции Мирный и Молодежная, а в 1968 г. — капитаном научно-исследовательского судна «Профессор Визе». Руководителем экспедиции был известный папанинец, геофизик Е.К.Федоров, по словам которого, «успешному проведению этого ответственного и сложного рейса к берегам Антарктиды во многом способствовал капитан судна И.А.Ман, который обеспечил безаварийную проводку и умелое лавирование корабля в антарктических льдах».

В конце жизни почетный капитан и почетный полярник, он возглавлял Полярную комиссию московского филиала Географического общества СССР. Большая дружба связывала отца с участниками клуба «Юный полярник» — школьниками Тарусы, Пушино, Ясной Поляны и Красногорска — будущими географами, моряками и полярниками. Не был он обойден и наградами — орден Ленина, орден Великой Отечественной войны I степени, два ордена Трудового Красного Знамени, орден «Знак почета», многие медали. И еще одна, посмертная и, может быть, самая важная награда. На Дальнем Востоке под флагом России плавают «Капитан Ман» — мощный ледокол, построенный в Финляндии. ■

Новости науки

Космология

«Детство» Вселенной — на карте

Важную информацию о раннем периоде существования Вселенной принесли приборы космического аппарата «MAP» («Microwave Anisotropy Probe» — «Зонд микроволновой анизотропии»), запущенного США в июне 2001 г. с помощью ракеты «Delta II».

«MAP», выведенный на орбиту, отстоящую от Земли на 1.5 млн километров, оборудован двумя одинаковыми антеннами, которые позволяют производить уникальные измерения микроволнового космического фонового излучения. В последние годы такое излучение не раз измерялось как наземными, так и поднятыми на аэростатах приборами, но эти наблюдения охватывали лишь незначительный участок неба. Теперь же приборы на борту «MAP» позволили построить детальную карту всего неба — получена картина Вселенной, которая более чем на две трети состоит из «темной энергии».

Карта налагает достаточно жесткие временные рамки на возраст Вселенной — 13.7 млрд лет (плюс-минус всего 1%), а также позволяет определить скорость, с которой она расширяется. Особенно важным специалисты считают появившуюся теперь возможность датировать космические события, которые происходили на протяжении нескольких сот миллионов лет после Большого взрыва. Так, благодаря «MAP» измерена поляризация фонового излучения, причем в масштабе всего неба, а также выяснено, что реионизация водорода началась примерно через 200 млн лет после Большого взрыва.

По мнению М.Тегмарка (M.Tegmark; Университет штата Пенсильвания в Филадельфии), вся космология ближайших пяти лет будет опираться именно на эти результаты.

Science. 2003. V.299. №5609. P.991 (США).

Астрофизика

По-настоящему горячие звезды

Уникальная серия цветных снимков четырех межзвездных туманностей в Магеллановых Облаках получена на Европейской южной обсерватории международной группой астрономов из Бельгии и США. С помощью многообъектного инструмента FORS1 на 8.2-метровом телескопе VLT-Мелипаль и набора узкополосных фильтров ученые достигли невероятного четкого изображения облаков сильно возбужденного газа в двух карликовых спутниках нашей Галактики.

Голубой цвет на фото (см. четвертую страницу обложки) соответствует излучению однократно ионизованного гелия (He II). Оторвать электрон от этого атома не так-то просто, поэтому зоны He II довольно редки: и в нашей Галактике, и в Магеллановых Облаках их буквально можно пересчитать по пальцам (если не принимать в расчет ионизованный гелий в окрестностях очень горячих белых карликов). Красный и зеленый цвета относятся к более распространенным источникам излучения — атомарному водороду и дважды ионизованному кислороду.

Наличие ионизованного гелия означает, что рядом с исследованными туманностями должны находиться мощные источники ульт-

рафиолетового излучения — горячие звезды, и их действительно удалось найти. Первые три туманности возбуждаются звездами Вольфа—Райе ВАТ99-2, ВАТ99-49 и АВ7, масса которых превосходит солнечную более чем в 20 раз, а светимость составляет 10^5 – 10^6 светимостей Солнца. Эти звезды очень горячи — температура их поверхностей, определенная в ходе исследований, превышает 90 тыс. К. Особенно выделяется звезда АВ7 — ее внешние слои разогреты до 120 тыс. К (температура поверхности Солнца, как известно, составляет всего 6000 К)! Еще одно важное свойство этих необыкновенных звезд — очень сильный звездный ветер, в 10–1000 раз интенсивнее солнечного. Мощные потоки заряженных частиц оказывают громадное давление на окружающее вещество и придают газовым облакам форму пузырей. Связь между звездами типа Вольфа—Райе и областями ионизованного гелия доказана с помощью новых снимков вполне убедительно.

С четвертой туманностью N44C ситуация оказалась неясной. Облако He II окутывает две яркие O-звезды, температура которых, хотя и превышает существенно солнечную, все-таки недостаточно высока, чтобы объяснить ионизацию гелия. Да и быстрых движений, столь характерных для туманностей, подвергшихся воздействию звездного ветра, в N44C не обнаружено. Некоторые астрономы предполагают, что возбуждение N44C вызвано источником жесткого излучения, ныне угасшим (возможно, не навсегда). Таким источником может, например, быть аккреционный диск вблизи массивного компактного

компаньона одной из О-звезд. Если компоненты этой гипотетической двойной системы обращаются по сильно вытянутой орбите, темп аккреции вещества на компактный объект, а значит, и рентгеновская светимость станут сильно варьироваться со временем. При этом сильное возбуждение туманности будет наблюдаться в течение короткого периода и после «выключения» рентгеновского источника, постепенно ослабевая. Правда, пока в излучении He II из туманности N44C никаких изменений не наблюдается. Вероятно, приведенное выше объяснение не совсем адекватно. «Нельзя объяснить сразу все, — говорит один из авторов работы Й.Назе (Y.Nazé; Льежский университет, Бельгия). — Мы полностью разобрались с природой трех туманностей, но N44C придется изучить более тщательно».

Astronomy and Astrophysics. 2003. V.408. P.171–186 (Международный журнал).

Астрофизика

Гамма-всплески связаны с гиперновыми

Загадка космических гамма-всплесков, волнующая астрономов последние 35 лет, начала распутываться, но до ее полного разрешения остается еще немало работы. Первый гамма-всплеск зарегистрировали 2 июля 1967 г. американские спутники «Vela», следящие за соблюдением международного договора от 1963 г. о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. Одновременная регистрация несколькими спутниками показала, что этот и последующие гамма-всплески вызваны не ядерными взрывами на Земле, а имеют космическое происхождение. Но где именно расположены их источники, долгие годы оставалась загадкой. Основная трудность в том, что гамма-детекторы имеют очень низкое угловое разрешение, т.е. крайне неточно указывают направление на источник.

К середине 90-х годов астрономы уже имели богатую статистику

гамма-всплесков, но по-прежнему ничего не знали об их природе. Специализированные спутники два-три раза в сутки регистрировали на произвольных участках неба короткие вспышки, каждая из которых на несколько секунд становилась ярче всех прочих небесных гамма-источников. Но поскольку направление на вспышки определялось грубо, связать их с какими-либо известными объектами не удавалось. Лишь косвенные признаки, такие как изотропное распределение гамма-всплесков на небе, намекали на то, что источники располагаются далеко за пределами нашей Галактики.

Так оно и оказалось. 28 февраля 1997 г., спустя 8 ч после мощного гамма-всплеска, рентгеновский спутник «Верро-SAX», созданный специалистами Италии и Нидерландов, зафиксировал в этом направлении яркий источник и весьма точно локализовал его (в мягких рентгеновских лучах это удается сделать значительно лучше, чем в жестком гамма-диапазоне). Еще через несколько часов наземный оптический телескоп обнаружил на этом месте неизвестную ранее «звездочку». Когда спустя неделю она померкла, на ее месте стала видна очень далекая галактика. Таким образом, события, вызывающие гамма-всплески, происходят, как это очевидно, на гигантских (космологических) расстояниях. Поэтому мощность взрывов, генерирующих эти вспышки, невероятно велика, и для ее объяснения требуются новые идеи.

Общее направление поиска астрофизиков угадать нетрудно: для большинства из них с самого начала было ясно, что взрывы такого масштаба — это «последнее прости» массивных звезд. С их гибелью и раньше связывали грандиозные астрономические «фейерверки» — вспышки сверхновых. Но взрывы, ответственные за гамма-всплески, выглядят значительно мощнее, поэтому за таким взрывом закрепился новый астрономический термин — гиперновая (hypernova). Однако предло-

жить оригинальное название оказалось легче, чем построить физическую теорию самого грандиозного явления природы. На пустом месте теории не возникают — нужны наблюдательные факты. Их сбором заняты сейчас несколько крупных международных коллективов.

Опыт 20-го столетия убедил астрофизиков: самым полезным носителем информации служит оптический спектр астрономического объекта. Поэтому усилия наблюдателей сейчас сконцентрированы на получении высококачественных спектров оптического излучения, сопутствующего гамма-всплескам. Это излучение принято называть послесвечением или ореолом (англ. термин — *afterglow*). В то время как гамма-вспышка длится от долей секунды до нескольких минут, оптическое свечение наблюдается заметно дольше — от минут до нескольких суток. Уже более чем у 50 гамма-всплесков зарегистрировано оптическое свечение, но до недавнего времени не удавалось получить его детальный спектр. Первыми это сделала большая команда астрофизиков¹, именуемая себя изящной аббревиатурой GRACE (Gamma-Ray Burst Afterglow Collaboration at ESO).

Удачу принес очень мощный гамма-всплеск 29 марта 2003 г., который был зафиксирован в созвездии Льва в 11 ч 37 мин всемирного времени американским спутником «НЕТЕ-II» («High Energy Transient Explorer» — «Исследователь временных высокоэнергичных явлений»). Уже через 1.5 ч оптические телескопы в Австралии и Японии обнаружили на этом месте вспышку сверхновой, а еще через несколько часов (как только в Чили наступила ночь) ее оптические спектры были получены 8.2-метровым телескопом VLT Европейской южной обсерватории (ESO). Гамма-всплеск получил обозначение GRB 030329, а связанная с ним сверхновая — SN

¹ Более 27 сотрудников из 17 научных организаций в девяти странах; руководитель группы — Й.Хьорт (J.Hjorth; Копенгагенская астрономическая обсерватория).

2003dh. До этого лишь однажды, в 1998 г., астрономам удалось надежно зафиксировать вспышку сверхновой (SN 1998bw), связанную с гамма-всплеском. Кстати, это также сделали астрономы ESO.

Сравнение спектров SN 1998bw и SN 2003dh показало почти полную их идентичность². Но спектр SN 2003dh удалось изучить значительно детальнее. Расстояние до взорвавшейся звезды по космологическим меркам оказалось сравнительно небольшим — около 2.65 млн св. лет (красное смещение 0.1685); это ближайший гамма-всплеск с измеренным расстоянием. Благодаря чрезвычайной яркости объекта и колоссальной чувствительности телескопа была прослежена эволюция спектра сверхновой на протяжении многих недель. Наблюдаемый в оптике горячий газ разлетается от места взрыва со скоростью свыше 30 тыс. км/с (10% от скорости света), что заметно больше, чем у рядовых сверхновых (10–15 тыс. км/с). Это говорит о взрыве очень массивной звезды.

Наблюдаемой картине гиперновой соответствует модель коллапсара, разработанная в 1993 г. американским астрофизиком С.Вусли (S.Woosley; Калифорнийский университет в Санта-Крузе). Исходным объектом является звезда-гигант в 25 раз массивнее Солнца. Ее эволюция протекает быстро: всего за несколько миллионов лет она сжигает в своих недрах весь водород. На завершающей стадии гигант сбрасывает оболочку и превращается в очень горячую звезду типа Вольфа—Райе с массой около 10_{\odot} , состоящую в основном из гелия, кислорода и еще более тяжелых элементов. Это «малокалорийное топливо» быстро догорает в термоядерном котле звезды, и ее ядро, теряя устойчивость, обрушивается к центру, сжимаясь в черную дыру. Исходное вращение звезды приводит к образованию вокруг черной дыры аккреционного диска, вдоль оси которого происхо-

дит выброс тонкой и быстрой струи вещества — формируется двусторонний джет. Такой процесс астрономы нередко наблюдают «в обнаженном виде» в центральных областях галактик и в двойных звездных системах. Но при коллапсе массивной звезды черная дыра с диском и джетом формируется в недрах светила и до поры до времени оказывается скрытой от наблюдателей. Однако очень скоро черная дыра и стремительно вращающийся диск разрушают окружающую их звезду. Вырвавшийся из диска быстрый джет и мощный ветер, состоящий из радиоактивного ^{56}Ni , срывают внешние покровы звезды: вспыхивает гиперновая, яркость которой значительно усилена распадом никеля. Тем временем джет врежется в недавно сброшенное звездой вещество оболочки и генерирует в нем гамма-излучение, вспышку которого (спустя миллиарды лет!) мы и наблюдаем как гамма-всплеск.

Такова модель коллапсара, которую ее автор Вусли (кстати, член команды, изучающей спектр SN 2003dh) считает еще довольно сырой и требующей уточнения по результатам наблюдений других гиперновых. Эту возможность астрофизики не собираются упускать: к запуску готовятся специально спроектированные новые гамма- и рентгеновские спутники. Предстоит понять, почему эти всплески бывают двух типов — очень короткие и более длительные, почему оптическое излучение (вспышка гиперновой) замечено только у длительных всплесков, почему бывают сверхдолгие всплески (взрыв GRB 940217 продолжался более часа!) и какие физические процессы могут поддерживать столь длительное высокоэнергичное излучение. В общем, астрофизики обогатились новым экстремальным объектом, который в ближайшее время будет приковывать к себе всеобщий интерес.

© В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук
Москва

Физика

Монокристаллические нанотрубки из GaN

Нанопроволоки из большинства полупроводниковых материалов изготавливают уже давно, а вот нанотрубки до недавнего времени удавалось получать только углеродные¹. Углерод в форме графита с его плоской гексагональной структурой образует цилиндрические стенки трубок относительно легко, другие же материалы сворачиваться не «желают».

В Институте физики полупроводников СО РАН (Новосибирск) разработали технологию скручивания нанотрубок из InAs и GaAs, а в Институте физики твердого тела РАН — из CdTe. Со «строптивостью» материалов, не сворачивающихся «добровольно», удалось справиться, давая им для роста шаблоны, в качестве которых использовали те же углеродные нанотрубки или внутренние каналы пористых мембран. Однако трубки получались преимущественно аморфными или поликристаллическими, создание же монокристаллических полупроводниковых нанотрубок оставалось нерешенной проблемой.

И вот, по крайней мере для одного материала — нитрида галлия, — эта задача решена³ благодаря удачно подобранному шаблону — массиву нанопроволок из оксида цинка, выращенных в вакууме на сапфировой подложке. GaN и ZnO идеально подходят друг к другу для эпитаксиального наращивания — у этих материалов одинаковая гексагональная структура и близкие значения постоянных решетки. Исследователи из Университета штата Калифорния в Беркли и Национальной лаборатории Лоуренса в Беркли наращивали нитрид галлия при

¹ Подробнее см.: Дьячков П.Н. Материалы для компьютеров XXI века // Природа. 2000. №11. С.23—30; Нанотрубки в имоголите открыты заново // Там же. 2001. №10. С.81—82.

² См. в Интернете по адресу <http://uis.isir.ras.ru/win/html/> в разделах: Научная деятельность → Действующие научные системы РАН → Конденсированные среды.

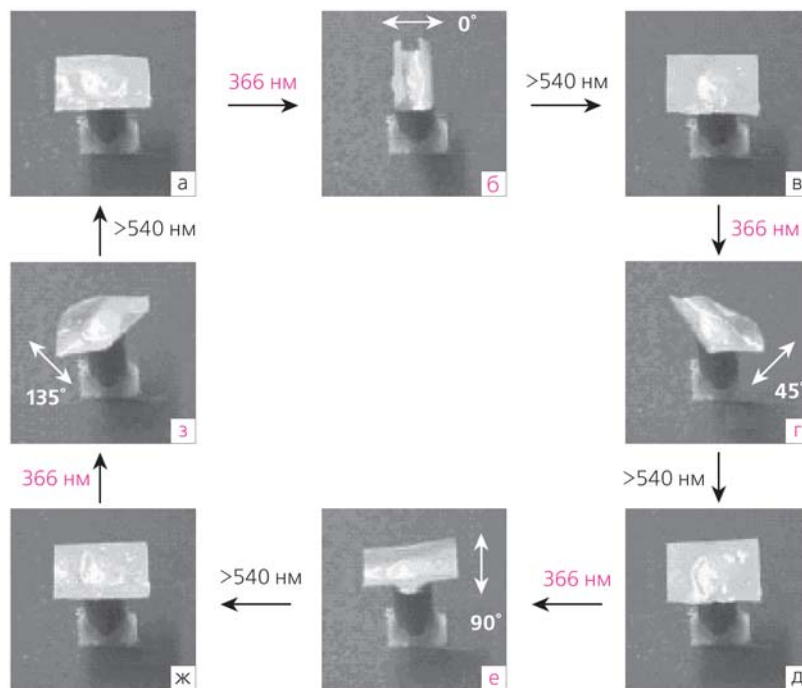
³ Goldberger J., Rongruil H. et al. // Nature. 2003. V.422. №6932. P.599.

² ESO Press Release 16/03. 18 June 2003.

600–700°C по технологии CVD (Chemical Vapour Deposition – химическое осаждение из газовой фазы) из триметилгаллия и аммиака с использованием аргона или азота в качестве транспортного газа, после чего проволоки из ZnO удаляли плазменным травлением в аргоно-водородной плазме.

Внутренний диаметр полученных трубок 30–200 нм, толщина стенок 5–50 нм, наружная поверхность фасетирована, но несколько менее, чем у шаблонных нанопроволок. GaN-трубки проявляют полупроводниковые и люминесцентные свойства. О конкретных применениях новых нанобъектов говорить пока преждевременно, однако уже сейчас ясно, что благодаря трубчатой структуре они существенно чувствительней к воздействиям среды, чем нанопроволоки, а это открывает перспективы их использования для создания разнообразных фильтров и сенсоров.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/3_08/index.htm



Деформация пленки по точно заданным направлениям. Пленка, находящаяся в исходном состоянии (а), после экспонирования светом с $\lambda=366$ нм скручивается параллельно направлению поляризации — 0° , 45° , 90° , 135° (б, г, е, з) — и под действием света с $\lambda>540$ нм возвращается в исходное состояние (в, д, ж).

Физика

Наномеханизмы, управляемые светом

Полимеры и их растворы, содержащие светочувствительные молекулы, способны к фотодеформации. Японские ученые исследовали пленки, содержащие азобензен хромофор, которые изготовлены термической полимеризацией жидкокристаллического мономера и шивателя-диакрилата, взятых в соотношении 9:1 (в молях)¹. Пленки представляли собой массив микродоменов, в каждом из которых азобензеновые доли ориентированы в каком-то одном, случайном, направлении. Оказалось, что под действием луча линейно поляризованного света с $\lambda=366$ нм пленки можно заставить изгибаться в любом направлении, причем многократно и без усталостных признаков.

¹ Yu Y., Nakano M., Ikeda T. // Nature. 2003. V.425. №6954. P.145.

Исследователи объясняют это так: азобензеновые доли сильно поглощают излучение с указанной длиной волны у поверхности пленки. С лучом света взаимодействуют только те домены, в которых ориентация азобензеновых долей совпадает с направлением поляризации. В результате весьма малого изменения микроскопических размеров и упорядочения жидкокристаллических доменов происходит заметное изгибание всей пленки — энергия излучения эффективно преобразуется в механическую.

На основе такого фотомеханического эффекта можно создать новые быстродействующие актюаторы (роботы, оптические пинцеты) для микро- и наномасштабных операций, управляемые дистанционно с помощью луча лазера и не нуждающиеся в батарейках, моторах, шестеренках и т.п.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/3_17/index.htm

Химия

Чистый водород — из природного газа

Получение чистого водорода из природного газа путем неокислительного каталитического разложения метана — давняя мечта ученых и практиков (существующие катализаторы этого процесса, созданные на основе Fe/Co/Al₂O₃ и Ni, быстро дезактивируются). Группа китайских исследователей добилась успеха с помощью углеродных нанотрубок, на концах которых находились частицы железа и молибдена². В проточный реактор поместили 25 г нанотрубок с внешним диаметром 3–25 нм, внутренним 2–5 нм, длиной до нескольких десятков микрометров и удельной поверхностью 300 м²/г. Максимальное выделение водорода было достигнуто при температурах 1073–1123 К (про-

² Carbon. 2003. V.41. P.846–848.

верку каталитической активности проводили методом газовой хроматографии).

Разложение метана шло на концах нанотрубок, т.е. на частицах Fe и Mo. Это подтвердил и эксперимент на очищенных трубках (металлические частицы удалили обработкой в кислоте) — их активность была нулевой. Ученые провели еще один важный эксперимент: путем осаждения железа и молибдена на очищенные нанотрубки изготовили аналогичные на первый взгляд катализаторы. Однако их активность оказалась не выше, чем у известных до сих пор.

Высокая активность и термическая стабильность новых катализаторов обусловлены защитным действием углеродных слоев, которые не позволяют спекаться и расти металлическим частицам (у образцов, полученных на основе неочищенных и очищенных нанотрубок, границы раздела между металлическими частицами и углеродными слоями различны — благоприятная для разложения метана структура образуется только в первом случае). Еще более эффективность процесса возросла благодаря тому, что при разложении метана образовались дополнительные нанотрубки (около 20 г), морфология и разброс значений внешнего диаметра которых оказались такими же, как у исходных. Химическую природу новых катализаторов еще предстоит исследовать.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/3_10/index.htm

Биология. Экология

Смена правил в ходе игры

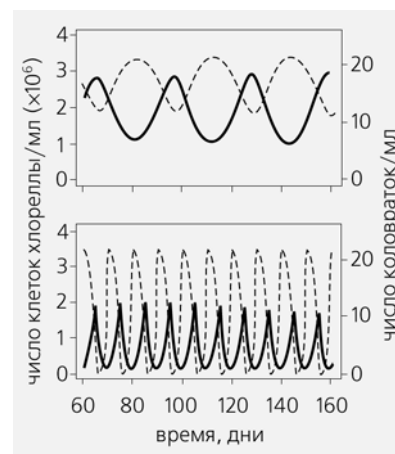
Традиционно считается, что экологи и специалисты, изучающие эволюцию, имеют дело с событиями, происходящими в разных временных масштабах. Например, стремясь разобраться в механизмах, определяющих динамику численности популяций, экологи полагают, что на тех коротких отрезках времени, когда она исследуется, эволюция орга-

низмов никак себя не проявляет. То же и при изучении системы хищник—жертва: считается, что их экологические характеристики, например скорости популяционного роста при том или ином уровне обеспеченности пищей, уже давно сформированы естественным отбором. Однако недавно группа ученых из Корнеллского университета (США) во главе с Т.Йошидой¹, изучавшая в лабораторных условиях динамику численности видов, связанных отношениями хищник—жертва, выявила иное.

В экспериментах хищником было микроскопическое многоклеточное животное — коловратка (*Brachionus calyciflorus*), а жертвой — одноклеточная зеленая водоросль хлорелла (*Chlorella vulgaris*). Обычные колебания в таких системах возникают тогда, когда вслед за увеличением численности жертвы нарастает и численность хищника, затем, по мере усиления хищничества, популяция жертв начинает сокращаться, а когда их становится слишком мало и хищнику трудно прокормиться, его численность падает, после чего популяция жертв начинает восстанавливаться и весь цикл повторяется заново. Существенно, что максимум хищников всегда следует за максимумом жертв с небольшим запаздыванием во времени. Однако в системе коловратка—хлорелла, исследованной Йошидой и его коллегами, возникали странные колебания, когда максимум хищника (коловраток) приходился на минимум жертв (водорослей) в популяции, и наоборот. Очевидно, что такая динамика не может быть результатом взаимодействий, протекающих строго по типу хищник—жертва, какие-то другие факторы оказываются не менее важными.

Пытаясь понять причины этого явления, исследователи сформулировали несколько гипотез и каждую представили в виде математической модели, а затем прогноз моделей сравнили с результатами специальных экспери-

¹Yoshida T. et al. // Nature. 2003. V.424. P.303—306.



Ход численности хлореллы (штриховая линия) и коловратки, предсказанный разными вариантами модели. Если популяция водоросли состоит из многих клонов (вверху), колебания в системе хищник—жертва противофазны. Но когда популяция хлореллы представляет собой один клон, циклические колебания соответствуют классической модели.

ментов. Лучше других соответствовала эксперименту модель, допускающая быструю эволюцию жертвы в процессе взаимодействия с хищником. Исследователи посчитали, что в популяции хлореллы, которая размножается исключительно бесполом путем, существуют генотипически различающиеся клоны: одни мало привлекательны для коловраток и при этом растут медленно, другие защищены от хищника слабо (являются хорошей пищей для коловраток), зато быстро растут. В результате первые проигрывают быстро растущим конкурентам в отсутствие хищника. В дополнительных опытах выяснилось, что при постоянном сильном выедании водорослей коловратками пищевая ценность хлореллы значительно снижается (популяция хищника на ней увеличивается медленнее, чем в контроле).

Предположив, что странный тип сопряженной динамики хищника и жертвы возникает из-за эволюции последней, Йошида и его соавторы использовали в не-

которых вариантах опыта культуру хлореллы строго одного клона, т.е. без генетического разнообразия, необходимого для отбора. Результаты подтвердили ожидания: при совместном содержании с коловратками такой генетически однородной популяции жертвы в системе возникали правильные циклические колебания, причем максимум коловраток отставал от максимума хлореллы на четверть фазы, как и предсказывает классическая теория. Пока остается, правда, без ответа вопрос, происходит ли быстрая эволюция хищника в процессе взаимодействия с популяцией жертв.

© А.М.Гиляров,

доктор биологических наук
Москва

Организация науки. Экология

Вода — в поле зрения ученых

Международная конференция «Водные экосистемы и организмы» (пятая по счету) прошла в конце мая 2003 г. на биологическом факультете Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. На ней рассматривались актуальные проблемы водной экологии, биологии водных организмов, лимнологии (науки о пресных водах), биологической океанографии. Участие в конференции приняли ученые ряда стран, в том числе Испании, Израиля, Украины; Россию представляли преподаватели, аспиранты и студенты биологического, химического, географического факультетов МГУ, сотрудники институтов Российской АН — Океанологии, Микробиологии, Проблем экологии и эволюции, а также научных институтов городов Улан-Удэ, Сыктывкара, Оренбурга и др.

Среди стендовых сообщений (около 50) следует отметить работу Г.А.Корнеевой, Л.Ю.Мирошника и А.Г.Цыцарина (Институт океанологии РАН) «Биохимическая индикация районов северной части Каспия». Учитывая важность количе-

ственных методик определения качества воды и прогнозирования процессов ее очистки от токсичных примесей, они предложили эффективный способ, в котором предусмотрен совместный анализ биохимических и гидрохимических характеристик воды. А это позволяет рассчитать, насколько активно протекает ферментативная детоксикация воды фитопланктоном и микроорганизмами.

С качеством воды связана также работа М.А.Седогиной (географический факультет МГУ): она оценила влияние сельскохозяйственного землепользования на одном из участков р.Москвы и получила весьма полезную, особенно для москвичей, информацию.

Элементом теории биотического самоочищения водных экосистем был посвящен доклад профессора С.А.Остроумова (биологический факультет МГУ), который впервые рассмотрел полифункциональную роль биоты в этом процессе.

Украинские гидробиологи А.А.Солдатов (Институт биологии южных морей АН Украины, г.Севастополь), С.В.Коношенко и И.А.Парфенова (Таврический национальный университет, г.Севастополь) выявили необычный факт: в зонах с недостатком кислорода существуют оксифильные (обычно обитающие при повышенном содержании кислорода в воде) виды рыб. (Любопытно, что в ходе лабораторных экспериментов адаптация этих же видов к аналогичным условиям не удалась.)

В.В.Зюганов и С.М.Калужинский (Институт биологии развития РАН, Москва) изучали влияние акклиматизированной в Белом море горбуши на экосистемы семужных рек. В результате этой практической работы выяснилось, что семга при нересте во многих случаях избегает мест, занятых горбушей (первые партии дальневосточной горбуши были переселены с 1956 по 1985 г. в Баренцево и Белое моря, а к настоящему времени ее ареал простирается от Северного и Норвежского морей на западе до Карского моря на востоке). Отмечено, что поведе-

ние горбуши более агрессивно, чем семги, и в территориальных «схватках», как правило, выигрывает вселенный вид.

Студентка географического факультета МГУ Е.В.Гордеева подробно проанализировала процессы механического разрушения берегов Черного моря в пределах границ России. Рассмотрены причины, ведущие к абразии; подсчитан показатель антропогенной нагрузки; составлена карта антропогенного воздействия на прибрежную зону с указанием всех хозяйственных объектов и явлений, активизирующих абразионные процессы. Предприятия, ведущие какую бы то ни было деятельность в прибрежной зоне, должны знать, что любое искусственное изменение рельефа может вызвать необратимую абразию.

Актуальная проблема — оценка экологической опасности затопленного в Балтийском море химического оружия — освещена в работе студента географического факультета МГУ Г.А.Гоголева. Оставшееся после второй мировой войны химическое оружие Германии лежит на дне Балтийского моря уже более 45 лет (а это — расчетный срок разгерметизации большинства боеприпасов в морской воде). Состояние его не известно, но зафиксированы значительные утечки. К сожалению, районы захоронения химического оружия имеются также и во внутренних морях Российской Федерации, и в Мексиканском заливе, и близ берегов Австралии.

На конференции были названы финалисты международного конкурса «Водный эколог года». Это почетное звание присвоено академику РАН М.Е.Виноградову (Россия), профессорам Р.Ветцелю (США) и А.Дюмонту (Бельгия).

Широкий спектр представленных проблем помогает не только расширить научный кругозор, но и взглянуть другими глазами на окружающий нас мир, с каждым днем, к сожалению, пополняющийся новыми для нас экологическими проблемами.

© В.А.Аверьянова

Москва

Океанология

Древние кораллы и уровень океана

Известно, что по окончании последнего максимума ледниковой эпохи (примерно 20 тыс. лет назад) уровень Мирового океана поднялся более чем на 150 м. Приблизительно то же происходило и в предыдущем интергляциале, около 130 тыс. лет назад. Процессы таяния шли неравномерно, на общем фоне выделялись эпизоды быстрого схода огромных ледников как в Антарктике, так и в Арктике.

Наиболее надежные сведения о динамике уровня моря дают коралловые постройки. Американские океанологи, проведя бурение коралловых рифов в водах, омывающих о. Барбадос (Карибское море) и Папуа—Новую Гвинею (граница Индийского и Тихого океанов), составили подробную датированную картину развития построек в холодный период, 120—20 тыс. лет назад. Данные, полученные в столь отдаленных друг от друга регионах, согласно свидетельствуют: колебания уровня Мирового океана в течение первых 6 тыс. лет по окончании межледниковья происходили несколько раз, их амплитуда достигала 60 м (перед последним оледенением зеркало вод стояло примерно на 100 м ниже, чем сегодня). Периоды особенно быстрого падения уровня моря совпадали со временем, когда перенос влаги в сторону полюсов был весьма интенсивным, а температуры глубинных вод — низкими.

Earth and Planetary Science Letters. 2003. V.206. P.253; Science. 2003. V.299. №5609. P.979 (США).

Океанология

Белуха-океанолог

В конце зимы 2003 г. норвежские и шотландские ученые во главе с М.Федаком (M.Fedak; Университет св.Андрея в графстве Файф, Великобритания) приступили к измерениям температуры придонных слоев моря, применяя новый оригинальный метод. Они

прикрепили к телу двух отловленных белух (*Delphinapterus leucas*) термометры с радиопередатчиками, настроенными на волну искусственных спутников Земли.

Отпущенные на волю белухи ушли на глубину в покрытых льдом полярных фиордах Свальбарда (архипелаг Шпицберген), а закрепленные на них приборы передавали через космос результаты измерений.

До сих пор подобные исследования велись здесь без участия животных. Но тогда приборы для снятия информации каждый раз приходилось поднимать на поверхность. Теперь специалисты смогут определять, насколько интенсивно идет потепление в глубинах данной акватории Северного Ледовитого океана, связано ли оно с общим изменением климата или это проходящее явление.

К удовольствию экологов и специалистов по морским млекопитающим, получаемые данные позволят также немало узнать о самих обитателях холодного моря, их поведении, привычках и т.п. Чтобы не нарушать в дальнейшем образ жизни задействованных белух, приборы запрограммированы так, чтобы через несколько месяцев автоматически отделиться от их тела и всплыть на поверхность. Science. 2003. V.299. №5609. P.1009 (США).

Сейсмология

Сейсмоопасная зона Австралии

Долгое время считалось, что Австралийский континент к сейсмоопасной зоне относить не следует. Это излишне оптимистическое мнение опровергли недавние события.

Землетрясениям наиболее подвержен юго-запад материка, охватывающий значительную часть штата Западная Австралия. Самым опасным считается район г.Буракин, в 10 км от которого 28 сентября 2001 г. произошло землетрясение с $M = 5.0$ по шкале Рихтера. За ним вскоре последовало еще три толчка примерно такой же си-

лы и более 18 тыс. слабых, но все же ощутимых. В радиусе 25 км зданиям и сооружениям был нанесен некоторый ущерб. Наиболее сильное землетрясение ($M = 5.2$) произошло 30 марта 2002 г., а в сентябре все стихло.

Специалисты не прекращают исследования этих потенциально опасных процессов. Выяснилось, что за последние 40 лет нигде в Австралии ничего близкого по интенсивности к буракинским событиям не происходило. Эта опасная зона шириной 100 км захватывает и столицу штата Перт вместе с близлежащим портом Фримантл. Большинство ощутимых землетрясений, очаги которых залегали не более чем в 5 км под поверхностью, как правило, предварялись целым роем малых толчков, охватывавших куда более значительную площадь.

Сотрудники австралийского Управления наук о Земле (Канберра) установили в этом районе четыре сейсмостанции; к сожалению, они позволяют записывать лишь толчки с $M > 2$, а большинство из реально происходивших здесь 20 тыс. имели $M < 1$.

Специалисты видят определенную связь буракинской активности недр с мощным землетрясением 1970 г. в районе Каду, что в 50 км южнее Буракина и 120 км северо-восточнее Перта — оно породило 150-километровый разлом и высокий эскарп. В восточной части континента подобные события — редкость.

AusGeoNews. 2003. №70. P.5 (Австралия).

Вулканология. Медицина

Антивулканическая здравоохранительная сеть

На Земле около 500 млн человек живут не далее 100 км от того или иного вулкана. И это если считать только те, что извергались на человеческой памяти, а ведь многие вулканы, «спящие» в течение веков, могут внезапно «пробудиться», неся смерть и разрушения. Еще 20 лет назад при оценке такой опасности учитывались лишь наи-

более очевидные факторы — потоки раскаленной лавы, стекающие по склонам со значительной скоростью, вулканические бомбы, вылетающие из жерла, однако после трагедии 1980 г., когда взорвался давно дремавший вулкан Сент-Хеленс в штате Вашингтон (Северо-Запад США), оценка риска стала меняться. Дело в том, что большая часть погибших и пострадавших тогда людей стали жертвами не лавы и бомб, а грязе-селевого потока, вызванного внезапным таянием горных снегов, и засорения атмосферы мириадами мельчайших частиц пепла.

Позже выяснилось, что все прибрежные районы Северо-Запада США (штаты Вашингтон, Орегон и север Калифорнии), а также Юго-Западной Канады были в течение пяти месяцев окутаны дымкой вулканической пыли и вредных для здоровья газов. На всей этой территории повысилась заболеваемость раком легких, силикозом и другими болезнями дыхательных путей. Последствия оказались серьезнее, чем само извержение.

В 2003 г. 20 научно-исследовательских учреждений создали Международную здравоохранительную антивулканическую сеть, штаб которой расположен в Хертфордшире (Англия). Британский благотворительный фонд Леверхулма ассигновал на первые три года ее существования сумму, эквивалентную 207 тыс. долл. США. Первостепенные задачи нового учреждения — организация сотрудничества и координация усилий ученых, представляющих разные страны и различные дисциплины; закупка специального оборудования и одежды; оплата поездок в районы, где происходят извержения; сбор и распространение наблюдательных данных, в том числе передача их правительствам для принятия соответствующих мер. Среди основателей этой международной сети следует назвать вулканолога К.Хоруэлл (С.Horwell; Бристольский университет) и специалиста по легочным болезням П.Бакстера (P.Baxter; Кембриджский университет), который стал известен своей деятельностью во

время извержения вулкана Галерас (Колумбия) в 1993 г., произошедшего в его присутствии и приведшего к гибели нескольких участников вулканологического симпозиума. Именно Бакстер установил, что лица, долгое время вдыхающие воздух с субмикроскопическими частицами пепла, часто представляющими собой кремнезем, подвергаются повышенному риску силикоза и рака легких. Теперь изучением подобных эффектов займутся специалисты, объединяемые Международной здравоохранительной сетью.

Science. 2003. V.299. №5615. P.2022, 2023 (США).

География. Вулканология. Космические исследования

Спутник видит вулканы Южных Сандвичевых островов

Море Скоша (Скотия) в атлантическом секторе Южного океана — одно из редко посещаемых мест: ни коммерческим, ни военным судам здесь делать нечего, да и научно-исследовательские появляются раз в несколько лет, следуя мимоходом к южнополярным станциям. В самом центре этого негостеприимного бассейна лежит группа из восьми крупных и множества мелких необитаемых островов. Они были открыты в 1775 г. экспедицией Дж.Кука, однако ошибочно приняты за выступ материковой суши; их островной характер впервые установил в 1820 г. Ф.Ф.Беллинсгаузен, он же дал первое описание и современное название — Южные Сандвичевы о-ва. Свидетельством российского приоритета остались географические названия островов Завадовского и Лескова, мыса Михайлова (это фамилии офицеров, принимавших участие в кругосветной экспедиции Беллинсгаузена—Лазарева 1819—1821 гг.), а также пролива Российского и о.Высокого, о котором следует сказать отдельно.

Возвращаясь из этого плавания, эскадра посетила Англию, и там об открытиях было сообще-

но британскому Адмиралтейству. На продемонстрированной карте южнее о.Завадовского значился о.Торсона — названный по имени русского лейтенанта, имевшего скандинавское происхождение. Англичане это восприняли как должное и перенесли название в свои лоции. Иное дело — ответственное начальство. Лейтенант Торсон, будучи декабристом, вывел своих матросов на Сенатскую площадь, а после подавления восстания был сослан в Сибирь. Его имени Николай I потерпеть на карте не смог и собственной рукой вместо зачеркнутого вывел «остров Высокой». Так и пошло: на родине имя одного из первооткрывателей постарались забыть, а за рубежом сохранили. После революции справедливость восстановили, но только на время: когда в конце 40-х годов началась кампания по борьбе с иностранщиной, «заграничное» имя Торсона опять на советских картах заменили на «царственное» Высокий (теперь уже в современном написании). И лишь позднее в отечественном Атласе Антарктики можно увидеть имя российского лейтенанта, но в скобочках, после основного названия «Высокий».

С начала XX в. геологам известно, что вся гряда Южных Сандвичевых о-вов имеет вулканическое происхождение, но весьма древнее: никаких извержений за последние тысячелетия здесь не было. Лишь в 1966 г. к берегам Новой Зеландии были прибиты комья относительно молодой пемзы, припльвшие по волнам от берегов Южных Сандвичевых о-вов, но от какого именно, можно было только догадываться. Заподозрить о.Монтагью, крупнейший в архипелаге, нельзя: несколько лет назад группа исследователей, ненадолго высадившихся на о.Сондерс, в 60 км к северу от Монтагью, наблюдала его издали, фотографировала и убедилась, что весь район высочайшего пика Белинда (1370 м над ур.м.) полностью покрыт снегом и льдом. Однако недавно над Южными Сандвичевыми о-вами пролегла орбита американского спутника, снабженного совершенным

радиометром с высокой разрешающей способностью. Обработав космические снимки, специалисты во главе с М.Патриком (M.Patrick) пришли к выводу, что на о.Монтагью между мартом 1995 г. и февралем 1998 г. происходили некие события. Данные с другого американского спутника, не раз пронесшего над островом спектрометрический тип МО-DIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), чутко улавливающий почти любое тепловое излучение, свидетельствовали: в конце 2001 г. здесь возобновилась вулканическая активность. Ее центр находился в пределах небольшого холма у северо-западного края древней кальдеры, заполненной слоями льда. Сама гора Белинда к этому, видимо, напрямую не причастна: холм расположен в 6 км от нее. Еще несколько заходов спутника позволили установить, что между Белиндой и северным побережьем острова находится не одна тепловая аномалия. Может быть, с ними и связано наличие почти единственных на острове обнаженных скал, не покрытых ни льдом, ни снегом.

Предупреждая мнение скептиков, что яркие тепловые участки на изображениях могли быть сильным отражением солнечных лучей от поверхности, авторы указывают, что яркость сохраняется и в ночное время. Кроме того, на некоторых снимках довольно отчетливо зафиксировался слой пепла. А то, что пепел не образовывал в воздухе мощного столба, который был бы замечен со спутника, можно объяснить существованием лавового озера, поглощавшего большую часть вулканических частиц.

Проанализировав снимки, геологи и вулканологи пришли к выводу: весь о.Монтагью представляет собой стратовулкан, построенный из перемежающихся слоев остывшей лавы и рыхлых материалов. Возможно, его история началась с мощного взрыва и излияния на дно океана расплавленных пород, сегодня лежащих на глубине около 2 км. Последующие вулканические события подняли над вол-

нами этот клочок суши размером 15×20 км². Вероятно, расположенная на его юго-восточном краю гора Ошеанайт (900 м над ур.м.) тоже в свое время была вулканической. Ледники, спускающиеся к морю, оканчиваются очень крутым обрывом, так что причаливать к острову — дело опасное, поэтому исследования, очевидно, будут продолжаться с помощью спутников.

Уже упоминавшийся о.Сондерс увенчан покрытой льдами горой Майкл (990 м над ур.м.). На ее вершине кратер шириной около 700 м окаймлен гребнем более старой кальдеры: когда-то вершина древней горы провалилась при взрыве и на ее месте постепенно вырос новый конус. Свидетельство тому — слои рыхлых материалов вулканического происхождения, покрывающие многие ледяные скалы и уступы. Еще в 1819 г. мореплаватели наблюдали, как из вершинного кратера поднимались облака пепла; в конце XIX и начале XX в. из трещины на северной стороне о.Сондерс бурно выделялись газы; под их воздействием образовалась свободная ото льда платформа Блекстоун-Плейн (Чернокаменная равнина). Большого узнать не удалось — высадка на остров, окруженный рифами, была бы опасной.

И вот снова на помощь вулканологам, географам, гляциологам пришли искусственные спутники: приборы зафиксировали в кратере на вершине горы Майкл бурлящее среди льдов лавовое озеро. С вертолета были взяты образцы плотного белого пара, вырывающегося с его поверхности как бы со «вздохами» через каждые несколько секунд. Облако пара растянулось по ветру на 8—10 км, постепенно рассеиваясь. Давно ли возникло лавовое озеро, пока неясно.

По дну моря Скоша, примерно в 100 км к востоку от гряды Южных Сандвичевых о-вов и параллельно им проходит крупный подводный желоб; здесь расположена и Южно-Антильская котловина. В этой зоне Южно-Американская плита движется на запад и активно погружается под соседнюю плиту Скоша. Именно взаимодей-

ствие этих плит и порождает как саму островную дугу, так и активный вулканизм в ее пределах.

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2003. V.28. №2. P.2, 4 (США).

Археология

Первые земледельцы Америки

Считалось, что первыми в Америке начали возделывать почву жители высокогорья на территории нынешней Мексики 7500—9000 лет назад. Об этом свидетельствовали результаты раскопок, выполненных в 1960-х годах в районе перешейка Теуантепек (крайняя юго-восточная часть страны): в пещерах, служивших убежищем древнего человека, были обнаружены многочисленные остатки семян и плодов. Проводить же поиски в низменных районах большинство специалистов считали ненужным — плодородность почвы здесь, казалось, слишком низка для эффективного ее возделывания.

Тем не менее Д.Р.Пиперно (D.R.Piperino; Смитсоновский институт тропических исследований, Бальбоа, Панама) и К.Э.Стохерт (К.Е.Stohtert; Центр археологических изысканий при Университете штата Техас в Сан-Антонио, США) многие годы искали следы древнейшего земледелия именно среди заболоченных джунглей Центральной и Южной Америки¹. В 2003 г. их усилия увенчались успехом: примерно в ста различных пунктах на территории нынешнего Эквадора обнаружено множество окаменелых остатков растений. Проанализировав методом масс-спектрометрии с использованием ускорителя более 150 образцов диких и домашних плодов тыквы бутылочной (рода *Lagenaria*) и крупноплодной (*Cucurbita maxima*), ученые пришли к выводу: человек начал выращивать эти культуры еще в эпоху раннего голоцена, т.е. 9—10 тыс. лет назад.

Science. 2003. V.299. №5609. P.1029, 1054 (США).

¹ См. также: Кто и когда стал первым «курильщиком»? // Природа. 2002. №2. С.85.

Новая книга о Г.А.Гамбурцеве

К 100-летию со дня рождения

А.А.Никонов,

доктор геолого-минералогических наук
Институт физики Земли им.Г.А.Гамбурцева РАН

Герой книги, Григорий Александрович Гамбурцев (1903–1955), — крупный ученый, педагог, руководитель института, основатель Совета по сейсмологии, незаурядный организатор, теоретик и практик. Он продолжил традиции русской интеллигенции в науке, сосредоточившись на геофизике, только начавшей развиваться в XX в. и столь необходимой новой стране.

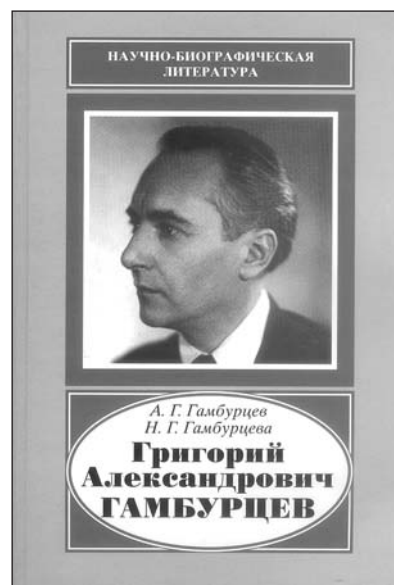
Все начиналось в 20-х годах, когда слушатель Вольного университета им.Шанявского, а затем и Московского университета изучал физику и математику в аудиториях Н.Е.Жуковского, С.А.Чаплыгина, Н.Н.Лузина, Л.С.Лейбенсона. Гамбурцев работал бок о бок с П.П.Лазаревым и С.И.Вавиловым в области оптики, затем с В.В.Шулейкиным уже по геофизике (в связи с проблемой Курской магнитной аномалии).

Первая печатная работа появилась, когда Гамбурцеву было 20 лет. Преподавательская деятельность началась с 26 лет. Статья, открывшая эпоху в сейсмометрии, вышла в 32 года, а учебник для вузов — в 34 года. Но важнее понять, в каких условиях и как мог работать этот человек, воспитанный на дореволюционных ценностях, не толь-

ко в самой науке, но в роли руководителя научных подразделений, а затем и целого института. Вот один эпизод:

«Удивительное отношение этого человека, его чуткость, забота и доброжелательность вынудили меня сказать ему, что я не смогу воспользоваться его согласием принять меня на работу. <...> Г.А. я откровенно рассказал, что <...> с прежней работы я был неожиданно уволен, так как муж моей сестры, директор Керченского судостроительного завода, был арестован как враг народа. Г.А. задумался, а потом сказал: “Ничего, это все пройдет, это все временно <...> вы <...> будете работать у меня”. Шел 1937 год!

Бурное развитие геофизики в 30-е годы обязано Гамбурцеву и его сподвижникам, по-видимому, в той же мере, в какой научные успехи, творческий, затем академический и административный взлет самого Григория Александровича были вызваны потребностью страны в геофизических методах разведки полезных ископаемых. Директора завода можно было репрессировать без последствий для государства, ведущего ученого в области геофизической разведки стратегического сырья — нет. К родственникам это, конечно, не относилось: «родители знали о репрессиях



А.Г.Гамбурцев, Н.Г.Гамбурцева. ГРИГОРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ГАМБУРЦЕВ. Отв. ред. В.Н.Страхов.

М.: Наука, 2003. 300 с. (Из сер. «Научно-биографическая литература».)

не понаслышке», «в 38-м его [отца жены Г.А. — А.Н.] увезли <...>. Г.А. целую ночь сидел и жег наши письма».

В 1941 г. Гамбурцев получил Сталинскую премию.

А в 42-м, когда его жена, Люся Самуиловна Вейцман, поступала на работу (с пятым пунктом!), ей довелось услышать, как кадровик кричал на заведующего лабораторией, куда она была распределена: «Хотите взять на работу дочь врага народа?» (Нашел ли заведующий контраргумент: «Не хотите принять по распределению жену лауреата Сталинской премии?» — история умалчивает, но на работу Л.С. тогда не взяли.) Григорий Александрович, беспартийный, т.е. особенно уязвимый, «воспринимал ситуацию достойно».

Строгий хронологический принцип в книге не соблюден, хотя основная канва выдерживается. По ходу даются сведения из послужного списка и творческой биографии, семейные сюжеты. И везде, для всех периодов преобладают воспоминания современников, сослуживцев, соратников, выписки из архивов, цитаты, а то и полные документы, в том числе не публиковавшиеся. Таким образом достигается сочетание документальности, непосредственных впечатлений и оценки синхронных событий. Все это нанизано на авторскую канву и объединено с фактологией, семейными отступлениями, необходимыми ненавязчивыми комментариями, бытовыми подробностями и житейскими анекдотами.

В книге дословно приводятся высказывания 70 (!) известных ученых, некоторые — многократно. Казалось бы, должен был получиться калейдоскоп. Но этого не случилось. Причин я вижу две. Во-первых, высказывания хорошо организованы, т.е. подобраны к делу и к месту. Во-вторых, в интересном ракурсе вырисовывается непротиворечиво и убедительно фигура Григория Александровича как

руководителя, организатора, крупного исследователя, просто скромного человека. Ни каждый из цитируемых ученых по отдельности, ни авторы-Гамбурцевы не показали бы личность Григория Александровича столь выпукло.

Академические звания в стране (в 1948 г. — член-корреспондент, с 53-го — академик) надо было отрабатывать, как правило, в должности директора института или научно-го центра. При явной увлеченности наукой и стремлении именно к научному творчеству Гамбурцеву как директору института приходилось решать административных вопросов и бытовой текучке. Как человека высоко ответственного и дисциплинированного, в условиях катастрофической нехватки времени, это его сковывало. Он многого не мог себе позволить, даже переписка ограничивалась деловыми вопросами. Можно сказать, что эпоха не только выдвинула Григория Александровича (как, впрочем, его же и сгубила), но и обеднила, ограничила.

Авторы выступают и как члены семьи (сын, невестка), но в первую очередь как геофизики, вполне компетентные в деталях предложенных Гамбурцевым разработок. К тому же они владеют архивными, включая личный фонд, материалами. Редкое сочетание профессиональной компетентности и заинтересованности, не говоря о семейных традициях. Исключительные для биографа обстоятельства дают и результат исключительный. Для героя книги, для ее читателей и для истории геофизики.

Нет смысла перечислять все выполненные Гамбурцевым специальные геофизические работы и достижения в каждой из них. Нельзя, однако, не упомянуть и практической значимости его теоретических и методических работ. Как известно, нет ничего практичнее хорошей теории. Работы Гамбурцева напря-

мую способствовали открытию и разработке железных руд. А его экспедиции в Башкирии во время войны фактически обеспечили открытие и освоение «второго Баку», так что Наркомат нефтяной промышленности даже затребовал переподчинить «геофизическую партию» Гамбурцева напрямую наркомату. Григорий Александрович был привлечен и к разведке урановых руд, о чем до сих пор известно очень мало.

Чтобы понять масштаб личности ученого, книгу надо читать внимательно. Вот лишь несколько фрагментов прямой речи тех, кто близко знал Гамбурцева.

«Работать в нескольких областях геофизики и в каждой из них оставить неизгладимый след удалось лишь небольшому кругу выдающихся талантов. К их числу бесспорно принадлежит и Григорий Александрович Гамбурцев» (В.Н.Страхов).

«Такой руководитель является больше неформальным лидером, чем начальством, и именно вокруг таких людей обычно возникают сильные и сплоченные научные коллективы. Все они, члены этого научного коллектива, были преданы своему лидеру, а он был беззаветно предан науке» (Г.Н.Петрова).

«Когда говорят — школа Гамбурцева, я понимаю под этим не только уровень научных исследований, но и особое отношение к своему делу, некую возвышенность даже в каждодневных делах» (Н.И.Павленкова).

Начало 1952 г. Гамбурцев — член-корреспондент Академии наук СССР, директор Геофизического института, разработавший и активно осуществлявший программу исследований по прогнозу землетрясений. Институт реорганизован, хотя, конечно, есть масса трудностей. В тот момент (25 февраля 1952 г.) за подписью никому не известного В.Реутова появляется статья в «Правде»: «Институт плохо решает и эту проблему» [прогноз землетрясений. — А.Н.],

«вопросы <...> имеющие перво-степенное значение для народного хозяйства страны, разрабатываются институтом слабо» [не дали приоритета Каракумскому каналу], «не смогли добиться коллективности в работе института», «ничем не спаянные отдельные группы ученых», «всякая попытка научной критики встречается в штыки», «на почве семейственности и групповщины, укоренившихся в институте» [супруги в одном институте. — А.Н.].

И как приговор — «надо оздоровить обстановку».

Снятия с должности и ареста Гамбурцева (как произошло в 1931 г. с его учителем П.П.Лазаревым) не последовало. Но работа института в одночасье оказалась парализована. Все силы и время — на проверки, отчеты, разборки, заседания, рассмотрение на комиссиях и Президиуме АН СССР. Григорий Александрович держался достойно: не обращал внимания на явные наветы и обвинения, отстаивал главные научные достижения и выделял реальные проблемы. Впрочем, и здесь надо читать книгу (документы). «Тут были и беспартийность Г.А., и его (вернее, его жены) анкетные данные, и его недооценка роли в науке генеральной линии партии, и чисто личные взаимоотношения с некоторыми персонажами, во главе которых стоял секретарь партбюро института, который все хотел и не мог стать доктором» (Г.Н.Петрова).

28 июня 1955 г. на заседании Президиума директор докладывал о разделении разросшегося

института на три самостоятельных. Во время прений ему стало плохо. Через полчаса, в течение которых прения продолжались, а «скорая» не приезжала, Гамбурцева не стало. В стране всегда «процесс» ценился больше, чем человеческая жизнь. Пришлось закрыть заседание. «Зашатался могучий институт ГЕОФИАН».

Размышляя о судьбе Григория Александровича, трудной и в конце жизни несправедливой, все же признаем: жизнь его по большому счету удалась. Он сумел создать научные школы, разработать новые геофизические методы, выдвинуть и начать реализовывать концептуальную программу по изучению и прогнозу землетрясений, организовать крупные сейсмические экспедиции и запустить в действие геофизические стационары. Даже в последний период институт не разогнали, тематику не закрыли, его дети смогли закончить вузы и работать по избранной специальности, и даже в том же институте. Его научное наследство не было предано анафеме и не замалчивалось. В 1959 г. вышли вторым изданием «Основы сейсморазведки», в 60-м — «Избранные труды», в 82-м — «Развитие идей Г.А.Гамбурцева», в 98-м — «Воспоминания» о нем.

Безвременно ушел Григорий Александрович, но живет дело его жизни. Продолжаются исследования, выходят книги, не пропал архив, соратники, ученики и близкие сохранили замыслы ученого. При всех перипетиях в институте помнят

Гамбурцева и развивают его научную программу.

Да, Григорий Александрович не успел многого. И несомненно, очень важного. Можно согласиться с А.Г.Гамбурцевым, написавшим в предисловии, что «если бы отец дожил до старости, геофизика была бы другой». Но это могло бы произойти только в том случае, если бы страна была другая, во всяком случае в первой половине прошлого столетия.

Но есть и существенный недостаток. Стремление насытить книгу воспоминаниями и высказываниями как можно большего числа людей объяснимо. Но все же местами авторы теряют меру.

Хорошо подобранный иллюстративный материал и приложенный справочный аппарат делают книгу более полноценной и привлекательной для читателя. В фотографиях оживает история геофизики.

30 лет назад известный российский математик А.А.Ляпунов, друг семьи Гамбурцевых, высказался так: «Очень хотелось бы, чтобы молодое поколение геофизиков всегда стремилось брать пример с Григория Александровича». Теперь осуществить это пожелание стало легче, в том числе и благодаря рецензируемой книге. Читайте ее. Узнаете немало нового об истории науки, о семье Гамбурцевых, о выдающихся личностях, наконец, об эпохе и о смене поколений. Считаю полезным внести такую книгу наряду с учебниками в список литературы для студентов старших курсов по специальности геофизика. ■

Физика. Техника

А.Пиковский, М.Розенблюм, Ю.Куртс. СИНХРОНИЗАЦИЯ. ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ НЕЛИНЕЙНОЕ ЯВЛЕНИЕ. Пер. с англ. А.Пиковского и М.Розенблюма. М.: Техносфера, 2003. 496 с. (Из сер. «Мир физики и техники».)

Слово «синхронный» часто употребляется как в научной, так и в обывденной речи и в прямом переводе означает «происходящий в то же самое время». Этот термин относится ко множеству явлений, встречающихся почти во всех областях естественных наук, техники и социальной жизни, явлений, которые кажутся совершенно разными, но подчиняются неким закономерностям.

Тенденция к синхронному поведению наблюдается в столь различных системах, как часы, ритмы биения сердца, генерирующие потенциалы действия нейронов и аплодирующие зрители. Такие эффекты универсальны, их можно объяснить в рамках единого подхода, основанного на современных достижениях нелинейной динамики. Подстройка ритмов за счет взаимодействия и есть сущность синхронизации.

В книге описаны классические результаты по синхронизации периодических автоколебаний и последние достижения в исследовании хаотических систем, больших ансамблей и колебательных сред.

Первая часть рассчитана на читателя с минимальной математической подготовкой (она практически не содержит уравнений), описываются и объясняются все основные идеи и эффекты. Вторая и третья части охватывают тот же круг идей, но на уровне количественного описания; предполагается, что читатель знаком с основами нелинейной динамики.

Авторы книги попытались совместить описание классиче-

ской теории с детальным обзором недавних результатов, делая упор на междисциплинарные приложения.

Медицина

А.И.Крупаткин. КЛИНИЧЕСКАЯ НЕЙРОАНГИОФИЗИОЛОГИЯ КОЛЕЧАТОСТЕЙ. Периваскулярная иннервация и нервная трофика. М.: Научный мир, 2003. 328 с.

Современная наука достигла значительного прогресса в исследовании механизмов нервной регуляции, в том числе сосудистого русла.

Написание книги было обусловлено несколькими причинами. С одной стороны, следовало в клиничко-физиологическом аспекте систематизировать разрозненные результаты изучения нейрососудистой регуляции тканей. С другой стороны, необходимо было создать на их основе новую оптимальную диагностическую технологию, приемлемую для повседневного клинического использования в медицинской практике и позволяющую количественно оценить нейрососудистые тканевые параметры. Решение ни одной из этих задач, особенно в области кровоснабжения тканей опорно-двигательного аппарата, не отражено в современной научной литературе.

Доступным языком автор изложил как теоретические морфо-физиологические принципы организации периферических нейрососудистых взаимосвязей, так и клиническую методологию.

Автор — практикующий врач, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения функциональной диагностики в Центральном НИИ травматологии и ортопедии им.Н.Н.Приорова.

На обложке — деталь росписи свода Сикстинской капеллы Микеланджело Буонарроти.

История науки

КОЛМОГОРОВ: Юбилейное издание. Ред.-сост. А.Н.Ширяев; Подготовка текста Н.Г.Химченко. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

Великий русский ученый, один из крупнейших математиков 20-го столетия Андрей Николаевич Колмогоров (1903—1987) сам себя всегда называл «просто профессор Московского университета». Однако он был действительным членом Академии наук СССР, Национальной академии наук США, Академии наук Франции, почетным членом Королевского статистического общества Великобритании и Лондонского математического общества, а также лауреатом международных и отечественных премий (см.: Природа. 2003. №4).

Юбилейное издание вышло к 100-летию со дня рождения ученого и состоит из трех книг. Их названия почерпнуты из разных высказываний самого Андрея Николаевича и имеют дополнительные подзаголовки, расшифровывающие содержание.

Первая книга называется «Истина — благо: Библиография». Сюда вошли биографические материалы: очерк о жизни и творчестве Колмогорова, хронологический перечень фактов его биографии, высказывания самого Андрея Николаевича и его близких, коллег, учеников, а также обновленная и выверенная библиография.

Вторая книга «Этих строк бегущих тесьма: Избранные места из переписки А.Н.Колмогорова и П.С.Александрова» — переписка двух ученых от начала 30-х до середины 40-х годов.

В третьей книге «Звуков сердца тихое эхо: Из дневников» впервые публикуются дневниковые записи Колмогорова, относящиеся к 1943—45 гг.

История науки

РАССЕКРЕЧЕННЫЙ ЗУБР: Следственное дело Н.В.Тимофеева-Ресовского. Документы. Сост.: Я.Г.Рокицкий, В.А.Гончаров, В.В.Нехотин. М.: Academia, 2003. 576 с.

Сейчас о Николае Владимировиче Тимофееве-Ресовском (1900—1981) знают многие, и прежде всего благодаря повести Д.Гранина «Зубр», впервые опубликованной в журнале «Новый мир» (1987).

Новая книга восполняет существенный пробел в изучении жизни и творчества этого всемирно известного генетика, радиобиолога и биофизика. Здесь воспроизводятся 208 документов из Центрального архива ФСБ РФ, Архива РАН, Российского государственного военного архива и Общества Макса Планка (Германия). В научный оборот вводятся десятки текстов, написанных самим Николаем Владимировичем, а также материалы о его пребывании в Германии (1925—1945), затем в застенках Лубянки. Документацию предваряет обстоятельная статья кандидата исторических наук, обозревателя журнала «Вестник РАН» Я.Г.Рокитянского.

История науки

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИСТОРИИ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ. 2001. Отв. ред. Г.М.Идлис. М.: Наука, 2002. 366 с.

Сборник содержит работы по истории физики и механики. Он состоит из нескольких разделов. В первом собраны

статьи, подготовленные к 110-й годовщине со дня рождения выдающегося физика, академика С.И.Вавилова, одного из президентов АН СССР. Здесь большую часть материалов составляют доклады конференции, проходившей в Институте истории естествознания и техники РАН (июнь 2001 г.) и посвященной этой дате. Составители включили сюда и статью А.Б.Кожевникова «Президент сталинской академии (маска и ответственность Сергея Вавилова)», английский вариант которой уже был опубликован в авторитетном историко-научном журнале «Isis» (1996).

Во второй раздел вошла статья о творчестве А.Д.Сахарова, написанная сотрудником этого института Г.Е.Гореликом, работающем теперь в Бостоне (США). Здесь же появились новые для читателя имена — французский физик и астроном, аббат Жан Шапп д'Отрош, грузинский гидромеханик академик Иван Никурадзе и профессор физики Пермского государственного университета Г.З.Гершуни.

В третьем разделе опубликованы работы по истории различных физических проблем — эффекта Доплера, создания первой пузырьковой камеры, изменения характера и статуса мировых констант — и другие материалы.

Авторами сборника стали сотрудники самых разных учреждений — Физического института РАН, Института экспериментальной и теоретической физики, Государственного технического университета им.Н.Э.Баумана, Института тон-

кой химической технологии, а также Ярославского, Пермского, Уральского и Московского университетов.

История науки

РОССИЙСКАЯ НАУКА: «ПРИРОДОЙ ЗДЕСЬ НАМ СУЖДЕНО...» Под ред. акад. В.П.Скулачева; Отв. ред. А.В.Бялко. М.: Октопус; «Природа». 2003, 416 с.

В этом сборнике публикуются 40 научно-популярных статей лауреатов ежегодного конкурса, организованного Российским фондом фундаментальных исследований. Представлены математика и практически все разделы естественных наук: механика, физика, астрономия, химия, биология, науки о Земле и науки об обществе.

Как и в прошлые годы, большинство статей-победителей 2002 г. написаны московскими авторами. Смысл пушкинские цитаты, вынесенной в заглавие, широк. В нем выделено слово «здесь»: здесь, в России, суждено авторам жить и работать на нелегкой ниве научного творчества. И еще на одно обстоятельство обращает внимание заглавие: журнал «Природа» имеет непосредственное отношение и к проведению конкурса, и к редактированию сборника.

Кроме того, более трети статей были опубликованы в «Природе» до конкурса. Редакцией журнала в сотрудничестве с разными издательствами готовились к печати и все предыдущие сборники, которых выпущено уже пять.

Мышина Тропка

А.В.Кузьмин,

кандидат физико-математических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН

Москва

Даже мышей не прошли вниманием древние люди...

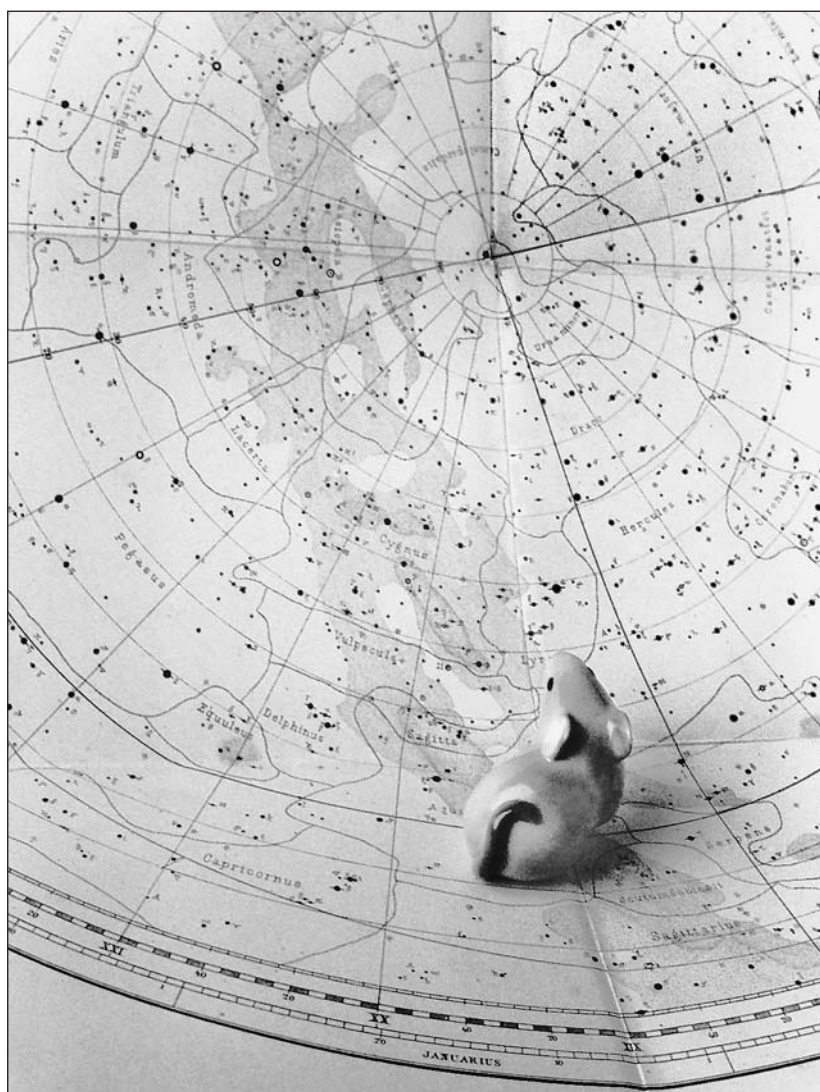
Арат. «Явления»
(Ок. 275 г. до н.э.)

С древнейших времен в разных уголках земли люди наблюдали за формой и положением Млечного Пути в течение ночи, года или более длительного времени. Положение Млечного Пути относительно горизонта, небесного экватора, зенита и небесных полюсов помогало им организовывать биологическую, социальную и религиозную жизнь. Часы Млечного Пути интегрировали человека в космос, а потому были частью архаической системы ориентации [1].

Один из древних символов Млечного Пути, известных из фольклора некоторых народов, — Мышина Тропа. Мифологическое содержание этого символа можно определить как «переход в иное качественное состояние».

К такому представлению о значении Млечного Пути привели, с одной стороны, вынужденное знакомство с особенностями поведения маленького зверька, сопровождающего людей на всем протяжении их жизни; с другой — интуитивное представление о смерти как о процессе перехода в другой мир.

Мышь — млекопитающее, живущее рядом с человеком, на земле и под землей. У неко-



Мышь на Млечном Пути. Ломоносовский фарфоровый завод. 1999 г.

Фото автора

© А.В.Кузьмин

торых народов существует культ мыши как хозяйки двух миров, проводника, связывающего их между собой, мгновенно исчезающего в одном из них и возникающего в другом. Такому представлению способствовала природная особенность этого проворного зверька неожиданно прятаться в укрытии от опасности, что в представлении людей могло трактоваться как мистическое исчезновение и перемещение в пространстве, обусловленное на деле природной ловкостью, необходимой мыши для выживания во враждебном мире.

Известно, что в германской и славянской традициях мышь была священным животным, связанным с погребальным обрядом и представляемым как «слепое существо». Еще ранее, в древнейшей индоевропейской мифологии, мышь ассоциируется с женским божеством нижнего мира в погребальных обрядах. Таким образом, с символом мыши связан факт перемещения души в другой мир.

Мышь символизирует процесс изменения качества и в более широком смысле (погребальный обряд лишь один из примеров). Волшебная роль мыши отражена в литовском фольклоре, в частности в сказке «О заколдованном замке», где мышь — это женщина-жрица, под надзором которой мальчики проходят обряд инициации [2].

В хеттской традиции мышь выступает в обрядах, совершаемых жрицами для избавления от смерти.

У восточных славян Млечный Путь считался «дорогой души на тот свет» и назывался — мышина тропка. Душа в виде мыши изображалась даже на некоторых ранних христианских иконах [3].

Эти факты свидетельствуют о наличии их связи с понятиями «душа», «переход», «изменение качества» при формировании интуитивных представлений о Млечном Пути.

На основе этнографических данных можно заключить, что Млечный Путь, или Мышина Тропка, в представлении древних индоевропейцев связан с «изменением», «переходом в иное состояние», а самый маленький, живущий рядом с людьми зверек принимает роль полумифического воплощения этих мифологических категорий.

Мыслители нашего времени также не остаются равнодушными к «мышинной мифологии». Наиболее яркие примеры возвращения мифа на протяжении XX в. можно найти в творчестве писателей Серебряного века, развивавших мысли греков о связи символа мыши с культом Аполлона, представленного, в частности, покровителем мышей.

М.Волошин в своей статье 1911 г. писал, что «в быстром, убегающем движении маленько-

го серого зверька греки видели подобие вешего, ускользающего и неуловимого мгновения, тонкой трещины, всегда грозящей нарушить аполлиническое сновидение, которое в то же время лишь благодаря ей может быть создано». Волошин представляет мышь как образ времени и вечности: «Время — вечность, напряженная и вечно движущаяся сфера внутренних интуитивных чувствований, — которое нашему логическому сознанию представляется огромной горой тьмы и хаоса, потрясается до основания, и из трещины рождается бесконечно малое мгновение — мышь. Гора рождает мышь так же, как вечность рождает мгновение».

У О.Мандельштама мышь, кроме неуловимой грани времени и вечности, символизирует момент творческого прозрения, свершение которого возможно лишь в этот бесконечно краткий таинственный миг:

*После полуночи сердце ворует
Прямо из рук запрещенную тишь.
Тихо живет — хорошо озорует,
Любишь — не любишь: ни с чем не
сравнишь...*

*Любишь — не любишь, поймешь —
не поймешь,
Не потому ль, как подкидыви,
молчишь,
Что пополуночи сердце пирует,
Взяв на прикус серебристую мышь?*

(1931). ■

Литература

1. Изображение, роль и значение Млечного Пути в древних культурах // *Астрономия древних обществ*. М., 2002.
2. *Гамкрелидзе Т.В., Иванов В.В.* Индоевропейский язык и индоевропейцы. Тбилиси, 1984.
3. *Соколова З.П.* Животные в религиях. СПб., 1998.

Тематический указатель журнала «Природа» за 2003 год

ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

VII Международный конгресс по истории океанографии*. Короткевич Г.В.	11	85
Ассигнования на канадскую науку**	8	50
«...Вам вверено главное руководство сей экспедиции». Свердлов Л.М.	10	59
Великобритания вступает в ESO*	1	79
Вернадский глазами царской охранки. Сорокина М.Ю.	11	66
Взгляд на формирование химических школ Петербурга. Дмитриев И.С.	9	73
Вода — в поле зрения ученых*. Аверьянова В.А.	12	76
Всемирная сейсмическая сеть. Сергеева Н.А., Силкин Б.И.	4	75
Год, когда был открыт закон**	10	16
Женщины в европейской науке*	1	82
Жизнь в поисках истины (К 100-летию со дня рождения Андрея Николаевича Колмогорова). Ширяев А.Н.	4	36
Жизнь и плавание капитана И.А.Мана (К 100-летию со дня рождения). Ман Л.И.	12	59
Звездное начало петербургской электротехники. Иванов Б.И.	9	66
«Карта Винланда» все же фальшивка**	7	10
Конкурс популярных статей РФФИ. Бялко А.В.	2	3
ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2002 ГОДА		
По физике — Р.Дэвис, М.Кошиба и Р.Джиаккони. Герштейн С.С., Шакура Н.И.	1	66
По химии — Дж.Б.Фенн, К.Танака, К.Вютрих. Есипов С.Е., Арсеньев А.С.	1	73
По физиологии и медицине — С.Бреннер, Х.Р.Хорвиц и Дж.Салстон. Скулачев В.П.	1	76

Знаком * отмечены материалы, опубликованные в разделе «Новости науки».

Знаком ** отмечены материалы, опубликованные в разделе «Калейдоскоп».

НА ВЕРШИНАХ НАУКИ И ВЛАСТИ

К 100-летию Анатолия Петровича Александрова	2	5
А.П.Александров и Академия наук. Осипов Ю.С.	2	6
В штабе атомной отрасли. Румянцев А.Ю.	2	10
Интерес к жизни. Алферов Ж.И.	2	15
Прямая речь. Александров А.П.	2	20
Наука и политика. Юревич А.В., Цапенко И.П.	5	3
Наука и Третий рейх: борьба за ресурсы. Сорокина М.Ю.	8	73
Немцы в Академии наук. Смагина Г.И.	9	83
Неосуществленная мечта П.К.Козлова. Юсупова Т.И.	9	52
Новое глобальное начинание*	8	87
Памятник кошке**. Толкунов Ю.А.	5	50
Переписка Гильберта**	7	45
Петербург на ладони. Кильдюшевская Л.К.	9	4
Петербургский натуралист Иоганн фон Бёбер и его коллекции. Сытин А.К.	5	64
Пещерное искусство пришло в Интернет**	11	41
Письмо — автобиографический путеводитель. Никишанова Т.И.	6	31
Последний председатель Императорского Русского географического общества . Ярукова Л.И.	9	46
Право на ошибку**	5	50
Проект ITER: круг участников расширяется* Санкт-Петербург историко-научный. Колчинский Э.И.	10	71
9	57	
СОВЕСТЬ АКАДЕМИИ		
К 100-летию М.А.Леонтовича	3	3
Судьба и магия таланта. Шафранов В.Д.	3	4
В «центре сопротивления». Беляев С.Т.	3	10
Уроки гражданского мужества. Окунь Л.Б.	3	12
Коммуна на Сивцевом Вражке. Леонтович Н.М.	3	13
Заметки к родословной. Леонтович Т.А.	3	16
Сохранить ценную геологическую информацию**	4	35
Чарльз Дарвин — в Интернете**	10	16

**ЧЕЛОВЕК, ПОДАРИВШИЙ СТРАНЕ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

К 100-летию Игоря Васильевича Курчатова	1	8
Во главе атомного проекта. Новиков И.И.	1	9
Предназначение. Черноплеков Н.А.	1	15
«Научные восторги». Садовский М.А.	1	23
Эволюция геосферно-биосферной системы.		
Заварзин Г.А.	1	27
Эпизоды из истории атомного проекта (Заметки архивиста). Есаков В.Д.	10	51

**АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА.
КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

ALMA — крупнейший радиотелескоп*. Сурдин В.Г.	10	69
«Jason» следит за Мировым океаном из космоса*	1	85
Астрономические задачи начала XXI века, или 23 проблемы Сэндиджа. Решетников В.П.	2	32
Великобритания вступает в ЕСО*	1	79
Венера снова в повестке дня**	7	11
Вторая затменная планетная система*	8	82
ВСПОМИНАЯ МАРСИАНСКИЕ КАНАЛЫ	8	3
Величайшее противостояние Марса. Сурдин В.Г.	8	3
Отрывки из книг прошлых лет о Марсе	8	7
Гамма-всплески — взрывы сверхновых?*	7	76
Гамма-всплески и гравитационные линзы.		
Угольников О.С.	6	18
Гамма-всплески связаны с гиперновыми*.		
Сурдин В.Г.	12	72
Гигантская планета в опасности*. Сурдин В.Г.	8	82
Двойное «сердце» галактики*	8	81
Двойной астероид вблизи земной орбиты*	1	78
«Детство» Вселенной — на карте*	12	71
Дорога женщинам в космос сужается**	3	70
Звезды рождаются не только в галактиках*.		
Вибе Д.З.	10	67
Космические неудачи**	5	50
Космонавт или робот?*	6	45
Крабовидная туманность: гипотезы находят подтверждение*	6	83
Куда направлены спиральные рукава галактик?		
Сурдин В.Г.	10	48
Луна — как на ладони!* Сурдин В.Г.	4	77
Мониторинг состояния среды спутниками серии «Spot-4»**	5	51
Над северным полюсом Солнца**	10	16
Найден остаток исторической сверхновой*	11	80
Новая цель для зонда «Rosetta»	11	41
Новые шаги гамма-астрономии*	8	81
Новый «родственник» Юпитера*	7	78
Определены места «примарсения»*	3	75
Орбита звезды в центре Галактики*. Вибе Д.З.	6	82
Очередной рекорд пояса Койпера*. Вибе Д.З.	5	79
Перспективы изучения Солнечной системы*	6	82
Планеты или звездные пятна?*	2	80
Планеты образуются буквально «на глазах»*	10	68
По-настоящему горячие звезды*	12	71
«Портрет» Альфы Центавра*. Сурдин В.Г.	11	79
Предстоящие исследования Марса*	7	76
Сверхскопление Шепли — крупнейший архипелаг галактик. Сурдин В.Г.	1	63

Связь между черными дырами и сверхновыми*	5	79
Снова на пути к Марсу*	3	75
Спутник видит вулканы		
Южных Сандвичевых островов*	12	78
Судьба шаровых скоплений*	10	67
Телескопы продолжают расти*	10	69
«Том» и «Джерри» изучают Мировой океан**	5	34
У Млечного Пути обнаружилось кольцо*	11	80
Черные дыры в шаровых скоплениях*. Вибе Д.З.	1	78
Экзопланета со странностями*	7	77

**ПЛАНЕТОЛОГИЯ. МЕТЕОРИТИКА.
ФИЗИКА И ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ.
КОСМОХИМИЯ**

Вулканы на Ио*	5	80
Как появляются спутники планет*	10	70
Как рождаются планеты-гиганты?*	6	83
Марс изучается в Арктике*	4	78
Откуда вода на Марсе?*	8	83
Оценка ущерба «здоровью» атмосферы.		
Кароль И.Л., Киселев А.А.	6	25
Полярные шапки Марса — из водяного льда*	11	81
Происхождение африканского метеорита загадочно*	2	81
Ранняя история Земли: образование коры и мантии*	7	78
Серебристые облака смещаются к югу*	7	78
У Земли тоже были кольца*	3	76
Циркуляция в тропической атмосфере усиливается*	1	79

МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА

Почему так часто происходят наводнения?		
Найденов В.И., Кожевникова И.А.	9	12

ФИЗИКА. ТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА

ALMA — крупнейший радиотелескоп*. Сурдин В.Г.	10	69
Ветровая энергетика в Германии**	5	31
Вибрация «изменяет законы механики».		
Блехман И.И.	11	42
Визуализация нейтронов*. Ширшов Л.С.	5	81
Германский источник нейтронов заработает в 2004 году**	10	58
Гидродинамика околоритических жидкостей.		
Полежаев В.И., Соболева Е.Б.	10	17
Длинные нити из нанотрубок*	7	79
Долгий путь сквозь льды Антарктиды. Талалай П.Г.	9	36
За краем таблицы Менделеева. Щеголев В.А.	1	36
Квантовые невозможные измерения в физике.		
Кулагин В.В., Руденко В.Н.	3	19
Когда графит предпочтительней алмаза*	1	81
Лазер «на квантовой шестеренке»*	1	81
Лазер-манипулятор*	3	77
Лазерное излучение на нанопроволоке из нитрида галлия*	6	84
Лазерные сети*	5	82
Магнит из ВТСП: свыше 17 Тл при 29 К!*	10	71
Материалы ионки твердого тела.		
Иванов-Шиц А.К., Демьянец Л.Н.	12	35
Микро- и наноконтактное взаимодействие твердых тел. Головин Ю.И., Тюрин А.И.	4	60
Миниатюрные роботы с бортовыми микродатчиками*	4	79

Мир ориентационного беспорядка в кристаллах. Нейтронные исследования.				
Белушкин А.В., Козленко Д.П.	7	53		
Можно ли создать нанотрубку из кремния?*	10	71		
Монокристаллические нанотрубки из GaN*	12	73		
Наномеханизмы, управляемые светом*	12	74		
Нанотрубки взрываются от фотовспышки**	4	59		
Науке нужны новые подводные аппараты*	2	83		
ОТ МОНОКРИСТАЛЛОВ К НАНОСТРУКТУРАМ				
60 лет Институту кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН	11	3		
Физическими свойствами кристаллов можно управлять. Симонов В.И.	11	4		
Молекулярный конструктор Ленгюра—Блоджетт. Ковальчук М.В., Клечковская В.В., Фейгин Л.А.	11	11		
Кристаллические вискеры и наноострия. Гиваргизов Е.И.	11	20		
Зачем нужна белковая кристаллография. Владимиров Ю.А.	11	26		
Фамильные минералы нашего института. Расцветаева Р.К.	11	35		
Первый молекулярный модуль памяти*	4	80		
Получен новый сверхтяжелый элемент?*	4	78		
Полцарства за владение ИТЕР'ом*	11	81		
«Портрет» антиматерии*	2	80		
Причина аномальной сверхпроводимости MgB ₂ *	3	76		
Проводимость молекулы водорода*	7	79		
ИТЕР: круг участников расширяется*	10	71		
Радиационная передача тепла и вакуумное трение. Волокитин А.И.	5	8		
Российские кремний-эрбиевые диоды светят ярче!*	4	80		
Сверхдлинные колонки осадков Охотского моря*. Левитан М.А.	8	84		
Сверхпроводимость лития*	6	84		
Сверхпроводящий MgB ₂ -провод получен в Курчатовском институте*	8	84		
Сюрпризы несоразмерной фазы в сегнетоэлектриках. Гриднев С.А.	8	52		
Телескопы продолжают расти*	10	69		
Термометр из одной молекулы*	5	81		
Увидим ли схемы в алмазах?*	11	82		
Углеродные нанотрубки с борными нанобугорками*	1	80		
Фуллерен сжимается, но в металл не превращается*	5	82		
Чешуйчатый парашют. Ковалёв И.С.	6	50		
Электронный пучок от углеродной нанотрубки*	10	72		
Энергетические перспективы Великобритании*	11	82		
ХИМИЯ				
Аллотропия углерода. Хайманн Р.Б., Евсюков С.Е.	8	66		
Вращающаяся спиральная колонка в анализе природных образцов. Федотов П.С., Марютина Т.А.	7	71		
Вред и польза шлаковых отвалов. Баталин Б.С.	10	27		
Как склеить «химический кувшин» из осколков. Михайлов О.В.	12	17		
Многоликая водородная связь. Эпштейн Л.М., Шубина Е.С.	6	40		
Углеродные нанотрубки удаляют из воды свинец*	2	82		
Циркониевые сэндвичи для активации углеводородов. Леменовский Д.А., Крутько Д.П., Борзов М.В.	4	30		
Чистый водород — из природного газа*	12	74		
БИОЛОГИЯ				
Аутофагия и змеиное колесо — основа легенд?*				
Семенов Д.В.	6	85		
Биологические и исторические тайны рапаны. Кантор Ю.И.	5	32		
Воробьиное племя. Булавинцев В.И.	3	61		
Ворона изготавливает инструмент!*	5	83		
Грибы и растения. Дьяков Ю.Т.	5	73		
Доли скончалась**	10	36		
Конусы: смертельная опасность или мнимая угроза? Кантор Ю.И.	10	33		
Ледовые сообщества Байкала. Бордонский Г.С., Бондаренко Н.А., Оболкина Л.А., Тимошкин О.А.	7	22		
Морские пещеры и их обитатели. Миронов А.Н., Москалев Л.И.	2	50		
Необычная организация покровной ткани скребней. Никишин В.П.	11	71		
Необычное древнее сооружение в излучине Дона. Демкин В.А., Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Скрипкин А.С.	8	35		
Неожиданное о грибах*. Панова Т.Д.	4	85		
Почвы Зауралья в древности и теперь. Плеханова Л.Н.	12	48		
Смена правил в ходе игры*. Гиляров А.М.	12	75		
Стрессы и размножение ящериц*. Семенов Д.В.	3	77		
Структура почв. Милановский Е.Ю., Шенин Е.В.	3	28		
Так ли уж необратима эволюция?*. Гиляров А.М.	4	80		
Температурные границы жизни. Озернюк Н.Д.	2	56		
Хвостатые ферменты. Рабинович М.Л., Мельник М.С.	5	24		
Ход слона**	11	41		
Черепаша — специализированный хищник-засасыватель*. Семенов Д.В.	5	82		
Черные земли: полупустыня вновь становится степью. Неронов В.В., Чабовский А.В.	2	72		
БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ. МИКРОБИОЛОГИЯ				
Городской комар. Виноградова Е.Б.	12	3		
Дальневосточный гастроном, или Пищевые пристрастия бурого медведя. Кречмар А.В.	3	44		
Зачем деревья сбрасывают листья на зиму?*				
Гиляров А.М.	11	83		
Золотистый минтай. Орлов А.М., Бирюков И.А.	12	46		
Изохронный способ изучения скрытно живущей ящерицы*. Семенов Д.В.	4	81		
Летающие змеи**	7	11		
Моллюсков расселяет нототения*. Тимофеев С.Ф.	10	72		
Обнаружен новый вид попугаев!*	4	82		
ПАТРИАРХ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТЕРИОЛОГИИ				
(К 95-летию Н.К.Верещагина)	10	84		
Проблемы создания и хранения териоколлекций в биологических учреждениях России и СНГ. Верещагин Н.К.	10	85		
Познавательные воспоминания. Штильмарк Ф.Р.	10	89		

По степям и лесам Горного Алтая. Бебня С.М.	8	24	Вред и польза шлаковых отвалов. Баталин Б.С.	10	27
Растения сигнализируют об опасности*.			Германский источник нейтронов заработает в 2004 году**	10	58
Гиляров А.М.	10	72	Контрабанда угрожает слонам**	7	45
Секретное оружие крокодилов**	4	74	Лоси и алкоголь**	7	11
Судьба новозеландских птиц**	10	58	Моллюсков расселяет нототения*. Тимофеев С.Ф.	10	72
ГЕНЕТИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ. БИОТЕХНОЛОГИЯ			Мониторинг состояния среды спутниками серии «Spot-4»**	5	51
Гетерозис можно закрепить в потомстве!			Муравьи-вселенцы угрожают крабам**	11	41
Струнников В.А., Струнникова Л.В.	1	3	На Дальнем Востоке кавказские слизни?*		
Как вирус проникает в клетку. Чизмаджев Ю.А.	4	69	Чернышев А.В.	4	82
Как остановить синтез белков? Киселев Л.Л.	8	59	Парк Вакулла Спрингс — вотчина аллигаторов.		
«Наша судьба — в наших генах».			Чесноков Н.И.	6	46
Алфимова М.В., Голимбет В.Е.	6	13	Перспектива попадания вида в Красную книгу предсказуема!* Гиляров А.М.	3	78
Протеасома: разрушение во имя созидания.			Почва как компонент «Биосферы-2».		
Абрамова Е.Б., Карпов В.Л.	7	36	Понизовский А.А., Кудяров В.Н., Благодатский С.А., Алексеев А.О., Биль К.Я., Марфи Р.	7	46
СВЕТ И ЦВЕТ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ			Псковская глухомань. Булавинцев В.И.	5	52
Неразгаданная Дарвином биолюминесценция.			Растения сигнализируют об опасности*.		
Лабас Ю.А., Гордеева А.В.	2	25	Гиляров А.М.	10	72
Флуоресцирующие и цветные белки.			Свалка как возбудимая среда.		
Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Фрадков А.Ф.	3	33	Вавилин В.А., Локшина Л.Я., Ножевникова А.Н., Калужный С.В.	5	54
Судьба бизонов зависит от ДНК*	11	84	Скорость размножения и угроза вымирания вида.		
Условно нейтральные признаки.			Полищук Л.В.	7	12
Алешин В.В., Петров Н.Б.	12	25	Смена правил в ходе игры*. Гиляров А.М.	12	75
ФИЗИОЛОГИЯ. ПСИХОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ДЕМОГРАФИЯ. СОЦИОЛОГИЯ			Снегоходы — бедствие для животных?*	8	84
Антивулканическая здравоохранительная сеть*	12	77	Судьба бизонов зависит от ДНК*	11	84
Асимметрия поворота головы при поцелуе и на портретах*. Гилярова К.А.	5	84	Судьба новозеландских птиц**	10	58
Женщины в европейской науке*	1	82	Углеродные нанотрубки удаляют из воды свинец*	2	82
Кто виноват — смог или грипп?*	10	77	Участь ящериц в городе*	4	82
«Наша судьба — в наших генах».			Что делать с радиоактивными отходами?*	1	82
Алфимова М.В., Голимбет В.Е.	6	13	ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТОНИКА. ПЕТРОЛОГИЯ		
Не двоятся ли в глазах у дельфина? Масс А.М.	6	57	195-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн». Басов И.А.	7	66
Новый диагностический признак в дерматоглифике.			Возраст Кергеленского плато*	4	83
Богданов Н.Н.	3	64	Еще раз о загадке шестигранной ряби.		
Проблемы цитомегаловирусной инфекции.			Иванцов А.Ю.	1	46
Вартанян Р.В.	4	54	Исток Ангары. Сизых Вал.И., Сизых Вит.И., Сизых Ю.И.	12	53
Регуляторные пептиды. Левницкая Н.Г., Каменский А.А.	10	10	Исчезнувшие вулканы Главного Кавказского хребта.		
Телевидение и агрессивность*	11	83	Короновский Н.В., Демина Л.И.	10	37
Убойная сила российского пьянства. Немцов А.В.	12	10	Как «изнашиваются» Гималаи*	11	84
Феноменальный эстроген и эстрогенный феномен.			Как крошатся горы?*	3	78
Берштейн Л.М.	9	24	Каменные столбы Каппадокии. Уфимцев Г.Ф.	2	41
Формирование патологий головного мозга в эмбриональный период. Отеллин В.А.	9	30	Карбонатные платформы и колебания уровня океана (194-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	5	71
Фуллерены помогут восстановить нарушения памяти?*	5	84	Кедровые леса на месторождениях нефти и газа.		
Языки индейцев: изучить и сохранить*	10	82	Гладких В.А.	7	68
ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ			Кому достанутся сокровища шельфа?*	7	81
Амазонии требуется защита*	7	80	Конические постройки в осадочных породах.		
Борьба с глобальным потеплением**	10	36	Казак А.П., Колокольцев В.Г., Якобсон К.Э.	12	44
В защиту коралловых рифов*	10	73	Нефть Тасманова моря*	2	82
Вернутся ли тахи в природу? Орлов В.Н., Паклина Н.В.	4	18	Ноев ковчег отменяется?***	7	10
Вода — в поле зрения ученых*. Аверьянова В.А.	12	76	Острова Фиджи вращаются*	6	86
Волки Франции**	7	10	Подземные опасности в Москве. Никонов А.А.	6	63
			Полезные ископаемые Австралии*	4	83
			Поэзия Кавказских гор. Леонов М.Г.	7	25

Происхождение Витватерсрандского золоторудного бассейна*	6	85	Глобальное потепление: всерьез и надолго?*	10	76
Сверхдлинные колонки осадков Охотского моря*.			Горные вершины Антарктиды**	12	58
Левитан М.А.	8	84	ГЭС на малых реках России: достоинства и недостатки. Малик Л.К.	1	55
Сохранить ценную геологическую информацию**	4	35	Динамика климата: что ждет Австралию*	11	86
Союз Ломоносовитских Республик.			Долгий путь сквозь льды Антарктиды. Талалай П.Г.	9	36
Расцветаева Р.К.	4	14	Дрейф по Северному Ледовитому океану**	5	72
Тункинский рифт. Уфимцев Г.Ф., Щетников А.А.	8	43	Загадка огромной градины**	5	17
Туффизиты под Санкт-Петербургом. Якобсон К.Э., Казак А.П., Толмачева Е.В.	5	61	Засуха в США*	5	87
Уран Австралии*	2	82	Климат Австралии и парниковый эффект*	3	80
Феномен марганца на Земле. Базилевская Е.С.	5	35	Климатические экстремумы на территории России. Кренке А.Н., Чернавская М.М.	7	62
Что случилось три миллиарда лет назад?*	7	80	Кто виноват — смог или грипп?*	10	77
			Ледники Аляски сокращаются*	3	81
ГЕОХИМИЯ. ГЕОФИЗИКА			Ледниковая катастрофа на Северном Кавказе.		
Аляска поднимается*	6	86	Котляков В.М., Рототаева О.В.	8	15
Вулканы, связанные между собой*	8	86	Муссоны: вчера, сегодня, завтра*	3	80
Горячие точки оказались подвижными*	1	83	На пути к международному экологическому налогу.		
Космический корабль «Планета Земля».			Клюев Н.Н.	7	3
Цыганков С.С. (отец), Цыганков С.С. (сын), Цыганков С.С. (внук)	6	70	Неосуществленная мечта П.К.Козлова.		
«Молчаливое» землетрясение угрожает Японии*	10	73	Юсупова Т.И.	9	52
Морские приливы инициируют землетрясения*	4	84	Нестабильность климата в эпоху оледенения*	1	88
Озера-убийцы*	10	80	Нетипичный муссонный сезон*	5	87
Последствия падения юкатанского астероида*	1	82	Новое глобальное начинание*	8	87
Почему «поют» пески пустынь?*	8	85	Новости из вечной мерзлоты*	10	75
Углеводороды снежно-ледяного покрова высокоширотных акваторий. Немировская И.А.	2	62	Остров Флат больше не существует**	8	50
Фигура Земли изменяется*	1	84	Песчаная буря в Австралии*	8	87
			Петербург на ладони. Кильдюшевская Л.К.	9	4
			Повторяемость наводнений в Петербурге.		
			Пяковский Р.В., Померанец К.С., Чернышева Е.С.	9	21
СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ			Позднепалеолитический человек заселяет Русскую равнину. Величко А.А., Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И.	3	52
Антивулканическая здравоохранительная сеть*	12	77	Последний председатель Императорского Русского географического общества. Ярукова Л.И.	9	46
Взбунтовались недра Индонезии*	11	85	Роль водяных паров в глобальном потеплении*	2	85
Всемирная сейсмическая сеть. Сергеева Н.А., Силкин Б.И.	4	75	Сажа портит климат*	5	87
Вулкан Паго пробудился*	8	86	Северная Земля: 90 лет после открытия.		
Извержение Этны*	10	75	Саватюгин Л.М., Шевнина Е.В.	11	56
Килауэа жжет заповедные леса*	7	82	Следы ледниковых наводнений*	1	87
Курильская катастрофа полвека назад.			Спутник видит вулканы		
Никонов А.А.	1	48	Южных Сандвичевых островов*	12	78
Мауна-Лоа готовится к извержению*	10	74	Сток рек в Северный Ледовитый океан растет*	10	76
«Медленное» землетрясение*	5	85	Тепло Европы не от Гольфстрима?*	6	87
На дне кратера Колима*	6	86	Теплый воздух городов приносит дожди в пригороды*	4	85
Ньярагонго — примечательный вулкан Африки*	1	86	Трансарктические плавания станут реальностью*	1	86
Остров Монтсеррат: бедствие продолжается*	2	84	Ускорилось таяние гималайских ледников*	4	85
Сейсмические вибрации при субдукции*	2	85	«Ходульные» деревья у озера Байкал. Агафонов Б.П.	6	53
Сейсмоопасная зона Австралии*	12	77	Черные земли: полупустыня вновь становится степью. Неронов В.В., Чабовский А.В.	2	72
Сотрясается гора Худ*	5	86	Что дает мониторинг пульсирующих ледников?		
Спутник видит вулканы			Осипова Г.Б., Цветков Д.Г.	4	3
Южных Сандвичевых островов*	12	78			
Спутники помогают вулканологам*	6	87			
			ОКЕАНОЛОГИЯ		
ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ. ГЛЯЦИОЛОГИЯ			VII Международный конгресс по истории океанографии*. Короткевич Г.В.	11	85
«Аллея» из вихрей над Атлантикой**	6	45	«Jason» следит за Мировым океаном из космоса*	1	85
«...Вам вверено главное руководство сей экспедиции». Свердлов Л.М.	10	59	Белуха-океанолог*	12	77
Великая зеленая стена**	5	51			
Величайший из айсбергов*	5	86			
Возвращение в Гренландию. Талалай П.Г.	5	18			

В защиту коралловых рифов*	10	73
Глубоководные гидротермы Полярного бассейна*	5	85
Древние кораллы и уровень океана*	12	77
Жизнь и плавания капитана И.А.Мана (К 100-летию со дня рождения). Ман Л.И.	12	59
«Золотые» галионы помогают океанологам*	4	84
Как перемешиваются морские воды*	1	85
Камчатское течение. Рогачёв К.А.	2	45
Кому достанутся сокровища шельфа?*	7	81
«Мир-1» и «Мир-2» на гидротермальных полях Атлантики*. Сагалевич А.М.	2	83
Науке нужны новые подводные аппараты*	2	83
Ноев ковчег отменяется?***	7	10
Подводный вулкан Моноваи**	7	11
Прогноз Эль-Ниньо удался*	3	79
Сток рек в Северный Ледовитый океан растёт*	10	76
Судьба арктических льдов*	8	85
«Том» и «Джерри» изучают Мировой океан**	5	34

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

В России впервые обнаружены остатки анкилозавров. Туманова Т.А., Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.	3	69
Вендский организм опознается по отпечаткам. Иванцов А.Ю.	10	3
Древнейшее плацентарное млекопитающее*	6	88
И снова предок*	10	78
Ископаемый джехолорнис*	8	88
История климата Африки — в снегах Килиманджаро*	7	82
Ихтиозавр вернулся домой**	8	50
Невидимые миру факты, или «Говорящие» атомы и молекулы в палеонтологии. Журавлев А.Ю.	5	43
Нестабильность климата в эпоху оледенения*	1	88
Олоротитан — гигантский лебедь из Архары. Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.	11	54
Реконструкция палеоклимата: степень приближения*	10	77
Самые древние приматы*	8	87
Уникальная сохранность гадрозавра* Ферганозавр Верзилина*.	10	78
Алифанов В.Р., Аверьянов А.О.	10	79
Четырехкрылый планёр из мезозоя*. Курочкин Е.Н.	7	83

АРХЕОЛОГИЯ. АНТРОПОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Архаические надписи на «костях дракона»**	8	51
Археологические находки в Армении*	7	84
Библейская хронология подтверждается*	11	87
Восстановление афганских памятников**	8	51
Древнее захоронение всадников и лошадей*	8	88
Древний народ на берегах Амазонки*	10	81
Заговорит ли библиотека Ашшурбанипала?*	3	81
Зарайская палеолитическая стоянка — памятник исключительной значимости. Амирханов Х.А., Лев С.Ю.	10	44
Как возродить афганские древности?*	1	88
Как появилась письменность в Америке?*	10	81
Какао «постарело»*	6	88
Когда возникло искусство?*	5	88

Наркотикам три тысячи лет**	8	51
Необычное древнее сооружение в излучине Дона. Демкин В.А., Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Скрипкин А.С.	8	35
Неожиданное о грибах*. Панова Т.Д.	4	85
Новый диагностический признак в дерматоглифике. Богданов Н.Н.	3	64
Первые земледельцы Америки*	12	79
Пещерное искусство пришло в Интернет**	11	41
У истоков мореплавания*	2	86

АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Полярное сияние над Москвой. Кузьмин А.В.	4	29
Союз Ломоносовитских Республик. Расцветаева Р.К.	4	14

В КОНЦЕ НОМЕРА

Мышина Тропка. Кузьмин А.В.	12	85
«Наполеоново» землетрясение. Силкин Б.И.	7	90
Сокровища Дарвиновского музея. Ваньшина О.П., Пузик М.А.	1	94
Судьба коллекции Карла Линнея. Островский А.Н.	10	93
Физический кабинет Кунсткамеры. Моисеева Т.М.	9	94

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Возвращение в Гренландию. Талалай П.Г.	5	18
Зарайская палеолитическая стоянка — памятник исключительной значимости. Амирханов Х.А., Лев С.Ю.	10	44
Необычное древнее сооружение в излучине Дона. Демкин В.А., Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Скрипкин А.С.	8	35
По степям и лесам Горного Алтая. Бебия С.М.	8	24
Углеводороды снежно-ледяного покрова высокоширотных акваторий. Немировская И.А.	2	62
Черные земли: полупустыня вновь становится степью. Неронов В.В., Чабовский А.В.	2	72

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Ботаник Александр Бунге (К 200-летию со дня рождения). Сытин А.К.	11	93
Геральдический бестиарий. Иванова-Казас О.М.	2	91
Жозеф Деникер. Любина Г.И.	8	93
«Муж вещей травных в сыскании неусыпный». Сытин А.К.	6	93
Небо Иоганна Байера. Кузьмин А.В.	3	92
Под «Веселым Роджером» к тайнам океанов. Фащук Д.Я.	4	91

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Вековые волны в исторической демографии. Турчин П.В.	6	3
На пути к международному экологическому налогу. Клюев Н.Н.	7	3

ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

Воробьиное племя. Булавицев В.И.	3	61
Золотистый минтай. Орлов А.М., Бирюков И.А.	12	46
Кедровые леса на месторождениях нефти и газа. Гладких В.А.	7	68

Конические постройки в осадочных породах.		
Казак А.П., Колокольцев В.Г., Якобсон К.Э.	12	44
Конусы: смертельная опасность или мнимая угроза?		
Кантор Ю.И.	10	33
На берегах Кыргыз-Нура. Худяков Ю.С.	4	25
Повторяемость наводнений в Петербурге.		
Пясковский Р.В., Померанец К.С.,		
Чернышева Е.С.	9	21
Псковская глухомань. Булавинцев В.И.	5	52
«Ходульные» деревья у озера Байкал.		
Агафонов Б.П.	6	53

КОРОТКО

2 40; 3 32, 68; 4 17; 5 49; 7 70;
10 83; 11 53; 12 24, 34, 43

ЛЕКТОРИЙ

Вибрация «изменяет законы механики».		
Блехман И.И.	11	42
Грибы и растения. Дьяков Ю.Т.	5	73
Как склеить «химический кувшин» из осколков.		
Михайлов О.В.	12	17
Квантовые невозмущающие измерения в физике.		
Кулагин В.В., Руденко В.Н.	3	19
Поэзия Кавказских гор. Леонов М.Г.	7	25

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

195-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн». Басов И.А.	7	66
В России впервые обнаружены остатки анкилозавров. Туманова Т.А.,		
Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.	3	69
Камчатское течение. Рогачёв К.А.	2	45
Карбонатные платформы и колебания уровня океана (194-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	5	71
Климатические экстремумы на территории России. Кренке А.Н.,		
Чернавская М.М.	7	62
Новый диагностический признак в дерматоглифике. Богданов Н.Н.	3	64
Олоротитан — гигантский лебедь из Архары.		
Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.	11	54
Почвы Зауралья в древности и теперь.		
Плеханова Л.Н.	12	48

НЕКРОЛОГ

РЯДОМ С КИРОМ НАЗИМОВИЧЕМ НЕСИСОМ		
Человек Высокий. Степаньянц С.Д.	3	71

НОВЫЕ КНИГИ

1 92; 2 90; 3 90; 4 89; 5 93; 7 88;
8 91; 9 93; 10 92; 11 92; 12 83

ПОПРАВКА

3 27

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

Рецидивы шовинизма и расовой нетерпимости	6	80
---	---	----

РЕЗОНАНС

Еще раз о загадке шестигранной ряби.		
Иванцов А.Ю.	1	46
Туффзиты под Санкт-Петербургом.		
Якобсон К.Э., Казак А.П., Толмачева Е.В.	5	61

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

8 96; 11 96

РЕЦЕНЗИИ

Биотерапия рака, дело КР и сталинизм (Размышление о книге). Голубовский М.Д.	3	82
В эпицентре «Большой игры». Келле В.Ж.	1	89
Все о самом главном, или «Principia Tectologica».		
Гиляров А.М.	6	89
Географ и геоботаник В.Б.Сочава. Абрамов Л.С.	11	88
География в биографии П.А.Кропоткина.		
Зубрева М.Ю.	5	89
Закрытое дело Кука. Зубрева М.Ю.	11	90
Наука и судьба. Яблоков А.В.	2	87
Новая книга о Г.А.Гамбурцеве (К 100-летию со дня рождения). Никонов А.А.	12	80
О компьютерах, мышлении и законах физики.		
Сурдин В.Г.	7	86
Познавательные воспоминания. Штильмарк Ф.Р.	10	89
Природа Байкала в кривом зеркале. Тахтеев В.В.	4	86
Путеводитель по академическим коллекциям Санкт-Петербурга. Тропп Э.А.	9	89
Судьба исследователя. Корякин В.С.	8	89

Кантор Ю.И.	5 32	Марютина Т.А. (Федотов П.С.)	7 71	Садовский М.А.	1 23
	10 33	Масс А.М.	6 57	Свердлов Л.М.	10 59
Кароль И.Л. (Киселев А.А.)	6 25	Мельник М.С. (Рабинович М.Л.)	5 24	Семенов Д.В.	3 77
Карпов В.Л. (Абрамова Е.Б.)	7 36	Милановский Е.Ю. (Шейн Е.В.)	3 28	Семенов Д.В.	4 81
Келле В.Ж.	1 89	Мионов А.Н. (Москалев Л.И.)	2 50		5 82
Кильдюшевская Л.К.	9 4	Михайлов О.В.	12 17		6 85
Киселев А.А. (Кароль И.Л.)	6 25	Моисеева Т.М.	9 94	Сергеева Н.А. (Силкин Б.И.)	4 75
Киселев Л.Л.	8 59	Москалев Л.И. (Мионов А.Н.)	2 50	Сизых Вал.И. (Сизых Вит.И., Сизых Ю.И.)	12 53
Клечковская В.В.		Найден В.И.		Сизых Вит.И. (Сизых Вал.И., Сизых Ю.И.)	12 53
(Ковальчук М.В., Фейгин Л.А.)	11 11	(Кожевникова И.А.)	9 12	Сизых Ю.И. (Сизых Вал.И., Сизых Вит.И.)	12 53
Клюев Н.Н.	7 3	Немировская И.А.	2 62		
Ковалёв И.С.	6 50	Немцов А.В.	12 10	Силкин Б.И. (Сергеева Н.А.)	4 75
Ковальчук М.В.		Неронов В.В. (Чабовский А.В.)	2 72	Силкин Б.И.	7 90
(Клечковская В.В., Фейгин Л.А.)	11 11	Никишанова Т.И.	6 31	Симонов В.И.	11 4
Кожевникова И.А.		Никишин В.П.	11 71	Скрипкин А.С. (Демкин В.А., Алексеева Т.В., Алексеев А.О.)	8 35
(Найден В.И.)	9 12	Никонов А.А.	1 48	Скулачев В.П.	1 76
Козленко Д.П. (Белушкин А.В.)	7 53		6 63	Смагина Г.И.	9 83
Колокольцев В.Г.			12 80	Соболева Е.Б. (Полежаев В.И.)	10 17
(Казак А.П., Якобсон К.Э.)	12 44	Новиков И.И.	1 9	Сорокина М.Ю.	8 73
Колчинский Э.И.	9 57	Ножевникова А.Н. (Вавилин В.А., Локшина Л.Я., Калюжный С.В.)	5 54		11 66
Короновский Н.В. (Демина Л.И.)	10 37	Оболкина Л.А. (Бордонский Г.С., Бондаренко Н.А., Тимошкин О.А.)	7 22	Степаньянц С.Д.	3 71
Короткевич Г.В.	11 85	Озернюк Н.Д.	2 56	Струнников В.А.	
Корякин В.С.	8 89	Окунь Л.Б.	3 12	(Струнникова Л.В.)	1 3
Котляков В.М. (Рототаева О.В.)	8 15	Орлов А.М.	12 46	Струнникова Л.В.	
Кренке А.Н. (Чернавская М.М.)	7 62	Орлов В.Н. (Паклина Н.В.)	4 18	(Струнников В.А.)	1 3
Кречмар А.В.	3 44	Осипов Ю.С.	2 6	Сурдин В.Г.	1 63
Крутько Д.П. (Леменовский Д.А., Борзов М.В.)	4 30	Осипова Г.Б. (Цветков Д.Г.)	4 3		4 77
Кудяров В.Н. (Понизовский А.А., Благодатский С.А., Алексеев А.О., Биль К.Я., Марфи Р.)	7 46	Островский А.Н.	10 93		7 86
Кузьмин А.В.	3 92	Отеллин В.А.	9 30		8 3
	4 29				8 82
	12 85	Паклина Н.В. (Орлов В.Н.)	4 18		10 48
Кулагин В.В. (Руденко В.Н.)	3 19	Панова Т.Д.	4 85		10 69
Куренкова Е.И. (Величко А.А., Грибченко Ю.Н.)	3 52	Петров Н.Б. (Алёшин В.В.)	12 25		11 79
Курочкин Е.Н.	7 83	Плеханова Л.Н.	12 48	Сытин А.К.	12 72
		Полежаев В.И. (Соболева Е.Б.)	10 17		5 64
Лабас Ю.А. (Гордеева А.В.)	2 25	Полищук Л.В.	7 12		6 93
Лабас Ю.А. (Гордеева А.В., Фрадков А.Ф.)	3 33	Померанец К.С.			11 93
Лев С.Ю. (Амирханов Х.А.)	10 44	(Пясковский Р.В., Чернышева Е.С.)	9 21	Талалай П.Г.	5 18
Левитан М.А.	8 84	Понизовский А.А. (Кудяров В.Н., Благодатский С.А., Алексеев А.О., Биль К.Я., Марфи Р.)	7 46	Тахтеев В.В.	9 36
Левицкая Н.Г. (Каменский А.А.)	10 10	Пузык М.А. (Ваньшина О.П.)	1 94	Тимофеев С.Ф.	4 86
Леменовский Д.А. (Крутько Д.П., Борзов М.В.)	4 30	Пясковский Р.В.		Тимошкин О.А. (Бордонский Г.С., Бондаренко Н.А., Оболкина Л.А.)	10 72
Леонов М.Г.	7 25	(Померанец К.С., Чернышева Е.С.)	9 21	Толкунов Ю.А.	7 22
Леонтович Н.М.	3 13	Рабинович М.Л. (Мельник М.С.)	5 24	Толмачева Е.В. (Якобсон К.Э., Казак А.П.)	5 50
Леонтович Т.А.	3 16	Расцветаева Р.К.	4 14	Тропп Э.А.	5 61
Лисицын А.П.	12 59	Решетников В.П.	11 35	Туманова Т.А. (Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.)	9 89
Локшина Л.Я. (Вавилин В.А., Ножевникова А.Н., Калюжный С.В.)	5 54	Рогачёв К.А.	2 32		3 69
Любина Г.И.	8 93	Рототаева О.В. (Котляков В.М.)	2 45	Турчин П.В.	6 3
		Руденко В.Н. (Кулагин В.В.)	8 15	Тюрин А.И.	
Малик Л.К.	1 55	Румянцев А.Ю.	3 19	(Головин Ю.И.)	4 60
Ман Л.И.	12 59	Саватюгин Л.М. (Шевнина Е.В.)	2 10		
Марфи Р. (Понизовский А.А., Кудяров В.Н., Благодатский С.А., Алексеев А.О., Биль К.Я.)	7 46	Сагалевиц А.М.	11 56	Угольников О.С.	6 18
			2 83	Уфимцев Г.Ф. (Щетников А.А.)	8 43
				Уфимцев Г.Ф.	2 41

Ф ашук Д.Я.	4	91	Цыганков С.С.-сын	Ширяев А.Н.	4	36
Федотов П.С.			(Цыганков С.С.-отец,	Штильмарк Ф.Р.	10	89
(Марютина Т.А.)	7	71	Цыганков С.С.-внук)	Шубина Е.С. (Эпштейн Л.М.)	6	40
Фейгин Л.А. (Ковальчук М.В.,						
Клечковская В.В.)	11	11	Ч абовский А.В.	Щ еголев В.А.	1	36
Фрадков А.Ф. (Лабас Ю.А.,			(Неронов В.В.)		3	27
Гордеева А.В.)	3	33	Чернавская М.М. (Кренке А.Н.)	Щетников А.А. (Уфимцев Г.Ф.)	8	43
			Черноплеков Н.А.			
Х айманн Р.Б. (Евсюков С.Е.)	8	66	Чернышев А.В.	Э пштейн Л.М. (Шубина Е.С.)	6	40
Худяков Ю.С.	4	25	Чернышева Е.С. (Пясковский Р.В.,	Ю ревич А.В. (Цапенко И.П.)	5	3
			Померанец К.С.)	Юсупова Т.И.	9	52
Ц апенко И.П. (Юревич А.В.)	5	3	Чесноков Н.И.			
Цветков Д.Г. (Осипова Г.Б.)	4	3	Чизмаджев Ю.А.	Я блоков А.В.	2	87
Цыганков С.С.-внук				Якобсон К.Э. (Казак А.П.,		
(Цыганков С.С.-отец,			Ш акура Н.И. (Герштейн С.С.)	олмачева Е.В.)	5	61
Цыганков С.С.-сын)	6	70	Шафранов В.Д.	Якобсон К.Э. (Казак А.П.,		
Цыганков С.С.-отец			Шевнина Е.В. (Саватюгин Л.М.)	Колокольцев В.Г.)	12	44
(Цыганков С.С.-сын,			Шеин Е.В. (Милановский Е.Ю.)	Ярукова Л.И.	9	46
Цыганков С.С.-внук)	6	70	Ширшов Л.С.			

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
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное
и книготорговое
объединение «Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 14.11.2003
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 7857
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6