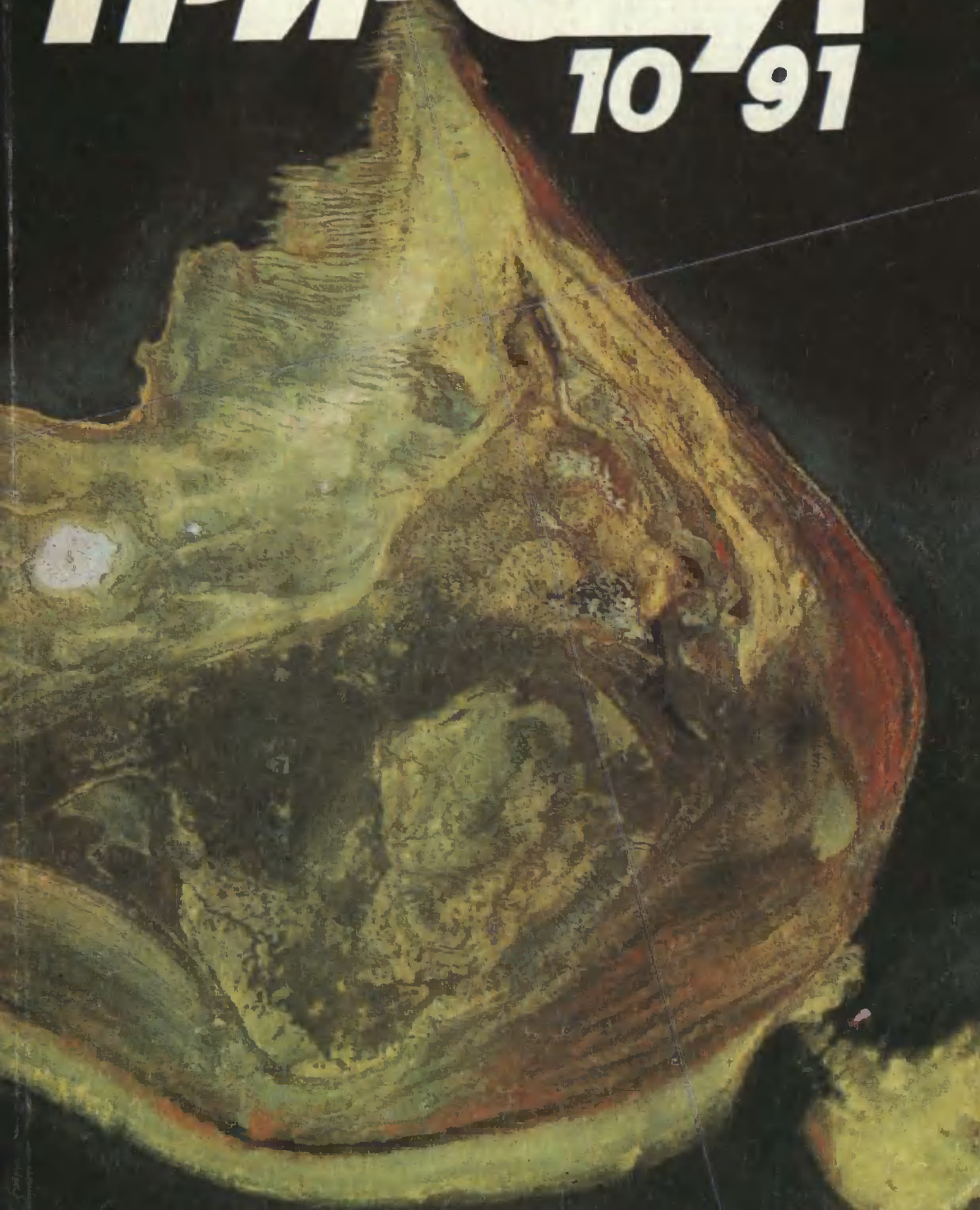


ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

10 '91



Главный редактор академик Л. Д. ФАДДЕЕВ  
Заместитель главного редактора Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик В. П. АЛЕКСЕЕВ (археология, антропология), академик В. Л. БАРСУКОВ (геохимия, планетология), академик АМН СССР А. И. ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н. Н. ВОРОНЦОВ (биология, охрана природы), доктор геолого-минералогических наук Г. А. ГАБРИЭЛЯНЦ (геология), академик Г. П. ГЕОРГИЕВ (молекулярная биология), член-корреспондент АН СССР С. С. ГЕРШТЕЙН (физика), академик Г. С. ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик И. С. ГРАМБЕРГ (океанология), академик В. А. ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент АН СССР Г. А. ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), член-корреспондент АПН СССР В. П. ЗИНЧЕНКО (психология), академик В. Т. ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В. А. КАБАНОВ (общая и техническая химия), доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА (физика), член-корреспондент АН СССР Н. С. КАРДАШЕВ (астрофизика, космические исследования), академик Н. П. ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент АН СССР В. А. СИДОРЕНКО (энергетика), академик В. Е. СОКОЛОВ (зоология), член-корреспондент АН СССР В. С. СТЕПИН (философия естествознания), член-корреспондент АН СССР В. Н. СТРАХОВ (геофизика), член-корреспондент АН СССР Л. П. ФЕОКТИСТОВ (физика).

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И. Н. АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О. О. АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л. П. БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент АН СССР Н. А. БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент АН СССР В. Б. БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент АН СССР А. Л. БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А. А. ВЕЛИЧКО (палеогеография), доктор физико-математических наук Л. П. ВИННИК (геофизика), доктор географических наук Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ (география), доктор физико-математических наук А. А. ГУРШТЕЙН (астрономия, история науки), член-корреспондент АН СССР Г. В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), доктор геолого-минералогических наук Л. П. ЗОНЕНШАЙН (геотектоника), М. Ю. ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), член-корреспондент АН СССР С. Г. ИНГЕ-ВЕЧТОМОВ (генетика), доктор физико-математических наук М. И. КАГАНОВ (физика), доктор физико-математических наук Н. П. КАЛАШНИКОВ (физика), доктор физико-математических наук А. А. КОМАР (физика), Л. Д. МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б. М. МЕДНИКОВ (биология), Н. Д. МОРОЗОВА (редактор отдела научной информации), доктор технических наук Д. А. ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент АН СССР И. Д. РЯБЧИКОВ (геология), доктор философских наук Ю. В. САЧКОВ (философия естествознания), доктор биологических наук А. К. СКВОРЦОВ (ботаника), Н. В. УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), доктор биологических наук М. А. ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор физико-математических наук А. М. ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика), член-корреспондент АН СССР В. Д. ШАФРАНОВ (физика), доктор биологических наук С. Э. ШНОЛЬ (биология, биофизика), доктор геолого-минералогических наук А. А. ЯРОШЕВСКИЙ (геохимия).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. В 1989 г. северная часть Аральского моря отделилась от южной перемычкой, показанной стрелкой на снимке с космического аппарата «Ресурс». См. в номере: И вновь об Арале. Миньшина Н. Г. Причины и масштабы кризиса — взгляд почвовед. Левинтус А. Ю. Уроки озера Чад.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Шашечница пустынная ферганская, которую энтомологи не встречали с начала века. См. в номере: Козик С. С. Редчайшая бабочка Средней Азии.

Фото автора



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Им обозначены материалы, которые «Природа» публикует, участвуя в этой программе.



© Издательство «Наука»  
журнал «Природа» 1991

## В НОМЕРЕ

### 3 Лопухин Ю. М. БИОЭТИКА

Перспективы продления жизни человека до 150—200 лет, приобретающая сегодня реальные черты благодаря прогрессу в молекулярной биологии и медицине, порождает целый ряд сложных этических, социальных и даже политических проблем.

### 8 Кирилюк Д. А. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ДЛИНА

В современной теории частиц для элементарной длины (в строгом смысле) не осталось места. Если лишить это понятие прежнего «экстремизма», можно считать, что элементарная длина совпадает с планковской. Но подобное утверждение окажется неверным, если эксперимент обнаружит «новую физику» на масштабах, больших планковских.

### 13 Борисов Ю. М. ХРОМОСОМНАЯ ГЕОГРАФИЯ

Изучение географического и эколого-цитогенетического разнообразия популяций растений и животных позволяет проследить историю расселения видов и изменения структуры популяций. Прекрасным маркером для таких исследований служат добавочные В-хромосомы.

### 19 И ВНОВЬ ОБ АРАЛЕ

Умирающий на глазах Арал — конечный результат непродуманного гидротехнического строительства в Средней Азии за последние 30 лет. Оздоровить обстановку поможет лишь замена технократического подхода к использованию среды подлинно экологическим. Об этом свидетельствуют, в частности, и попытки спасения африканского озера Чад.

Михайлова Н. Г. ПРИЧИНЫ И МАСШТАБЫ КРИЗИСА — ВЗГЛЯД ПОЧВОВЕДА (19)

Лешингаус А. Ю. УРОКИ ОЗЕРА ЧАД (23)

### 29 Грязнов Г. М., Пушко В. Я. «ТОПАЗ-1» (Советская космическая ядерно-энергетическая установка)

Судя по всему, в дальнейшем освоении космического пространства не обойтись без ядерных энергетических установок. В их разработке наша страна вот уже более 20 лет сохраняет безусловный приоритет.

#### КРАСНАЯ КНИГА

### 38 Козик С. С. РЕДЧАЙШАЯ БАБОЧКА СРЕДНЕЙ АЗИИ

### 40 Максимович А. А. ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ: ЛЕГЕНДЫ И ФАКТЫ

Как тихоокеанские лососи находят дорогу к месту своего рождения? Откуда черпают энергию во время нерестового хода? По каким сигналам идут в море, а потом снова в реки? Это лишь немногие вопросы, на которые получен ответ, но масса еще не разгаданных.

### 48 Несик К. Н. АММОНИТЫ ЗАГЛАТЫВАЛИ САМИ СЕБЯ?

#### ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

### 50 Гринченко В. Н., Габер Н. А. ОТ ЧЕГО ГИБНУТ АИСТЫ?

### 52 Тодрес З. В. НА ПРАКТИКУ — ЗА РУБЕЖ

### 54 Абдуллоев Д. ЗОРОАСТРИЙСКИЙ НЕКРОПОЛЬ НА ЮГЕ УЗБЕКИСТАНА

Сравнительная археологические находки со сведениями из письменных источников, ученые определили, согласно какой религии совершался погребальный обряд в базмыянском городе на правом берегу Амударьи.

### 57 Гурштейн А. А. МИНУВШИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ В ЗЕРКАЛЕ ЗОДИАКА

Какой смысл несут в себе созвездия Зодиака, ставшие излюбленным полем пророческих спекуляций? Можно полагать, что в представлениях древних они служили «божественным жилищем» Солнца, обозначавшими точки равноденствия и солнцестояния. Это открывает путь к их датировке.

### 72 Пономарев В. С. ПУТЬ ПАРАДОКСОВ

Почему масса горной породы в поле тектонических напряжений ведет себя иначе, чем образец той же горной породы под испытательным прессом? Кризис в механике геологической среды можно преодолеть, только ответив на этот и подобные вопросы.

### 82 Азбев М. ИЕРУСАЛИМСКИЕ РАЗМЫШЛЕНИЯ

Все больше ученых из нашей страны уезжают работать за рубеж. Несколько им удается «выкисаться» в систему научных исследований на Западе? Каковы принципиальные различия в подходах к занятиям наукой у нас и за рубежом? Об этом размышляет известный советский физик, давно работающий в Израиле.

### 91 Нишонов А. А., Аславиц И. И. ЕРЕВАНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1679 Г.

### 96 Бабков В. В. УЧЕНЫЙ ОБ УЧЕНОМ

О последних, самых трудных годах жизни крупнейшего отечественного биолога рассказывает его друг и соратник.

Пушкин И. И. МОИ ВОСПОМИНАНИЯ  
О С. С. ЧЕТВЕРИКОВЕ (98)

### 107 НОВОСТИ НАУКИ

### 122 КОРОТКО

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (28, 37, 106)

### 124 РЕЦЕНЗИИ

### 126 НОВЫЕ КНИГИ

#### В КОНЦЕ НОМЕРА

### 127 Золотых Л. П. ПРИОРИТЕТЫ В ТЕКТЕНИКЕ ПЛИТ

CONTENTS

**3** Lopukhin Yu. M.  
BIOETHICS

The prospects of a longer life for man (of up to 150-200 years) has become real today thanks to biological and medical advances that give rise to scores of complicated ethical, social and even political problems.

**8** Kirzhnits D. A.  
ELEMENTARY LENGTH

The contemporary theory of particles has no space for the concept of elementary length (in the strict sense of the word). Divested of its extremism elementary length can be regarded as equal to that of Plank. This may prove erroneous if a "new physics" of the scales larger than Plank ones is discovered.

**13** Borisov Yu. M.  
CHROMOSOME GEOGRAPHY

The history of the distribution of species and the changes in the population structures can be traced through the studies of the geographical and ecological-cytogenetical variety of plant and animal populations.

**19** ONCE MORE ABOUT ARAL SEA

The Aral Sea that is dying out before our eyes has been driven to this state by the ill-advised water-distribution policies in Central Asia pursued in the last thirty years. The efforts to resurrect Lake Chad in Africa testify that the true road towards harmony lies through ecological equilibrium rather than technocratic arrogance.

Minashina N. G. THE CAUSES AND SCALE OF THE CRISIS: WHAT SOIL SPECIALISTS HAVE TO SAY ABOUT IT (19)  
Levintanus A. Yu. THE LESSONS OF LAKE CHAD (23)

**29** Gryaznov G. M., Pupko V. Ya.  
TOPAZ-1. (A Soviet space nuclear-power installation)

It seems that further space research will require nuclear-energy producing installations. For two decades now our country has been at the head of research in this field.

THE RED BOOK  
**38** Kozik S. S.  
THE RAREST CENTRAL ASIAN BUTTERFLY

**40** Maximovich A. A.  
PACIFIC SALMONS: FACTS AND FICTION

How can Pacific salmon find the way to the place of their birth? Where does their energy come from? What guides them out to the sea and then back to the rivers? The answers to these questions are already found, yet there numerous questions awaiting clarification.

**48** Nesis K. N.  
COULD THE AMMONITES SWALLOW THEMSELVES?

NOTES AND OBSERVATIONS  
**50** Grishchenko V. N., Gaber N. A.  
WHY DO STORKS PERISH?

**52** Todres Z. V.  
TO PRACTICE ABROAD

**54** Abdulloev D.  
A ZOROASTRIAN NECROPOLIS IN SOUTHERN UZBEKISTAN

By comparing archaeological data and written evidence Soviet archaeologists established the rite according to which the dead were buried in a nameless settlement on the Amudarya's right bank.

**57** Gurstein A. A.  
THE PAST CIVILIZATIONS AS REFLECTED IN THE ZODIACAL CONSTELLATIONS

Is there any magic meaning to the Zodiacal constellations, the favourite vehicles of the fortune-tellers? One can suggest that for the ancients they were the divine adobes of the Sun that marked the equinoxes and the solstice. This helps dating them.

**72** Ponomarev V. S.  
THE ROAD OF PARADOXES

Why does a mass of mountainous rock in the field of tectonic pressures behave differently from a sample of the same rock placed under a press? This and other questions demand answers that would help overcome the present crisis in the rock mechanics.

**82** Azbel M.  
JERUSALEM OBSERVATIONS

The growing number of Soviet scientists leave their country to try their luck abroad. Have all of them managed to fit themselves into research system in the West? What are the fundamental differences in treating science in this country and abroad? Here is an article of a prominent Soviet physicist that for many years now has been working in Izrael.

**91** Nikonov A. A., Aslanyan I. I.  
THE 1679 EREVAN EARTHQUAKE

**96** Babkov V. V.  
A SCIENTIST ABOUT A SCIENTIST

A colleague and close friend tells about the last and most difficult years in the life of a prominent Soviet biologist.

Puzanov I. I. REMINISCENCES OF SERGEI CHETVERIKOV (98)

**107** SCIENCE NEWS

**122** NEWS IN BRIEF

ADVERTISEMENTS, ANNOUNCEMENTS (28, 37, 106)

**124** BOOK REVIEWS

**126** NEW BOOKS

IN THE END OF THE ISSUE  
**127** Zonenshine L. P.  
PRIORITIES IN THE PLATE TECTONICS

# Биоэтика

Ю. М. Лопухин



Юрий Михайлович Лопухин, академик АМН СССР, директор Института физико-химической медицины Минздрава РСФСР, заведующий кафедрой оперативной хирургии с топографической анатомией 2-го Московского медицинского института им. Н. И. Пирогова Минздрава РСФСР, президент медицинской ассоциации ССОД и член президиума Советского комитета «Врачи за предотвращение ядерной угрозы». Создатель новых лечебных методов, основанных на удалении из организма вредных веществ. Область научных интересов — проблемы атеросклероза, иммунодефицита и трансплантации. Лауреат Государственных премий СССР (1971, 1979) и РСФСР (1989).

**П** О ОПРЕДЕЛЕНИЮ Оксфордского словаря 1989 г., биоэтика — это «дисциплина, имеющая дело с этическими проблемами, возникающими в результате прогресса медицины и биологии». И далее: содержанием биоэтики является «изучение этических проблем, являющихся следствием медико-биологических исследований и их применения в таких областях, как трансплантация, генная инженерия и искусственное оплодотворение».

Более широкая дефиниция приведена в материалах Страсбургского симпозиума по биоэтике 1990 г., согласно которой биоэтика, будучи мультидисциплинарной областью знаний, изучает моральные, юридические и социальные проблемы, рождающиеся по мере развития медицины и биоло-

гии<sup>1</sup>. Так или иначе, сердцевина биоэтики и конечная ее цель — защита человека и общества от возможных негативных воздействий медицины и биологии на жизнь и здоровье человека и человечества в целом. Инструментом такой защиты должны стать этические правила, законы или иные правовые документы. Корни биоэтики уходят в далекую историю. Еще в клятве Гиппократы, как известно, врач обязуется прежде всего «не навредить больному». Естественно, биоэтика связана с современной деонтологией — учением об этических нормах взаимоотношений врача с пациентом и обществом — и медицинской этикой.

Вряд ли можно сомневаться в том, что прогресс медицины и биологии направлен в первую очередь на благо человека, на улучшение качества и продолжительности его жизни. Современные футурологи в книге «Человек в XXI веке»<sup>2</sup>, анализируя успехи и тенденции в развитии лечебной медицины и медико-биологических дисциплин, пришли к выводу, что к середине будущего столетия наши потомки будут жить «так же долго, как деревья». Этот кажущийся сегодня фантастическим вывод основан, однако, на множестве научных факторов. В ближайшие 50—70 лет ожидается резкое уменьшение детской смертности, будут исключены практически все инфекционные и паразитарные болезни. Большую роль, как полагают авторы прогнозов, сыграют в этом новые эффективные вакцины, изготовленные в космических лабораториях. Исчезнут все врожденные заболевания человека, с одной стороны, благодаря генетическому консультированию и профилактике, с другой — генно-инженерному лечению. Будет решена проблема рака, главным образом с помощью репрессии онкогена в сочетании с суперселективными методами лечения малигнизированных клеток иммунотоксинами или интерлейкинами. Есть также реальные надежды на успешное решение проблемы атеросклероза

<sup>1</sup> Europa and bioethics // Proceedings of the I Simposium of Council of Europa on bioethics. Strasbourg, 1990.

<sup>2</sup> Encounters of the Future: a forecast of the life in the 21 Century / M. Catron and Th. O'Yoolle. 1978.

на генетическом уровне и за счет профилактики. Вероятно, совсем исчезнут врожденные и приобретенные пороки сердца благодаря совершенной пренатальной генетической диагностики и исключению стрептококковых ангин и ревматизма. Успешная пересадка тканей и органов, в том числе и чужеродных, позволит заменять изношенные или вышедшие из строя части организма. Полагают, что будут разработаны эффективные способы продления жизни человека путем воздействия на летальные гены, а также способы омоложения. В частности, прогнозируется периодическая очистка и замена всех жидких сред организма, включая плазму, интерстициальную жидкость и мозговой ликвор, что «придаст новые силы и энергию людям даже в глубокой старости».

Перспектива продления жизни человека до 150—200 лет, естественно, порождает и целый ряд сложных этических, социальных и даже политических проблем.

Весьма вероятно, как показывают сегодняшние реалии, дальнейшая концентрация основных достижений науки и медицины в наиболее богатых странах. Этими достижениями, таким образом, будут пользоваться люди преимущественно привилегированных стран, что создаст дискриминационную общемировую политическую ситуацию.

Реальна опасность социального расслоения и конфликтов внутри отдельных стран. Возможности превентивной и лечебной медицины по продлению жизни будут в полной мере использоваться только наиболее обеспеченной частью населения в странах свободного рынка. В государствах же с тоталитарными режимами доступ к ним получит преимущественно правящая бюрократия.

Наконец, перспектива долгой жизни людей рождает такие проблемы, как перенаселенность планеты, недостаток пищевых, водных и энергетических ресурсов, изменение семейных и брачных отношений и множество других.

Диалектика быстро развивающихся наук о жизни и клинической медицины такова, что помимо очевидных их позитивных функций, о которых шла речь выше, не менее очевидны и присущие им потенциальные опасности и даже угрозы жизни и здоровью человечества.

Здесь в первую очередь следует иметь в виду фантастические успехи современной генетики с ее возможностями выведения неизвестных высоковирулентных микроорганизмов, агрессивных представи-

телей растительного и животного мира в виде невиданных химер и гибридов, не говоря уже о непредсказуемой по последствиям генетической евгенике.

Таковы в общей форме причины возникновения, а также проблемы и задачи биоэтики, к которой в настоящее время приковано внимание не только врачей и ученых, но также политиков, социологов, экономистов и юристов во всех странах мира. Об этом, в частности, свидетельствует активная деятельность Европейского совета по биоэтике, прошедшего в 1990—1991 гг. два крупных международных симпозиума.

Из множества проблем биоэтики останутся на некоторых, представляющих в настоящее время, по-видимому, наибольший общественный интерес.

## ПРАВО НА ЖИЗНЬ И ЗДОРОВЬЕ

Сложная группа этических, социальных и юридических проблем в нашей стране относится к праву советских граждан пользоваться, как это официально декларировано, бесплатной, общедоступной и квалифицированной медицинской помощью.

Увы, фундаментальное право человека на жизнь и здоровье в нашей стране остается, по существу, нереализованным. Медицина у нас давно стала не общедоступной, а дискриминационной: она разделена на привилегированную (Четвертое управление Минздрава СССР, спецбольницы, спецсанатории) и общую, с огромной разницей материального обеспечения и лечебно-диагностических условий. Формальная бесплатность медицинской помощи перечеркнута поборами, процветающими, к сожалению, во многих больничных учреждениях. Раздаются все более настойчиво голоса о необходимости брать с больных деньги за лечение, эксплуатируя их болезни и недуги. Квалифицированное лечение стало невозможным в условиях крайней бедности обычных больничных учреждений. Нарушение прав человека выражается и в отказах госпитализации старых людей после перенесенных инсультов, неизлечимо больных раком пациентов, отказах в эффективной помощи больным с почечной недостаточностью, а также пациентам, нуждающимся в пересадках жизненно важных органов.

В сущности, нарушается Европейская конвенция по правам человека, в частности второй ее параграф, где записано, что «право на жизнь каждого человека защищается законом».

Важным аспектом биоэтики являются

взаимоотношения врача с пациентом. В современных условиях, когда пышно расцветает шарлатанство и медицинское невежество, крайне важно защитить пациента от неверного лечения или неправильных действий врача.

Сегодняшний пациент не хочет, да и не должен быть пассивным заложником врача. Больной должен стать равноправным партнером врача в определении путей и способов лечения или мер профилактики. Устранить сегодняшнее бесправное положение пациента — одна из важнейших этических и правовых задач советского законодательства и здравоохранения.

Очевидно, необходима выработка и правовых норм, которые оградили бы пациентов от непосредственного денежного контакта с лечащим врачом и обслуживающим персоналом. В этом отношении поучителен опыт многих стран, где введена страховая медицина, исключающая возможность прямого экономического вымогательства за проведенное лечение. Существующие сейчас медицинские кооперативы, грубо нарушающие основные принципы гуманной медицины, должны быть запрещены законом или перейти на общегосударственные условия страховой медицины, которые, надо надеяться, будут приняты нашим обществом.

### ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

В области трансплантации органов и тканей спорные или нерешенные этические и юридические проблемы касаются трех аспектов: донорства, определения смерти и коммерциализации.

Эти проблемы становятся все более острыми не только на Западе, но и в нашей стране в связи с тем, что помимо пересадок почек, начата активная работа по трансплантации сердца, печени, костного мозга.

Во избежание преждевременного, до наступления смерти, извлечения органов, видимо, необходимо строго придерживаться международных критериев смерти и правил забора биологического материала, изложенных в ряде документов 1974—1987 гг.

При использовании живых доноров необходимо, как минимум, соблюдение следующих правил: донор должен получить полную информацию о риске и предстоящей хирургической процедуре и дать свое письменное согласие; необходимо максимально снизить риск для здоровья донора в случае извлечения органов и тканей, не способных к регенерации, или тех,

потеря которых может привести к заболеванию. Эти правила приобретают особое значение при использовании в качестве доноров детей, психически больных лиц или людей с ограниченными правами (заключенные).

При заборе материала от умирающего больного желательно получить его согласие на донорство или, в крайнем случае, посмертное подтверждение его родственников того, что умирающий не высказывался против предполагаемого донорства. Одна из тревожных проблем — опасность коммерциализации донорства. В Москве уже существует кооператив, торгующий биологическим материалом за баснословные цены. Между тем торговля органами и тканями, по мнению международных экспертов по биоэтике, должна быть запрещена законом. Недопустимы как шантаж и вымогательство по отношению к пациентам, нуждающимся в донорском материале, так и эксплуатация доноров, отдающих за деньги свои органы.

### ПЕРЕЛИВАНИЕ КРОВИ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ

Основные проблемы в области переливания крови и ее производных возникли в 80-х годах в связи с доказанной опасностью передачи таким путем вирусных заболеваний: гепатита и особенно СПИДа.

В наибольшей защите нуждаются больные с гемофилией, которым необходимо постоянное введение недостающих факторов свертывания. Целесообразно повысить юридическую ответственность руководителей служб переливания крови, которые обязаны обеспечить максимальную защиту доноров и реципиентов от вирусного заражения. В связи с пандемией СПИДа обязательен контроль всех доноров крови. Однако принудительное обследование всего населения и даже отдельных групп повышенного риска в настоящее время признается нежелательным. Упор делается на добровольное анонимное тестирование. Дискриминационные меры (пограничный контроль, исключение из школ детей — вирусоносителей СПИДа, увольнение с работы, выселение из домов) антигуманны и неоправданны с медицинской точки зрения.

### ПСИХИАТРИЯ

Психиатрия, как никакая, пожалуй, область медицины, содержит множество спорных, далеких от окончательного решения моральных и этических проблем. Связаны они, главным образом, с диагно-

стикой, изоляцией и принудительным лечением психических больных. Вероятно, пока не будут выработаны ясные и четкие законы по этим пунктам, человечество будет неизбежно сталкиваться со злоупотреблениями или трагическими ошибками, которые постоянно будоражат и беспокоят население.

В 1983 г. Комитет министров Совета Европы принял рекомендации, которые могут, очевидно, лечь в основу соответствующих законодательных актов и в нашей стране.

В этих рекомендациях признано необходимым, во-первых, чтобы «психиатры и врачи при определении, страдает ли больной психическим расстройством, руководствовались только и исключительно данными медицинской науки... Психологические затруднения пациентов, связанные с адаптацией морального, социального или политического характера, сами по себе не могут расцениваться как психическое заболевание». Во-вторых, «пациенты, подвергающиеся принудительному лечению, должны иметь равные с другими пациентами условия содержания и права на соответствующее лечение и заботу. Ограничение свободы таких больных не должно превышать необходимого для лечения времени».

## ГЕНЕТИКА

Не будет преувеличением утверждать, что современная медицина вступила в эпоху генетики. Картирование генома человека, успешно проводимое в рамках международного сотрудничества, позволит понять, что объединяет весь род человеческий и в чем суть индивидуальных отличий.

Успехи, которые ожидаются от возможности рекомбинации живого генетического материала, генной терапии, пренатальной диагностики, обещают скорое решение многих сложнейших проблем медицины, но вместе с тем они таят в себе угрозу здоровью людей, даже существованию человечества в целом. Вот почему проблемы генетики так привлекают к себе внимание и несомненно нуждаются в точной правовой и юридической регламентации. В этой связи большой интерес представляют рекомендации Европейского комитета по генной инженерии 1984 г.

Все исследования, проводимые по рекомбинации ДНК, должны быть в обязательном порядке известны экспертной комиссии по генной инженерии тех стран, на территории которых они проводятся,

с тем чтобы любую работу, грозящую опасностью человеку или среде обитания, можно было вовремя остановить или изменить.

Большинство работ, связанных с клонированием человеческого материала, по мнению большинства экспертов, должны быть запрещены законом и расцениваться как преступные, как и работы по выращиванию химер и гибридов с помощью комбинаций генетического материала, полученного от человека и животных.

Пренатальная генетическая диагностика должна быть ограничена только случаями с подозрениями на врожденные аномалии. Недопустим пренатальный скрининг ради определения пола ребенка и проведение такого небезопасного исследования, как прокол плаценты для генетического исследования клеток (парацентез). Это можно проводить только по желанию беременной женщины.

Пересадка генов с терапевтической целью допустима только с помощью соматических клеток. Генная пересадка зародышевых клеток для иных целей, кроме терапевтических, должна быть безусловно запрещена. Применение половых клеток для генного лечения будет возможно только после получения достоверных доказательств преимущества и безопасности такого лечения по сравнению с генной терапией соматическими клетками.

Опасность массовых генетических исследований заключается в использовании банка данных не по назначению и особенно в дискриминационных целях (увольнение с работы, нанесение морального ущерба и т. п.). Требуется, очевидно, разработка особых правовых норм по сохранению и неразглашению индивидуальных генетических данных.

## ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОТОМСТВА

В настоящее время в понятие «искусственное воспроизводство потомства» включены следующие манипуляции: искусственное осеменение, оплодотворение яйцеклетки *in vitro*, пересадка эмбриона, донорство яйцеклеток и эмбрионов, так называемое суррогатное материнство и исследования эмбрионов.

Рождение Луизы Браун — первого ребенка, появившегося на свет в результате искусственного оплодотворения в 1978 г. — и дальнейшее развитие технологии оплодотворения яйцеклеток *in vitro* породили, с одной стороны, надежды у бездетных пар,



составляющих 10 % всей мировой популяции, с другой — конгломерат спорных моральных, этических и правовых проблем.

Европейский комитет экспертов по биоэтике в 1987 г. принял ряд рекомендаций, которые, очевидно, должны лечь в основу и наших правовых документов.

В принципе запрещается искусственное оплодотворение яйцеклеток для научных целей. Однако количество таких клеток должно быть минимальным, действительно необходимым только для искусственного оплодотворения. Запрещается также выращивание эмбрионов для целей иных, нежели воспроизводство потомства. Впрочем, вопрос о допустимости использования человеческих эмбрионов для научных целей остается спорным и пока юридически не ограничен. Комитет экспертов считает, что в случае выращивания эмбрионов *in vitro* для научных целей их возраст не должен превышать 14 дней.

Особое значение имеет правовое запрещение торговли гаметам и эмбрионами или коммерциализация суррогатного материнства.

Сложную юридическую и этическую проблему материнства комитет решает однозначно: мать следует считать женщину, родившую ребенка.

Одну из острых проблем, вытекающих из успехов и возможностей искусственного воспроизводства, составляет опасность появления неуправляемой евгеники. Эта опасность основана на естественном желании врача или супружеской пары выбрать наилучший генетический материал для будущего ребенка. Осложнения начинаются еще на стадии получения спермы и яйцеклетки для фертилизации. При наличии нескольких различно оплодотворенных яйцеклеток появляется соблазнительная возможность их выбора. Однако кто знает, какая яйцеклетка будет лучше в генетическом смысле? Не приведет ли желание улучшить таким путем человеческую природу к трагедиям, рождению детей не с улучшенными, а с худшими качествами?

Проблема генетической евгеники, очевидно, нуждается в неотложном разумном правовом регулировании с участием экспертов всего мирового сообщества.

## МЕДИЦИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЛЮДЯХ

В 1988 г. Европейский комитет по биоэтике выработал ряд рекомендаций, свя-

занных с этическими и правовыми нормами исследований лекарственных препаратов и новых методов терапии на живых людях.

Необходимым условием таких исследований должна быть постановка работы строго в рамках научной программы, утвержденной независимым мультидисциплинарным этическим комитетом. Интересы здоровья людей в этих программах должны превалировать над научными или коммерческими, любой риск сведен до минимума. Необходимое условие эксперимента — полная информация подопытных лиц о сути опытов и получение согласия на эти опыты всех участников исследования.

Особые правила должны быть разработаны при испытаниях препаратов на детях, психически больных людях, беременных женщинах, а также лицах с ограниченными правами и в условиях неотложной помощи.

Перечисленные проблемы далеко не исчерпывают перечень задач, стоящих сегодня перед биоэтикой. Взять хотя бы проблему эвтаназии — смерти без страданий, не менее актуальную проблему продления жизни или допустимость экспериментов на живом человеческом мозге.

Старая проблема — сохранения врачебной тайны — в современных условиях нуждается в пересмотре. Надо ли скрывать от больного, что у него рак, возможности лечения которого неизмеримо выросли и мобилизация самого больного на пути к выздоровлению или максимальному продлению жизни необычайно важна?

Как соблюсти интересы общества при сохранении тайны заражения СПИДом? Как быть с уже упоминавшимися генетическими исследованиями? Сообщать ли будущему мужу (жене) о наличии рецессивных, несущих болезни генов у будущих родителей?

В нашей стране пока нет специальной структуры, занимающейся всем комплексом проблем биоэтики. Нет наших представителей и в Европейском комитете по биоэтике. Отсутствуют этические комиссии в больничных учреждениях.

Между тем советское здравоохранение и медико-биологическая наука нуждаются в разработке большого числа юридических и этических документов, которые бы обеспечили не только фундаментальное право граждан на жизнь и здоровье, но и защитили бы общество от опасностей, естественно возникающих по мере прогресса современной медицины и биологии.

# Элементарная длина

Д. А. Киржица



Давид Абрамович Киржица, член-корреспондент АН СССР, заведующий сектором Теоретического отделения им. И. Е. Тамма Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Специалист в области физики экстремальных состояний вещества (в том числе сверхпроводимости и сверхтекучести), ядерной физики, астрофизики и космологии. Лауреат премии им. М. В. Ломоносова АН СССР.

**В** ПОСЛЕДНИХ числах мая этого года в связи с 70-летием со дня рождения А. Д. Сахарова в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР проходила Международная конференция по физике, посвященная памяти этого выдающегося ученого. В прозвучавших там докладах были освещены практически все проблемы физики, которые имели отношение к научному творчеству Сахарова, даже те из них, которым Андрей Дмитриевич посвятил только одну заметку, да и то в популярном журнале.

Думаю, сейчас мало кто знает, что в 1968 г. в журнале «Физика в школе» (№ 2, с. 6) появилась статья Сахарова «Существует ли элементарная длина?». Поскольку журнал находился вне поля зрения физиков-исследователей, большинство из них статью не читали<sup>1</sup>. (Тем оправданней ее недавняя публикация в более доступных изданиях<sup>2</sup>.)

Помню, появление статьи было до некоторой степени неожиданным, так как проблемой элементарной длины (ЭД) Сахаров непосредственно не занимался, да и популярных статей почти не писал. Скорее всего, редакция журнала попросила Андрея Дмитриевича, сына известного специалиста по методике преподавания физики, познакомить учительскую аудиторию с ситуацией в науке. На выбор темы могли повлиять активность Сахарова в области фундаментальной физики в середине 60-х годов, а также дискуссии с его (и автора этих строк) учителем И. Е. Таммом, получившим в том же 1968 г. Золотую медаль им. М. В. Ломоносова — высшую награду Академии наук. Тяжело больной Тамм поручил Сахарову прочитать на собрании Академии текст

<sup>1</sup> В введении о ней должен признаться и автор этих строк, опубликовавший несколько позднее статью на эту тему: Kirzhnits D. A. The quest for a fundamental length. *Soviet science review*. М. 1971. P. 297; Киржица Д. А. Проблема фундаментальной длины // *Природа*. 1973. № 1. С. 38.

<sup>2</sup> А. Д. Сахаров Сборник. М., 1991. С. 117; *Квант*. 1991. № 5. С. 2 (сокращенный вариант).

своего лауреатского доклада, как раз посвященного проблеме ЭД<sup>3</sup>.

Так или иначе, статья была написана, и в ней нашла отражение распространенная в те годы точка зрения на перспективы фундаментальной физики. Несмотря на бурный прогресс в этой области за прошедшие с тех пор четверть века, содержание статьи нельзя считать полностью устаревшим и имеющим лишь исторический интерес. Ряд ее положений подтвердился или, по крайней мере, сохранил свое значение, а идея индуцированной гравитации, изложенная достаточно популярно, стала истоком нового направления в квантовой теории поля<sup>4</sup>. Во всяком случае, читать статью Сахарова по-прежнему интересно и поучительно.

Вот почему свой доклад на сахаровской конференции, посвященный проблеме элементарной длины, я, по существу, строил как развернутый комментарий к статье Сахарова. Основные его положения сводились к следующему.

### ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ДЛИНА (КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК)

Проследим основные исторические вехи возникновения и эволюции понятия ЭД.

В начале 30-х годов с созданием квантовой теории поля пришло осознание того факта, что бесконечности (расходимости), возникающие в физических величинах на малых интервалах пространстве-времени, представляют собой универсальное свойство квантового поля.

В этой связи В. Гейзенбергом были высказаны следующие утверждения:

Бесконечности служат предвестником приближающейся третьей революции в физике XX в., подобно отрицательному результату опыта Майкельсона (для формулировки теории относительности) и расходимости энергии излучения черного тела (для становления квантовой теории);

эта революция должна привести к коренной ломке стандартных представлений о пространстве-времени, причинности и т. п. в

области малых расстояний или высоких энергий;

границы применимости старых представлений будут определяться новой фундаментальной константой размерности длины — элементарной длиной  $l$ , равной, как считал Гейзенберг,  $10^{-13}$  см;

вместе со скоростью света  $c$  и постоянной Планка  $\hbar$  ЭД образует базис естественной системы физических единиц (размерность любой величины выражается через три базисные размерности).

В конце 30-х — начале 40-х годов проблема ЭД была увязана с концептуальными ограничениями, вытекающими из квантово-релятивистской теории измерений (из соответствующих соотношений неопределенностей): нереализуемостью точечного события как физического акта взаимодействия полей, невозможностью описания эволюции системы «шаг за шагом», от момента времени  $t$  к  $t+dt$  и т. д. В те же годы Гейзенберг сформулировал так называемую программу S-матрицы: теория должна иметь дело только с наблюдаемыми величинами — импульсами и спинами свободных частиц в начальном и конечном состояниях — и переходами между этими состояниями.

Конец 40-х — начало 50-х годов ознаменовались триумфом квантовой электродинамики, увенчавшим использование идеи перенормировок в рамках теории возмущений. Об ЭД в этот период не вспоминали вовсе.

В конце 50-х годов всплыли дополнительные трудности, вновь вызвавшие к жизни проблему ЭД: трудность «нуль-заряда» (исчезновение константы связи точечного взаимодействия, «неправильное» поведение функции распространения фотона, нестабильность вакуума); неперенормируемость теории слабого взаимодействия; бессилые мезодинамики, основанной на представлении об элементарности адронов (а не кварков), описать закономерности физики сильного взаимодействия.

К началу 60-х годов эти трудности вызвали у многих физиков полное недоверие к стандартной теории квантованного поля и ощущение необходимости радикальной перестройки фундамента физики частиц. Именно тогда прозвучал афоризм Л. Д. Ландау: «Гамилтонов метод — труп, хотя мы и должны похоронить его со всеми почестями, которые он заслужил». Соответственно, в последующие годы почти исчезли работы по квантовой теории поля, и развитие теории элементарных частиц шло в основном по трем линиям: феноменологического охвата экспериментальных данных, полуфеноме-

<sup>3</sup> Этот доклад вошел в «Собрание научных трудов» И. Е. Тамма. Т. 2. М., 1975. С. 478. В томе, вышедшем из печати в период обострения гонений на Сахарова, были изъяты популярная статья Тамма с упоминанием научных заслуг Сахарова, список коллегий, членом которой был Андрей Дмитриевич, и его фамилия в редакционном комментарии, принявшем безличную форму: «Доклад... был зачитан на торжественном собрании Академии наук».

<sup>4</sup> Мы не будем касаться существа этой замечательной идеи, которая заслуживает особого обсуждения. Подробнее об этом см., например: А д л е р С. Л. А. Д. Сахаров и индуцированная гравитация // Природа. 1990. № 8. С. 62—65.

нологических моделей (теории Редже, Намбу и других), и обобщенного математического описания, не использующего конкретных моделей частиц и их взаимодействий (аксиоматический, дисперсионный, S-матричный подход).

### НЕЛОКАЛЬНЫЕ ТЕОРИИ ПОЛЯ КАК ОДНА ИЗ РЕАЛИЗАЦИЙ ИДЕИ ЭД

Нарисованная картина была бы неполной без упоминания о том, что еще одной реакцией на трудности квантовой теории поля стала активность отдельных энтузиастов, стремившихся построить конструктивные модели квантованного поля, содержащие ЭД. К наиболее разработанным попыткам такого рода относится нелокальная теория поля (в широком смысле этого термина).

В основе этой теории лежат следующие общие соображения. Стандартная квантовая теория поля базируется на трех основных постулатах:

релятивистском, определяющем геометрию пространства-времени и кинематику процессов взаимодействия частиц;

квантовом, определяющем вероятностную динамику частиц как квантовых объектов и объединяющем понятия частиц и полей;

постулате причинности (микропричинности), ограничивающем взаимное влияние (точечных) событий друг на друга условием «будущее не влияет на прошлое».

Для введения ЭД нужно было отказаться по крайней мере от одного из этих постулатов, нарушив его в области малых интервалов пространства-времени. С этой точки зрения наиболее уязвимым представлялся третий постулат, имеющий дело с точечными событиями, несовместимыми с первыми двумя постулатами. Физическая реализация такого события как акта взаимодействия реальных частиц возможна лишь в нерелятивистской (или неквантовой) физике, но не в квантовой теории поля. Поэтому третий постулат представляет собой не более, чем математическую экстраполяцию обычного условия причинности в релятивистскую квантовую область. Такая экстраполяция с физической точки зрения неоправдана, и третий постулат допускает смягчение: он должен работать на больших (больше ЭД) расстояниях, а на малых может нарушаться. Этот вывод и составил базис нелокальной теории поля.

Таким образом, имеется соответствие между приведенной выше системой постулатов и фундаментальными константами. Замена галилеевской ковариантности реляти-

вистской (первый постулат) ведет к появлению константы  $c$ , замена ньютоновской динамики квантовой (второй постулат) — константы  $\hbar$ , замена третьего постулата более мягким (так называемым постулатом микропричинности) — константы  $l$ .

Рамки статьи заставляют ограничиться минимальной информацией о нелокальных теориях. Смягчение третьего постулата достигается отказом от требования локальности взаимодействия, согласно которому поля взаимодействуют в одной и той же точке пространства-времени. К этой точке и отнесены все операторы полей, входящие во взаимодействие. По способу такого отказа нелокальные теории делятся на два класса.

В феноменологических нелокальных теориях (П. А. М. Дирак, Г. Ваггин и другие) операторы полей, входящие во взаимодействие, искусственно «раздвигаются» с помощью вносимых в теорию извне специальных функций — формфакторов, которые стремятся к единице при малых (меньших  $l/l_1$ ) и к нулю при больших импульсах. С этими функциями и связаны надежды на устранение расходимостей.

В физических нелокальных теориях (М. А. Марков, Х. Юкава, Г. Снайдер и другие) отличие от стандартной теории более глубокое: пространственные координаты и время наделяются операторными свойствами, так что понятия поля в точке пространства или самой точки пространства-времени теряют смысл, подобно тому, как в квантовой механике теряет смысл понятие траектории. Наиболее разработан вариант физической нелокальной теории, носящий название теории квантованного пространства-времени. В ней компоненты вектора координаты и время не коммутируют друг с другом и потому не могут быть одновременно измерены, подобно компонентам углового момента в квантовой механике. Теорией квантованного пространства занимался в последние годы жизни И. Е. Тамм, включивший свои результаты в доклад, о котором говорилось в начале статьи.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ЭД

Некоторую информацию об ЭД способен дать эксперимент по проверке предсказаний квантовой электродинамики — теории, которая в интересующей нас области энергий не страдает явными трудностями. Если бы такая проверка выявила расхождение между теоретическими и опытными данными, отсюда можно было бы найти величину ЭД как границы примени-

мости «старых» представлений, на которых основана квантовая электродинамика. При отсутствии же такого расхождения (что и имеет место в действительности) обсуждаемая проверка поставляет информацию лишь о верхней границе ЭД. Извлечь эту информацию можно следующим образом.

Пусть вычисленное по стандартной квантовой электродинамике значение некоторой величины  $x$  равно  $x_{\text{теор}}$ , а измеренное на опыте —  $x_{\text{экс}} (1 \pm \delta)$ , где  $\delta$  — относительная ошибка опыта; при отсутствии расхождения между опытом и теорией  $|x_{\text{теор}} - x_{\text{экс}}| / x_{\text{теор}} < \delta$ . Пусть далее та же величина вычислена по теории с ЭД — по феноменологической нелокальной теории или близким к ней схемам. Как правило, это ведет к выражению  $x_{\text{теор}}(1 + \Delta)$ , где  $\Delta \ll |E^2 / \hbar^2 c^2|$ ,  $E$  — энергия в системе центра масс. Такое выражение не противоречит эксперименту, если  $\Delta < \delta$ , т. е.

$$|\Delta| < \sqrt{\delta} \frac{\hbar c}{E}.$$

Из оценки верхней границы ЭД следует, что для эффективного определения такой границы пригодны два типа экспериментов. Первый характеризуется малыми энергиями, очень высокой точностью и использованием спектроскопической техники. Второй — высокими энергиями, относительно низкой точностью и использованием ускорительной техники.

В своей статье Сахаров описал опыт по определению аномального магнитного момента мюона, относящийся к первому типу. Ему отвечали данные

$$x_{\text{теор}} = 1,1654 \cdot 10^{-3}, \quad x_{\text{экс}} = (1,162 \pm 0,004) \times 10^{-3}.$$

Подстановка  $E = m_{\mu} c^2$  ( $m_{\mu}$  — масса мюона) в приведенную выше формулу дает  $|\Delta| \ll 10^{-15}$  см. Та же оценка следовала из опыта второго типа для  $e^+e^-$ -рассеяния при  $E \sim 1$  ГэВ.

Особые возможности связаны с использованием результатов мессбауэровских опытов, характеризующихся исключительно малой шириной  $\delta\omega$  линий гамма-переходов в ядрах (например, для  $^{67}\text{Zn}$  величина  $\delta\omega/\omega \sim 10^{-16}$ ). Если сделать предположение (которое полностью подтверждается, например, в теории квантованного пространства-времени), что в будущей теории потеряет точный смысл понятие об энергии состояния и поэтому линия перехода приобретет

особую «сверхширину»  $\Delta\omega$ , то из требования  $\Delta\omega < \delta\omega$  вытекает следующая оценка для верхней границы ЭД:

$$l < (\delta\omega/\omega)^{1/2} R,$$

где  $R$  — радиус ядра. В частности, для цинка  $l < 10^{-20}$  см.

Эта оценка, полученная в конце 60-х годов, давала величину, существенно меньшую характерной длины слабого взаимодействия ( $\ll 10^{-17}$  см), и вплоть до квантово-гравитационной (планковской) длины

$$l_{\text{пл}} = (\hbar G/c^3)^{1/2} \sim 10^{-33} \text{ см}$$

( $G$  — постоянная тяготения) не было видно характерных величин размерности длины, которые могли бы сыграть роль ЭД. Это служило дополнительным аргументом в пользу того, что в действительности ЭД совпадает с величиной  $l_{\text{пл}}$  и что гравитация играет в физике элементарных частиц существенно большую роль, чем обычно считалось. Такую точку зрения, которую уже давно пропагандировал М. А. Марков, поддержал и Сахаров в своей статье, проиллюстрировав связь физики элементарных частиц и тяготения на примере своей идеи индуцированной гравитации.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭД

Изложенное выше в основном соответствует содержанию статьи Сахарова (хотя и выходит за ее рамки) и отражает состояние проблемы ЭД на конец 60-х годов. В этом разделе мы кратко опишем ее состояние спустя четверть века и укажем, какие положения статьи безнадежно устарели, какие сохранили свое значение, а какие полностью подтвердились.

Прошедшие годы были для физики элементарных частиц эпохой грандиозных успехов как в экспериментальной, так и, особенно, в теоретической области. Мощное развитие получили идеи объединения частиц и их взаимодействий, сведения сильного взаимодействия к его хромодинамической основе (кварки как элементарные частицы). Развивались идеи суперсимметрии, супергравитации. Многие из них уже воплотились в последовательные теории, согласующиеся с экспериментом. Особенно впечатляющие перспективы открывает теория суперструн.

В результате многие трудности старой теории, о которых говорилось ранее, исчезли. Появились первые примеры моделей квантовой теории поля, вообще не содержащих расходимостей. На передний план вы-

<sup>5</sup> Здесь и ниже запись « $\ll 10^{-n}$ » означает «(несколько единиц)  $\cdot 10^{-n}$ ».

шли так называемые неабелевы теории, ведущие не к «нуль-заряду», а к обратной ситуации, что, во всяком случае, устранило соответствующий психологический пресс. Создана перенормируемая теория, объединившая слабое и электромагнитное взаимодействия. Наконец, квантовая хромодинамика покончила с той неспособностью охватить экспериментальные факты, которая была свойственна старой квантово-полевой теории сильного взаимодействия<sup>6</sup>.

Но самая важная особенность прогресса в теории элементарных частиц состоит в том, что он достигнут не на революционном, а, скорее, на реформистском пути. Ожидание третьей революции в физике не оправдалось: прогресс оказался связан не с ломкой старых представлений, а с усложнением моделей частиц и их взаимодействий и с применением принципиально новых подходов при сохранении старого общего базиса теории частиц — квантовой теории поля, возродившейся при выходе из кризиса. Сегодня есть все основания считать, что точку зрения Гейзенберга, изложенную в начале статьи, развитие фундаментальной физики не подтвердило. Соответственно, для ЭД в строгом смысле этого понятия в современной теории частиц не осталось места.

В то же время в этой теории выявилась фундаментальная роль длины планковского масштаба, на котором происходит радикальное (хотя и не революционное) изменение пространственно-временной картины: становятся доступными прежде скрытые «лишние» измерения пространства, вступают в игру квантовые флуктуации пространства-времени и т. п. Поэтому, если лишить понятие ЭД его прежнего «экстремистского» смысла, перейдя к более умеренной точке зрения, можно считать ЭД совпадающей с планковской длиной, т. е.  $l = l_{пл}$ . Утверждение, выражаемое этим ра-

венством, приводилось в статье Сахарова, и его можно считать подтвердившимся с указанной выше оговоркой.

В этом случае величина ЭД крайне мала, и о возможности прямого экспериментального изучения соответствующей области этих масштабов немисливо говорить даже в отдаленной перспективе. В самом деле, сегодняшние экспериментальные данные и результаты теоретического расчета (с учетом радиационных поправок до восьмого порядка, а также сильных и электрослабых поправок) для аномального магнитного момента мюона

$$\chi_{\text{теор}} = 1,165919 \cdot 10^{-3},$$

$$\chi_{\text{эксп}} = \begin{cases} (1,165937 \pm 0,000012) \cdot 10^{-3} (\mu^-) \\ (1,165911 \pm 0,000011) \cdot 10^{-3} (\mu^+) \end{cases}$$

дают  $l \lesssim 10^{-16}$  см. Более эффективную оценку  $l \lesssim 10^{-17}$  см можно получить из данных по изучению процесса  $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$  при энергии около 100 ГэВ. Как ни велик экспериментальный прогресс по сравнению с данными 60-х годов, до планковских масштабов еще невероятно далеко.

Поэтому полностью сохраняет свою силу предостережение Сахарова о том, что не исключено неожиданное появление новой физики в не исследованной еще экспериментально области длин. Если такое произойдет, ЭД окажется больше планковской. Так ли это, помогут узнать будущие эксперименты на ускорителях нового поколения, астрофизические и космологические наблюдения, а также регистрация явлений типа распада протона<sup>7</sup> и существования сверхтяжелого магнитного монополя<sup>8</sup>, корни которых уходят в область ультрамалых длин.

<sup>7</sup> Березинский В. С. Нестабильный протон // Природа. 1984. № 11. С. 24—38.

<sup>8</sup> Хлопов М. Ю. Вселенная как лаборатория элементарных частиц // Природа. 1985. № 5. С. 20—29.

<sup>6</sup> Впрочем, упомянутые в первом разделе концептуальные ограничения, особенно существенные для квантовой теории тяготения, сохранили свою силу.

# Хромосомная география

Ю. М. Борисов



Юрий Михайлович Борисов, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией генетики Научно-производственного объединения «Енисей» (Красноярск). Специалист в области популяционной и эволюционной цитогенетики.

**В** ОСНОВЕ эволюционного учения лежит анализ популяционной изменчивости, особенно генетической. Как известно, микроэволюционные процессы приводят к дифференциации и адаптации популяций животных и растений, а также к видообразованию.

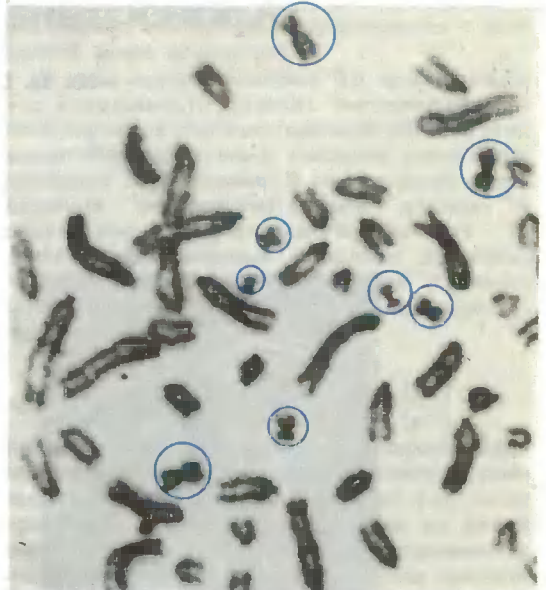
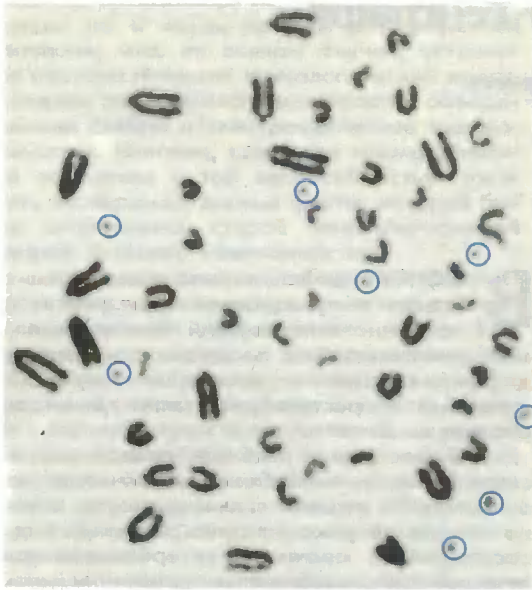
Эволюционно наиболее пластичным, а следовательно, и наиболее устойчивым по отношению к антропогенным факторам можно считать широко распространенный вид, состоящий из множества гетерогенных популяций, приспособленных к различным условиям существования. Поэтому оценка генетической гетерогенности популяции и вида приобретает и природоохранное значение.

Кроме того, изучение географического и эколого-цитогенетического разнообразия популяций животных и растений позволяет проследить историю расселения вида и изменение структуры популяции, в том числе при антропогенных нагрузках.

Как известно, генетическая информация передается от родителей к потомкам через хромосомы. Долгое время число и морфология хромосом (кариотип) считались величиной постоянной и поэтому принимались за видовой признак. Этот критерий, в основном, справедлив и сегодня. Однако современные цитогенетические исследования расширили наши представления о кариотипе и позволяют говорить о нем как о популяционной характеристике вида.

Исследования изменчивости и стабильности кариотипа в популяции выявили множество случаев хромосомного полиморфизма в растительном и животном мире. Особый интерес вызывает полиморфизм по количеству хромосомного материала — гетерохроматическим районам хромосом и добавочным (B-) хромосомам.

В 1904 г. Т. Бовери определил хроматин как вещество клеточного ядра, в процессе митоза превращающееся в хромосомы. Это определение, сохраняющее свое значение и в настоящее время, Е. Гейнц дополнил двумя новыми понятиями — гетерохроматин и эухроматин, составляющими соответственно изменчивую и постоянную часть генома. Гетерохроматин впервые был



Метафазные пластинки хромосомных наборов восточноазиатской мыши с точечными В-хромосомами (слева) и двуплечими В-хромосомами (выделены цветом).

выделен цитологами для обозначения участков хромосом, отличающихся интенсивностью окраски от эухроматина (после специальной С- или Q-окраски он, как правило, интенсивно окрашивается и ярко флуоресцирует). Размеры гетерохроматиновых участков, а также интенсивность их флуоресценции могут отличаться у разных особей одной популяции. По современным представлениям, гетерохроматин, содержащий повторяющиеся последовательности ДНК, — необходимый элемент генома эукариот. Он занимает у разных видов от 1 до 60 % длины гаплоидного набора и в зависимости от структуры и потребности генома выполняет различные функции в жизнедеятельности клетки (в частности, структурную и защитную), участвует в клеточном метаболизме, транскрипции, а также, возможно, способствует адаптации видов к условиям среды и их эволюции<sup>1</sup>.

У многих видов помимо основного набора хромосом (А-хромосомы) имеются добавочные (В-хромосомы). Они обнаружены почти у 60 видов млекопитающих, многих представителей насекомых и растений, например у 800 видов покрытосеменных. Ранее считали, что В-хромосомы имеют

только гетерохроматиновую природу и представляют инертную часть генома.

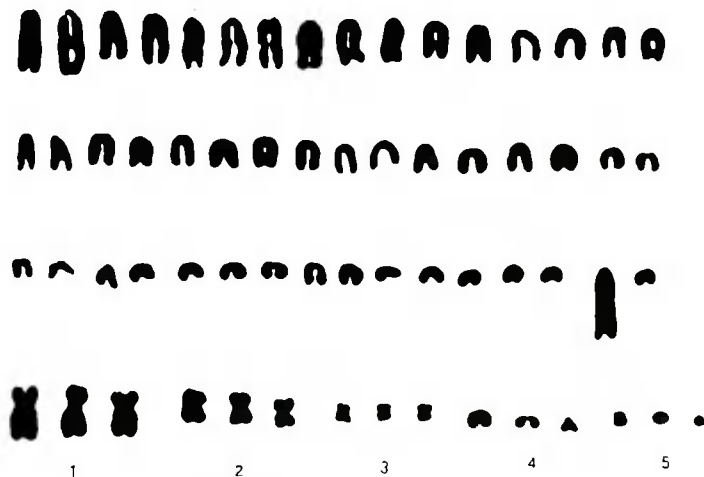
Обычно дополнительные хромосомы заметно отличаются от основных размерами и формой, что позволяет легко выделять их. Однако В-хромосомы не всегда представлены в кариотипе: в одной популяции можно встретить особей с разным числом В-хромосом или даже без них. Внешне же эти животные или растения, как правило, не отличаются друг от друга. К примеру, в континентальных популяциях восточноазиатской мыши (*Apodemus peninsulae*) почти все животные имеют дополнительные В-хромосомы (до 24), а у крысовидного хомяка (*Tscherskia triton*) в Приморье в пределах одной популяции они обнаружены (1 или 2) только у одиночных особей<sup>2</sup>. Более того, у ряда видов число В-хромосом неодинаково в различных тканях и даже клетках одной ткани (так называемые особи-мозаики).

Если различия по числу А-хромосом, как правило, налагают запрет на полноценное размножение, то о В-хромосомах этого сказать нельзя. В отличие от обычных хромосом они не имеют гомологов и наследуются случайно (не по Менделю); поэтому

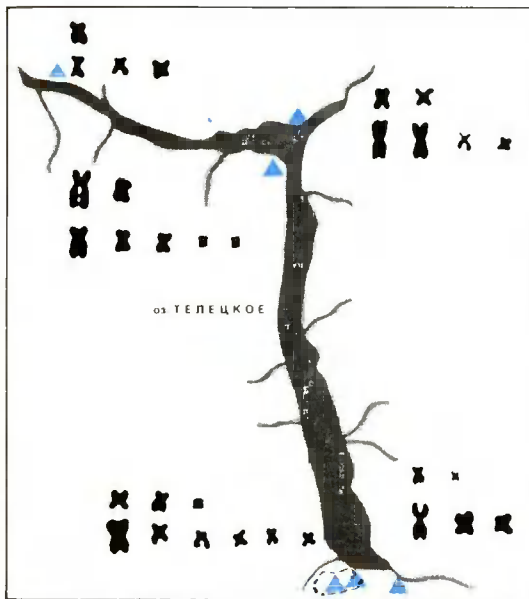
<sup>2</sup> Борисов Ю. М. // Цитология и генетика. 1980. Т. 14. № 2. С. 68—70; Картавцева И. В., Борисов Ю. М., Ляпунова Е. А. и др. // Зоол. журн. 1980. Т. 59. Вып. 6. С. 899—904; Борисов Ю. М. // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. 1980. Вып. 15. С. 61—69; Волобуев В. Т., Тимина Н. Ю. // Цитология и генетика. 1980. Т. 14. № 3. С. 43—45; Борисов Ю. М. // Докл. АН СССР. 1986. Т. 288. № 3. С. 720—724.

<sup>1</sup> Прокофьева-Бельговская А. А. Гетерохроматические районы хромосом. М., 1986.





Картиотип восточноазиатской мыши. Три верхних ряда — набор А-хромосом, нижний — пять классов В-хромосом.



Карта-схема распространения мышей на побережье Телецкого озера (Алтай) с одной—восемью дуплечными В-хромосомами. Системы В-хромосом у мышей на северном и южном побережье озера сходны; видимо, животные принадлежат к одной географической популяции. Чаще всего встречаются мыши с двумя—тремя В-хромосомами. Здесь и далее точки отлова мышей указаны цветом.

число их в клетках меняется при митозе и мейозе и у особей одной популяции может сильно отличаться. В половых клетках восточноазиатской мыши В-хромосом всегда

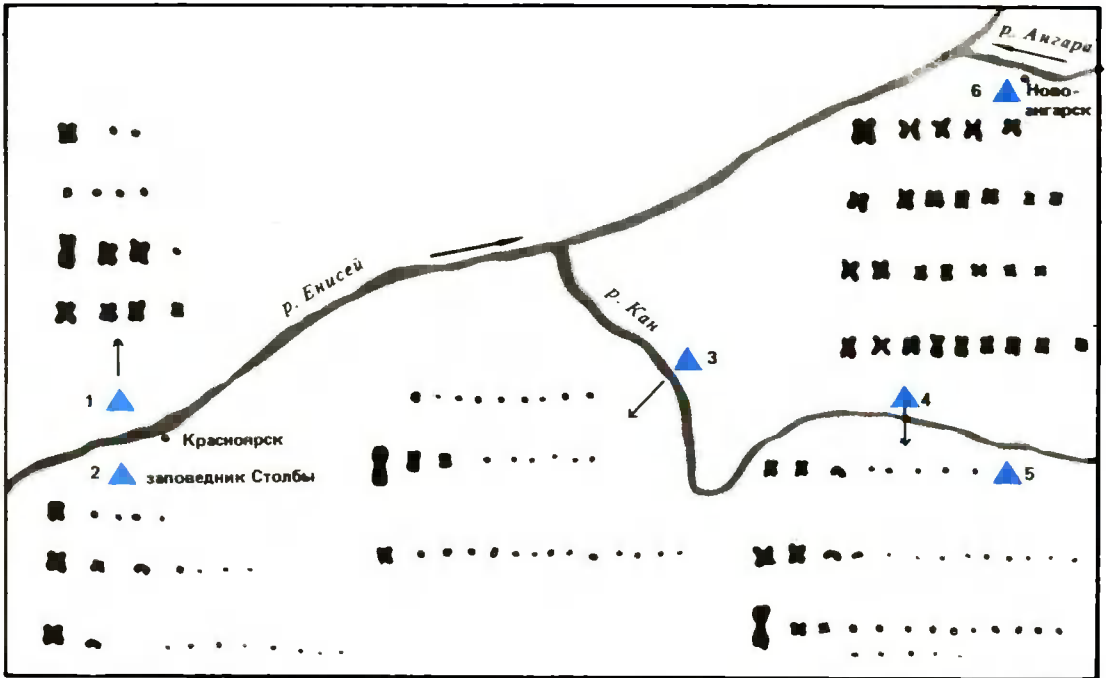
больше, чем в соматических. В данном случае накапливаются в основном мелкие В-хромосомы. У потомства этого вида число В-хромосом может быть как больше, так и меньше, чем у родителей. При размножении (у потомства) не отмечено простого суммирования родительских В-хромосом. Как правило, если у потомства число В-хромосом больше, то незначительно. Обычно их избыток снижает жизнеспособность, однако единичные В-хромосомы (1—2) могут оказывать и благоприятное влияние<sup>3</sup>. Похоже, в каждой популяции существует оптимальное число В-хромосом на особь.

Полиморфные наборы В-хромосом у особой популяции в основном стабильны и скорее всего имеют адаптивное значение. Они включены в организацию клеток и каким-то образом влияют на функционирование А-хромосом, продолжительность клеточного цикла, генную активность, поведение А-хромосом в мейозе. Несмотря на длительную историю изучения, о происхождении и назначении В-хромосом известно немного.

Необычные свойства В-хромосом, их широкое распространение в растительном и животном мире, в том числе у хозяйственно важных видов (рожь, кукуруза, лисица, песец), вызывают неизменный интерес исследователей.<sup>4</sup>

Среди млекопитающих наиболее яркие случаи хромосомного полиморфизма обна-

<sup>3</sup> Jones R. M., Rees H. B-Chromosomes. L.— N. Y., 1982.



Клиническая изменчивость вариантов системы В-хромосом в центральной части Красноярского края, обусловленная увеличением точечных В-хромосом в кариотипах восточноазиатской мыши (от окрестностей Красноярска на восток 200 км). Почти на краю северной части ареала на левом берегу р. Амура все 15 изученных мышей имели от шести до девяти двуплечих В-хромосом.

ружены у грызунов (Rodentia). Виды этого отряда (их около 1600), характеризующиеся относительно быстрой сменой поколений и значительной изменчивостью кариотипа, обычно имеют обширные ареалы и приспособлены к жизни в разнообразных биотопах.

Для цитогенетического изучения В-хромосом удобна восточноазиатская мышь, у которой эти хромосомы заметно отличаются морфологией и численностью (от 0 до 24) и встречаются практически у каждой особи.

Общая длина набора В-хромосом составляет от 0,5 до 29,7 % длины гаплоидного основного А-набора<sup>1</sup>.

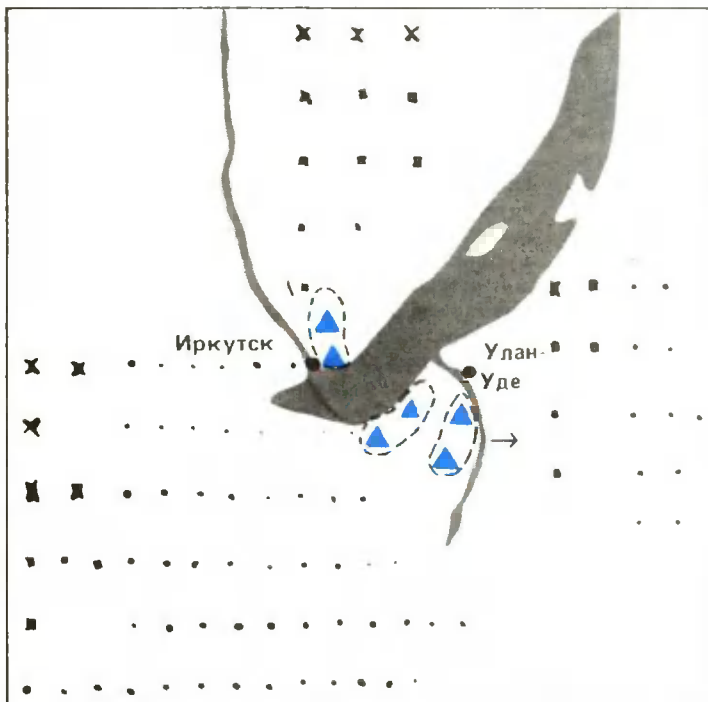
Оказалось не так-то просто определить, сколько же хромосом имеют отдельные особи в разных популяциях восточноазиатской мыши в разных местах ее обширного ареала (от Алтая до Приморья и от юга Якутии до Монголии и Китая). На о. Са-

халин у изученных 37 особей в клетках костного мозга, содержащих 48 одноплечих А-хромосом, дополнительные хромосомы вообще не обнаружены. Из более 400 особей континентальной популяции только 19 животных имели такой же кариотип, причем 16 из них были отловлены в различных районах Приморского края<sup>5</sup>. Первоначально в популяциях Приморья и Алтая помимо аналогичного основного набора были найдены одна — четыре двуплечие В-хромосомы, отличающиеся по размерам. Как показал дальнейший анализ, в различных точках ареала наличие широкая изменчивость числа хромосом (от 48 до 72) за счет разного числа В-хромосом (от 0 до 24).

Выяснилось, что почти каждая мышь имеет свой вариант системы В-хромосом, за счет разных сочетаний пяти их морфологических классов (от самых крупных до точечных). Мы выделили три уровня индивидуальной изменчивости: комбинации В-хромосом, разнообразных по форме и размерам; сходные по обычной окраске, но с отличным рисунком при дифференциальной (С- и G-окраске); мозаичность, т. е. наличие у одной особи клеток с разным

<sup>1</sup> Борисов Ю. М. // Генетика. 1990. Т. 26. № 8. С. 1484—1491.

<sup>5</sup> Бекасова Т. С. В-хромосомы азиатских лесных мышей *Apodemus peninsulae* (Rodentia, Muridae) // Вопросы изменения зоогеографии млекопитающих. Владивосток, 1984; Бекасова Т. С., Воронцов Н. Н. // Генетика. 1975. Т. 11. Вып. 6. С. 94—95



Сходство кариотипов и различия во наборам В-хромосом мышей из трех экологически различных зон Прибайкалья.

числом хромосом. Сходные варианты В-хромосом у двух и более особей могут отличаться мозаичностью. Существование трех уровней изменчивости повышает вероятность образования индивидуального набора В-хромосом или совокупности наборов у особей-мозаиков.

Таким образом, не изучив кариотип, нельзя узнать число В-хромосом у той или иной особи. Однако обнаруженный в различных точках ареала характерный для каждой популяции свой вариант этой системы позволяет прогнозировать возможные кариотипы в том или ином регионе, а также в ряде случаев определить принадлежность особи к той или иной популяции и достоверно указать, из каких мест взята выборка.

Наши исследования показали, что каждая популяция имеет свою цитогенетическую структуру, отличающуюся сочетанием различных вариантов системы В-хромосом. При этом для каждой из них характерно наличие наиболее часто встречаемых особей с определенным числом В-хромосом (так называемое модальное число), среднее число В-хромосом (по всем пяти классам) на особь, а также соотношение числа точечных и более крупных В-хромосом. В частности, в Прибайкалье различия по наборам В-хромосом служат маркером для трех популяций, живущих в различных экологических условиях<sup>6</sup>.

Каждая из них, как правило, имеет

одно или реже два модальных числа. Так, на побережье Телецкого озера больше мышей с двумя и тремя В-хромосомами, в окрестностях Красноярска — с 4 (левый берег Енисея), на южном побережье Байкала — с 11 и 12 и в Северной Монголии с 3 и 4 В-хромосомами<sup>7</sup>. Стабилизация в популяции того или иного числа мышей с определенным вариантом системы В-хромосом обусловлена гомеостатическими процессами, способствующими сохранению плодовых особей, имеющих признаки, близкие к среднему значению (так называемая адаптивная форма). В постоянных условиях сбалансированность достигается за счет гибели гамет или зигот с числом В-хромосом выше или ниже оптимального. С другой стороны, не исключено, что в закреплении определенных вариантов системы В-хромосом в популяции наряду с естественным отбором определенную роль могут играть и случайные процессы, фиксирующие те или иные варианты системы.

Редкие находки среди континентальной популяции особей без В-хромосом (из 400 мышей их не было только у 19), похоже, свидетельствуют об определенном преимуществе, обеспечиваемом В-хромосомами.

<sup>6</sup> Борисов Ю. М. // Генетика. 1990. Т. 26. № 12. С. 2215—2224.

<sup>7</sup> Там же. № 7. С. 1212—1220.

Более того, широкое распространение мышей с двумя-тремя В-дополнительными хромосомами в районе Телецкого озера на Алтае и с двумя — в Приморье, вероятно, отражает значение оптимального числа В-хромосом для особей из этих регионов. Однако ценность различных наборов В-хромосом может меняться с изменением среды обитания. Так, некоторые особи с другими вариантами В-хромосом, менее приспособленные к данным условиям, могут лучше адаптироваться в иной ситуации. Все это обеспечивает широкую норму реакции популяций как целостных систем, их успешную адаптацию к разнообразным изменениям среды, в частности антропогенным воздействиям.

Внутрипопуляционный полиморфизм В-хромосом у восточноазиатской мыши неплохо объясняется с позиций адаптивных процессов в популяциях. Труднее интерпретировать географическую (экологическую) изменчивость системы В-хромосом у этого вида по всему ареалу.

При изучении мышей из семи точек Западных Саян, удаленных на расстояния около 200 км, мы обнаружили у них так называемую клинальную изменчивость: с юга на север среднее число В-хромосом увеличивалось (от 3,6 до 20) в основном за счет точечных элементов. В Восточной Сибири (девять точек отлова) среднее число точечных В-хромосом на особь также возрастало от Красноярска на восток (от 1,9 до 11,4)<sup>8</sup>.

Полученные результаты позволяют предположить, что в центральной части ареала имеется ряд областей (южнее Новосибирска, западнее Красноярска, южнее устья р. Ус в Западных Саянах и в окрестностях Улан-Удэ), представляющих собой как бы центры образования В-хромосом, откуда мыши расселились по всему ареалу. У особей, обитающих в этих районах, В-хромосом мало и они мелкие. При продвижении от этих центров по различным направлениям точечных хромосом становится больше, затем появляется несколько дуплетных В-хромосом, которые по мере удаления от центра почти полностью вытесняют точечные (размеры крупных дуплетных В-хромосом могут достигать 6 % гаплоидного набора). Из наших наблюдений следует, что вся система

добавочных хромосом, возможно, образовалась из точечных хромосом.

В пользу такого предположения говорит и высокая популяционная, индивидуальная и тканевая изменчивость точечных В-хромосом, а также увеличение их числа в половых клетках по сравнению с соматическими. Как правило, эти хромосомы имеют гетерохроматиновую природу. Похоже, что мелкие В-хромосомы возникли в результате дублирования прицентромерных гетерохроматиновых участков А-хромосом. Крупные дуплетные В-хромосомы *A. peninsulae* могли сформироваться за счет симметричного наращивания плеч мелких хромосом. Это косвенно подтверждают их окраска и форма в виде гантелей, что может свидетельствовать о симметричности удвоения (амплификации) ДНК. Есть и другие факты, подтверждающие правильность такой гипотезы<sup>9</sup>.

Существование системы В-хромосом, своеобразного генетически «инертного» материала, открывает пути для накопления в популяции хромосомных мутаций с последующим их переносом на А-хромосомы. Кроме того, В-хромосомы влияют на частоту обмена участков родительских хромосом в мейозе, что приводит к повышению генетической гетерогенности вида, расширяющей потенциальные возможности популяции, т. е. способствует адаптации (преадаптации) популяции к новым условиям среды обитания. Несомненно, необходим оптимальный уровень полиморфизма, в частности и по В-хромосомам, так как значительное повышение частоты обмена участков родительских хромосом может разрушить уже сложившиеся сочетания генов. Вероятно, поэтому численность В-хромосом, как правило, колеблется в небольших пределах (от одной до шести). Все это говорит о том, что В-хромосомы — неотъемлемая часть общей эволюционирующей системы наследственного аппарата эвкарриот. Только, видимо, у одних видов они образовались при становлении и к настоящему времени прошли свой путь эволюции, а у других — совсем недавно.

Оценивая роль системы В-хромосом, мы должны представлять ее значение для популяции в целом и в конечном итоге для вида.

<sup>8</sup> Там же. № 10. С. 1828—1839.

<sup>9</sup> Борисов Ю. М., Малыгин В. М. // Цитология. 1991. Т. 33. № 1. С. 106—111.

## И ВНОВЬ ОБ АРАЛЕ

Год назад в нашем журнале был опубликован обширный материал «Аральский кризис» [Глазовский Н. Ф. // Природа. 1990. № 10—11]. В нем рассматривались катастрофические последствия высыхания и намечалась концепция улучшения экологической обстановки в Аральском регионе. Эта проблема продолжает бурно обсуждаться в массовой и научной печати. В этом номере мы знакомим читателей с мнением почвоведов о подлинных причинах кризиса и возможных путях оздоровления мелноративного хозяйства в бассейне Арала, а также с опытом решения подобных проблем в пустынных районах, прилегающих к африканскому озеру Чад.

### Причины и масштабы кризиса — взгляд почвоведов

Н. Г. Минашина



Нина Георгиевна Минашина, доктор сельскохозяйственных наук, заведует сектором мелиоративного контроля орошаемых земель Средней Азии Почвенного института им. В. В. Докучаева ВАСХНИЛ. Специалист в области почвоведения аридных зон.

**А**РАЛЬСКИЙ кризис у советской и мировой общественности связывается с высыханием моря. Отсюда и воззвание к спасению — наполнению Арала. Но проблема гораздо сложнее. Арал — не более, чем символ и конечный результат непродуманного гидротехнического строительства в Средней Азии за последние 30 лет. Это жертва, обернувшаяся трудноисчислимыми потерями в народном хозяйстве, особенно в орошаемой земледелии, которая может дорого обойтись огромному региону.

В Аральском кризисе отчетливо различимы несколько составляющих.

Прежде всего это само море, состояние которого определяется как экологическая катастрофа.

Зона экологического бедствия распространяется на все Приаралье: Каракалпакский, Ташаузский, Хорезмский и Кызылординский оазисы.



Аральское море летом 1989 г. Из-за понижения его уровня северная часть моря превратилась в отдельный водоем.

Снимок со спутника «Метеор»

И, наконец, бассейн Арала в целом находится в предкризисном, а отдельные районы в кризисном состоянии.

В бассейне Арала, включая всю равнинную и горную части, проживает около 35 млн. человек, но большинство населения сосредоточено в оазисах с орошаемой площадью в 7,5 млн. га. Половина этой площади пришла в негодность из-за высокого уровня грунтовых вод и вторичного засоления.

Кроме того, часть земель, в основном машинного орошения, за последние 20—30 лет подверглась различным техногенным нарушениям: ирригационной эрозии, оползням, просадкам. По экспертным оценкам, они занимают около 15 % орошаемой площади. И только 35 % (2,6 млн. га) земель находятся пока в удовлетворительном состоянии, представляя собой золотой фонд орошаемого земледелия, созданный многовековым трудом земледельцев. Почвы

здесь — это искусственные образования из ирригационного ила, землястых удобрений с мощностью окультуренного слоя 1—3 м. Но и эти почвы находятся ныне под угрозой подтопления (Кувинский район, Андижанская область в Ферганской долине).

Благополучие оазисов во многом зависит от экологического состояния горных районов площадью около 32 млн. га, которые служат влагонакопителями и регуляторами водного питания рек. Участвовавшие в последние годы сели (грязе-каменные потоки) показывают, что почвенный покров в горах подвержен эрозии, усиление которой может привести к катастрофе в земледельческих оазисах в низовьях рек. Таких примеров немало в истории: так, смыв почвенного покрова в юго-западной части Копетдага привел к гибели Мешед-Мессарианского оазиса, еще больше таких трагедий в истории Сирии, Турции и других стран Ближнего Востока.

Наряду с высыханием Арала и опустыниванием Приаралья в пустынях образуются болота, новые озера и даже моря объемом в несколько кубических километров (Сарыкамыш, Айдаркуль и др.). После того как реки перегородили плотинами, построили десятки водохранилищ и новых крупных каналов, в том числе таких гигантских, как Каракумский, вода накапливается в зонах этих рукотворных водоемов, в грунтах и подтапливает орошаемые земли и пастбища. В бассейне Арала подтоплено 985 населенных пунктов, из них 313 — в Приаралье. Дренаж и коллекторы разных объектов, создаваемые без увязки со средой в целом, имеют малую эффективность, не говоря об их весьма низком качестве. Там, где орошаемое земледелие в прошлом велось без дренажных сооружений, ныне построена дренажно-коллекторная сеть протяженностью 178 тыс. км и 8 тыс. скважин вертикального дренажа. Эта сеть собирает 39 км<sup>3</sup> грунтово-дренажных и сбросных оросительных вод, что превышает годовой сток Сырдарьи. 37 % этого стока сбрасывается в пустыню и почти 60 % — обратно в реки. По оценкам же бывшего Минводхоза, и такой объем дренирования недостаточен. Если сохранится тот же уровень водозабора и удельного водоотвода, то объем дренажного стока должен возрасти до 56 км<sup>3</sup>. Этот показатель, пожалуй, наиболее ярко высвечивает неблагополучие в системе водопользования в Средней Азии.

Об избыточном водозаборе на орошение, низком уровне технического состояния и обслуживания оросительной и дренажно-коллекторной сетей, отсутствии водоизмери-



Состояние оросительных систем в Каракумении.

1 Фотохроника ТАСС

тельной техники, дефектах планировки орошаемых полей говорится и пишется без конца, но каких-либо действенных мер пока не принято. Все усилия направляются на освоение под орошение новых земель, новое крупномасштабное гидротехническое строительство без серьезного учета его влияния на экологию. Достаточно вспомнить работы по переброске вод сибирских рек, хотя переброска не может решить ни одну из перечисленных проблем, она только усугубила бы экологический кризис.

Сегодня усыхание Арала представляет рядом экспертов в советской и зарубежной печати как нечто неожиданное. Это не так. С 60-х годов пропагандировалась и практически осуществлялась идея полного использования на орошение всех водных ресурсов региона. При этом предвидели, что уровень Арала будет снижаться. Предсказывалось, что сток в Арал к 1980 г. почти прекратится<sup>1</sup>. И в этом не видели особой бе-

ды. Считалось, что экономическое значение Арала не сравнимо со значением орошаемого земледелия, что при орошении будет получен неизмеримо больший экономический эффект. «Искусственное понижение уровня Аральского моря или его исчезновение как озера привело бы к осушению огромных болотистых массивов в дельте Амударьи и Сырдарьи, к понижению уровня грунтовых вод, а следовательно, к улучшению мелиоративной обстановки. Эти земельные массивы могли бы быть частично вовлечены в земледельческое использование»<sup>2</sup>.

Эти принципы и воплощались в проекты использования водно-земельных ресурсов в бассейне Арала. «Ученые» получили заказ Минводхоза обосновать применение при орошении минерализованных дренажных вод. В дальнейшем, при разработке проекта переброски сибирских рек, с ростом стока дренажных вод, 44 км<sup>3</sup> из них планировалось направить в Арал. Для этого намечалось построить крупные коллекторы.

План орошения низовой возвратными водами уже осуществляется, новые крупные коллекторы для сбора и сброса дренажных

<sup>1</sup> Средняя Азия. М., 1968. С. 182

<sup>2</sup> Там же. С. 10.

вод в Арал строятся. Делают это те же самые организации, которые Арал осушали. Но теперь деньги они получают уже во имя «спасения» Арала.

Все идет так, как задумывалось. Вновь созданная среда обитания оказалась экологически непригодной ни для обитания человека, ни для проведения орошаемого земледелия. Площади орошаемых земель в низовьях рек увеличены более чем вдвое, но производительность труда снизилась и валовый сбор сельскохозяйственной продукции не растет. Люди болеют, высока детская смертность, обо всем этом много пишется, повторяться не стоит.

На ликвидацию экологического бедствия правительство выделяет большие средства. Но используются они неэффективно, ибо попадают к тем, кто, как уже говорилось, привел регион к кризису и продолжает гидротехническое строительство вопреки экологическим требованиям.

Подтверждением тому служит хотя бы тот факт, что строительство крупных коллекторов ведется без надлежащей экологической экспертизы. В дельте Амударьи в коллекторы превращают старые русла реки, которые проходят через опресненные массивы аллювиальных почв и с пуском дренажной воды неизбежно засолятся.

По инструкциям того же ведомства проекты реконструкции внутрихозяйственной сети составляются без полевых изысканий. Вопреки сложившейся структуре почвенного покрова выпрямляют каналы, распределители и оросители, перепланировывают и укрупняют поля, нарушают контурность орошаемых участков и массивов, сложившуюся за века. На одно поле попадают разные почвы, так что незасоленные почвы засоляются. Такая «реконструкция» несет только вред.

Эксплуатационные службы не обеспечены современными техническими средствами наблюдения за мелиоративным состоянием земель. Отсутствует независимый контроль качества строительных работ, допускаются отступления от проекта и брак (до 60 %, по проверкам Госстроя СССР в 1984 г.). Многие проекты в процессе строительства переделываются два-три раза.

Вновь созданный концерн «Водстрой» — подрядная организация, но фактически в его подразделениях сосредоточены научные, изыскательские, проектные, строительные и приемочные подразделения. Концерн не отвечает за качество работ и за

конечный результат, не возмещает ущерба за брак и несостоявшиеся проекты, испорченные «мелиорированные» почвы. Такие почвы и массивы с необыкновенной легкостью переводятся в «немелиорированные». Ныне около 1,5 млн. га земель в бассейне находятся в крайне неблагоприятном мелиоративном состоянии, дают очень низкие урожаи сельскохозяйственных культур или полностью заброшены.

Поиск выхода из создавшегося положения по-прежнему только через «Водстрой» заведомо ни к чему не приведет.

Водные ресурсы как таковые, перспективная разработка их использования должны быть полностью изъяты из ведения «Водстроя» и переданы специальному комитету.

В качестве первоочередных мероприятий можно упомянуть:

охрану почвенного покрова и лесомелиорацию в горах с упорядочением горного хозяйства (пастбища, горное земледелие, создание зон рекреации и т. д.);

восстановление, охрану и мелиорацию (преимущественно фитомелиорацию) пастбищ, а также опустыненных земель на равнинах (здесь есть немалые научные заделы и экспериментальный опыт, например в Институте пустынь, Институте каракулеводства и других организациях);

использование многовекового опыта орошаемого земледелия, осторожность при реконструкции дренажно-коллекторной сети, сохранение принципов контурного характера орошаемого земледелия; отказ от «хлопковой монополии», восстановление традиционно возделываемых в оазисах культур; уменьшение водозабора на единицу орошаемой площади, улучшение техники и режимов орошения (сброс оросительных вод в дренажно-коллекторную сеть надо исключить полностью).

Все это позволит сократить объемы дренажных стоков с орошаемых земель в три-четыре раза.

Необходимо также решить проблему опреснения дренажных вод для повторного использования. Когда мы наведем порядок в водном хозяйстве, вода сама пойдет по естественным руслам рек и поступление в Арал 30—40 км<sup>3</sup> в год станет вполне реальным.

Главное же — без преодоления ведомственного монополизма в водном хозяйстве Аральский кризис не разрешим.



## Уроки озера Чад

А. Ю. Левинтанус



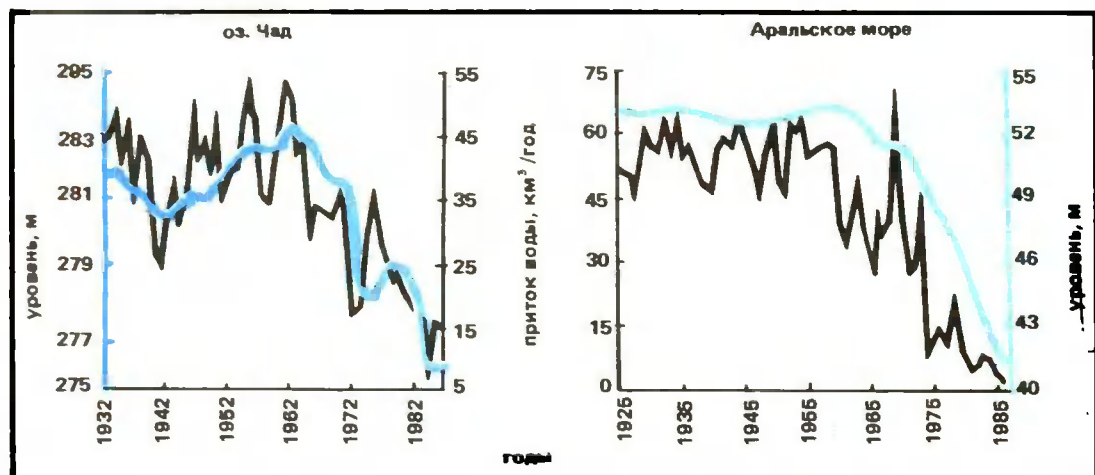
Аркадий Юрьевич Левинтанус, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Центра международных проектов Министерства природопользования и охраны окружающей среды СССР, консультант Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Занимается проблемами оценки и картирования опустынивания, курирует проект СССР — ЮНЕП по спасению Аральского моря.

**С** ПАСЕНИЕ Аральского моря и прилегающих к нему территорий — задача чрезвычайно сложная и уникальная, так как в мировой практике не было случая восстановления столь крупного бассейна, доведенного человеком до грани исчезновения. Определенную помощь в этом мог бы оказать опыт, вернее, эволюция подходов к решению сходных по характеру проблем крупнейшего бессточного озера Африки — Чад.

При значительных различиях географического положения и социально-экономических условий на прилегающих территориях Арал и Чад имеют достаточно общих черт: оба относятся к величайшим бессточным озерам мира, расположены в аридной и полуаридной зонах, резко изменили за последние два-три десятилетия гидрологические характеристики.

Бассейн оз. Чад, расположенный в пределах Чада, Камеруна, Нигерии, Нигера, Центрально-Африканской Республики и Судана, имеет площадь 2,4 млн. км. Среднее количество осадков за год здесь около 300 мм (от 50 мм на севере до 1500 мм на юге). Более 2/3 территории бассейна занято пустынными и аридными ландшафтами, не имеющими постоянного стока в озеро. При уровне зеркала озера 281,9 м его площадь составляет 21 тыс. км<sup>2</sup>, а объем 72 км<sup>3</sup>, при этом отчетливо различаются глубоководная северная часть и мелководная южная (в Аральском море это соответственно западная и восточная части). При понижении уровня до 279 м эти части разделяются песчаной косой в центре озера, а при повышении до 283 м воды озера перетекают по впадине на юго-востоке в р. Бахр-эль-Газаль — приток Нила. Хотя Чад является бессточным озером в аридной зоне, его соленость незначительна, что объясняется составом подстилающих пород в бассейне, активной биохимической седиментацией, высоким уровнем инфильтрации в озеро, а также обилием моллюсков и макрофитов, регулирующих содержание ионов солей.

Подобно Аралу, водный баланс Чада определяют, главным образом, речной сток



Гидрологические параметры оз. Чад и Арала.

и испарение с поверхности, и столь же сложней оказалась их судьба с 60-х годов: при почти неизменном испарении (для Чада это — 2150 мм/год) заметно сократился приток речной воды, что и привело к усыханию.

Среднегодовой сток рек бассейна Чада составляет 38,5 км<sup>3</sup>, причем 97 % его приходится на речную систему. Шари — Логоне, а остальная — на реки Комадугу, Йобе, Йодсерам, Эль-Бейд. Годовой сток рек, питающих Чад, снизился с 53,3 км<sup>3</sup> в 1961/62 г. до 6,7 км<sup>3</sup> в 1984/85 г. Соответственно уровень озера понизился с 283,4 до 275,4 м, площадь уменьшилась с 26 тыс. до 3 тыс. км<sup>2</sup>, а средняя глубина — до 3,5 м.

Однако, в отличие от Арала, изменения вызваны климатическими факторами: 70-е — 80-е годы оказались крайне засушливыми в Сахельской зоне Африки. Особенно жестокими были засухи в 1971—1973 и 1982—1984 гг., когда южная граница области осадков до 300 мм/год продвинулась на 200—300 км к экватору. Несмотря на отдельные «влажные» годы, водность рек бассейна Чада систематически падала, что придало его усыханию черты необратимости.

Хозяйственная деятельность населения в несравненно меньшей степени повинна в трансформации озера, хотя и она оказывает все большее воздействие на состояние окружающей среды бассейна. Здесь в основном развиты суходольное и орошаемое земледелие, скотоводство и рыболовство. Как и в большинстве развивающихся стран, расположенных в речных долинах, местные жители

выработали своеобразную технологию возделывания культур (риса, сорго, кукурузы), приспособленную к сезонным разливам рек. Орошение паводковыми водами особо распространено в нижнем течении р. Логоне. Во время пика паводка (с августа по ноябрь) река заливает огромное пространство (судя по спутниковым снимкам 1988 г., около 2600 км<sup>2</sup>), что сопоставимо с акваторией самого озера.

После спада воды обсохшие пойменные участки становятся прекрасными естественными пастбищами для скота, куда его перегоняют с окрестных пространств и где он содержится весь длительный сухой сезон. Численность поголовья скота в междуречье Шари и Логоне не менее 400 тыс., а доля территории бассейна Чада в общем объеме продукции животноводства Камеруна, Чада, Нигера и Нигерии достигает 31 %.

До засух 70-х годов в озере и дельтах рек ежегодно вылавливали до 120 тыс. т рыбы, позже улов сократился до 80 тыс. т.

С начала 70-х годов в бассейне озера начали сооружать крупные мелиоративные системы, главным образом, для полива хлопчатника и риса. Правда, масштабы орошения и водопотребления здесь несоизмеримы с Аральским регионом — расходуется всего 5—10 % стока рек, питающих Чад.

Большинство оросительных систем в бассейне работает не на полную мощность в связи с низким уровнем воды в реках, просчетами при прокладке каналов, недоучетом последствий постоянных засух. Так, при проектировании оросительной сети, питаемой водами Чада в пределах Нигерии, исходили из минимального уровня озера 279,9 м, но во время засухи 1973/74 г. он понизился до 278,1 м,

что задержало сдачу гидросооружений. Аналогичная ситуация повторилась в середине 80-х годов, когда в июне 1985 г. водозаборник гидроузла оказался в 70 км от уреза воды.

Несмотря на сравнительно скромную роль современного ирригационного хозяйства, оно стало причиной серьезного ухудшения природных экосистем бассейна. Строительство крупных плотин с водохранилищами привело к сокращению ежегодного разлива рек и деградации пойменных ландшафтов, веками обеспечивавших существование сотен тысяч земледельцев и скотоводов. Например, плотина Мага на р. Логоне, построенная для орошения около 50 тыс. га (500 км<sup>2</sup>), вызвала засуху на 900 км<sup>2</sup> пойменных участков ниже по течению. Здесь резко упал уровень грунтовых вод, местные земледельцы лишились возможности выращивать устойчивые к затоплению сорта проса и сорго. Ухудшился травостой, деградировали естественные пастбища, в результате чего поголовье скота уменьшилось вдвое. В национальном парке Ваза на 50 тыс. га исчезли богатая пойменная растительность, многие охраняемые виды млекопитающих.

Отвод значительных площадей под водохранилище гидроузла и сами орошаемые массивы лишил кочевых скотоводов традиционных районов выпаса. Они вынуждены держать стада на немногих уцелевших участках, что ведет к перевыпасу, эрозии почв и опустыниванию некогда плодородных земель.

Сооружение гидроузла Тига и отвод части стока р. Йобе на нужды орошения сократили период водности реки до трех-четырех месяцев в году, что подорвало природную базу традиционного земледелия, погубило некоторые генотипы рисовой культуры, фактически свело на нет рыболовство в нижнем течении и дельте реки. Эти факторы сыграли немаловажную роль в миграции около 10 тыс. человек из департамента Диффа (Нигер) с начала 80-х годов. Сокращение стока р. Йобе имело последствия и для самого Чада, хотя на речную систему приходится лишь около 1 % общего притока в озеро, она является единственным источником поступления поверхностных вод в северный бассейн.

Серьезнейшей проблемой для территории бассейна стало прогрессирующее обезлесение, особенно в районах вырубки лесов в зонах затопления гидроузлов, орошаемых площадях и окрестностях городов. В результате прогрессирует эрозия почв и утрачивается почвенный покров.

Большую нагрузку на экосистемы бас-

сейна оказывают массовые перемещения населения по территории сопредельных государств. Гражданская война начала 80-х годов в Чаде сопровождалась притоком значительного числа жителей из северных районов, где проходили военные действия, в южные, особенно густонаселенное между-речье Шари и Логоне. В Нигерии с образованием Администрации развития бассейна Чада, наделенной полномочиями создания ирригационной инфраструктуры, десятки тысяч людей переехали в штат Борно, граничащий с западным побережьем озера.

В сочетании с хронической засухой 70—80-х годов усиление антропогенной нагрузки привело в ряде районов бассейна к крайним формам деградации природной среды, в том числе к опустыниванию, которое выражается в усыхании озера Чад и сокращении стока рек, падении уровня грунтовых вод, исчезновении ряда видов растений и уменьшении площади лесов, потере биологического разнообразия, нарастающих процессов эрозии и потере плодородия почв, упадке традиционных форм земледелия и скотоводства.

Таким образом, ныне в районе Чада сложилась ситуация, во многом напоминающая бедственное положение Приаралья, с перспективой полной утраты озерных акваторий и необратимых изменений окружающей среды. В этой связи особый интерес представляет уже накопленный опыт решения экологических проблем африканского озера.

Первым шагом в этом направлении можно считать создание в 1964 г. Комиссии бассейна озера Чад из представителей Камеруна, Чада, Нигера и Нигерии, призванной координировать водохозяйственное развитие и осуществлять согласованные проекты в области защиты почв от эрозии, охраны растительного и животного мира. К этой деятельности были привлечены и международные организации, в частности ФАО и ЮНЕСКО, однако их деятельность фактически свелась к финансированию отдельных отраслевых проектов.

В последующие два десятилетия экологическая обстановка в бассейне Чада резко ухудшилась, особенно в середине 80-х годов, в разгар очередной засухи, и проблема Чада оказалась в центре обсуждения первой Африканской конференции по окружающей среде, прошедшей в Каире в 1985 г. и включившей спасение озера в число своих приоритетных программ.

В результате работы комиссии была принята программа ЮНЕП восстановления окружающей среды в районе озера, преду-

смастривавшая оценку экологического состояния бассейна и возможностей его регулирования, разработку плана действий и его реализацию через серию проектов, финансируемых заинтересованными государствами и спонсорами.

К началу 1991 г. план действий сформирован (к этой работе были привлечены и международные эксперты). Ныне он рассматривается правительствами государств бассейна Чада.

Характерна эволюция подходов к решению задачи. Сначала доминировал сугубо технократический подход (приостановить и по возможности предотвратить дальнейшее усыхание озера вне какой-либо связи с состоянием окружающей среды). Предлагалось три группы мер.

К первой относили увеличение объема стока в озеро за счет сокращения потерь воды на испарение в пойменных пространствах. Основные надежды возлагались на регулирование стока р. Логоне, так как в ее огромной пойме в период разлива испаряется до  $5 \text{ км}^3$  в год. Потери намечалось сократить, укрепляя русла защитными дамбами, а также благодаря строительству отводных каналов для распределения паводкового стока и сооружеию водохранилищ в верховьях Логоне и других рек бассейна для сезонного регулирования стока.

Такой подход, при всей своей привлекательности и практической осуществимости, игнорирует неизбежные тяжелые экологические последствия для пойменных экосистем. Не учитывалось, что «непроизводительные» потери воды на инфильтрацию и испарение при разливах рек лежат в основе традиционных систем пойменного земледелия, скотоводства и рыболовства, от которых зависит благосостояние подавляющей части жителей бассейна.

Вторая группа мер предполагала сократить потери воды на испарение в акватории самого озера за счет уменьшения ее площади. Предлагалось создать вдоль побережья систему полейдеров для сельскохозяйственного использования, отгораживая мелководья сетью дамб, которые должны были предотвратить их ежегодное затопление. Если бы эту практику удалось распространить на мелководную центральную часть озера, его общая акватория сократилась бы до  $5600 \text{ км}^2$ . Эта идея была выдвинута еще до наступления засухи 80-х годов, во время которой площадь зеркала естественным путем уменьшилась до  $3 \text{ тыс. км}^2$ .

Подобное, но еще более масштабное предложение предусматривало разделение озера на изолированные бассейны высокими

плотинами. Приток воды в озеро привел бы к постепенному заполнению бассейнов и увеличению их глубины при неизменных площади и испарении.

Третьей группой мер считали переброску части стока р. Заир, которая, по мнению ряда исследователей, могла бы стать надежным источником пополнения озера. Эту рекомендацию поддержала в 1988 г. первая конференция министров охраны окружающей среды стран бассейна, поручившая итальянской фирме разработку концепции проекта.

По предварительным данным, предполагалось перебрасывать до  $32 \text{ тыс. м}^3/\text{с}$  по  $2400$ -километровому каналу из бассейна Заира в бассейн Шари — Логоне. Даже эта скупая информация дает повод для серьезных сомнений. При расходе предполагаемого канала в  $3200 \text{ м}^3/\text{с}$  в бассейн Шари — Логоне будет поступать  $100,9 \text{ км}^3$  воды в год, что в  $2,5$  раза превышает нормальный годовой сток речной системы. Очевидно, русла рек не смогут пропускать такое количество воды, что приведет к разливам и затоплению обширных площадей. Кроме того, стремительное повышение уровня оз. Чад вызовет «перелив» в Бахр-эль-Газаль. К этому надо добавить неминуемые изменения природной среды вдоль трассы переброски и в самом бассейне Чада, которые пока не рассматривались.

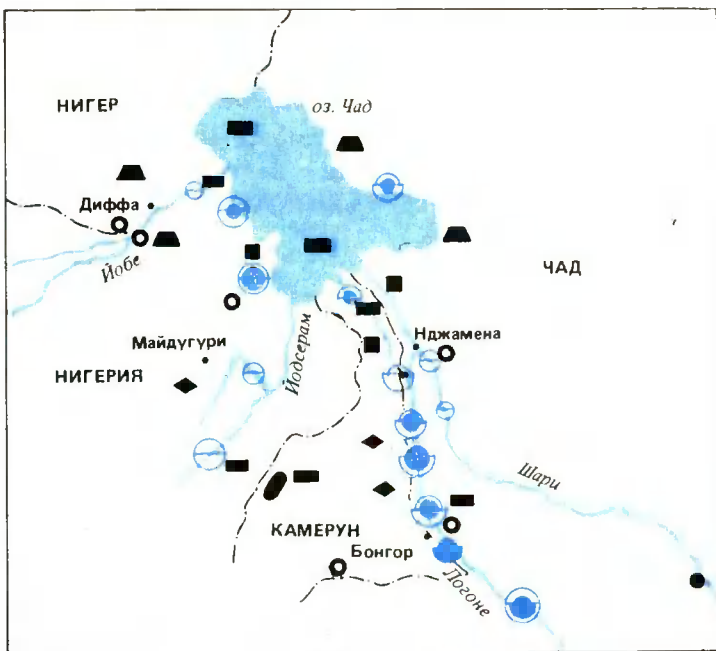
Характерно, что вторая и третья группа предложений по спасению Чада фактически полностью совпадают с «радикальными» мероприятиями по восстановлению Арала, отражая реальное существование стереотипа инженерно-технического подхода к решению проблем, по сути экологических. Предлагаемое хирургическое вмешательство оставляет без внимания тот факт, что «местазы», поразившие один из органов (в данном случае сами озера), — порождение болезни всего организма (окружающей среды в бассейнах).

Применительно к Чаду такой подход, к счастью, не нашел дальнейшего развития. В 1989 г. было опубликовано капитальное исследование, авторы которого исходят из того, что проблемы озера невозможно решить без решения проблем всего бассейна<sup>1</sup>.

По их мнению, проблемы окружающей среды водных акваторий, подвергшихся столь сильной деградации, как Чад (в равной степени это относится и к Аралу), нель-

<sup>1</sup> The Lake Chad Conventional Basin. A Diagnostic Study of Environmental Degradation. UNEP, UNSO, 1989.

**Схема гидротехнического освоения и деградации среды в бассейне оз. Чад.**



зя решить в одночасье. Стратегия спасения должна опираться не на отраслевые и одноцелевые проекты, сколь заманчивыми бы они ни казались, а на комплексную программу развития всего бассейна, включая мероприятия по борьбе с эрозией почв, опустыниванием, обезлесиванием, падением плодородия почв, сокращением речного стока. Их следует проводить с учетом демографической ситуации в отдельных частях бассейна и непременно в интересах местного населения.

Серьезной переоценке подвергаются приоритеты хозяйственной деятельности в регионе. Рекомендуется использовать водные ресурсы прежде всего в интересах развития скотоводства, рыболовства, традиционного земледелия, обеспечивающих занятость основной массы жителей и являющихся источниками продовольствия. В то же время посевы влагоемких экспортных культур, типа хлопчатника, не следует чрезмерно расширять из-за нестабильных высоких издержек производства и низких трудовых затрат. По этой причине авторы выступают против дальнейшего развертывания крупномасштабного ирригационного строительства, не оправдавшего себя с экономической точки зрения и нанесшего значительный ущерб природе. Рекомендуется провести экологическую экспертизу существующих крупных гидротехнических сооружений и в отдельных случаях модернизировать их для увеличения попусков во-

ды в поймах ниже по течению. Столь же решительно пересматриваются планы сооружения гидроэлектростанций, так как их водохранилища занимают ценные плодородные земли, а в условиях жаркого климата с их поверхности испаряется много воды. В целом ставится задача перенести центр тяжести на трудointенсивные и некапиталоемкие виды хозяйственной деятельности с целью повысить занятость населения.

В числе важных рекомендаций — создание в бассейне сети мониторинга экологической ситуации и хозяйственной деятельности, своеобразной системы раннего оповещения о неблагоприятных изменениях самого озера и отдельных экосистем региона. Признано целесообразным пересмотреть национальные законодательства в области водных, земельных, лесных ресурсов, горнодобывающей промышленности, пастбищного скотоводства, дабы снизить антропогенную нагрузку на наиболее пострадавшие и уязвимые районы бассейна. Наконец, выдвинуто предложение повысить роль экологического образования местных жителей, чтобы задуманные мероприятия по восстановлению природной среды бассейна нашли у них понимание и реализовывались при их поддержке и широком участии.

На последнем совещании министров охраны окружающей среды стран, входящих в Комиссию бассейна озера Чад, в декабре 1989 г. эти рекомендации были приняты за основу плана действий.

## Качество воды — качество жизни!

Экспресс-анализ токсичности водной пробы быстро и эффективно проводится с помощью прибора

### «БИОТЕСТЕР-2»

Информация, полученная с помощью «БИОТЕСТЕРА-2», позволяет оценить эффект суммарного воздействия вредных примесей, находящихся в водной пробе (соли тяжелых металлов, пестициды, СПАВы и т. д.).

«БИОТЕСТЕР-2» — это профессиональная безвредность применяемой методики, простота в эксплуатации прибора и содержания тест-культуры, возможность использования там, где нет условий для проведения эксперимента на высших животных.

Прибор предназначен для оснащения лабораторий и является стандартизованным измерительным средством; пользовательская методика, прилагаемая к прибору, утверждена Госстандартом.

«БИОТЕСТЕР-2» не имеет аналогов в СССР, защищен авторскими свидетельствами, обладает рядом преимуществ по сравнению с западными разработками, основанными на сходных принципах.

Срок выполнения заявки — сразу после получения гарантийного письма. В стоимость «БИОТЕСТЕРА-2» входит и оплата за обучение персонала методике биотестирования и навыкам работы с прибором.

Адрес: 195273, Санкт-Петербург, пр. Непокоренных, 74, фирма «КВАНТ».  
Тел. 538-36-02, факс 5384826.



В какой же мере опыт решения экологических проблем Чада применим к Аралу? С одной стороны, при большом внешнем сходстве (усыхание обоих озер) причины этого явления различны: в одном случае, они вызваны преимущественно климатическим фактором, в другом — антропогенным. Однако, если рассматривать оба озера в рамках их бассейнов и анализировать причины деградации окружающей среды, точек соприкосновения у Чада и Арала окажется гораздо больше.

Видимо, главное рациональное зерно опыта Чада состоит в постепенном отходе от сугубо технократических решений проблем к экологическим или, по крайней мере, инженерно-экологическим. Заслуживает внимания идея переосмысления основных направлений хозяйственной деятельности в бассейне, разработка вариантов экологичес-

кого оздоровления его отдельных физико-географических и экономико-географических районов, например акватории самого озера, дельтовых и пойменных пространств, средних и верхних течений рек в зависимости от остроты ситуации и набора проблем в каждом конкретном случае. Несомненно перспективна идея создания в бассейне сети мониторинга. Наконец, при всем обилии информации по Аралу, накопленной в нашей стране, и огромном числе союзных и республиканских учреждений, вовлеченных в программу его спасения, не стоит пренебрегать международным опытом в этой области. Возможна и независимая экспертиза состояния среды Приаралья ведущими иностранными специалистами с последующей дачей рекомендаций организациям, принимающим практические решения. Такая практика широко распространена в ЮНЕП и нашла успешное подтверждение на примере озера Чад.

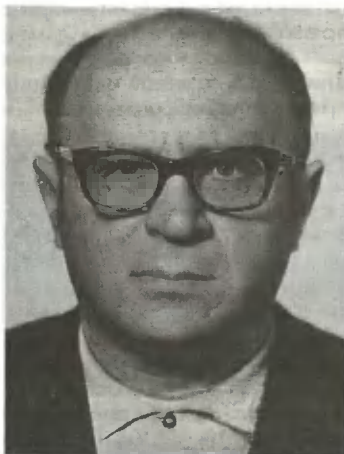
## «ТОПАЗ-1»

Советская космическая ядерно-энергетическая установка

Г. М. Грязнов, В. Я. Пупко



Георгий Михайлович Грязнов, доктор технических наук, профессор, директор Научно-производственного объединения «Красная звезда». Область научных интересов — прямое преобразование энергии, атомная энергетика, космическая техника. Лауреат Государственной премии СССР (1972).



Виктор Яковлевич Пупко, доктор физико-математических наук, профессор, директор отделения Физико-энергетического института (Обнинск). Занимается физикой ядерных реакторов, проблемами космической атомной энергетики. Лауреат Государственной премии СССР (1972).

**В** НАЧАЛЕ этого года в советской и американской прессе появились публикации о предполагаемой продаже США наземного прототипа космической термоэмиссионной ядерно-энергетической установки (ЯЭУ) «ТОПАЗ-2», разработанной в СССР<sup>1</sup>. Обстоятельства этой сделки вызвали оживленные комментарии как среди специалистов, так и в кругах массовой информации. Высказывались разные мнения о целесообразности подобной коммерческой операции, возможности использования этой установки в США для военных целей и, в более широком плане, о перспективах и безопасности использования ядерных источников энергии в космическом пространстве. Все это и стимулировало нас, разработчиков космической термоэмиссионной ЯЭУ «ТОПАЗ-1» (установки, успешные испытания которой вызвали проявленный американской стороной интерес к приобретению наземного прототипа ЯЭУ «ТОПАЗ-2»), высказать свою точку зрения по этим проблемам.

### ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ В КОСМОСЕ

Ядерные реакторы как источники энергоснабжения космических аппаратов начали рассматриваться в конце 1950-х годов, еще на начальном этапе исследования и освоения космического пространства, одновременно в СССР и США. Энергоемкость и компактность таких источников энергии выгодно отличали их от получивших затем широкое распространение солнечных фотопреобразователей. Вблизи Земли с каждого квадратного метра фотопреобразователей солнечного излучения в лучшем случае можно получить 100 Вт электрической мощности, так что нетрудно подсчитать, какие огромные панели с солнечными элементами надо развернуть, чтобы выработать десятки, а тем более сотни киловатт электроэнергии. Надо также принять во

<sup>1</sup> Советский реактор на американском спутнике // Известия. 1991. 10 января; Советский реактор: для СОИ не использовать // Там же. 1991. 22 февраля; Продаётся реактор? // Сов. Россия. 1991. 16 января; S. J. firm helps U. S. purchase nuclear space reactor from Soviets // San Jose Mercury News. 1991. 7 January.

внимание торможение панелей в разреженной, но тем не менее оказывающей определенное аэродинамическое сопротивление атмосфере при использовании фотопреобразователей на околоземных орбитах и связанные с этим затраты топлива на коррекцию орбиты спутника; заходы спутника в тень Земли и обусловленное этим применение совместно с фотопреобразователями аккумуляторов энергии (химических батарей); необходимость определенной ориентации солнечных панелей по отношению к солнечным лучам, что требует специальной системы ориентации; деструктивное воздействие космической радиации на фотопреобразователи и т. д. Всех этих недостатков лишены ядерные энергетические установки. Их преимущества в сравнении с солнечными фотопреобразователями по мере роста потребной электрической мощности становятся все более очевидными, и к этому добавляются еще такие факторы, как меньшая масса и стоимость.

Так, если при электрической мощности 10 кВт массы ЯЭУ и солнечных фотоэлектрических установок сравнимы между собой в пределах  $\pm 10\%$ , то при 25 кВт ЯЭУ по массе в два раза меньше солнечной установки, а при 50 кВт эта разница увеличивается до четырех раз, при 100 кВт — до шести<sup>2</sup>. По оценкам французских специалистов, стоимость разрабатываемой во Франции ЯЭУ ERATO с электрической мощностью 20 кВт составит только 20% стоимости солнечной фотоэлектрической установки такой же мощности<sup>3</sup>.

Однако в течение прошедших с запуска первого искусственного спутника Земли десятилетий энергетические потребности космических аппаратов не превышали нескольких киловатт и в большинстве случаев могли быть удовлетворены солнечными фотопреобразователями. Потенциальные возможности космических ядерно-энергетических систем оставались практически невосстановленными. Вместе с тем во всех странах, где есть перспективные космические программы, существует общее понимание того, что разработка и применение компактных, долговременных и энергоёмких бортовых источников энергии на основе ядерных реакторов — необходимое условие дальнейшего освоения космического пространства. Поэтому в настоящее время в СССР, США и Франции осуществляются программы исследова-

ний и разработок космических реакторных ЯЭУ, основанных на различных принципах преобразования тепловой энергии ядерного деления в электрическую энергию (в СССР предпочтительное развитие получили ЯЭУ, основанные на безмашинных способах преобразования энергии<sup>4</sup>). С 1970-х годов мы сохраняем безусловный приоритет в этих разработках, подтверждение тому успешные летные испытания двух образцов космической термоэмиссионной ЯЭУ «ТОПАЗ-1» на борту спутников серии «Космос» в 1987—1988 гг. Это действительно был крупный успех советской науки и техники, заметная веха в освоении космического пространства.

#### ПРЕДПОСЫЛКИ РАБОТ ПО ЯЭУ «ТОПАЗ-1»

Идея создания космической энергетической системы с ядерным реактором и термоэмиссионным преобразованием энергии возникла в СССР в 1958 г. в Физико-энергетическом институте (ФЭИ, Обнинск) у талантливого физика И. И. Бондаренко (к сожалению, очень рано ушедшего из жизни) и его сотрудников. В дальнейшем научное руководство работами по термоэмиссионным ЯЭУ в ФЭИ на различных стадиях осуществляли А. И. Лейпунский, В. А. Кузнецов, О. Д. Казачковский, В. Я. Пупко. Данное впоследствии этой системе наименование «ТОПАЗ» является сокращением слов, составляющих характеристику основного агрегата системы — ядерного реактора-преобразователя (термоэмиссионный, опытный, преобразователи в активной зоне), хотя для разработчиков их детище действительно представлялось драгоценным камнем.

Плодотворность идеи «ТОПАЗ-1» заключалась в объединении в одном агрегате — реакторе-преобразователе — источника тепла и его термоэмиссионного преобразователя. Прежде всего это позволяет с минимальными потерями температурного потенциала реализовать высокую верхнюю температуру термодинамического цикла преобразования энергии. В то же время зона высокой температуры ограничена пределами этого агрегата, что облегчает условия создания остальных, более низкотемпературных, компонентов системы. Свойственная циклу термоэмиссионного преобразования энергии достаточно высокая нижняя температура в условиях космического пространства, где интенсивность отвода тепла излучением про-

<sup>2</sup> Вуден Д. // Proc. 7-th Symposium on Space Nuclear Power Systems, CONF-900109, held in Albuquerque, NM, USA, January 7—10, 1990.

<sup>3</sup> Vrillon B. L., Carre F. // Nucl. Eur. Worldscan. 1990. V. 10. N 11—12. P. 23.

<sup>4</sup> Пономарев-Степной Н. Н. // Атом. энергия, 1989. Т. 66. Вып. 6. С. 371—374; Грязнов Г. М., Жаботинский Е. Е., Пупко В. Я., Сербин В. И. и др. // Там же. С. 374—377.

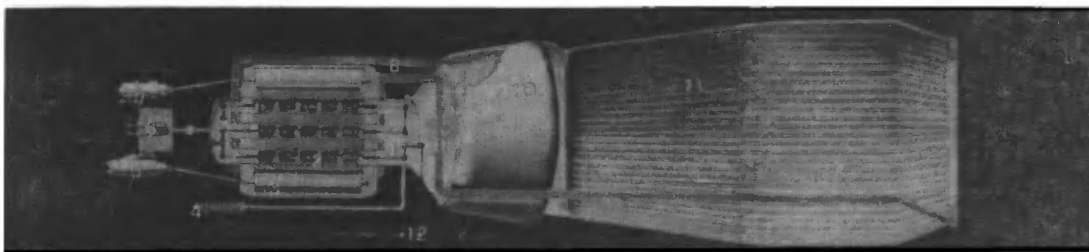
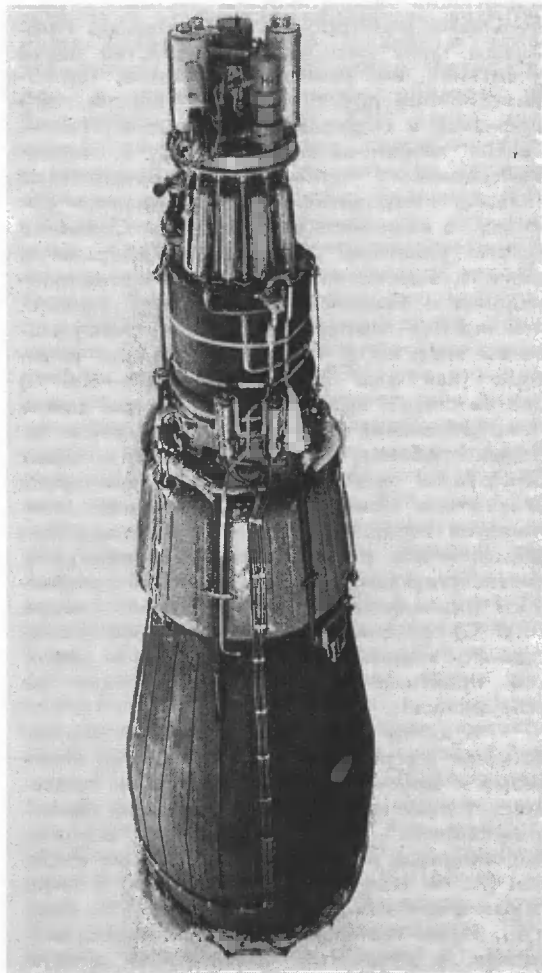


порциональна температуре теплоотвода в четвертой степени, позволяет свести к минимуму габариты системы отвода непереработанного в цикле тепла и создать предельно компактную энергетическую систему. Кстати, это обстоятельство, благоприятное для космических ЯЭУ, затрудняет использование термоэмиссионных ЯЭУ типа «ТОПАЗ» в наземных условиях — при высокой (500—600 °С) нижней температуре цикла усложняется технология применения наиболее эффективного в этих условиях хладагента для отвода непереработанного тепла — воды.

Вместе с тем создание термоэмиссионного реактора-преобразователя, объединяющего функции ядерного реактора и генератора электрической энергии, представляло собой несравненно более сложную научную и технологическую задачу, чем

#### Основные характеристики ЯЭУ «ТОПАЗ-1»

Выходная электрическая мощность	~6 кВт
Выходное напряжение	Постоянное, 32 В
Размеры активной зоны реактора:	
диаметр	280 мм
высота	364 мм
Наружный диаметр реактора	460 мм
Загрузка $^{235}\text{U}$ в реакторе	12 кг
Максимальная температура теплоносителя	610 °С
Площадь поверхности холодильника-излучателя	7 м <sup>2</sup>
Масса ЯЭУ (без пусковых аккумуляторных батарей)	1200 кг
Размеры ЯЭУ:	
длина	4,7 м
максимальный диаметр	1,3 м



Общий вид ЯЭУ «ТОПАЗ-1» (вверху) и ее принципиальная схема. Основной агрегат ЯЭУ — термоэмиссионный реактор-преобразователь 1; активная зона реактора образована электрогенерирующими каналами 2. Изменение тепловой мощности реактора осуществляется вращением размещенных в его боковом отражателе поворотных цилиндров 3; приводы 7 компенсирующих поворотных цилиндров обеспечивают вывод реактора в критическое состояние, приводы 5 регулирующих поворотных цилиндров — поддержание мощности реактора на требуемом уровне. Подача цезия в межэлектродные зазоры электрогенерирующих каналов производится из генератора

паров цезия 6; отвод паров цезия вместе с выделяющимися в зазоры газообразными примесями осуществляется в накопитель цезия 4 с тем, чтобы исключить выброс цезия в окружающее пространство. Непереработанное в электрогенерирующих каналах тепло отводится в холодильник-излучатель 11 посредством жидкометаллического контура 8 с электромагнитным насосом. 9. Радиационная защита 10 обеспечивает снижение интенсивности ионизирующих излучений реактора до допустимых для оборудования космического аппарата уровней. Вырабатываемая реактором-преобразователем электроэнергия подводится к нагрузке 12.

реализация энергетической системы с раздельными реактором и генератором. Проблемы таких разнородных областей науки и техники, как реакторная физика, термоэмиссионное преобразование энергии, теплофизика и гидродинамика жидкометаллических теплоносителей и т. д., в термоэмиссионном реакторе-преобразователе связаны неразрывно и нуждались поэтому в комплексном решении. Создание такого реактора потребовало прорыва в области высокотемпературного материаловедения и технологии. Достаточно сказать, что нижняя температура цикла преобразования энергии в термоэмиссионном реакторе (как уже отмечалось, 500—600 °С) соответствует верхней температуре цикла преобразования энергии в современных паровых турбинах, на использовании которых базируется практически вся стационарная энергетика. Основные конструктивные компоненты термоэмиссионного реактора-преобразователя работают при температурах, соответствующих диапазону от слабого красного (примерно 550 °С) до белого (свыше 1400 °С) свечения, причем в условиях интенсивного воздействия нейтронов. В мировой практике подобная конструкция не создавалась.

К концу 50-х годов наряду с классическими зарубежными работами (И. Лэнгмюра и других) в СССР уже были проведены первые исследования в области термоэмиссионных преобразователей энергии, выполненные ленинградской школой физиков (А. Ф. Иоффе, А. И. Ансельм) и киевскими физиками (Н. Д. Моргулис, П. И. Марчук). Идея термоэмиссионного преобразователя, в сущности, чрезвычайно проста: это аналог радиолампы — вакуумного диода, работающего не в режиме усиления мощности, а в режиме ее генерации. Применительно к использованию в термоэмиссионном реакторе-преобразователе эта идея реализуется в конструкции электрогенерирующего элемента, в котором ядерное топливо — диоксид урана, обогащенный изотопом  $^{235}\text{U}$ , — заключено в сердечнике с оболочкой из тугоплавкого металла (молибдена, вольфрама), служащей катодом (эмиттером) для электронов. Тепло, выделяющееся в реакции деления урана в реакторе, разогревает эмиттер до температуры 1500—1800 °С, в результате чего происходит испускание электронов. Попадая на анод (коллектор), электроны обладают достаточной кинетической энергией, чтобы во внешней замкнутой цепи между эмиттером и коллектором произвести нужную работу на внешней нагрузке.

Здесь, правда, возникла трудность, которую заметили ленинградские физики: электроны вблизи эмиттера создают отрицательный пространственный заряд, препятствующий их прохождению через зазор преобразователя к коллектору. Нужны весьма малые и на практике трудно реализуемые промежутки между электродами (0,01—0,03 мм), чтобы заметная часть электронов достигла коллектора. Из-за ряда технических трудностей этот зазор желательно увеличить минимум на порядок, и это можно сделать, если ввести в вакуумный диод положительные ионы, которые бы способствовали «рассасыванию» пространственного заряда. Киевские физики предложили для этой цели вводить в межэлектродный зазор пары цезия — щелочного металла с низким потенциалом ионизации. Попадая на горячую поверхность эмиттера, атомы цезия отскакивают от нее ионизованными, поскольку работа выхода электрона у этих материалов превышает потенциал ионизации атома цезия (явление поверхностной ионизации, установленное Лэнгмюром). В результате один ион цезия помогает «проташить» на коллектор через зазор несколько сот электронов.

В 1959 г. стала известна пионерская работа американца Д. Гровера и его сотрудников по реакторным испытаниям термоэмиссионного преобразователя с урановым сердечником, нагревавшим эмиттер. В результате этого непродолжительного эксперимента был получен первый опыт термоэмиссионного преобразования тепловой энергии реакции деления в электрическую энергию. В нашей стране подобный эксперимент был выполнен впервые в апреле 1961 г. в ФЭИ на реакторе «АМ» первой в мире атомной электростанции, где в дальнейшем была создана действующая поныне специальная петлевая установка для экспериментальных исследований и отработки электрогенерирующих элементов и их сборок — электрогенерирующих каналов (ЭГК) для термоэмиссионных реакторов-преобразователей различного типа.

#### РЕАКТОР-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ «ТО-ПАЗ-1»

Концепция реактора-преобразователя «ТОПАЗ-1» была выработана коллективом физиков ФЭИ в результате комплексного анализа нейтронно-физических характеристик различных схем таких реакторов, многочисленных расчетно-теоретических и экспериментальных исследований на критических реакторных стендах. Это тепловой,

гетерогенный реактор с гидридциркониевым замедлителем. Водород — наиболее эффективный замедлитель нейтронов, а использование гидроксида циркония позволяет сочетать достаточно высокую удельную плотность ядер водорода в замедлителе с высокой (около 600 °С) рабочей температурой, необходимой для космического реактора. Для регулирования тепловой мощности в реакторе-преобразователе «ТОПАЗ-1» используются расположенные в боковом отражателе поворотные цилиндры из бериллия (наилучшего отражателя нейтронов), но с бористыми секторными накладками; поворот такого цилиндра бором в сторону активной зоны увеличивает поглощение нейтронов и уменьшает мощность реактора-преобразователя.

Концепция использования многоэлементного ЭГК (из нескольких электрогенерирующих элементов, скоммутированных последовательно в одну гирлянду по типу карманного фонаря) была принята для реактора-преобразователя «ТОПАЗ-1» и других реакторов этого типа с самого начала проводившихся в ФЭИ разработок. Такая схема позволяет повысить выходное напряжение каждого ЭГК до нескольких вольт, тем самым уменьшив при заданной общей мощности джоулевы потери в ЭГК и температуру эмиттера. На базе многоэлементного ЭГК с минимальными дополнительными затратами может быть создан ряд оптимальных по массе и габаритам космических термоэмиссионных реакторов-преобразователей в широком диапазоне электрической мощности — до нескольких десятков, сотен и тысяч киловатт. Это — важное обстоятельство с точки зрения перспектив использования ЯЭУ с такими реакторами-преобразователями.

В использовании многоэлементного ЭГК и кроется основное отличие реактора-преобразователя «ТОПАЗ-1» от установки «ТОПАЗ-2». Эта ЯЭУ аналогична «ТОПАЗу-1» по принципу действия, но основана на применении одноэлементного ЭГК. Схема одноэлементного ЭГК также рассматривалась на ранней стадии разработки реактора-преобразователя «ТОПАЗ-1», но присутствие этой схеме ограничения по возможностям форсирования электрической мощности ЯЭУ побудили от нее отказаться. В дальнейшем концепция одноэлементного ЭГК была положена в основу самостоятельной разработки ЯЭУ «ТОПАЗ-2» другим коллективом ученых и конструкторов. Привлекательной для разработчиков ЯЭУ «ТОПАЗ-2» (а впоследствии для американских покупателей наземного прототи-

па этой установки) показалась возможность замены ядерного топлива в одноэлементном ЭГК электрическим нагревателем и проведения таким образом на безъядерном прототипе ЯЭУ цикла тепловых, электротехнических, гидравлических и других испытаний. При доводке летного образца, как показал опыт создания ЯЭУ «ТОПАЗ-1», без испытаний со встроенными вместо ЭГК электронагревателями можно обойтись, но возможность использования безъядерного наземного прототипа «ТОПАЗ-2» для подтверждения параметров термоэмиссионного преобразования энергии в космической ЯЭУ, как это планируют американцы, сохраняет свое значение. Что касается сравнительной эффективности и ресурсоспособности много- и одноэлементных ЭГК, то следует иметь в виду, что для многоэлементного ЭГК эти параметры, помимо расчетно-теоретического обоснования, подтверждены многочисленными наземными и успешными орбитальными испытаниями ЯЭУ «ТОПАЗ-1». Реактор-преобразователь «ТОПАЗ-2» в космосе не бывал и испытывался только в лаборатории. Таким образом, в настоящее время нет оснований для высказанных в иностранной прессе прогнозов о более высокой ресурсоспособности реактора-преобразователя «ТОПАЗ-2» в сравнении с «ТОПАЗом-1». Точно так же нельзя считать справедливыми утверждения о том, что реактор-преобразователь «ТОПАЗ-1» — прообраз реактора-преобразователя «ТОПАЗ-2»; на наш взгляд, заложенная в основу этой ЯЭУ концепция многоэлементного ЭГК имеет принципиальные отличия от одноэлементной схемы и значительно более широкие по сравнению с ней перспективы для создания космических ЯЭУ разного уровня мощности с ресурсом работы до пяти-семи лет.

#### РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ «ТОПАЗ-1»

В 1962 г. к работам по созданию термоэмиссионной ЯЭУ «ТОПАЗ-1» подключилось авиационное конструкторское предприятие — Московский машиностроительный завод «Союз» (Г. Л. Лившиц, Г. М. Грязнов, В. И. Сербин и другие), и ЯЭУ начала разрабатываться как ориентированная на определенные технические условия и конкретный космический объект конструкция. Это предприятие, как организация главного конструктора, привнесло в работы над проектом авиационную культуру и технологию, что во многом способствовало реализации проекта ЯЭУ. В дальнейшем на базе

коллектива главного конструктора была образована специализированная конструкторская организация — Научно-производственное объединение «Красная звезда», где были проведены все проектно-конструкторские работы по ЯЭУ и изготовлены макеты и образцы «ТОПАЗа-1» для технологических, энергетических и летных испытаний. Выработка технологии электрогенерирующих элементов и ЭГК, изготовление сотен образцов ЭГК для имитационных и петлевых испытаний, а также не менее десятки полных комплектов ЭГК для отработки реактора-преобразователя были выполнены материаловедами и технологами ФЭИ.

Разработанная НПО «Красная звезда» и ФЭИ конструкция ЯЭУ «ТОПАЗ-1», основные характеристики которой приведены в таблице, помимо реактора-преобразователя включала также в качестве основных агрегатов радиационную защиту, систему передачи тепла за жидкометаллическим теплоносителем, прокачиваемым посредством электромагнитного насоса, и холодильник-излучатель, а также систему автоматического управления. Проектирование и экспериментальная отработка «ТОПАЗа-1» проводились в условиях крайне жестких ограничений по массе, вообще характерных для космических объектов, где вывод на орбиту каждого килограмма массы стоит до нескольких тысяч долларов. В случае ЯЭУ «ТОПАЗ-1» суммарная масса не должна была превышать 1300 кг. Чтобы добиться этого, пришлось, в частности, существенно повысить точность расчетов радиационной защиты, масса которой составляет существенную часть массы ЯЭУ. Эта защита обеспечивает допустимый интегральный поток нейтронов и дозу  $\gamma$ -излучения от реактора, приходящиеся на бортовое оборудование космического аппарата с ЯЭУ. Именно космическая ядерная энергетика, как никакая другая отрасль атомной энергетики (наземные атомные электростанции, корабельные ядерные силовые установки), оказала сильное влияние на усовершенствование теоретических и экспериментальных методов расчета радиационной защиты (как и реакторов).

Важное значение для разработки ЯЭУ «ТОПАЗ-1» имело то обстоятельство, что в 50-е годы в ФЭИ под руководством А. И. Лейпунского и В. И. Субботина была отработана технология обращения с жидкометаллическими теплоносителями — натрием и эвтектическим сплавом натрия-калия, изучены теплопередача и гидродинамика в потоках жидких металлов.

Важнейший элемент космической ЯЭУ «ТОПАЗ-1» — система автоматического управления для автономного запуска реактора-преобразователя и всей ЯЭУ в космическом пространстве. Она же обеспечивает своевременный разогрев ЯЭУ, пуск паров цезия в межэлектродные зазоры ЭГК, перевод ЯЭУ из состояния короткого замыкания электрической цепи на режим внешней нагрузки, поддержание на заданном уровне электрической мощности и в заданных пределах параметров качества вырабатываемой ЯЭУ электроэнергии, гашение реактора-преобразователя по завершении кампании ЯЭУ. Эта система была разработана организацией, специализирующейся на проблемах регулирования (А. С. Абрамов, С. Ф. Фарафонов и другие).

#### ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ЯЭУ «ТОПАЗ-1»

Для наземной отработки термоэмиссионных ЯЭУ типа «ТОПАЗ-1» в ФЭИ за короткий срок (три-четыре года) был сооружен уникальный испытательный стенд с вакуумной камерой, позволяющей имитировать условия космического пространства при энергетических испытаниях ЯЭУ. На этом испытательном стенде были проведены ресурсные испытания на мощности семи образцов ЯЭУ «ТОПАЗ-1», причем два из них зачетные, предшествующие летным испытаниям в космосе.

На наземном испытательном стенде весной 1970 г. впервые в мире были проведены ресурсные энергетические испытания первого образца термоэмиссионного реактора-преобразователя «ТОПАЗ-1», продемонстрировавшие исключительную перспективность нового способа преобразования энергии.

После успешных зачетных испытаний двух наземных образцов ЯЭУ «ТОПАЗ-1» в 80-х годах, в ходе которых были имитированы автономные запуски ЯЭУ от системы автоматического управления в космическом пространстве, появилась возможность перейти к летным испытаниям<sup>5</sup>.

Первый в мире космический запуск термоэмиссионной ЯЭУ состоялся 2 февраля 1987 г. («Космос-1818», орбита высотой 810/970 км). После вывода от системы автоматического управления на режим номинальной мощности ЯЭУ проработала на орбите полгода до окончания запаса цезия. Второй запуск «ТОПАЗа-1» был осуществлен 10 июля

<sup>5</sup> Грязнов Г. М., Жаботинский Е. Е., Пупко В. Я., Сербин В. И. и др. // Атом. энергия. 1991. Т. 70. Вып. 4. С. 214—217.

1987 г. («Космос-1867», орбита высотой 797/813 км). Эта ЯЭУ также своевременно вышла на номинальную мощность от системы автоматического управления и до окончания запаса цезия проработала на орбите год. Эта разница в сроках службы обусловлена тем, что у первой ЯЭУ эмиттер ЭГК был сделан из молибдена, а у второй — из вольфрама. В первом случае оптимальное давление паров цезия почти вдвое больше, чем во втором, вследствие чего различны расходы цезия и сроки службы ЯЭУ. Достигнутый в этих орбитальных испытаниях годовой ресурс работы реакторной ЯЭУ в условиях космического пространства — это тоже мировой рекорд, принадлежащий СССР. Единственная зарубежная реакторная ЯЭУ, запущенная в космос в 1965 г. (ЯЭУ SNAP-10A с термоэлектрическим преобразованием энергии, США), отработала на орбите 43 сут при существенно меньшей номинальной электрической мощности (около 500 Вт). Если наработка электроэнергии ЯЭУ SNAP-10A за время функционирования на орбите составила около 500 кВт·ч, то первая и вторая ЯЭУ «ТОПАЗ-1» выработали около 20 тыс. и 50 тыс. кВт·ч соответственно, т. е. в 40—100 раз больше.

## ВОПРОСЫ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

При использовании реакторных ЯЭУ в космическом пространстве необходимо обеспечить меры по предотвращению неконтролируемой цепной реакции в реакторе (ядерная безопасность) и меры по нераспространению радиоактивных продуктов деления в окружающей среде (радиационная безопасность) на всех этапах эксплуатации таких ЯЭУ, включая возможные аварийные ситуации. Условия обеспечения ядерной и радиационной безопасности при орбитальных испытаниях ЯЭУ «ТОПАЗ-1» полностью отвечали существующим требованиям, разработанным международными организациями (в частности, Комитетом ООН по использованию космического пространства в мирных целях), принципам и критериям безопасного применения ядерных источников энергии в космическом пространстве.

Реакторы ЯЭУ были выведены на мощность от системы автоматического управления только после того, как космические аппараты «Космос-1818» и «Космос-1867» вышли на опорную орбиту и стали искусственными спутниками Земли. Маловероятное аварийное падение на Землю ЯЭУ, которые не выводились на нейтронную мощность, не влечет за собой каких-либо опасных

последствий, поскольку радиоактивность «свежих» изделий ничтожна и допускает совершенно свободное обращение с ними, например, в заводских условиях, на различных технических позициях испытательного полигона, при транспортировке. Выбранная эксплуатационная орбита обеих ЯЭУ «ТОПАЗ-1» (около 800 км) достаточно высока, чтобы после завершения срока службы и глушения реактора ЯЭУ летали вокруг Земли 350—370 лет, прежде чем начнет сказываться атмосферное торможение спутников и они начнут падать на Землю. За такой срок произойдет распад накопленных в реакторе продуктов деления до приемлемо низкого уровня; к тому же при вхождении в плотные слои атмосферы ЭГК сгорят в воздухе, и нераспавшиеся продукты деления рассеются в огромном объеме атмосферы до безопасного уровня радиологического воздействия. Такие условия эксплуатации «ТОПАЗ-1» полностью исключают возможность повторения аварийной ситуации, сложившейся в 1978 г. на космическом аппарате «Космос-954», оснащенном реакторной ЯЭУ.

«Космос-954» эксплуатировался на низкой (~250 км) околоземной орбите. После аварийного отказа системы поддержания орбиты спуск этого аппарата в плотные слои атмосферы произошел слишком быстро, чтобы продукты деления ЯЭУ успели распастся. К счастью, обломки ЯЭУ упали тогда на малозаселенную территорию Канады без каких-либо опасных радиологических последствий. В случае ЯЭУ «ТОПАЗ-1» подобная ситуация невозможна.

## ДАЛЬНЕЙШИЕ ЗАДАЧИ

ЯЭУ «ТОПАЗ-1», уже отработавшие в космическом пространстве большой ресурс времени, дают в руки исследователей много новой информации типа «ноу-хау», составляющей главную ценность научно-технических и опытно-конструкторских работ на стадии накопления опыта в любой новой, еще не изведанной области. Только обладая такими знаниями, можно грамотно проектировать более совершенные ЯЭУ, обоснованно прогнозировать их ресурсоспособность и другие важные параметры.

Полученная в процессе длительных испытаний информация о поведении ЯЭУ «ТОПАЗ-1» поставила перед разработчиками целый ряд новых вопросов. Так, например, была обнаружена некоторая деградация электрических характеристик, с которой, однако, система автоматического управления справилась, поддерживая на нужном уровне электрическую мощность благодаря повышению тепловой. Последующие лабораторные

эксперименты показали отрицательную роль водорода, проникающего из гидридциркониевого замедлителя через стальные стенки трубок и теплоноситель в межэлектродные зазоры ЭГК. При этом увеличиваются перетечки тепла с эмиттера на коллектор и уменьшаются число ионов цезия в плазме. Поэтому нужны дополнительные меры: снижение температуры гидрида циркония, нанесение специальных барьерных покрытий на гидрид и стальные трубки. Отрицательный эффект водорода полностью исключен в реакторах-преобразователях на быстрых нейтронах, где замедлитель отсутствует и активная зона составлена только из ЭГК. Переход на такие реакторы-преобразователи открывает большие перспективы в увеличении выходной мощности и улучшении таких характеристик ЯЭУ, как масса и габариты.

### ЯЭУ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Уместно спросить: а для чего вообще нужна ядерная энергетика в космосе? Мы не будем касаться здесь военных применений («звездные войны», разведка и т. д.), а укажем лишь на ряд сугубо мирных задач.

1. В объявленной президентом США Дж. Бушем в 1989 г. (в связи с юбилеем высадки американцев на Луне) новой «Инициативе по исследованию космического пространства» перед учеными США были поставлены три главные задачи:

создание постоянно действующей орбитальной станции со сменными интернациональными экипажами к середине 90-х годов;

создание обитаемой базы на Луне с действующими производственными предприятиями к концу этого столетия;

пилотируемый полет к Марсу и обратно к 2015 г.

Две последние задачи требуют обязательного применения ядерной энергетике; в числе возможных вариантов рассматриваются и варианты использования термоэмиссионных ЯЭУ.

2. По мнению некоторых экспертов США, к концу этого столетия в мире ожидается настолько значительный рост объемов воздушных и морских перевозок людей и грузов между континентами, что потребуются создание специальной технической службы безопасности. Эта служба будет контролировать из космоса все эти перевозки, фиксировать их в памяти ЭВМ, давать рекомендации и указания диспетчерским службам на континентах, решать с помощью ЭВМ задачи оптимального выбора безопасных мар-

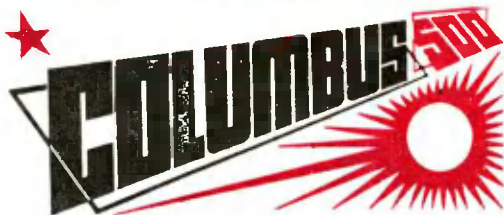
шрутов. Для решения этой проблемы понадобятся несколько десятков спутников, оснащенных соответствующими средствами слежения, связи и ЭВМ. Они будут снабжаться электроэнергией от ЯЭУ (необходимая электрическая мощность каждой 30—40 кВт).

3. Сейчас в повестке дня стоит задача создания на Земле всемирной телефонной службы через спутники связи. Существуют проекты, предусматривающие возможность выходить с помощью портативных средств на телефонную связь через такие спутники с любым абонентом в мире. В решении столь заманчивой задачи, необходимой в том числе и для спасения терпящих бедствие людей, в космосе на геостационарных (т. е. висящих в одной точке над Землей) спутниках потребуются значительные по мощности энергетические установки, и здесь без ядерной энергетики не обойтись.

Все перечисленные системы, если добиваться от них высокой чувствительности и хорошего разрешения, потребуют значительной электроэнергии, вырабатываемой с помощью ЯЭУ.

Наша страна в настоящее время находится в авангарде мировых разработок и использования наиболее совершенных космических ядерных источников энергии — термоэмиссионных реакторных ЯЭУ; как отмечалось в нашей прессе, «это тот нечастый случай, где СССР сохраняет не оспариваемый никем приоритет». Сказались обстоятельства: американцы, начавшие работы по космическим ЯЭУ (в том числе термоэмиссионным) одновременно с нами и достигшие в этой области значительных первоначальных успехов, в 1970-х годах, не найдя рынков сбыта этим разработкам, неожиданно и существенно сократили правительственное финансирование по этой тематике и сейчас, после возобновления работ, не могут наверстать упущенные возможности. В нашей стране работы по термоэмиссионным ЯЭУ продолжались практически непрерывно, планомерно и широким фронтом на средства бюджетного финансирования — нынешний «хозрасчет» в науке еще не действовал. В результате мы действительно опередили США на десяток лет и оказались вне конкуренции в одной из наиболее перспективных технологий в области космонавтики и энергетике. Это наглядный пример того, с какой осторожностью следует подходить к переносу на отечественные перспективные научно-технические разработки зарубежных заимствований из области рыночных отношений.

**Советский комитет  
по космонавтике  
и Мосстройэкономбанк**



стремясь проложить путь к практическому использованию безграничных запасов солнечной энергии для полетов к другим планетам и в околоземном пространстве, для решения задач космической технологии, в частности в области телекоммуникаций;

намереваясь содействовать углублению знаний о Солнце, солнечно-земных связях и расширению понимания их влияния в глобальном масштабе;

считая необходимым придать космическим программам экологически безупречный характер и внедрить в них разумные элементы экономического мышления, частной и общественной инициативы,

**ОБЪЯВЛЯЮТ, В РАМКАХ СВОЕГО УЧАСТИЯ ВО ВСЕМИРНОМ ПРАЗДНОВАНИИ  
ПРЕДСТОЯЩЕГО В ОКТЯБРЕ 1992 г. 500-ЛЕТНЕГО ЮБИЛЕЯ ОТКРЫТИЯ АМЕРИКИ,**

## **ОТКРЫТЫЙ КОНКУРС АППАРАТОВ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ И КОНЦЕПЦИЙ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ\***

Если Ваш корабль, подобно каравелле Колумба, не потребляет для своего перемещения и лобных маневров, кроме чисто ориентационных, никаких внутренних источников, а только внешний — солнечную радиацию во всех ее формах, рекомендуем послать его на наш конкурс, представив:

подробные эскизные чертежи предлагаемой конструкции;  
четкое описание устройства и алгоритма функционирования систем разворачивания (создания) паруса, контроля его ориентации, тепловой стабилизации и электрической нейтрализации аппарата;

расчеты, демонстрирующие способность противостоять возникающим в полете нагрузкам с учетом реальных свойств применяемых материалов.

Аппарат обязан иметь массу и габариты, допускающие его запуск на геоцентрическую орбиту стандартным носителем типа «Протон».

**ГЛАВНЫЙ ПРИЗ — 10000 руб.**

**ОСОБЫЙ ПРИЗ — за надежность и эффективность конструктивной схемы.**

**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПРИЗ — за самую интересную концепцию применения солнечного паруса.** Идеи (ранее не публиковавшиеся) должны сопровождаться конкретными примерами их реализации при существующем уровне технического развития и обладать значительной (соизмеримой с их стоимостью) прикладной ценностью.

Сведения об авторах — в отдельном запечатанном конверте.

Жюри рассматривает проекты как советских, так и зарубежных претендентов, поступившие в

*Советский комитет по космонавтике до 1 марта 1992 г.*  
(по адресу: 117342 Москва, ул. Бутлерова, д. 15.)

Итоги подводятся спустя месяц. Победители приглашаются участвовать в нашей работе, им будет оказана помощь в совершенствовании проектов.

В преддверии 1992 г., года Колумба, объявленного ООН Годом Космоса, Комитет по космонавтике и Мосстройэкономбанк желают удачи и попутного ветра всем, кто включится в нашу деятельность.

\* Подробнее об этом «Природа» уже писала в № 5 (1991. С. 82—88).

## Редчайшая бабочка Средней Азии

С. С. Козик  
Псков

**П**ЕСОК, выбеленный солнцем, горячими струйками вытекает из-под ног, со всех сторон — барханы с чахлой растительностью. Трудно поверить, что белое песчаное море расположено в Ферганской долине. Выжженный песок, высушенные до невесомого состояния остатки растений, иссохшие жуки и чудом уцелевшие кустики — те, что не дают тени, — вот, пожалуй, и все, на чем может остановиться взгляд.

Мы явились сюда для знакомства с жизнью, притаившейся у наших ног. Первая экскурсия не принесла открытий, хотя и поразили грациозная красота змеи-стрелки, танцевальные способности ящериц-круглоголовок, поднимающих лапки на раскаленном песке.

Не удаляясь далеко в пески от Ферганского канала, мы снова начинаем поиски животных. Здесь-то нас и порадовала неожиданная находка невзрачной на вид бабочки — шашечницы пустынной ферганской (*Melitaea aereina*). Больше полувека энтомологи вообще ее не встречали и даже стали относить к числу исчезнувших. Тем не менее она в «Красной книге СССР» и значится как узкий эндемик, находящийся на грани исчезновения. Не исключено, говорится в ней, что вид уже исчез. Примечательно, что самая «свежая» упоминаемая здесь литература относится к 1913 г.

Эта бабочка — единственный пустынный вид широко распространенного рода шашечниц (*Melitaea*), насчитывающего несколько десятков видов в мировой фауне (даже в



Шашечница пустынная: вид с испода  
Фото автора

СССР их 30). Все они характеризуются географической и индивидуальной изменчивостью, сильно затрудняющей их систематику. По замечанию С. С. Четверикова, классификация шашечниц — одна из самых трудных среди всех булавоусых бабочек.

Внешность этой средней по размерам бабочки заметно отличается от всех других пред-

ставителей рода. Вместо характерного рыже-красного верха крыльев с плотным рисунком из черных пятен и полосок у более светлой шашечницы ферганской на желтовато-розовых крыльях всего четыре-пять пятен, и то лишь на передних, а задние только по краю очерчены тонкой зубчатой вязью. Рисунок испода крыльев еще беднее и бледнее окрашен. Только крупные черные пятна передних крыльев видны с обратной стороны, а у самок на испode задних есть тончайший





**Барханы с чахлой растительностью, в которых найдена шашечница.**

графический рисунок, отсутствующий наверху. Это ли не типичная «пустынная» окраска?

Места обитания шашечницы, по крайней мере сейчас, — узкая полоска пустыни вдоль оросительных каналов. Она еще не используется человеком, но обогатилась растениями за счет пришедшей туда воды.

Сведения о пустынной шашечнице очень скудны, ее биология и стадии, предшествующие взрослой бабочке, неизвестны. Кое-что нам удалось

выяснить. Считалось, что она дает одно поколение в год — лёт бабочек приходится на апрель-май, но мы обнаружили взрослых шашечниц еще и в июле-августе. Вероятно, у этого вида появляются два поколения ежегодно. Весенние бабочки несколько крупнее тех, что летают летом и осенью: длина переднего крыла самки около 25 мм, самца — 22 мм, против 20 и 15 мм соответственно.

Размножение, развитие, трофические связи вида пока не выяснены.

Шашечница пустынная — относительно молодой эндемик Средней Азии, но уже приобрела характерный пустынный об-

лик. Скорее всего вид можно отнести к дендрофильным формам, чье происхождение связано с Юго-Восточной и Центральной Азией.

Чтобы сохранить этот уникальный вид, необходимо срочно взять под охрану неосвоенный пустынный район в Ферганской долине, где мы встречали бабочек. Теперь уже ясно, что сохранить животный и растительный мир можно только в естественной среде обитания.

Если найдутся заинтересованные в организации микрозаповедника, мы готовы оказать содействие в установлении места обитания редчайшей бабочки Средней Азии.

# Тихоокеанские лососи: легенды и факты

А. А. Максимович



Александр Александрович Максимович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией физиологии онтогенеза Института биологии моря Дальневосточного отделения АН СССР. Специалист в области гормональной регуляции клеточной активности. Автор свыше 70 научных работ, в том числе монографии: *Гормональная регуляция углеводного обмена у тихоокеанских лососей*. Л., 1990.

**Н**АИБОЛЕЕ древнее художественное изображение лосося в виде барельефа длиной около 1 м принадлежит эпохе кроманьонского человека и датируется XX тыс. до н. э. Лосось появился в пещерных рисунках наряду с изображением оленей, бизонов, лошадей и других животных, сыгравших огромную роль в истории человека. Сегодня эта рыба — предмет роскоши, а ведь когда-то она была весьма обычной на столе. Ею кормили рабов во Франции и Англии, она служила пищей узникам. Жак-Ив Кусто свидетельствует, что в Бретани одним из пунктов договора с сельскохозяйственными рабочими было условие, что лосося подают к столу не чаще трех раз в неделю<sup>1</sup>.

В России в качестве гастрономического объекта лососи известны давно и хорошо, и когда наш соотечественник В. П. Врасский в середине прошлого века заинтересовался искусственным разведением рыбы, одним из

первых его объектов стал балтийский лосось<sup>2</sup>. Затем были работы швейцарца И. Мишера на молоках лосося, в результате которых он в 1871 г. открыл ДНК.

С начала XX в. лососи привлекают все большее внимание биологов, но исследования концентрируются в основном на атлантическом лососе, который обитает в Северном полушарии по обе стороны Атлантического океана — как в Европе, так и в Америке. Другую ветвь семейства лососевых — тихоокеанских лососей — всерьез начинают изучать лишь с 20-х годов нашего столетия. И хотя с тех пор накоплен огромный фактический материал, некоторые важные проблемы биологии тихоокеанских лососей все еще не решены.

## НЕПОХОЖИЕ НА ДРУГИХ

Тысячи лет человек наблюдал естественную жизнь лосося. Вероятно, ни один из очевидцев не оставался равнодушным при виде многих тысяч рыб, стремящихся вверх по реке во время нерестового хода из океана к местам размножения. Это целенаправленное, массовое, не признающее никаких преград движение во имя продолжения вида надолго остается в памяти.

Большинство лососей во время миграции вверх по реке прекращают питаться, самки и особенно самцы резко меняют свой внешний вид, приобретая брачный наряд. После нереста многие из них погибают от истощения и инфекций, но наиболее драматична судьба шести видов тихоокеанских лососей (рода *Oncorhynchus*) — в живых не остается ни одного. Причины этого не установлены до сих пор, однако некоторые исследователи вполне серьезно считают, что тихоокеанские лососи гибнут поголовно для того, чтобы своими телами «удобрить» реку и дать пищу малькам. Вряд ли это так. Мальки выходят из нерестовых бугров, как правило, поздней весной, после паводка, который уносит в море все, что еще осталось в реке после осенних дождей и тайфунов. Да и задерживается в реке молодь как раз не массовых видов, в то время как много-

<sup>1</sup> Кусто Ж.-И., Паккале И. Лососи, бобры, каланы. Л., 1983.

<sup>2</sup> Рудько К. Ф., Борзенков Я. А., Усов С. А. // Журн. сел. хоз-ва. 1857. № 11.

численные мальки кеты и горбуши сразу же скатываются в море. Думается, что поголовная гибель производителей — это своеобразное проявление видовых адаптаций, посредством которых природа позаботилась о нормальных условиях для размножения не только родителей, но и их потомства. Такие виды тихоокеанских лососей, как горбуша, кета, нерка, в отличие от атлантических сородичей (род *Salmo*), — виды массовые: в урожайные годы в нерестовых реках, кажется, больше рыбы, чем воды. В этих условиях многие лососи погибают от недостатка кислорода, не доходя до нерестилиц, а после нереста — уже все поголовно. Если бы рыбы оставались в живых и через год хотя бы половина из них пришла на повторный нерест, то им вместе с теми, кто нерестится впервые, не хватило бы не только кислорода, но и нерестовых площадей<sup>3</sup>.

У горбуши, созревающей раньше всех, уже на втором году жизни (ихтиологи обозначают этот возраст как 1+) образуются генерации четных и нечетных лет. Их популяции разделены и в пространстве, и во времени, физически и генетически изолированы друг от друга (приход на нерест не в «свой» год или созревание сеголеток у горбуши чрезвычайно редки). Но и в этом случае природа позаботилась, чтобы реки не переполнялись производителями год за годом подряд: если в четные годы на нерест приходят многочисленные популяции, то в нечетные они малочисленны (или наоборот).

Каков же механизм такой регуляции численности горбуши в популяциях? Совсем недавно выяснилось, что в поколении четного года (сейчас малочисленного) количество особей с высокой частотой цитогенетических нарушений почти в два раза выше, чем в поколении нечетного года<sup>4</sup>. Такие нарушения приводят к высокой смертности на ранних этапах онтогенеза и, следовательно, к резкому уменьшению численности. Однако загадка смерти тихоокеанских лососей — одна из многих до конца не раскрытых тайн. Начнем же с удивительной способности лососей находить свой «дом».

### «ЧУВСТВО ДОМА»

Из шести видов тихоокеанских лососей (кета, горбуша, чавыча, нерка, кижуч

и сима) лишь сима встречается только в Японском море и у восточных берегов Сахалина, остальные обитают в северной части Тихого океана — от Японии и Северной Кореи до Калифорнии — и приходят на нерест как к азиатским, так и к американским берегам. Здесь в чистой прохладной речной воде мальки выходят из икринок, которые многие недели находились в нерестовых буграх глубоко под слоем гальки. В этих убежищах они живут еще некоторое время, питаются за счет желточного мешка, пока наконец однажды ночью не выходят в русло реки.

Сразу скатываются в море только мальки горбуши и кеты, молодь остальных видов живет в пресной воде один-три года, вырастает до 12—15 см в длину и только потом косяками уходит из реки. В море косяки распадаются, рыбы путешествуют в одиночку, описывая гигантские эллипсы в северной части Тихого океана, где за 12—14 мес. горбуша, например, делает петлю в 3—4 тыс. миль.

В море лосось быстро растет и в различном для каждого вида возрасте отправляется на нерест. Находясь за тысячи миль от реки, в которой появились на свет, рыбы поразительно точно выбирают путь к родным берегам. Сначала они плывут от мест нагула к устью реки, преодолевая до 2—3 тыс. миль, затем поднимаются вверх по реке и достигают нерестилиц. И этот путь иногда тоже составляет сотни километров. Как же удается лососям безошибочно определять свой курс среди перемежающихся океанских течений при незначительных колебаниях температуры и солёности воды?

Известно, что для навигации человек в допутниковую эпоху использовал два прибора: секстант, которым измерял угол между Солнцем или какой-нибудь звездой и горизонтом, и хронометр, т. е. точные часы. Местонахождение судна или самолета определялось по таблицам, в которых указана угловая высота Солнца и звезд в определенное время. «Навигационные приборы» у рыб — органы чувств, причем скорее всего не один, а несколько. Действительно, задача слишком сложна, чтобы с ней мог справиться только один аппарат. Специалисты выяснили, что молодь лосося может определять направление движения по единственному ориентиру — Солнцу<sup>5</sup>. Лосось, находящийся за тысячи миль от берегов, в течение нескольких лет «помнит» угловую высоту Солнца в устье родной реки,

<sup>3</sup> Все же среди местных рыбаков и просто людей, интересующихся природой, бытует довольно стойкое представление, что не все тихоокеанские лососи погибают после первого же нереста. Однако это просто еще одна легенда, сопровождающая жизнеописание этих уникальных животных.

<sup>4</sup> Горшкова Г. В., Горшков С. А., Кинас Н. С. // Генетика. 1988. Т. 24. № 10. С. 1873—1881.

<sup>5</sup> Чурмасов А. В., Ульянов Н. Ю., Протасов В. Р. // Докл. АН СССР. 1983. Т. 270. № 5. С. 1272—1275.

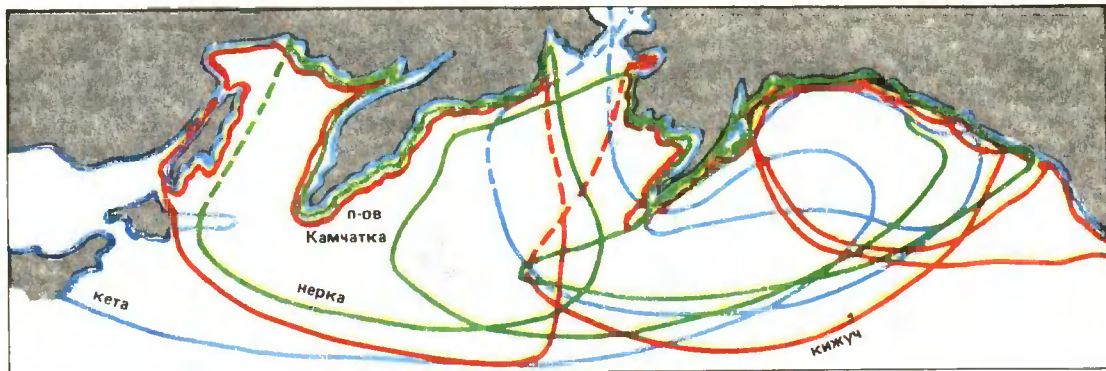


Схема ареалов и районов нагульных миграций азиатских и американских популяций трех видов лососей рода *Oncorhynchus*.

а затем соотносит этот угол с показаниями «внутренних часов», которые идут точно по местному времени.

Однако для навигации необходимо не только определять направление движения, т. е. ориентироваться, но и знать свое местонахождение в начале пути. Предполагают, что лососи определяют географическое положение незнакомых районов так же, как перелетные птицы. По одной из гипотез, они способны оценивать разницу в величине угла между полуденным Солнцем и горизонтом у себя «дома» и в том месте, над которым пролетают. Чем севернее (в Северном полушарии) от своего «дома» находятся птицы, тем меньше этот угол, чем южнее — тем больше.

По другой гипотезе, птицы запоминают, как выглядит «дома» полная дуга, которую Солнце описывает на небосводе. Во время перелетов они придерживаются такого направления, при котором траектория движения Солнца приближается к этой дуге. По-видимому, все это не выходит за пределы возможности органов чувств лососей. Так, например, П. Тейлор установил, что молодь чавычи, помещенная в незнакомую обстановку, без местных ориентиров способна ориентироваться по магнитному полю Земли<sup>6</sup>.

Находя путь по Солнцу, звездам и геомагнитному полю, лососи оказываются на расстоянии не больше 100 км от родной реки, устье которой отыскивают по запаху. Удивительно, что лососи, помеченные еще мальками, часто возвращаются именно в тот

речной проток и на тот плес, где они вышли когда-то из нерестового бугра. Иногда на одно и то же место приходили до 10 тыс. меченых лососей.

Ориентация по запаху теперь достаточно убедительно доказана в экспериментах<sup>7</sup>. Особый запах «дома» несут смывы с речных растений из родной реки, а также с детрита и гальки. Привлекательность этих запахов подтверждается в опытах и в том случае, когда их концентрация в несколько раз ниже природной. Каждая река формирует свой букет запахов, причем основной его компонент — микроорганизмы, разлагающие детрит, который постоянно присутствует на поверхности всех водных объектов. Вниз по течению запахи быстро ослабевают, и, чтобы уловить их, рыба должна обладать фантастически острым обонянием. Лосось в состоянии различить некоторые вещества при разведении 1:10<sup>9</sup>. Если в реку влить литр воды, в которую всего на минуту опустил руку человек, лососи могут приостановить движение за сотни метров от места, где была вылита вода.

Обонятельные органы — хеморецепторы — у лососевых рыб находятся в неглубоких U-образных трубочках, расположенных перед глазами. Вода входит в один конец трубочки, проходит над хеморецепторами и выходит из другого конца. Эксперименты американских исследователей, затывавших «ноздри» лососей ватными тампонами, показали, что рыбы на пути к нерестилищу действительно руководствуются обонянием: они совершенно теряли способность находить верный путь, в то время как контрольные находили дорогу к дому даже в том случае, если их выпускали в реку выше родного притока. Они плыли вниз по течению навстречу массе других лососей,

<sup>6</sup> Taylor P. B. // J. Fish. Biol. 1986. V. 28. N 5. P. 607—623.

<sup>7</sup> Mazeaud F. // Oceanis. 1984. V. 10. N 2. P. 179—189.

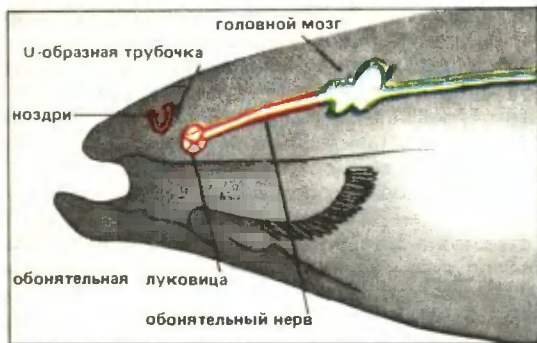
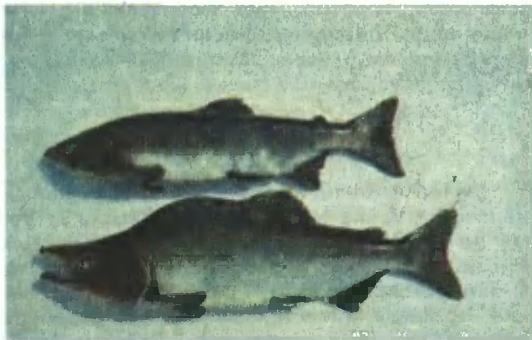


Схема строения органов обоняния тихоокеанских лососей.

поднимавшихся вверх, пока не находили правильный путь.

Эти данные были подкреплены результатами электрофизиологических исследований. Когда хеморецепторы лосося омывали водой из его родного притока, в обонятельной луковице, находящейся в основании мозга, появлялась мощная электрическая активность, омывание же водой из чужих нерестилищ не вызывало никакого ответа. Но если воду брали из реки значительно ниже нерестилища подопытного лосося, ответная реакция была слабее, чем в первом случае. Интересно, что химическим анализом не выявлено никакой разницы между пробами воды, взятыми из разных притоков реки, но удалось установить, что растворенные вещества, привлекающие рыб, представляют собой органические соединения, т. е. имеют растительное или животное происхождение.

В настоящее время существуют две гипотезы, объясняющие роль обоняния в «чувстве дома» лососевых рыб. По одной считается, что лососи способны запоминать запах родной реки, по другой — «феромонной» — идущие на нерест рыбы отыскивают свою реку по специфическим химическим сигналам, которые посылает живущая в ней молодь того же вида. Независимо от того, каков на самом деле источник запаха, лососи, по-видимому, способны различать его еще в море, на подступах к устью реки. Эксперименты, в которых следили за рыбами с помощью ультразвука, показали, что лососи, взятые из реки и выпущенные в море в 8 км от устья, пытаются вернуться, предпочитают определеннные слои воды, лишь изредка совершая «разведочные» рейды по вертикали, тогда как лососи, лишенные возможности воспри-



Самец и самка горбуши в начале нерестовой миграции по реке.

Здесь и далее фото автора

нимать запахи, перемещались по вертикали непрерывно, тщетно разыскивая слои воды с привлекающим запахом.

Однако не стоит думать, что возврат взрослых особей на родные нерестилища — абсолютное, всегда выполняющееся правило. Как и любое правило, оно имеет исключения, из-за чего в последние годы все чаще наряду с термином «хоуминг» («чувство дома») употребляют противоположный ему по смыслу термин «стрэйинг» (от англ. to stray — сбиться с пути, блуждать). Когда лосось приходит не в свою родную реку, это сбивает с толку не только его местных сородичей, но и людей. В 1985 и 1987 гг. сбившаяся с пути горбуша не вернулась в реки западного побережья Камчатки, а, вопреки промысловым прогнозам, пришла к берегам Сахалина. В результате обрабатывающий флот, заблаговременно сосредоточенный у берегов Камчатки, оказался не у дел, а на Сахалине возникли трудности с обработкой пойманной рыбы.

Уже из того, что термин «хоуминг» гораздо старше термина «стрэйинг», вытекает вполне правдоподобная, на наш взгляд, мысль, что «чувство дома» — истинное свойство природных популяций, тогда как «блуждание», вероятнее всего, отражает результат антропогенного воздействия на среду обитания лососей и на них самих. Сейчас уже имеются свидетельства, что одни виды блуждают чаще (горбуша), другие — реже (кета). Но было ли так всегда?

Подводя краткий итог сказанному, следует заметить, что проблема «чувства дома» у лососевых, по сути, остро затрагивает сразу несколько важных общебиологических задач: расшифровку механизмов ориентации во время миграции, познание механизмов хеморецепции и, наконец, оценку того, насколько далеко зашло влияние человека на

биологию лососей, и в чем заключаются изменения, происшедшие в жизни лососей благодаря ему.

### ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ — СОБСТВЕННОЕ ТЕЛО

После захода в пресную воду лососи не питаются, значит, их энергетические затраты на протяженные (иногда до 2000 км) миграции против течения к местам нереста и окончательное формирование и созревание половых клеток должны покрываться только за счет внутренних источников<sup>8</sup>. К концу нерестовой миграции лососи могут терять свыше 50 % массы тела, тогда как содержание воды в их тканях увеличивается в среднем до 85 %. В отличие от многих других видов рыб лососи в период нагульной миграции в море накапливают относительно небольшие запасы жира. Но и они катастрофически уменьшаются во время нерестовой миграции. По нашим данным, содержание липидов в печени горбуши, например, уменьшалось к началу нереста в 3,6 раза, а после нереста — в 45 раз! За счет каких же веществ поддерживают свою жизнеспособность лососи? Чтобы ответить на этот вопрос, придется сделать небольшое отступление.

У лососей, идущих на нерест, содержание в крови кортикостероидов — гормонов коры надпочечников — повышается в три-четыре раза по сравнению с морским периодом жизни. В небольших концентрациях эти биологически активные вещества необходимы для нормальной жизнедеятельности всех высших животных, включая млекопитающих и человека. Однако их избыток в крови оказывает обычно повреждающее действие на организм уже в течение нескольких дней. Повышенный же уровень кортикостероидных гормонов в плазме крови рыб, идущих на нерест, сохраняется в течение всего периода речной миграции, т. е. около 1,5—2 мес., и достигает максимума к началу нереста.

Каковы функции кортикостероидных гормонов, и почему у лососей их концентрация остается высокой длительное время? Способ действия кортикостероидных гормонов на организм весьма разнообразен, как и

их набор. Мы рассмотрим так называемые глюкокортикоиды, управляющие распадом некоторых соединений и превращением их в углеводы, в частности в глюкозу (этот процесс называется глюконеогенезом). Типичные представители глюкокортикоидов — кортизон и гидрокортизон.

Глюкоза играет очень важную роль в организме. Достаточно сказать, что в качестве единственного источника энергии ее использует центральная нервная система (главным образом, головной мозг). Поэтому в организме поддерживается строго постоянный уровень глюкозы в крови, который практически не зависит ни от способа питания, ни от физиологического состояния животного. Сколько-нибудь значительное понижение содержания глюкозы в крови может привести к глубокому шоку и необратимым изменениям центральной нервной системы.

В обычных условиях потребность организма в этом углеводе удовлетворяется двумя путями: часть глюкозы поступает в кровь из кишечника, где она всасывается при переваривании углеводов пищи, остальная поставляется в кровь печенью. В ней глюкоза образуется либо за счет гликогенолиза, т. е. расщепления гликогена (запасаемого в печени животного крахмала), либо за счет глюконеогенеза — синтеза глюкозы из продуктов распада липидов или белков, фактически их переработки в углеводы. Первый процесс быстрый, он регулируется адреналином, глюкагоном и адренотропным гормоном (АКТГ). Глюконеогенез, управляемый кортизоном и гидрокортизоном, — процесс более медленный.

Снабжение глюкозой организма лососей с заходом их в реки полностью ложится на печень. Однако, как показали электронно-микроскопические исследования, выполненные в нашей лаборатории, запасы гликогена в печени расходуются уже за первые недели пресноводной миграции. Единственным источником глюкозы становится глюконеогенез, требующий новых и новых количеств белка. Так как с пищей белка больше не поступает (лососи уже не питаются), сырьем для производства глюкозы становится мышечный белок. Чтобы обеспечить организм энергией, рыбы начинают «сжигать» собственные мышцы, и к концу нереста у них остается около 40 % мышечного белка. По-видимому, для его переработки и необходимо повышенное содержание глюкокортикоидов.

Естественно, мощное производство глюкозы предполагает и ее эффективное использование. Инсулин — гормон поджелудочной железы — как раз и способствует

<sup>8</sup> Американские, а с недавних пор и наши рыбаки-любители, купив лицензию, успешно ловят идущих на нерест лососей на блесну, причем не только на морском побережье, но часто и в пресной воде. Поэтому многие считают, что лососи продолжают питаться и в реке, однако это не так. Просто хватательный рефлекс хищника сохраняется у рыб еще некоторое время после перехода из моря в реку.

утилизации глюкозы многими органами, в том числе мышцами. Таким образом, у лососей, по-видимому, осуществляется эффективная гормональная регуляция и производства глюкозы с помощью глюкокортикоидов, и ее утилизации, благодаря действию инсулина. На самом деле эти гормоны действуют на организм опосредованно — через уменьшение или увеличение секреции целого ряда других гормонов, участвующих в сложных процессах регуляции эндогенного питания. Увеличение секреции обоих гормонов значительно интенсифицирует эти процессы.

В пользу такой гипотезы говорят несколько фактов. К концу нерестовой миграции почти все внутренние органы лососей (печень, почки, сердце, желудочно-кишечный тракт и т. д.) подвергаются глубокому патологическим изменениям — дистрофии. Лишь два органа не испытывают дистрофии, наоборот, количество клеток в них увеличивается. Это продуцирующая глюкокортикоиды интерренальная железа и островки Лангерганса поджелудочной железы, производящие инсулин. В опытах уже давно установлено, что если на клетки печени млекопитающих однократно подействовать гидрокортизоном или кортизоном, то активируется синтез ферментов глюконеогенеза и одновременно накапливается гликоген, т. е. интенсивно образуется глюкоза. Если же эти гормоны вводить регулярно, синтез ферментов в клетках печени не активируется, а подавляется, исчезают и соответствующие внутриклеточные структуры. Однако если продолжить эксперимент, но вместе с кортизоном вводить еще и инсулин, синтез ферментов глюконеогенеза восстанавливается и вновь образуются внутриклеточные структуры, в которых он идет, причем скорость развития этого процесса значительно превышает скорость синтеза ферментов после однократного введения кортизона. Не действуют ли совместно глюкокортикоиды и инсулин в печени лосося?

Чтобы ответить на этот вопрос, в нашей лаборатории были выполнены специальные эксперименты. У неполовозрелых рыб, которым ежедневно вводили гидрокортизон и не кормили их, развивались изменения, поразительно напоминающие те, благодаря которым возникает брачный наряд у взрослых лососей во время нереста. Уже через сутки после инъекций количество гликогена в печени резко возрастало, а после 10 суток введения гормона снова падало. Большинство рыб в эксперименте погибали через 10—12 суток ежедневных инъекций — рыбы не выдерживали избыточных количеств

гормона. Если же вместе с гидрокортизоном им вводили инсулин, гликоген из печени исчезал полностью уже на четвертые сутки, все процессы жизнедеятельности животных снова нормализовались, и они жили так же долго, как и контрольные рыбы. Из опытов стало ясно, что рыбы переходили на питание собственными мышцами (эндогенное), которое управлялось двумя вводимыми гормонами — гидрокортизоном и инсулином. Так сформировалась модель энергообеспечения лососей во время нерестового голодания. Осталось выяснить, происходят ли аналогичные гормональные изменения у идущих на нерест взрослых рыб и каков у них механизм утилизации наработанной глюкозы.

В серии работ, выполненной в нашей лаборатории в 70—80-е годы, было установлено, что во время миграции к местам нереста у горбуши секреция гидрокортизона усиливается примерно в четыре раза, инсулина — примерно в два раза<sup>9</sup>. Гидрокортизон обеспечивал наработку глюкозы из мышечных белков, инсулин же не только увеличивал скорость ее проникновения в различные ткани, но, что еще важнее, усиливал в них активность гексокиназы — ключевого фермента утилизации глюкозы. Именно благодаря этому лососи могут эффективно использовать глюкозу и, не питаясь, обеспечивать себя необходимыми веществами и энергией во время продолжительной речной миграции.

Уникален ли описанный механизм биохимической адаптации лососей к продолжительному голоданию, или же он свойствен и высшим позвоночным, в частности млекопитающим? Результаты предпринятых нами недавно исследований позволяют ответить на этот вопрос следующим образом<sup>10</sup>. У млекопитающих, в отличие от рыб, во время голодания секреция инсулина снижается и, как результат, подавляется активность гексокиназы, т. е. глюкоза нарабатывается, но не утилизируется. Если же голодающим мышам в экспериментах вводили инсулин, активность гексокиназы печени у них возростала на 34 % по сравнению с контрольными животными. Этого достаточно, чтобы значительно стимулировать утилизацию глюкозы, а значит, и энергообеспечение организма во время голодания. Не исключено, что у предков млекопитающих

<sup>9</sup> Максимович А. А. Гормональная регуляция углеводного обмена у тихоокеанских лососей. Л., 1990.

<sup>10</sup> Максимович А. А. Особый путь регуляции гликолиза у тихоокеанских лососей в процессе нерестового голодания // Тез. докл. VII Всес. конф. по экологич. физiol. и биохимии рыб. Ярославль, 1989. Т. 11. С. 21—23.



Самцы горбуши преодолевают перекат на пути к нерестилищу. Южный Сахалин.

существовал механизм, повышающий секрецию инсулина в ответ на продолжительное голодание, но в процессе эволюции он был утрачен.

### В МОРЯХ И РЕКАХ

Находясь в постоянном и прямом контакте с водой, рыбы должны обладать весьма совершенными механизмами регуляции гомеостаза. Это особенно важно для лососей, жизнь которых проходит то в пресной, то в соленой воде. Тихоокеанские лососи дважды (а другие лососевые — и больше) преодолевают перепад солености в  $32\text{--}34\text{ }^{\circ}/_{00}$ . Это вынуждает их при каждом переходе перестраивать соответствующим образом механизм осморегуляции.

Стороннему наблюдателю может показаться, что лососям ничего не стоит путешествовать туда-сюда, из пресной воды в морскую и обратно. Но это не так. Впервые, только в определенные периоды жизни и только в определенном направлении они могут менять среду обитания.

Во-вторых, каждый такой переход — глубокое потрясение для организма. Только подготовив заранее соответствующие гормональные, физиологические и биохимические системы к перемене среды, лососи могут совершать переход из пресной воды в соленую или наоборот. В противном случае исход всегда одинаков — смерть.

После завершения гормональной, биохимической, физиологической и, по-видимому, эмоциональной перестройки молодь лососей и приобретает способность жить в морской воде. Считается, что одним из признаков готовности молоди к переходу в море является серебристая окраска тела, которая резко отличает ее от так называемых пестряток, остающихся в пресной воде до следующего года. Однако этот признак, судя по нашим экспериментам, недостаточно надежен и явно не универсален. Молодь лососей после пересадки в морскую воду всегда становилась серебристой, но не все из этих серебристых рыбок выживали. Поэтому и сегодня самый надежный признак — способность выживать после пересадки в морскую воду.

Но что заставляет подготовленную к жизни в другой среде молодь начинать миграцию по реке и в конце концов выходить





Верховья нерестовой реки на Западном Сихалине.

в море? Ведь многие ее братья и сестры никуда в это время не стремятся и остаются в пресной воде, где есть и пища, и укрытие. Ответ на этот вопрос дали проведенные в нашей лаборатории совместно с ленинградскими специалистами (во главе с Ю. В. Наточным) исследования. Оказалось, что у стремящейся из пресной воды в море молоди как раз накануне перехода в крови и теле значительно падает содержание ионов натрия за счет увеличения его вывода из организма. Необходимо заметить, что такое повышенное выделение характерно именно для живущих в море рыб, поскольку позволяет избавляться от излишков натрия, поступающих из окружающей среды. Другими словами, молодь, еще не покинув пресную воду, переходит на «морской» тип осморегуляции. Возникающий дефицит натрия в организме причиняет ей беспокойство и побуждает к началу миграции, а поскольку именно в это время так называемый реотропный тип поведения (ориентация в струе воды против течения) у нее заменяется на противоположный, она мигрирует вниз по течению и в конце концов оказываются в море.

В морской воде дефицит натрия в организме быстро восстанавливается.

Эти результаты заставили задуматься и о причинах обратного перехода взрослых лососей из моря в реку. Это только мы знаем, по собственному опыту и по опыту наших предков, с какой целью идут лососи в реки. Они сами этого не «знают», поскольку не имеют ни собственного прежнего опыта (природа назначила им лишь раз в жизни участвовать в размножении), ни опыта своих родителей, которых они никогда не видели, поскольку появляются на свет круглыми сиротами (еще одна вековая драма этих животных). Очевидно, только какой-то очень сильный и одновременно простой и универсальный стимул может заставить их так дружно и неудержимо стремиться в пресную воду. Все знают, каким мучительным может быть чувство жажды и как влияет оно на состояние человека. Не исключено, что некоторые люди погибают не столько от физического недостатка воды, сколько от эмоциональных перегрузок, от чувства безысходности и тоски. Похоже, что и взрослые лососи испытывают подобное «чувство жажды», так как наши измерения показали, что именно накануне перехода лососей из моря в реку у них значительно возрастает концентрация натрия в крови.

Именно это и выполняет у лососей роль универсального стимула к перемене среды обитания: если содержание натрия падает, рыба стремится в соленую воду, если возрастает — в пресную<sup>11</sup>. Мы назвали такой стимул императивным, или повелевающим. Не исключено, что аналогичный механизм используется при смене среды обитания и у других рыб, живущих то в пресной, то в соленой воде.

Автор, ограниченный рамками журнальной статьи, остановился лишь на некоторых аспектах биологии тихоокеанских лососей, а именно тех, которые близки ему профессионально. Существует целый ряд других интереснейших проблем биологии этих уникальных животных. В их числе можно упомянуть проблемы магниторецепции, подготовки к жизни в морской воде, образования жилых форм, поведения, генетической дифференциации, гибридизации, акклиматизации и многие другие. Эти проблемы ждут своих исследователей.

<sup>11</sup> Максимович А. А., Наточин Ю. В., Смирнов М. В., Лаврова Е. А. Концентрация ионов натрия у тихоокеанских лососей как показатель биохимической адаптации к условиям среды // Тез. докл. II симпоз. по экологической биохимии рыб. Ярославль, 1990.

## Аммониты заглатывали сами себя?

К. Н. Несис,  
доктор биологических наук  
Москва

**А**ММОНИТЫ — это ископаемые головоногие моллюски с наружной раковиной, свернутой в спираль и похожей на бараний рог (древнеегипетский бог Аммон изображался с головой барана — отсюда и их название). Аммониты появились в начале девона, около 400 млн. лет назад, и вымерли одновременно с динозаврами и белемнитами в конце мела, около 65 млн. лет назад. Они чрезвычайно разнообразны (известно свыше 1,5 тыс. родов) и играют важнейшую роль в установлении стратиграфии осадочных слоев, поэтому их изучают многие геологи и палеонтологи. Но об их образе жизни известно еще мало: живых представителей аммонитов не осталось, и единственно, с кем их можно сравнить, — это наутилус, последний доживший до наших дней род наружнораковинных головоногих моллюсков. Однако наутилус относится к другому подклассу, а скудные сведения о строении мягкого тела аммонитов позволяют считать, что они стояли ближе к современным кальмарам и осьминогам, чем к наутилусу.

Одна из загадок аммонитов — роль аптихов и анаптихов. Это — органические или известковые снаружи, но с гибким органическим краем одностворчатые (анаптихи) и двустворчатые (аптихи) пластинки, часто обнаруживаемые в раковинах. Анаптихи известны с девона, аптихи — значительно позже, с нижней юры, но и те, и другие исчезли в конце мела. Долго считалось, что это крышечки, как у морских и некоторых пресноводных улиток. Крышечка улиток помещается на верхней стороне ноги, за раковиной. Втягиваясь в раковину, моллюск загibtает ногу, и крышечка закрывает устье (у некоторых видов так плотно, что иголки не просунуть). Наутилус тоже может втя-

гаться в раковину и закупорить устье кожистым капюшоном на голове. У аммонитов же, по мнению одних авторов, аптихи и анаптихи располагались на верхней стороне головы, по мнению других, — на нижней.

О том, что эти образования представляют собой крышечку, до последних лет писали, во всех учебниках палеонтологии как о чем-то, не вызывающем сомнений. Но еще 20 лет назад профессор Гамбургского университета У. Леманн, изучив положение анаптихов, установил, что это вовсе не крышечка, а нижняя челюсть<sup>1</sup>. Над анаптихом лежит верхняя челюсть, а за ними — радула («терка» для измельчения пищи). Пара челюстей свойственна всем головоногим моллюскам. Позже Леманн доказал, что и аптихи — тоже нижние челюсти, и предложил называть аптихами оба типа.

Казалось бы, вопрос закрыт. Но, как выяснилось, все не так просто. Во-первых, челюсти у аммонитов очень крупные: при одинаковых размерах тела вчетверо больше, чем у современных головоногих, причем нижние в 1,5—2 раза крупнее верхних, тогда как у современных головоногих они либо одного размера, либо (чаще) мельче. Во-вторых, на поверхности аптихов есть ребрышки, бугорки, даже шипы, что естественно для крышечки и вовсе не нужно для челюсти. Наконец, их форма и размер (особенно анаптихов) соответствуют форме и размеру устья раковины, так что остается лишь маленький вырез внизу для устья воронки — «сопла» реактивного движителя аммонита.

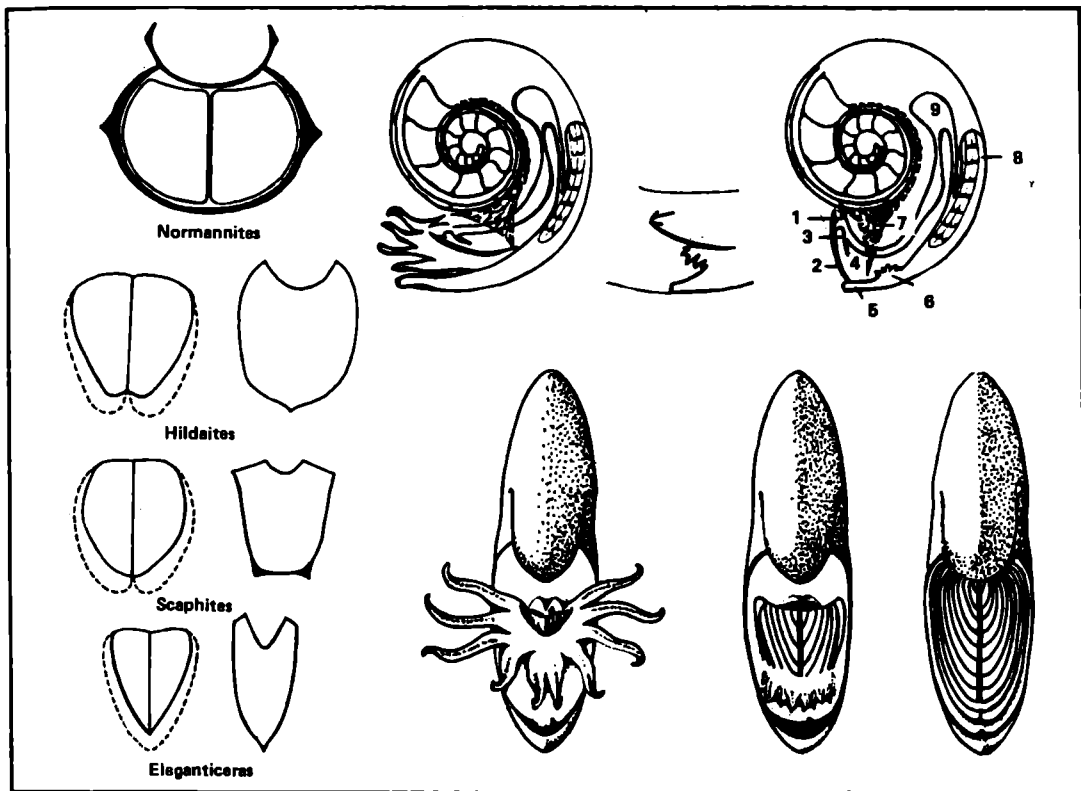
Проанализировав все это, Леманн и его коллега Ц. Кулицкий (Отдел палеонтологии Польской АН) пришли к неожиданному выводу: аптихи были одновременно и крышечкой и нижней челюстью. Возможно ли такое? Ведь, втянувшись в раковину, аммонит мог закрыть устье нижней челюстью, лишь «проглотив» самого себя! По мнению Леманна и Кулицкого, это могло происходить так<sup>2</sup>.

Челюсти головоногих моллюсков прикреплены мощными мышцами. Снаружи у челюстей располагаются мясистая губа и ротовая мембрана, соединенная с основанием губы и основаниями рук и щупалец. У аммонитов мускулатура челюстей тоже, несомненно, была мощной, но голова, как предполагают Леманн и Кулицкий, могла целиком втягиваться в раковину с помощью мышц-ретракторов. Некоторые кальмары тоже втягивают голову, но не в раковину, конечно, а в мантию и не далее чем до уровня глаз. У аммонитов же она втягивалась целиком. Громадная по отношению к размеру тела нижняя челюсть аммонитов в нормальном положении расположена почти горизонтально. При втягивании головы она автоматически поворачивалась вертикально и оттягивалась назад, закрывая устье.

Двойная функция аптихов — челюсть и крышечка — развивалась постепенно. Сначала аптихи функционировали только как челюсти. Так было на протяжении всего палеозоя и мезозоя. В юре, когда появились костистые рыбы, аммонитам потребовалось усилить защитные механизмы. Спаслись от древних морских ящеров — мезозавров, ихтиозавров — пассивной защитой было невоз-

<sup>1</sup> Lehmann U. // Paläontol. Zeitschr. 1970. В. 44. N 1—2. S. 25—31; 1972. В. 46. N 1—2. S. 34—48; Kaiser P., Lehmann U. // Ibid. 1971. В. 45. N 1—2. S. 18—32.

<sup>2</sup> Lehmann U., Kulicki C. // Lett-haia. 1990. V. 23. N 4. P. 325—331.



Форма аптихов (левая колонка) и поперечные сечения устья раковины соответствующих видов аммоноидей (правая колонка); вверху — аптих в устье раковины; пунктир — граница органической части; сплошная линия — обызвестленной.

Аптих одновременно как нижняя челюсть и крышечка, по представлению Леманна и Кулицкого. В верхней части рисунка — раковина в разрезе, в нижней — со стороны устья. Три стадии процесса втягивания: слева — аммонит в положении плавания, в середине — начало втягивания, справа — животное втянулось в раковину и закрыло устье крышечкой. 1 — верхняя челюсть, 2 — нижняя челюсть, 3 — радула, 4 — ротовая мускулатура, 5 — воронка, 6 — руки, 7 — мускул-ретрактор, 8 — жабра, 9 — желудок. [Из: *Lethaia*. 1990. V. 23. N 4. P. 326—327.]

том, превращаясь в крышечку. По мнению Леманна и Кулицкого, это был пик специализации аммоноидей, их последняя, «отчаянная», растянувшаяся на сотни миллионов лет, но безуспешная попытка спастись от растущей опасности со стороны рыб, становившихся все более быстрым и прожорливым.

Самое уязвимое место в этой концепции: куда девались руки, когда аммониты втягивались в раковину? Авторы не задумываются над этим. Как видно из рисунка, руки каким-то образом съезжают книзу и оказываются сначала под аптихом, а затем позади него, буквально во рту. Они втягиваются под крышечку, будто «рожки» улитки. Но «рожки» заполнены жидкостью и могут вворачиваться как пальцы перчатки, а у аммонитов руки и воронка под ними были, похоже, достаточно крупными и мускулистыми. Втянувшись в раковину они, в принципе, могли бы, но убраться куда-то за челюсть — вряд ли. К сожалению, строение рук ам-

монитов мы знаем плохо; известно лишь, что их было четыре или пять пар и что они были короткими. Но, как полагает Леманн, аммониты были малоподвижными существами, неспособными гоняться за крупной подвижной добычей<sup>3</sup>. Они успешно плавали над дном, подбирая нижней челюстью мелкую пищу, как ребенок совком песок. При таком образе жизни не нужны ни длинные мощные руки, ни мускулистая воронка. И пока мы не узнаем, были ли аммониты хищниками, пожиравшими крупную добычу (как обычно пишут в учебниках палеонтологи), или малоподвижными собирателями мелких организмов, интересная гипотеза о двойной функции аптихов не может считаться доказанной.

<sup>3</sup> Lehmann U. // *The Ammonoidea*. L.—N. Y., 1981. P. 275—287.

можно (они легко раскусывали даже мощные раковины), но от рыб можно было укрыться, втянувшись в раковину. Так нижняя челюсть стала постепенно разрастаться, укрепляться кальци-

**От чего гибнут аисты?**

**В. Н. Грищенко,  
Н. А. Габер**  
Киев

**Ч**ИСЛЕННОСТЬ белого аиста сокращается фактически повсеместно, и на Украине тоже: в 1974 г. насчитывалось 18 183 гнезда, а в 1987—1988 гг., судя по данным республиканской операции «Год белого аиста», — 14 762.<sup>1</sup> Общие причины этого хорошо известны: ухудшение кормовой базы, изменение ландшафтов, химизация сельского хозяйства, гибель птиц. Чтобы спасти аистов, нужно четко знать, от чего они гибнут чаще всего. С этой целью мы и провели анализ причин (почерпнутых из разных источников) гибели взрослых птиц и птенцов белого аиста на Украине (таблицы).

Как видно, смерть большинства аистов прямо или косвенно связана с человеком. Наибольшую опасность представляют электролинии, особенно для молодых, плохо летающих птиц. Например, в с. Вязовок Черкасской области уже несколько лет подряд на столбе гибнет по два птенца, едва поднявшихся на крыло. Вообще, 81 % птиц погибают на опорах электролиний от поражения током, 19 % — разбиваются о провода.

Белый аист — из птиц наиболее популярен в народе, тем не менее находятся люди, которые уничтожают их. Погибают аисты и в драках на гнездах, при формировании стай перед отлетом («аистины суды»), из-за сильных холодов весной и бурь с грозой и градом летом.

Основная причина гибели птенцов — выбрасывание родителями из гнезда. По Д. Лэку, инстинкт расклевывания части отложенных яиц и выбрасывания выплывшихся птенцов — приспособление, позволяющее привести размер семьи в соответствие с количеством пищи.<sup>2</sup>



Оперившиеся птенцы.

Фото Ю. П. Самеляка.

**Гибель взрослых белых аистов на Украине**

Причина	Количество	%
Гибель на электролиниях	313	64,0
Уничтожение человеком	62	12,7
Драки между аистами	43	8,8
Неблагоприятные погодные условия	37	7,6
Отравление пестицидами	14	2,9
Столкновения с транспортом	8	1,6
Болезни	6	1,2
Гибель от хищников	4	0,8
Падения в большие трубы	2	0,4

**Гибель птенцов белого аиста на Украине**

Причина	Количество	%
Выбрасывание родителями из гнезд	311	41,9
Неблагоприятные погодные условия	150	20,2
Падение с гнезд	96	12,9
Драки между аистами на гнездах	52	7,0
Уничтожение человеком	46	6,2
Сгорание гнезд	33	4,5
Гибель родителей	20	2,7
Хищничество	15	2,0
Отравление	11	1,5
Чужеродные предметы в гнездах	8	1,1

<sup>1</sup> Борейко В. Е., Грищенко В. Н., Серебряков В. В. Год белого аиста на Украине // Природа. 1988. № 6. С. 114—115.

<sup>2</sup> Лэк Д. Численность животных и ее регуляция в природе. М., 1957.



Постройка искусственных гнезд помогает отвлечь аистов от гнездования на столбах линий электропередачи и снизить их смертность.

Фото В. Н. Грищенко



Э. Шюц считает, что первые три яйца в кладке аистов являются «основой», остальные — «резервом», в расчете на благоприятные условия<sup>3</sup>. Поскольку насиживание начинается после откладки первого яйца, птенцы вылупляются поочередно. При наступлении неблагоприятных условий — затяжной непогоды, бескормицы, гибели одной из взрослых птиц — родители выбрасывают или съедают самых слабых птенцов. В Беловежской Пуще и ее окрестностях почти 30 % аистов ежегодно уничтожают своих потомков, иногда весь выводок<sup>4</sup>. Если даже вернуть выброшенных птенцов в гнездо, родители не принимают их.

Когда случаются похолодания, птенцы гибнут от переохлаждения, во время гроз — от ударов молнии в гнездо. Нередко гнезда аистов, со временем приобретшие значительные размеры и массу, падают

на землю, и тогда погибает весь выводок. Поскольку на Украине, особенно в южных степных областях, многие аисты строят гнезда на столбах электролиний, случается, что гнезда от замыкания загораются.

Человек прикладывает руку и к уничтожению птенцов, разрушает гнезда, убивает в них пуховичков.

Бывают трагические исходы из-за разного рода казусов. Кроме веток аисты натаскивают в гнездо всякую всячину: веревки, тряпки, проволоку, куски пленки и т. п. Некоторые из таких «трофеев» оказываются опасными для обитателей гнезда. В Черкасской области два птенца запутались в принесенной родителями пакле и погибли<sup>5</sup>. В г. Коломые (Ивано-Франковская обл.) в одном из гнезд два года подряд птенцы просто тонули: аисты постелили в лоток кусок полихлорвиниловой пленки, на которой собиралась дождевая вода.

Смертность птенцов белого аиста по естественным причинам может косвенно усиливаться за счет антропогенного влияния — мелиорации и распашки лугов, ухудшающих кормовую базу и уменьшающих

При реконструкции старой электролинии опорный столб с гнездом оставлен аистам, а рядом проведена новая линия (с. Великополовецкое Киевской обл.). Чаще же гнезда просто сбрасывают, чтобы предотвратить замыкание.

число удобных для гнездования мест, и т. п.

Гибель от болезни, хищничества установить трудно, поэтому собранные нами данные могут оказаться заниженными, но они согласуются с результатами зарубежных исследований.

Чтобы снизить смертность белого аиста, нужно внедрить конструкции на опорах электролиний среднего и высокого напряжения, которые защищали бы птенцов; постепенно заменить стоящие изоляторы висячими, более безопасными для птиц; широко пропагандировать охрану вида среди населения; возродить народную традицию постройки искусственных оснований для гнезд; подкармливать птенцов в гнездах при бескормице или гибели одного из родителей; регулярно осматривать гнезда и при необходимости ремонтировать и укреплять старые и обветшалые; переносить (во внегнездовой период) гнезда с опасных столбов электропередач на искусственные основания; создавать питомники для больших и раненых аистов, как это делается, например, в Западной Европе.

<sup>3</sup> Schütz. E. Noch ein Kapitel Weißstorch // Kahl M. P. Welt der Störche. Hamburg — Berlin, 1981. S. 77—91.

<sup>4</sup> Федюшин А. В., Долбик М. С. Птицы Белоруссии. Минск, 1967.

<sup>5</sup> Евтушевский В. Н. Учет белого аиста в Черкасской области // Всес. совещ. по проблеме кадастра и учета животного мира. Тез. докл. Ч. III. Уфа, 1989. С. 76—77

## На практику — за рубеж

**Э. В. Тодрес,**

доктор химических наук

Центральное правление Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева

**С**ТУДЕНТЫ сегодня хорошо понимают, что именно им, а не старшему поколению, придется работать в условиях настоящего рынка и, будем надеяться, полного интегрирования в мировую экономику. Сознают они и то, что нынешний преподавательский корпус, воспитанный административно-командной системой, не может в полной мере подготовить их к практической деятельности в новых условиях. Все чаще они помышляют о производственной практике за рубежом и делятся такими мыслями друг с другом, но при этом, увы, нередко рождаются самые невероятные слухи, особенно, когда речь заходит о выезде за рубеж по линии студенческого самоуправления, да еще с возможностью заработка в твердой валюте. Попробуем их развеять, рассказав о существующем в этой области опыте.

Действительно, такая возможность предоставляется через Международную неправительственную ассоциацию по обмену студентами для производственной практики. Она существует с 1947 г. и объединяет национальные комитеты, создаваемые студентами для организации своей зарубежной практики, различные студенческие ассоциации и даже отдельные вузы, которые принимаются в Ассоциацию от стран, где нет национального комитета по практике или общестуденческого союза.

Члены Ассоциации платят взносы, которые идут на организацию практики. Размер взноса определяется генеральной ассамблеей Ассоциации с учетом национального дохода страны и составляет от 200 до 800 швейц.

фр.; в некоторых случаях взнос может быть уменьшен на треть.

Кроме того, Ассоциация получает по 12 швейц. фр. за каждого студента, прошедшего практику в предыдущем году. Эту плату осуществляет то национальное представительство, которое уполномочено студентами для переговоров об их практике.

В Ассоциацию в качестве полноправных членов входят 54 страны, в том числе Австралия, Австрия, Англия, Бельгия, Германия, Голландия, Дания, Канада, США, Финляндия, Франция, Швейцария, Швеция, Япония и др. Ежегодно по линии Ассоциации на практику отправляются более 6 тыс. студентов. В 1990 г. Германия приняла около 700 чел., Финляндия — 407, Польша — 370, Испания, Канада, США, Франция, Швейцария, Швеция, Югославия — по 250—350, Англия, Венгрия, Голландия, Дания, Египет, Турция, Чехословакия — по 170—250. Помимо представителей стран-участниц в Ассоциацию входят и сотрудничающие организации: Комитет студентов Уругвая (с 1988 г.), Федерация технических вузов Индии (1989), Университет Объединенных Арабских Эмиратов (1989), Организация юношеского и студенческого туризма Ямайки (1990), Национальный университет Парагвая (1990); есть в этом списке и организации из нашей страны: таллинское предприятие «Таллэкс» (с 1990 г.), Каунасский политехнический институт (1990), Московский институт народного хозяйства (МИНХ) им. Г. В. Плеханова (1991).

В сегодняшней ситуации МИНХ взял на себя подготовку мест для практики не только своим, но и студентам других вузов Москвы, и даже других

городов России; Каунасский институт пытается отразить интересы Литвы, «Таллэкс» — Технического университета в Таллине, Эстонского союза студентов и, что немаловажно, интересы промышленности этой республики.

Понятно, что предприятия тех или иных стран заинтересованы в специалистах, знакомых с зарубежным опытом работы в соответствующей области, поэтому они финансируют деятельность национальных комитетов. Иногда часть средств поступает от правительства в виде грантов; бывают взносы от вузов, студенческих объединений и даже от самих студентов. Сколько и на что нужны эти средства?

Из ежегодного взноса оплачивается прежде всего посредническая деятельность Ассоциации. Расходы на проезд студента к месту практики и обратно оплачивает обычно либо вуз, где он учится, либо предприятие, где он будет работать, либо родители, которые хотят и могут способствовать карьере своего ребенка, либо, наконец, сам студент — за счет своего прошлого или будущего заработка. Через год нужно будет вернуть Ассоциации крошечную сумму (12 швейц. фр.), которую сам практикант отложит без труда из своего дневного заработка за рубежом.

Практика студента организуется в соответствии с профилем его обучения, включая, конечно, и области на стыке наук. Принимающая сторона предоставляет ему оплаченное жилье (иногда — питание) и назначает заработную плату. Практика не должна нарушать утвержденных

для вуза учебных планов и, скорее, является дополнительной. Обычно она приходится на время длительных каникул (летних — в Северном полушарии, зимних — в Южном) и продолжается 8—12 недель. Бывает, правда, что для практики выбирают другое время — в основном для тех, кто только что закончил вуз и может провести за рубежом три-четыре месяца. Часто студент, хорошо проявивший себя на практике, заменяет сотрудника, ушедшего в отпуск, — тогда его зарплата заметно возрастает. Многие студенты на Западе компенсируют таким образом транспортные расходы и частично — плату за обучение. Наши, естественно, более склонны к приобретениям — телевизор, видеомagneтофонов, компьютеров и даже автомобилей. По месту практики руководство, вообще говоря, не обязано обеспечивать социальную часть программы, но тем или иным способом, иногда с участием национальных студенческих органов, она реализуется.

Пока ни одна из принимающих сторон не берет на себя расходы по лечению студентов. (Несчастных случаев на производстве пока, ко всеобщему удовлетворению, не было, но сама их возможность, конечно, учитывается соответствующими законами об охране труда). Само собой понятно, что от студентов требуется знание техники безопасности и приемов профилактики заболеваний. При необходимости предварительная страховка осуществляется на родине.

Ассоциация, организуя практику, занимается обменом студентами: посылающая сторона одновременно выступает и в качестве принимающей. Каждый национальный комитет собирает «предложения» — согласие на прием практикантов из-за рубе-

жа в своей стране или в регионе. МИНХ делает это в форме юридического договора с ответственным предприятием (учреждением), согласно которому обязуется предоставить иностранного стажера для работы, а предприятие (учреждение) — дать ему рабочее место, обеспечить общежитием, назначить месячный оклад на обусловленный срок. Институт оформляет такие договоры с 1 октября по 31 декабря каждого года (на 1991 г. заключено 56 договоров). Поступившие предложения переносятся на стандартные бланки, содержащие полные данные о предмете и времени практики, заработной плате, условиях проживания и т. п. Такими бланками страны обмениваются на ежегодной январской конференции Ассоциации — Генеральной конференции или Конференции по обмену. Если последняя по смыслу носит биржевой характер, то первая решает еще и важнейшие вопросы деятельности самой Ассоциации.

Представитель страны-участницы привозит с конференции отобранные бланки-предложения и через заинтересованные вузы формирует корпус квалифицированных студентов-кандидатов для соответствующей практики. Данные о кандидатах заносятся на те же бланки, и все отсылается в страны приема. Согласовав все с фирмой, предоставляющей рабочее место, приступают к оформлению документов (визы, разрешения на работу и пр.).

Ассоциация ориентирована на работу со студентами естественных и технических специальностей, включая информатику, библиотечное дело (научно-технические библиотеки), агропроизводство, лесное хозяйство, ветеринарию, фармакологию, архитектуру, промышленный ди-

зайн. Пока нет обмена в области медицины, философии, литературы, экономики, торговли и науки управления. Впрочем, менеджмент и маркетинг в конкретных областях, отраслевая экономика считаются направлениями, входящими в сферу действия Ассоциации, хотя она и избегает конкуренции с родственной студенческой организацией — Международной ассоциацией по практике в области экономики и торговли. К слову, МИНХ участвует и в этой международной организации<sup>1</sup>.

Итак, есть прекрасный шанс приобрести опыт работы в других странах, испытать себя в условиях завтрашнего (для нас пока) дня. Нет сомнения, что год от года таким шансом будут стараться воспользоваться все больше студентов. Новым совместным предприятиям нужны специалисты, знающие по личному опыту страну-партнера. Немало есть и зарубежных студентов, заинтересованных в практике в нашей стране — с учетом развития совместных предприятий и вообще новых предпринимательских возможностей. Яркий показатель такого интереса — рост числа студентов, обучающихся в зарубежных вузах инженерно-техническим профессиям и одновременно — страноведению со специализацией по СССР. Так что желаемых приехать к нам тоже будет достаточно. Дело за тем — чтобы воплотить эту взаимно полезную возможность в жизнь.

<sup>1</sup> Комитет по обмену студентами при МИНХе приглашает всех интересующихся к сотрудничеству. Кординаты для контактов: 113054, Москва, Стрелянный пер., 28, МИНХ; тел. 237-92-13 (секретарь комитета Лайко Михаил Юрьевич), 236-41-38 (комитет ВЛКСМ МИНХе, Татьяна Соловьева).

## Зороастрийский некрополь на юге Узбекистана

Д. Абдуллоев,

кандидат исторических наук

Институт истории материальной культуры АН СССР  
Санкт-Петербург



**В** ТЕЧЕНИЕ трех лет, начиная с 1988 г., ленинградские археологи вели раскопки некрополя безымянного города, существовавшего в V—VIII вв. на юге Узбекистана, вблизи Термеза. Город был расположен на правом берегу Амударьи и являлся одним из торгово-перевалочных пунктов на Великом шелковом пути. Здесь можно было встретить купцов с Ближнего Востока, из Ирана, Афганистана, Индии. Отсюда они держали путь в крупнейшие города Средней Азии — Самарканд, Бухару, Ходжент, Ахсикент, Ош — и далее в Китай.

Сейчас трудно установить общую площадь этого города, так как значительная его часть погребена под земляными отвалами, возникшими уже в наши дни при строительстве оросительного канала. Развалины города и сохранившуюся небольшую часть некрополя ныне называют Шураб-курганом.

Некрополь находится за городской стеной и выделяется на фоне пустынного ландшафта холмами — каждый из них в свое время был наземным

склепом. Они сооружались из крупных сырцовых блоков и кирпичей на невысокой глинобитной платформе и представляли собой семейную усыпальницу, обычно двухкамерную. Камеры строились квадратной или прямоугольной формы, невысокие (160—170 см при ширине 150—250 см и длине 220—250 см). Как правило, одна камера имела сводчатое перекрытие, а вторая — плоскую крышу. Они не сообщались между собой и имели отдельные входы шириной 50 см. После очередной погребальной процедуры вход в склеп закладывали кирпичами, и доступ в него был закрыт до следующих похорон.

На полу каждой погребальной камеры нами были обнаружены человеческие кости, лежавшие как бы в беспорядке. Поначалу создавалось впечатление, что это результат ограбления склепов. Однако после кропотливой зачистки и тщательной фиксации костей, лежавших не на земляном полу, а либо на подстилке из ткани, либо на тонком слое песка, удалось установить, что они сосредоточены отдельными группами

Общий вид зороастрийского некрополя. Оплывшие холмы высотой 1,5—2 м скрывают древние склепы.

и принадлежат разным покойникам. В каждой камере захоронено по 10—15 человек, причем разного пола и возраста, включая детей.

Почти все склепы оказались ограбленными, однако в некоторых погребальных камерах все же были обнаружены украшения и монеты. Весьма ценны находки монет, благодаря которым удалось датировать некрополь. Они относятся к периоду правления шахиншаха Ирана Пероза (459—484 гг.) из династии Сасанидов. Эта династия правила Ираном с III по конец VII в. и прекратила свое существование после разгрома арабами. Найденные монеты были отчеканены местными правителями в подражание монетам Пероза и находились в обращении до середины VIII в. Монеты бронзовые, на их лицевой стороне изображен профиль царя с короной на голове, а на оборотной — алтарь со священным





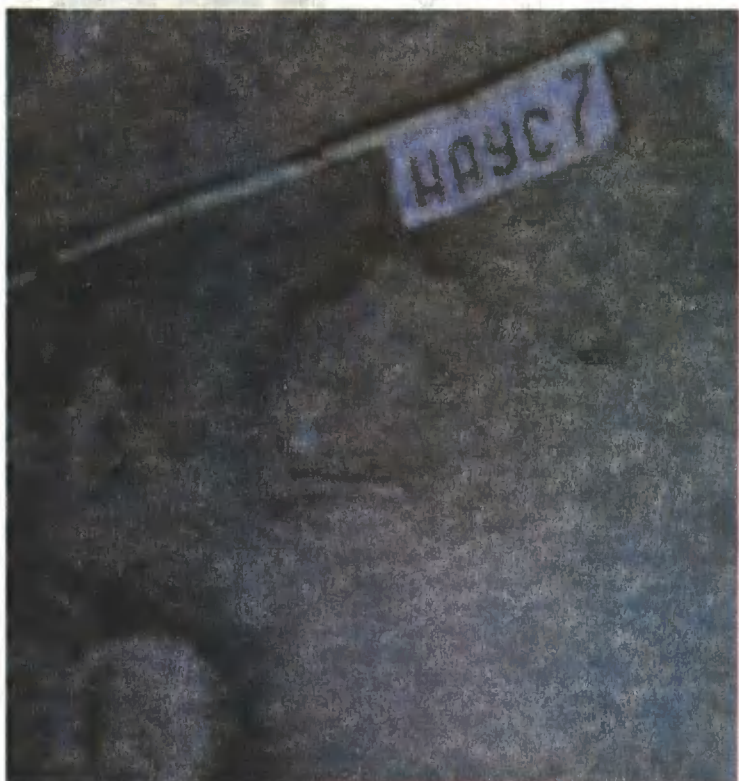
Погребальная камера с человеческими костями.

Бронзовые монеты V—VIII вв., найденные в одном из склепов.

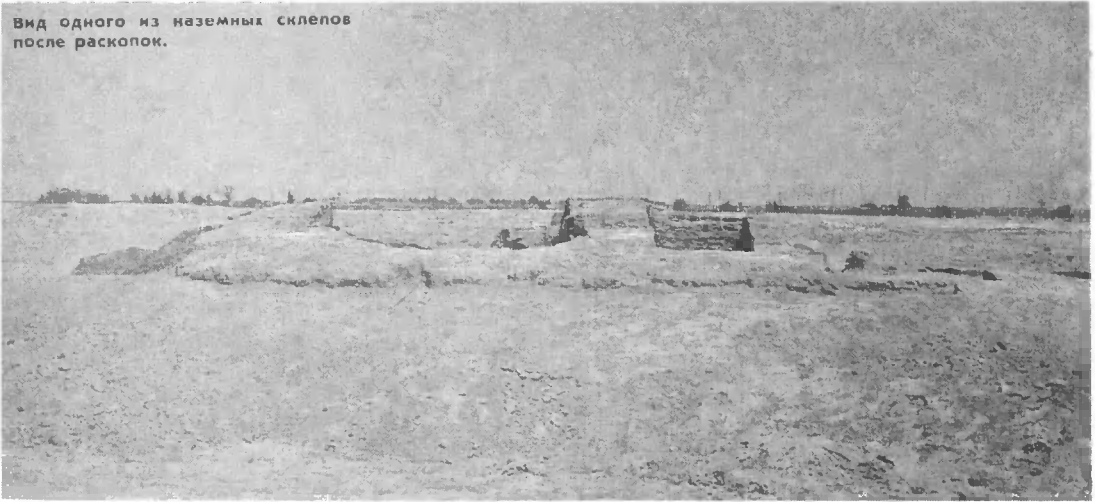
огнем, по обеим сторонам которого стояли мобеда — так называли своих священников зороастрийцы.

Датируя некрополь, археологи задались вопросом: приверженцы какой религии хоронили здесь своих покойников? Известно, что в это время (V—VIII вв.) часть среднеазиатского населения приняла буддизм и христианство, но основное ираноязычное население до привнесения арабами ислама исповедовало зороастризм. Адепты разных религий хоронили умерших в строгом соответствии со своими обрядами: буддисты сжигали труп и захоранивали пепел; христиане предавали покойников, положенных в гроб, земле. А как хоронили зороастрийцы?

Согласно учению Зороастра, смерть — это зло, деяние злого духа Ахримана, и считалось, что труп принадлежит нечистой силе. Зороастрийцы



Вид одного из наземных склепов после раскопок.



почитали четыре сакрально чистые природные стихии: огонь, воздух, воду и землю. Полагали, что труп, соприкасаясь с одной из этих стихий, может осквернить ее. Ответ на вопрос, как и где хоронили покойников зороастрийцы, содержится в одной из дошедших до нас частей «Авесты» — собрания священных книг зороастрийцев. Судя по этому источнику, существовало несколько специальных построек, отражавших соответствующий этап погребального обряда. Первой упоминается ката — довольно обширная погребальная постройка, сооружаемая как для отдельных лиц, так и для семьи, рода и всего селения. Однако ее сооружение было обязательным: она предназначалась лишь для того, чтобы оставить в ней труп, когда нет возможности сразу перенести его на дахму<sup>1</sup>. Дахма — следующая из упоминаемых в священной книге погребальных построек. Ее называли еще башней молчания, и сюда выставляли труп на растерзание птицам и хищникам. Дахму могли заменить горы и холмы с каменной поверхностью (так, в одной из глав говорится, что тело можно оставить на возвышенном месте, укрепив его,

чтобы хищники и птицы не разнесли останки на воду и растения)<sup>2</sup>.

Ценные сведения по этому поводу излагает византийский историк VI в. Агафий Миринейский. Он, в частности, пишет: «Тогда бездыханное и обнаженное тело Мермероя (сасанидского полководца) его близкие вынесли за город и оставили, по отцовскому обычаю, на растерзание нечистым псам и птицам. Такой способ погребения соблюдают персы, и в результате этого после исчезновения мяса остаются голые кости, беспорядочно разбросанные по полям. Класть же умерших в какой-нибудь гроб или урну или погребать в земле совершенно запрещается. А если птицы или собаки быстро не растерзают его, то считается, что такой человек был порочных нравов, несправедлив и обречен на гибель, почему находится во власти злого божества. Тогда родственники еще больше оплакивают умершего, как совершенно погибшего и не имеющего надежды на лучшую долю. Кого же быстрее всех съедят, того величают, как самого счастливого, а его душу восхваляют, как наилучшую, богоподобную и отправляющуюся в места блаженства»<sup>3</sup>.

Аналогичные сведения имеются и в китайских письменных источниках. Так, в истории династии Вей есть описание того, что в Бо-си (Персии) труп выставляли на холмах, а траур носили месяц. Китайские источники свидетельствуют также о том, что существовал и другой способ отделения тканей от костей покойника: судя по этим сведениям, в Самарканде за городскими стенами проживала группа людей, державших для этих целей специально обученных собак<sup>4</sup>.

Как родственники должны были поступать с костями умершего? В «Авесте» говорится, что для этих целей строили астадон (в переводе с персидского — костехранилище), куда и помещали кости<sup>5</sup>.

Сравнивая с изложенными сведениями найденные археологические материалы, можно объяснить, почему кости лежали не в анатомическом порядке. Подстилка же из ткани или специально насыпанный тонким слоем песок свидетельствует, что кости пытались отделить от земли, дабы не осквернить ее.

Итак, исследованные нами склепы представляют собой астадоны, а некрополь городища Шураб-курган принадлежал зороастрийцам.

<sup>1</sup> Иностранцев К. А. О древнеиранских погребальных обычаях и постройках // Журн. М.-ва нар. просвещ. Новая сер. 1909. Ч. XX. С. 98.

<sup>2</sup> Там же. С. 100.

<sup>3</sup> Агафий. О царствовании Юстиниана. История, 11.22 / Пер. М. В. Левченко. М.-Л., 1953. С. 57—58.

<sup>4</sup> Бартольд В. В. К вопросу об оссуариях Туркестанского края // Соч. Т. 4. М., 1966. С. 162—165.

<sup>5</sup> Иностранцев К. А. Указ. соч. С. 102.

# Минувшие цивилизации в зеркале Зодиака

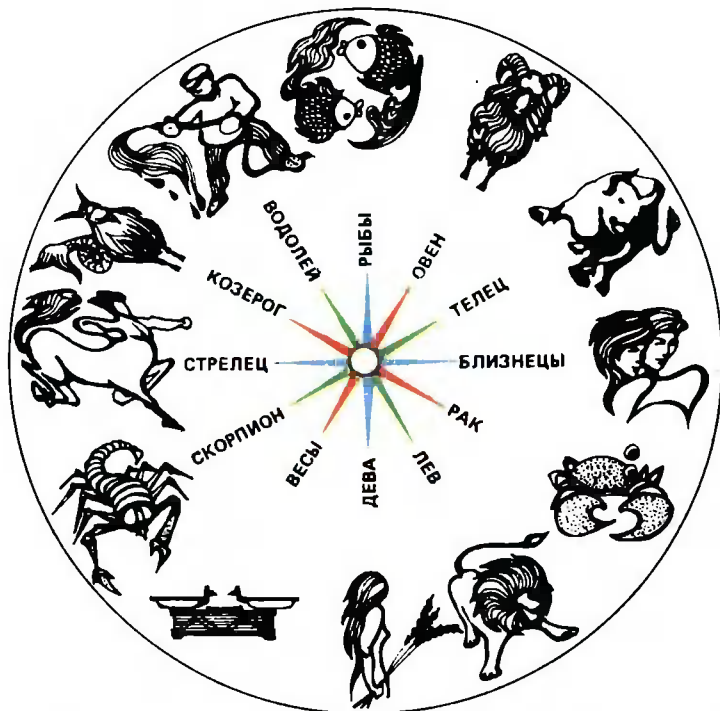
А. А. Гурштейн



Александр Аронович Гурштейн, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР, руководитель проблемной группы истории астрономии. Специалист в области астрономического приборостроения, лунной астрометрии и археоастрономии. Ответственный редактор историко-астрономического ежегодника «На рубежах познания Вселенной». Четверть века печатается в нашем журнале. Член редакционной коллегии «Природы».

**Д**ОСТАТОЧНО взять в руки популярную книгу Ю. А. Карпенко «Названия звездного неба» (М., 1981), чтобы почерпнуть множество примеров из спора: являются ли названия созвездий метафорами (присвоенными по внешнему сходству) или метонимиями (присвоенными по ассоциациям с повторяющимися земными или небесными явлениями). Мы воспитаны на греческой традиции, согласно которой небо изукрашено причудливыми узорами-картинками, названия коих определены внешним подобием чему-то. Однако уже давным-давно египетский жрец Манefon сообщил, что название Весы дано этому зодиакальному созвездию потому, что Солнце попадает в него в осеннее равноденствие, когда день уравнивается с ночью. Действительно, фигуры весов увидеть здесь совершенно невозможно. Хотя принято апеллировать к острому зрению и богатому воображению древних наблюдателей, астрономам прекрасно известно, что на самом деле очертания созвездий со слабыми звездами — это в первую очередь относится к большинству созвездий на эклиптике — очень невыразительны.

Предположение, что названия звезд и созвездий служат «зарубками на память», может показаться неожиданным. Но его еще столетие назад выдвигал выдающийся исследователь первобытной культуры Э. Б. Тайлор, изучавший австралийских аборигенов. «Придуманные дикарями названия и история звезд и созвездий», — писал он, — с первого взгляда могут показаться ребяческими, бесцельными вымыслами; однако, как всегда бывает при изучении примитивных обществ, чем больше мы имеем средств вглядываться в их мысли, тем больше смысла и разума в них находим. Австралийские аборигены говорят... что Марпоан-Куррк и Нейллоан (Арктур и Лира) открыли муравьиные яйца и яйца птицы и научили туземцев отыскивать их и употреблять в пищу. В переводе на язык фактов эти простые мифы указывают на то, что эти звезды были видны им летом, во время появления муравьиных и птичьих яиц, и так как время это обозначается звездами, то им и приписывается это открытие».



Три «квартета» зодиакальных созвездий.

Знаки Зодиака на серкофеге Сотера из Эль-Кура. II в. н. э.

Подводя итоги ряду рассмотренных примеров, Тайлор замечал: «Если мы примем во внимание, что австралийцы, способные выдумывать столь полные смысла мифы, находятся еще на такой степени дикости, что у них даже слово «три» является составным числительным (два+один), то мы можем судить, насколько глубоко в истории культуры лежат идеи, которые до сих пор выступают на наших звездных картах...»<sup>1</sup>

### МЕЖДУ СЦИЛЛОЙ НЕВЕРИЯ И ХАРИБДОЙ ПРЕУВЕЛИЧЕНИЯ

При выполнении исторической реконструкции нас постоянно подстерегают две опасности. Первая: изобразить древнего человека слишком знающим и слишком умелым. На этой позиции, например, стоят все те, кто слепо верит в палеоконтакт, т. е. древнее посещение Земли инопланетянами. Сторонники такой точки зрения утверждают, будто инопланетяне из других высокоразвитых миров обучили древнего человека знаниям и навыкам, которые чудесным образом увеличили его власть над природой. В дальнейшем сокровенные знания, получен-

ные от иных цивилизаций, лишь стирались, утрачивались и искажались. Человек сдавал позиции, и на новом витке своей истории принужден был заново выучиваться тому, что уже было им некогда освоено, а потом забыто. Скажем прямо, в глазах историка такая точка зрения не имеет под собой никаких серьезных оснований.

Столь же безосновательна другая крайность: простодушная вера в ограниченность, примитивность, ущербность древнего человека. Древний человек многого не знал, но он думал, искал, боролся. Способы, которыми он решал встававшие перед ним задачи, радикально отличаются от современных, но все они отмечены печатью находчивости разностороннего человеческого гения...

Первые же строки Ветхого завета содержат рассказ о семидневной неделе. Шесть дней Бог творил небо, землю, два светила великих на тверди небесной и звезды, человека и всякого скота, и всю зелень травную в пищу: «...И благословил Бог седьмой день, и освятил его, ибо в оный почил от всех дел Своих, которые Бог творил и созидал» (Бытие, 2, 3). Тексты Ветхого завета восходят ко второй половине II тыс. до н. э. Для их авторов счет времени по семидневному, четвертям лунного месяца, — столь же привычная вещь, как для нас.

<sup>1</sup> Тайлор Э. Б. Первобытная культура. М., 1989. С. 172.



«...Как многочисленны дела Твои, Господи! — восклицает автор ветхозаветных псалмов. — Все сделал ты премудро; земля полна произведений Твоих...» И восхваляя многочисленные творения Господа, не упускает случая заметить: «...Он сотворил луну для указания времен...» (Псалтирь, 103, 24 и 19).

Следы неразрывной связи ночного светила и календарной единицы времени прослеживаются в большинстве европейских языков. По-русски одним словом обозначается и месяц на небе, и месяц в календаре. По-английски это Moon и month, по-немецки — Mond и Monat и т. д. Лингвисты подтверждают еще более широкое языковое

родство: все перечисленные слова сродни русскому слову «мера», английскому measure, немецкому messen, сообща восходящим к индоевропейскому корню VI тыс. до н. э.<sup>2</sup> Если русское название Луна имеет более позднее происхождение и сродни, словам «люкс», «люстра», «иллюминация» (Луна — это светило), то гораздо более древнее понятие «месяц» наши очень давние предки понимали как «мерило».

В 60—70-е годы нашего века А. Маршак в США и Б. А. Фролов в СССР независимо друг от друга доказали, что лунный месяц и семидневная неделя восходят к верхнему палеолиту: возраст этих единиц измерения времени не менее 15—20 тыс. лет<sup>3</sup>. Оба исследователя единодушны в том, что охотники-кроманьонцы пользовались своего рода «доарифметической системой», и мысль, что они вели регулярные наблюдения Солнца и Луны среди звезд, вовсе не является крамольной. Переселения верхнепалеолитического человека требовали умения ориентироваться во времени и пространстве. Это стимулировало астрономические наблюдения, которые находят отражение в рисунках на стенах пещер и гротов. Среди рисунков встречаются фазы Луны и ряды по 28—29 зарубок. Они расшифровываются как результаты наблюдений за продолжительностью лунного месяца в сутках. Изредка попадаются также изображения звезд. Именно в этой эпохе находятся корни происхождения лунного календаря и семидневной недели.

Американский историк астрономии О. Гингерич обратил внимание на то, что созвездие Большой Медведицы равным образом фигурирует и в фольклоре народов Сибири, и у аборигенов Северной Америки<sup>4</sup>. Следовательно, такое название могло возникнуть лишь в эпоху повсеместного распространения медведей и при условии беспрепятственных контактов жителей двух материков. Это навело Гингерича на мысль, что название Большая Медведица появилось до возникновения Берингова пролива (10—15 тыс. лет назад).

По мнению А. Маршака, необходимый для земледелия детальный и систематизированный комплекс знаний о периодичности

<sup>2</sup> См., например: Гамкрелидзе Т. В., Иванов В. В. Индоевропейский язык и индоевропейцы. Ч. 1—2. Тбилиси, 1984.

<sup>3</sup> Marshack A. The roots of civilization. N. Y., 1972; Фролов, Б. А. Числа в графике палеолита. Новосибирск, 1974.

<sup>4</sup> Gingerich O. Astronomical Scarbook. The Origin of the Zodiac / Sky and Telescope. 1984. V. 67. N 3. P. 218—220.



Изображения созвездия Стрельца: на мезеуме вавилонском камне Касситского периода (вторая половина II тыс. до н. э.) и на круглом Зодиаке из египетского храма в Дендерах.



несколько суток находится в созвездии Змееносца, однако его не включают в число зодиакальных: в античное время их число редуцировали до 12 по числу календарных месяцев в году. Формы и названия созвездий при этом не менялись, так что Змееносец остался на месте, однако в перечень не попал.

Солнце движется среди «неподвижных» звезд строго по большому кругу небесной сферы, носящему название эклиптики. Для англоязычного читателя связь между затмениями (eclipse) и стезей Солнца (ecliptic) видна непосредственно, слово же это греческого происхождения: эклиптика есть «дорога затмений».

Звезды остаются «неподвижными» на протяжении столетий и незаменимы как реперы для фиксации перемещений «блуждающих» светил. Зодиакальные созвездия поэтому издавна служили своего рода координатной сеткой, по отношению к которой регистрировались положения Солнца, Луны и пяти видимых невооруженным глазом планет.

В древнейших памятниках мы обнаруживаем ту же картинку зодиакальных созвездий, к которой привыкли сегодня. Так же изображен Зодиак в известном египетском храме эллинистического времени в Дендерах и на саркофаге Сотера из Эль-Курне (II в. н. э.). Все 12 зодиакальных созвездий присутствуют в поэме древнегреческого дидактика III в. до н. э. Арата Солийского «Феномены» (известны их отдельные упоминания в греческой литературе и на несколько столетий ранее)<sup>5</sup>.

И вот что важно. Сменяются тысячелетия, многократно ломается весь социо-



Фигура созвездия Козерога из египетского храма в Дендерах.

и взаимосвязи природных процессов и небесных явлений окончательно сложился 10 тыс. лет назад.

## КРУГ ЖИВОТНЫХ?

Признаемся, что рассказанное должно послужить читателю всего лишь фоном для погружения в основную проблему, а именно: что представляет из себя Зодиак — это излюбленное астрологами поле пророческих спекуляций? В переводе с греческого «зодиак» означает «круг животных». Двенадцать зодиакальных созвездий образуют на небесной сфере пояс, в пределах которого среди «неподвижных» звезд происходит видимое перемещение «блуждающих» светил — Солнца, Луны и планет. В ноябре Солнце

<sup>5</sup> См. Германик Ц. Небесные явления, по Арату // Историко-астрономические исследования. Вып. XX. М. 1988. С. 336—372.

культурный контекст. За последние 2,5 тыс. лет происходит закат месопотамской культуры, наступает античность, эпоха эллинизма, рождаются христианство и ислам, сменяют друг друга Средневековье, Возрождение, Новое и Новейшее время. А фигуры Зодиака незабываемы. Хотя смысл их введения полностью забыт по меньшей мере уже в античности. Известны несколько попыток (например, Беда Достопочтенного в VIII в. н. э.) радикально переименовать зодиакальные созвездия, используя библейские сюжеты. Однако названия и изобразительная символика этих созвездий сохранились до наших дней практически неприкосновенными. Это одно из проявлений этнографического закона, согласно которому астрономы (имена небесных объектов) столь же неизменны, как топонимы и гидронимы.

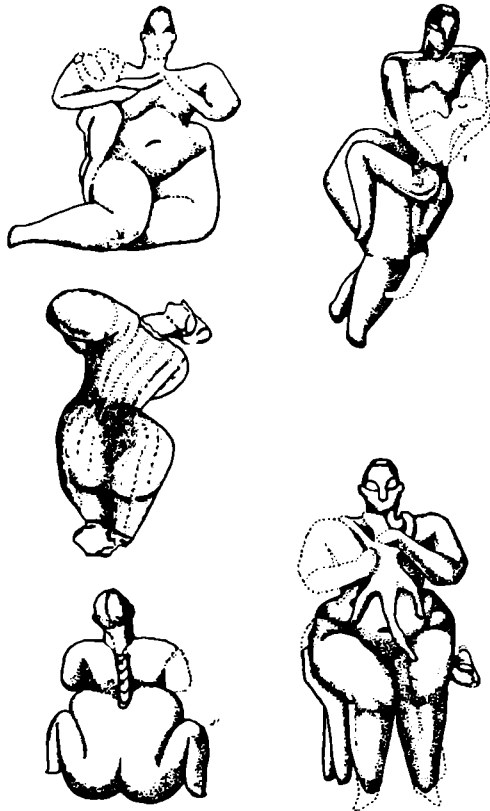
Разумеется, этот закон приложим и к древнейшим обществам, ибо именно они были ориентированы в первую очередь не на новации, а на освоение и передачу черт, обеспечивающих стабильность общественных структур. «Человек мифологического мышления, — отмечает И. П. Вейнберг, — спокойно и уверенно чувствовал себя в знакомой среде, привычных условиях. Поэтому его дом и утварь, его одежда и пища мало менялись в течение тысячелетий, поэтому литературные жанры, как и жанры искусства, столь устойчивы, каждый из них имеет постоянные сюжеты, формулы, приемы, поэтому новые храмы не только возводились на месте старых, но и повторяли их «праобраз», отсюда всеобщая каноничность, стремление повторить опыт своих предшественников...»<sup>6</sup>

В 1908 г. Максимилиан Волошин — друг астрономии и астрономов — в стихотворении «Созвездия» написал вещи строки:

...Все имена, все славы, все победы  
Сплетались там в мерцаниях огней...

Так какие же имена сплелись в знаках созвездий Зодиака?

К зодиакальному кольцу причислены созвездия Овен (мужской род от овцы), Телец (молодой бычок), Близнецы, Рак, Дева, Лев, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Вызывает огромное недоумение, что почти половина названий зодиакальных созвездий (5 из 12) к животному миру не относятся: это Близнецы, Дева, Весы, Стрелец и Водолей. Видимо, появление в античности термина «зодиак» отразило бо-



Характерные глиняные статуэтки богини-матери VI тыс. до н. э. из жилищ Хаджилара VI (по Дж. Мелларту).

лее древнее историческое событие, и эта семантическая странность нуждается в специальном истолковании.

### НЕБЕСНЫЕ РИСУНКИ ИЛИ КОСМИЧЕСКИЕ РЕПЕРЫ?

Для астронома-практика не вызывает сомнений, что систематические наблюдения звездного неба должны были изначально выявить прямую связь между видом ночного звездного неба и временами солнечного года, а сопоставление высоты Солнца над горизонтом и измерения продолжительности светлого времени суток с неизбежностью привести к выделению на эклиптике (т. е. в поясе Зодиака) четырех особых точек: весеннего и осеннего равноденствия (уравнивание светлого и темного времени суток), летнего солнцестояния (высшее полуденное положение Солнца над горизонтом) и зимнего солнцестояния (наименьшая полуденная вы-

<sup>6</sup> Вейнберг И. П. Человек в культуре древнего Ближнего Востока. М., 1986. С. 208.



Палеолитическая богиня плодородия из пещеры Лессаль (Дордонь, Франция) держит в правой руке предмет, более всего напоминающий, как полагают археологи, рог бизона с 13 вертикальными насечками. Для нас эта фигура в большей мере представляется астральным символом: небесная богиня — Месец.

сота Солнца над горизонтом). Эти точки легко устанавливаются с помощью вертикальной палки, воткнутой в землю, — простейшего измерительного прибора, известного в античности под названием гномона. Они с неизбежностью должны быть зафиксированы сразу же вслед за установлением того факта, что поочередное наступление четырех сезонов года (весны, лета, осени и зимы) жестко связано с годичным дви-

жением Солнца по небесной сфере среди звезд и может прогнозироваться именно по движению Солнца.

Данное соображение послужит одним из важных постулатов предлагаемой ниже реконструкции: астрономические наблюдения за перемещением Солнца по эклиптике ведут к выделению четырех особых точек эклиптики. Необходимость закрепить их в памяти, в свою очередь, требует выделить





**Золотая голова быка из Аптын-Тепе [Средняя Азия]. III тыс. до н. э.**



**Лев, терзающий быка. Этот мотив прослеживается в древневосточном искусстве непрерывно от эламской печати, датируемой IV тыс. до н. э., через искусство шумеров, вплоть до поздних персидских миниатюр. По мнению В. Хартнера, мотив борьбы льва с быком исходно имел сакральное астрономическое значение.**

**Женская статуэтка из Тепе-Сароб [Иранский Курдистан]. Обожженная глина. Около 6000 г. до н. э.**





Артур Эванс с ритонем в виде головы Минотавра из раскопок в Микенах.

на небесной сфере именно четыре группы «неподвижных» звезд — созвездий.

Автор твердо стоит на позиции, что выделение эклиптических созвездий изначально имело целью «закрепление» на небесной сфере определенной нужной площадки. Действительно, если бы выделение созвездий шло только по принципу «рисунков», т. е. путем объединения характерных групп звезд, в них должны были бы в первую очередь присутствовать яркие звезды в хорошо запоминающихся конфигурациях. Если же при выделении созвездий стояла задача фиксации определенной, наперед заданной площадки небесной сферы, то в число созвездий неизбежно включались бы и неприметные группировки слабых звезд.

Разумеется, всем известны созвездия, выделенные по принципу их примечательной конфигурации: Большая Медведица, Орион, Пегас и ряд других. Вместе с тем — и в первую очередь на эклиптике — известны

примеры прямо противоположные. Крупное по площади созвездие Рыб не имеет в своем составе звезд ярче 4-й звездной величины. Другое крупное по площади зодиакальное созвездие Водолей не включает звезд ярче 3-й звездной величины; нет ярких звезд и в Стрельце.

Упомянутое вначале сообщение жреца Манефона о созвездии Весов является для нас веским оправданием убеждения: имена зодиакальных созвездий не были следствием игры воображения (они не продержались бы тысячелетия в древнем обществе). Название и изображение созвездий Зодиака имели символическое значение.

### ТРИ «КВАРТЕТА»

Отвлечемся от вопроса, кем и как было открыто явление предвращения равноденствий (прецессии). Констатируем просто, что вследствие движения оси вращения Земли в пространстве по конусу вокруг оси эклиптики положение эклиптики среди звезд с точностью, достаточной для нашей задачи, неизменно, а положение четырех выделенных эклиптических точек (весна, лето, зима, осень) меняется среди созвездий с периодом в 26 тыс. лет. Иными словами, эти точки как жесткая система смещаются относительно знаков Зодиака против часовой стрелки, проходя один знак примерно за 2 тыс. лет.

С начала нашей эры и по сей день мы имеем следующую систему расположения выделенных точек эклиптики: весна — в Рыбах; лето — в Близнецах; осень — в Деве; зима — в Стрельце.

На протяжении двух тысячелетий до нашей эры эти точки приходились на иные созвездия: весна — в Овне; лето — в Раке; осень — в Весах (о чем писал Манефон); зима — в Козероге.

Дадим имя четверке эклиптических созвездий, в которых для данной эпохи находятся выделенные точки эклиптики, тому из них, на которое приходится точка весеннего равноденствия. Тем самым для эпохи от —2000 г. до начала нашей эры будем называть ее впредь «квартетом Овна»: Овен, Рак, Весы и Козерог. Соответственно, с —4000 до —2000 г. эти точки находились в «квартете Тельца»: весна — Телец; лето — Лев; осень — Скорпион; зима — Водолей. Наконец, до —4000 г. его заменял «квартет Близнецов»: Близнецы, Дева, Стрелец, Рыбы. Если бы зодиакальные созвездия были отмечены в эпоху неолитической революции (VIII—VII тыс. до н. э.), выделенным оказался бы «квартет Рака» (Рак, Весы, Козерог и Овен).

Иными словами, поскольку при наблюдениях за «блуждающими» светилами на эклипике одновременно выделяются четыре точки, для их фиксации необходимы одновременно четыре созвездия, которые надлежит рассматривать как единое целое. Упомянутые квартеты — объективное следствие прецессии вне зависимости от того, понимали или не понимали в древности источник расхождения с наблюдениями предшественников. Не имея представления о законах природы, его могли видеть как в неаккуратности предшественников, так и в божественном промысле.

### САГИ ЛЕДНИКОВОЙ ЭПОХИ

Итак, мы «расслоили» 12 зодиакальных созвездий на три «поколения» по объективным, не зависящим от нашего произвола основаниям. Вследствие прецессии для четырех особых точек эклиптики в эпоху с 6000 по 4000 г. до н. э. имели значение четыре созвездия «квартета Блинецов».

Внимательному читателю в первую очередь должно броситься в глаза, что в этот квартал попало подавляющее большинство антропоморфных знаков Зодиака: Блинецы, Дева и Стрелец. Попробуем же проникнуть в сакральный смысл этих знаков, реконструируя духовный мир той эпохи. Необходимость реконструкции, напомним, вытекает из того, что до возникновения письменности остается еще несколько тысячелетий.

А. Леруа-Гуран впервые использовал статистический анализ для уяснения мировоззренческих установок верхнепалеолитического человека: отношения его к тайнам рождения и смерти, к богам и бытию<sup>7</sup>. Он исследовал богатейший фактический материал: настенную живопись европейских пещер и гротов, сюжеты на отдельных камнях, орудиях и других «мобильных» изделиях. Анализ палеолитических сюжетов в сочетании с данными этнографии и лингвистики, относящимися к более поздним эпохам, детально воспроизводит мир представлений людей эпохи «квартета Блинецов».

В центре духовного мира той эпохи — женщина как символ воспроизведения рода и плодородия вообще. Загадка рождения вела к обоготворению женского чрева и мужского фаллоса. В архаичном искусстве практически нет изображений вульвы и отсутствует секс, но культы фаллоса и рожавшей женщины распространены повсеместно.

Образ женщины — носительницы плодородия — имеет истоки в матриархате и тесно увязан с традициями, сохраняющимися даже в классовом обществе. Этот образ характерен для культовой пластики от палеолита до раннеземледельческих обществ: фигурки обнаженных беременных и рожавших женщин (символика плодородия) широко известны по археологическим данным. Дж. Мелларт, крупнейший специалист по Передней Азии эпохи неолитической революции, при раскопках Хаджилара VI (около 5600 г. до н. э.) отмечает находки культовых женских статуэток практически в каждом доме<sup>8</sup>. Сексуальный символизм в них отсутствует, и основное внимание сосредоточивается на выражении беременности.

Тайна смерти со времен палеолита связывалась с водами Океана, омывающими населенную сушу. Водная символика непосредственно связана с загробным миром и закатом Солнца.

Прямую связь движения Солнца с загробным миром на обширном этнографическом материале давно и подробно проследил Тайлор: «В силу самого простого поэтического сравнения с ежедневно восходящим и заходящим солнцем, олицетворяющим человеческую жизнь в прелести рассвета, в блеске полудня и в угасании при заходе, мифическая фантазия установила в религиозных верованиях всего мира, что страна отошедших душ лежит на далеком западе или в подземном мире. Насколько глубоко миф солнечного заката вошел в представления людей относительно будущей жизни, каким образом запад и подземный мир сделались страной мертвых, каким образом, наконец, древние фантазии дикарей-поэтов перешли в уважаемые догматы классических мудрецов и позднейших мистиков — все это разъясняется здесь многими наблюдениями за различными стадиями культуры»<sup>9</sup>. Та же проблема освещается в многочисленных трудах М. Элиаде<sup>10</sup>.

Страна усопших находится на западе, за водным рубежом; о воде как стихии загробного мира напоминают нам многочисленные индоевропейские ритуалы и сохранившиеся до античности клятвы «водами смерти».

Целям добывания пищи людям эпохи «квартета Блинецов» верой и правдой продолжает служить охота. Они успели приру-

<sup>7</sup> Leroi-Gourhan A. Prehistoire de l'art occidental. Paris, 1965.

<sup>8</sup> Мелларт Дж. Древнейшие цивилизации Ближнего Востока. М., 1982.

<sup>9</sup> Тайлор Э. Б. Указ. соч. С. 280.

<sup>10</sup> Элиаде М. Космос и история. М., 1987.

чить лошадь и пользуются луком, давно пришедшим на смену устаревшему копыю.

Эпоха «квартета Близнецов» — эпоха индоевропейцев, высшим божеством в пантеоне которых служило Солнце. Широко распространенный в индоевропейской мифологии «близнецный культ» восходит к общеиндоевропейскому мифу в двух божественных близнецах — детях бога Солнца-отца. Этот миф проявляется во всех основных древних индоевропейских традициях и присутствует, например, в эпоху Гомера в форме рассказа о божественных близнецах Диоскурах. Близнецы, однако, совершенно не обязательно мальчики. «Для разных вариантов индоевропейского близнецного культа,— пишет Т. В. Гамкрелидзе и В. В. Иванов,— характерно представление об «инцесте близнецов» — брата и сестры, с которых начинается род человеческий»<sup>11</sup>.

Как показал ранее А. М. Золотарев, в близнецах-демиургах воплощен наиболее архаичный вариант космогонического мифа<sup>12</sup>. Миф о близнецах — своего рода черновик библейского сказания об Адаме и Еве.

Характерной чертой индоевропейского менталитета был дуализм. Т. В. Гамкрелидзе и В. В. Иванов отмечают, что «дуальная социальная организация древнего индоевропейского общества... накладывает глубокий отпечаток на характер всей духовной жизни древних индоевропейцев и определяет бинарность, двоичность во многих основных сферах религиозных и мифологических представлений и некоторых черт модели реального мира»<sup>13</sup>.

#### «КВАРТЕТ БЛИЗНЕЦОВ» КАК СЛЕПОК ЭПОХИ

Нетрудно усмотреть, что символика «квартета Близнецов» последовательно отражает мир VI—V тыс. до н. э.

Именно весна служит естественным началом предстоящего годового цикла, и небесные Близнецы как источник рождения новой жизни в понимании индоевропейца могли олицетворять возрождение природы.

Годится ли Дева как символ лета? Важно подчеркнуть, что на всех известных древних изображениях созвездий Дева обязательно стоит с колосом в руках, являя собой символ плодородия. Так что выбор бо-

гини-матери с колосом в руках как символа летнего плодородия представляется совершенно оправданным в рамках общеиндоевропейской традиции. Лишь много позже — в античности, с развитием классового общества — стали чтить божественное целомудрие. Именно тогда, скорее всего, и трансформировали атрибуты богини: вместо матери, дарящей жизнь, на небе оказалась весталка Дева.

Осеннее созвездие той четверки представлено Стрельцом — кентавром или попросту охотником на коне с луком в руках. Лошадь у индоевропейцев занимала главенствующее положение среди домашних животных, как существо особой ритуальной близости к человеку; такое отношение прослеживается и тысячелетия спустя в ритуале погребения вождей вместе с женами и лошадьми.

Стрелец полностью отвечает символически осени: он «подстреливает» Солнце, которое пересекает эклиптику и начинает свое падение в нижний, загробный мир. Вооруженный луком, Стрелец представляет собой фигуру архаичную, поскольку на смену луку в рассматриваемую эпоху уже шли новые виды вооружения.

На зиму приходится наименьшая полуденная высота Солнца над горизонтом, т. е. оно как бы застывает у порога загробного мира. Воды этого мира, похоже, не располагали поначалу собственным антропоморфным символом, вследствие чего пришлось использовать основной живой символ нижнего мира — Рыб.

Заслуживает особого внимания тот факт, что все четыре созвездия «квартета Близнецов» в действительности бинарны. Двоичность символа близнецов не нуждается в пояснении. Богиня-мать в качестве символа плодородия в изобразительном материале, как мы выше указывали, задублирована символом плодородия — пшеничным колосом. Не вызывает сомнений бинарность символа конь + всадник. Более того, Стрелец в виде кентавра появляется только в античности. На более древнем рисунке с вавилонского межевого камня Касситского периода (вторая половина II тыс. до н. э.) на коне сидит двуголовое существо с двумя хвостами и двумя крыльями. Наконец, на всех известных изображениях созвездия Рыб их всегда именно две.

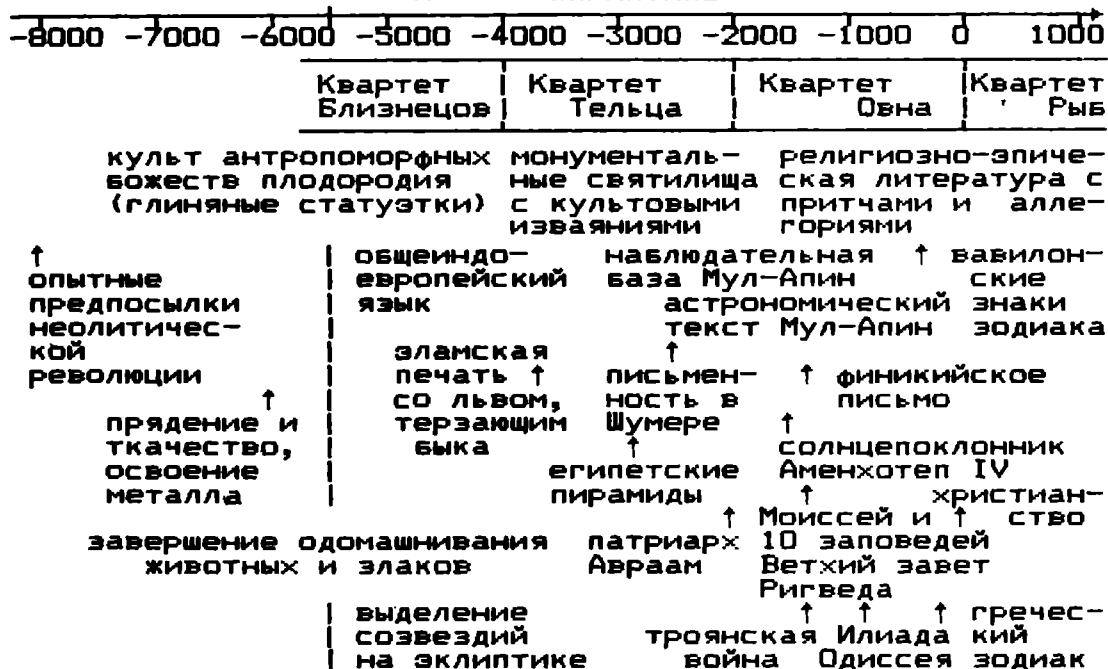
Интересно, что большинство эклиптических созвездий с бинарной символической сосредоточено именно в «квартете Близнецов». Действительно, Рак, Лев, Скорпион, Овен или Телец не могут быть отнесены к бинарной символической.

<sup>11</sup> Гамкрелидзе Т. В., Иванов В. В. Указ. соч. Ч. 1. С. 777.

<sup>12</sup> Золотарев А. М. Родовой строй и первобытная мифология. М., 1964; см. также: История первобытного общества. Т. 3. М., 1988.

<sup>13</sup> Гамкрелидзе Т. В., Иванов В. В. Указ. соч. Ч. 1. С. 776.

**Исторический контекст, соответствующий эпохам выделения созвездий на эклиптике**



Таким образом, как совпадение символики «квартета Близнецов» с распространенными индоевропейскими сюжетами, так и явное проявление в нем принципа дуализма доказывает принадлежность названий этой четверки созвездий к индоевропейской культуре. Впрочем, нет оснований категорически настаивать на индоевропейском происхождении этой символики, поскольку она универсальна и древнее VI тыс. до н. э. Более того, датируя выделение зодиакальных созвездий VI тыс. до н. э., мы допускаем, что их «авторами» могли быть не только индоевропейцы, но и предшественники строителей мегалитических сооружений на севере и западе Европы, чьи наблюдения за Солнцем и Луной привели в III тыс. до н. э. к созданию таких астрономических памятников, как знаменитая британская обсерватория Стоунхендж.

Остается сделать два принципиальных замечания. Во-первых, гипотеза о «квартете Близнецов» как первом поколении выделенных созвездий на эклиптике не противоречит доступным письменным источникам. Ныне надежно установлено, что эти четыре созвездия присутствуют в древнейших вавилонских астрономических текстах под названиями «великие близнецы», «пшеничный колос богини Шалы», «лучник» и «ленты рыб». Так

что в период формирования астрономической литературы эти названия уже существовали.

Во-вторых, для эпохи с —8000 по —6000 г., исходя из введенных посылок, мы должны были бы проанализировать «квартет Рака» (Рак, Весы, Козерог, Овен). Ни одно из высказанных утверждений (единство символики квартета как круга антропоморфных божеств; соответствие социокультурному контексту эпохи; «водный» характер «зимнего созвездия») не имело бы для него силы.

**«КВАРТЕТ ТЕЛЬЦА»**

«Квартет Близнецов» не может быть родоначальником термина «круг животных», ибо он есть «круг людей».

На рубеже V и IV тыс. до н. э. вследствие прецессии четыре выделенные точки эклиптики вышли за границы созвездий «круга людей». Естественно, это обнаружилось не сразу, но как должны были прореагировать на это древние наблюдатели?

Прежде всего, несомненно, что в силу обсуждавшейся устойчивости традиций новые обстоятельства отнюдь не упраздняли существовавшие четыре созвездия «круга

людей». Во-вторых, возникла потребность заново оконтурить космическими реперами еще четыре участка эклиптики.

Напомним, что с эпохи введения четырех эклиптических созвездий «первого поколения» — «квартета Блиźнецов» — к рассматриваемому времени минуло уже не менее полутора-двух тысячелетий. В экономических и социокультурных условиях жизни населения древнего Востока произошло немало серьезных изменений. В обществе обособилась прослойка жрецов, профессионально взявших под свой контроль хозяйство храмов, культ и ритуал. Возникли новые сюжеты официального искусства, увязанные с утверждающимися требованиями идеологии. Если раньше люди обходились небольшими домашними глиняными статуэтками антропоморфных божеств, то теперь с развитием городской культуры в монументальных храмах устанавливаются крупные золотые, серебряные или каменные изваяния — кумиры, или истуканы, как их именует Библия, зачастую в форме животных. Можно утверждать, что тема идолопоклонства напрямую связана с выбором тех символов, которые оказались призванными заменить собой символику «круга людей».

В число четырех созвездий «второго поколения» на эклиптике — «квартета Тельца» — вошли Телец, Лев, Скорпион и Водолей. Период их значимости в качестве маркеров для четырех выделенных точек эклиптики охватывает эпоху примерно от —4000 до —2000 г.

В рамках известных нам мотивов шумерского, ассирийского, египетского творчества новая символика, как и символика «квартета Блиźнецов», дешифрируется без затруднений.

Для весны использован главный символ мужского плодородия — телец; он украшал древневосточные храмы и оставил в искусстве глубокую память, утвердившись на страницах ветхозаветной литературы под именем «золотого тельца». В Древнем Египте был распространен культ священного быка Аписа — одного из главных божеств, олицетворявшего плодородие. Смерть Аписа отмечалась всенародным трауром. Умершего Аписа бальзамировали и хоронили в Серапейоне.

Имя для дикого быка, или тура, восходит к индоевропейскому корню. Гамкрелидзе и Иванов подчеркивают, что «общность данного индоевропейского слова с общесемитским \*tawr —... свидетельствует об отражении в этих словах некоторого миграционного переднеазиатского термина для обозначения этого животного, игравшего особую

культовую роль в древнейших культурах Восточного Средиземноморья»<sup>14</sup>.

Бык принадлежал к числу наиболее ранних одомашненных животных и получил огромное распространение в хозяйственно-транспортной деятельности до приручения лошади. В качестве важнейшего культового животного, символизирующего мужское плодородие, он широко известен по материалам археологических раскопок в переднеазиатской культуре VII—VI тыс. до н. э. Разрозненными отражениями индоевропейского культа быка служат многочисленныи ассирийские и египетские изваяния, легенда о Минотавре, название гор Тавр, современная коррида и, наконец, сохранившееся до наших дней в Индии отношение к корове как к священному животному.

Распространение культа быка по всему древнему Востоку препятствует уточнению ареала возможных авторов названия созвездия Телец. Вместе с тем правомерность такого образного символа именно для весеннего возрождения природы не вызывает возражений.

Культовая роль льва как символа верховной власти также имеет общеиндоевропейский характер. Ее отголоски находят отражение в таких всемирно известных памятниках, как львы над воротами в Микенах и львицы с обеих сторон трона в Пилосе. Памятники микенской Греции повторяют мотивы хеттского и лувийского изобразительного искусства. Лев в качестве сакрального животного отражен в мифе о Геракле, который убивает льва и надевает его шкуру. Тысячелетия спустя лев все еще остается важнейшим геральдическим знаком.

Лев как указатель достижения Солнцем апофеоза — высшей точки своего движения по эклиптике — является символом совершенно корректным и вполне обоснованным.

Скорпион также хорошо известен по древнеегипетским и древнеавилонским источникам. Мало того, скорпион многократно упоминается как образ в библейских текстах. Выбор скорпиона символом осеннего равноденствия достаточно оправдан. Стрелец «подстреливал» Солнце, которое начало «падать в воды океана»; тот же образ олицетворяет и жалящий скорпион (оканчивающий, кстати, свое земное существование после выполнения главной физиологической функции — оплодотворения самки).

Серьезным диссонансом в «квартете Тельца» выглядит, на первый взгляд, Водолей, однако к символике этого созвездия

<sup>14</sup> Там же. Ч. 2. С. 519—520.

применимо все сказанное выше в отношении символического смысла Рыб. Это божество — творец водной стихии нижнего мира.

На современных изображениях знаков Зодиака, поворающихся древнейшие из известных рисунков, Водолей держит в руках два сосуда, и, основываясь на дуалистичности индоевропейских представлений, допустимо предполагать индоевропейские корни Водолея как предтечи, например, шумерского верховного божества вод Энки. Так или иначе, Водолей, подобно Рыбам, имеет явное отношение к водной стихии, олицетворяющей зимний уход Солнца в преисподнюю — потусторонний загробный мир.

Думается, символика созвездий «квартета Тельца» не вызывает сомнений в их связи с древневосточными цивилизациями эпохи роста городов и достаточно развитого религиозно-культового мышления.

Похоже, что именно на данном этапе вследствие смены «круга людей» «кругом животных» и могло родиться само понятие «круг животных» — Зодиак.

#### «КВАРТЕТ ОВНА»

После —2000 г. созвездия «квартета Тельца» утрачивают роль маркеров выделенных точек эклиптики. Как и при смене «квартета Блинецов» «квартетом Тельца», это не могли обнаружить незамедлительно, и переход к «квартету Овна» наверняка растянулся на несколько столетий, пока несоответствие точек весны, лета, осени и зимы на эклиптике старым маркерам не стало бросаться в глаза. По составу «квартет Овна» повторяет «квартет Рака», но отличается порядком расположения созвездий и допускает смысловую интерпретацию их названий, что невыполнимо для «квартета Рака».

Символика «квартета Овна» вполне отвечает новой культурной обстановке ближневосточного мира. Близится победа единобожия, наряду с гимном и заклинанием в литературе широко распространяются художественный образ и притча. В контексте этих новаций дешифровка символики «квартет Овна» представляется уже не чисто сакральной, но скорее литературно-художественной. В нем только два образа из четырех могут восходить к древним индоевропейским корням: Овен и Козерог.

Значение барана-овна вытекает, видимо, из огромной хозяйственной роли одомашненной овцы, дававшей индоевропейцам шерсть: овца наряду с конем и коровой была основным жертвенным животным. Подобно тому, как рядом с жертвенной коровой постоянно присутствовал производитель-бык,

так рядом с овцой стоял производитель-овен. Примечательно, что название «Овен» отсутствует среди названий вавилонских эклиптических созвездий.

Культовая значимость козла также прослеживается по многим древним верованиям. В древнеисландской мифологии козел известен как животное, впряженное в колесницу божества. Древность этого образа видна из аналогичных свидетельств ряда индоевропейских традиций: балтийской, где бог грома Перкунас ездит на козлах, славянской и древнеиндийской.

Ритуальная миссия козла-возчика нашла отражение в Библии: «козел отпущения» освобождает верующих от морального бремени, унося на себе их грехи, — сюжет, явно имеющий глубокие религиозно-мифологические корни.

Тут же вспомним, что Capricornus — Козерог на всех иллюстрациях изображен в виде козла с рыбьим хвостом. На знаменитом круглом зодиаке в Дендерах этот «козерыб» изображен прямо с человеком на спине. Название «козерыб», как свидетельствуют до нас письменные источники, шумерского происхождения. Отсюда следует, что Козерог на самом деле является прямым наследником той же водной символики, что и в «квартете Блинецов» и «квартете Тельца». Козерог-Козерыб — перевозчик душ умерших в загробный мир.

Рак как символ лета может означать движение Солнца вспять от высшей точки эклиптики, что же касается Весов, то соображения по поводу этого названия рассмотрены нами выше — это четкий художественный образ для точки осеннего равноденствия.

В неоднократно упомянутых здесь древних вавилонских астрономических текстах, которые относятся как раз к началу периода формирования «квартета Овна», нет названий не только Овна, но и Рака. Это лишнее свидетельство их более позднего, возможно античного, происхождения.

#### КРИТЕРИЙ РАЗМЕРОВ

Вотчины екатерининских вельмож были необозримы, но позже земельные владения заметно сократились, выделяемые до войны дачные участки под Москвой достигали гектара, современные же садовые участки уменьшились до 6 соток. Эта шуточная аналогия призвана проиллюстрировать тезис: древние созвездия, выделяемые на еще чистой небесной сфере, в среднем должны быть больше выделяемых позднее, когда небесная сфера уже была заполнена многими созвездиями.

Известные ныне 88 созвездий выделялись на небосводе по разным признакам и имеют размеры от 1300 квадратных градусов (Гидра, Дева, Большая Медведица) до 70—80 (Южный Крест, Малый Конь, Стрела). Нетрудно убедиться, что более поздние созвездия, например введенные на северном небе в XVII в. Яном Гевелием, как правило, меньше древних. Это обстоятельство имеет статистический характер и очевидные корни: по мере развития какого-либо процесса его составные части становятся более дробными. Если это справедливо, то должна существовать корреляция между размерами созвездий и временем их выделения на небесной сфере.

Основным параметром для характеристики размера созвездия может служить его площадь, однако этот единственный параметр способен исказить реальную картину. Поэтому воспользуемся двумя дополнительными: общей «длиной» созвездия — его максимальной протяженностью в проекции на эклиптику и протяженностью вдоль линии эклиптики, выраженной длительностью пребывания Солнца в пределах данного созвездия. Все эти параметры от прецессии не зависят. Опустим промежуточные вычисления и сведем данные в среднем по трем изученным квартетам (таблица).

Данные свидетельствуют о четкой закономерности по всем трем показателям. Созвездия «квартета Близнецов» относятся к крупнейшим, в «квартете Тельца» они велики, но уступают первым на 10—15 %. Созвездия же «квартета Овна» — наименьшие среди зодиакальных созвездий. Итак, признав правомерность критерия размеров, получим независимое подтверждение того, что «квартет Близнецов» следует отнести к первому, «квартет Тельца» — ко второму и «квартет Овна» — к третьему поколению выделенных на эклиптике созвездий.

#### Сравнение квартетов «трех поколений»

Квартет	Размеры		
	Площадь, кв. град.	Максимальная протяженность (в проекции на эклиптику) ч	Длительность пребывания Солнца, сут
Близнецов	890	2,9	36,5
Тельца	805	2,8	31,5/27,5*
Овна	475	1,6	23

\* Поскольку часть эклиптики находится в созвездии Змееносца, не входящего в зодиакальные, имеются два варианта расчета — с включением этой части в соседнее созвездие Скорпиона и без нее.

#### ТАИНСТВО РОЖДЕНИЯ ЗНАКОВ ЗОДИАКА

Сплошь и рядом, не отдавая себе в этом отчета, мы используем в быту выражения, образы и понятия, пришедшие из глубины тысячелетий. Смотрим на электронные часы. Минута — шестидесятая часть часа и секунда — шестидесятая часть минуты — следы шестидесятиричной вавилонской системы счисления. Ее возраст несколько тысячелетий. Кто задумывается над этим сегодня? Точно так же мы не задумываемся, какие цивилизации запечатлели свой духовный мир в зеркале названий Зодиака.

Суммируя предлагаемую реконструкцию происхождения знаков Зодиака, подведем итоги.

Созвездия на эклиптике выделялись и закреплялись поэтапно на протяжении пяти тысячелетий. Их выделение стало следствием астрономических наблюдений за поведением древнейшего божества — «бога Солнца-отца». Эти созвездия служили «божественными жилищами» — космическими реперами для фиксации небесных площадок, включающих в себя точки весны, лета, осени и зимы. Названия созвездий не имели отношения к их внешнему облику: они символически отражали господствовавшие представления о цикличности природных явлений в контексте религиозно-мифологического мышления рассматриваемых эпох.

Первые четыре огромных по размерам созвездия на «стезе Солнца» были выделены в середине VI тыс. до н. э. Их символика, имеющая бинарный характер, связана с верованиями, имевшими хождение у индоевропейцев. Использование по преимуществу антропоморфных божеств привело к возникновению своего рода «круга людей».

В силу устойчивости традиций все четыре упомянутых символа с небольшими модификациями сохранились до наших дней: близнецы вместо брата и сестры обратились в двух братьев, богиня плодородия с пшеничным колосом — в деву, а двуглавый конный лучник — в кентавра.

В IV—III тыс. до н. э., в совершенно новой социокультурной обстановке, обнаружилось, что антропоморфная символика «круга людей» не отражает реального движения Солнца. Наряду с четырьмя эклиптическими созвездиями первого поколения возникла необходимость ввести (или переименовать) четыре новых.

В эту эпоху по всему Ближнему Востоку вместо древних небольших святилищ распространились монументальные храмы с культовыми изваяниями животных. Куми-



## Три поколения знаков Зодиака

Характер символики	Выделенные точки годового цикла			
	Весна (творение)	Лето (плодородие, апофеоз, обращение вспять)	Осень (умирание, уравнивание)	Зима (водная стихия)
Архаический, с корнями из палеолита («круг людей»)	Близнецы 514*	Дева 1290 (шумеро-вавилонское имя главной звезды — Пшеничный колос)	Стрелец 867	Рыбы 889 (имя главной звезды имеет, видимо, шумеро-вавилонские корни)
Боги-кумиры после неолитической революции («круг зверей»)	Телец 797	Лев 947 (шумеро-вавилонское имя главной звезды — Царь)	Скорпион 497 (часть впоследствии стала созвездием Весов)	Водолей 980 (утраченный смысл названий главных звезд уходит к язычеству)
Художественно-притчевый	Овен 441	Рак 506	Весы 538 (арабские имена наиболее ярких звезд — Южная и Северная клешни Скорпиона)	Козерог (Козерыб) 414

\* Под названиями созвездий указана их современная площадь (в квадратных градусах).

ры — каменные, серебряные или золотые изображения богов-животных — послужили очевидными прообразами для небесных символов новой эпохи, хотя направленность новой символики по смыслу повторяла прежнюю. Так возникли четыре созвездия второго поколения, в отличие от «круга людей» ставшие «кругом зверей». Из дуалистических символов здесь присутствует только Водолей — реликт предшествующей эпохи; все новые названия, связанные с животным миром, моносимволичны.

Как и ранее, при выделении на небе новых созвездий не было почти никаких ограничений, в связи с чем созвездия «растягивали», включая в них наиболее приметные звезды. Средние размеры новых созвездий ненамного уступают размерам созвездий первого поколения.

Во II—I тыс. до н. э. на эклиптике выделено более 12 созвездий, и только к V в. до н. э. их число снова уменьшается до числа лунных месяцев в году. Названия созвездий «третьего поколения» окончательно

сформировались в рамках античных традиций и имеют не столько астрально-сакральный характер, как предыдущие, сколько художественно-аллегорический.

Созвездия «третьего поколения» имеют наименьшие среди эклиптических созвездий размеры, что дополнительно свидетельствует об их более позднем по сравнению с остальными происхождении. Для них характерно также малое число видимых невооруженным глазом звезд — это очень «невзрачные» созвездия.

Итак, данная реконструкция позволяет датировать эпоху выделения первых зодиакальных созвездий, разделить их на три «поколения», интерпретировать смысл символики в каждом поколении и объяснить происхождение круга Зодиака. Она устанавливает наличие «водного» сектора эклиптики — трех созвездий с «водной» символикой (рыбы — водолей — козерыб), последовательно использовавшихся для олицетворения зимнего солнцестояния.

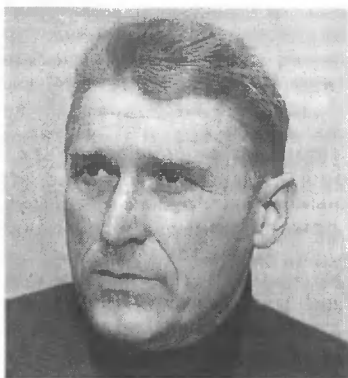
## Путь парадоксов

В. С. Пономарев

Путь этой статьи к читателям был далеко не простым. И это неудивительно, поскольку в ней заявляется о кризисе сразу в двух науках — геомеханике и сейсмологии. Кризис связывается автором с тем, что эти науки базируются на методах механики сплошных сред, которые не всегда состоятельны в применении к геологическим объектам.

Естественная реакция на такое утверждение со стороны механиков — острое неприятие. Геофизики же отреагировали на идеи В. С. Пономарева не столь однозначно. Многим из них импонирует его стремление разобраться в ряде природных явлений (самопроизвольное разрушение образцов, «стрельные» пород в шахтах, образование систем трещин отдельности и т. д.), не объяснимых в рамках традиционных подходов.

И хотя автор не предлагает собственной теории, он привлекает внимание исследователей к тому, что возможная природа многих таких явлений кроется в естественной энергонасыщенности геологической среды.



Виталий Стефанович Пономарев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается проблемами геомеханики, а также сейсмичности Земли. Неоднократно выступал в «Природе».

**М**АССИРОВАННОЕ наступление на проблему прогноза землетрясений началось 30—40 лет назад. Главным направлением удара, стратегией наступления стал поиск предвестников землетрясений.

В этих поисках не осталась без внимания, кажется, ни одна из мыслимых возможностей предсказать землетрясение, использовался весь арсенал современной науки.

Каков же итог?

Своеобразным ответом на этот вопрос стал специальный выпуск «Природы» (1989, № 12), посвященный Спитакскому землетрясению и вышедший под девизом «Землетрясения — уроки и проблемы».

Да, случаи удачного прогноза были. Но пока они совсем немногочисленны и теряются среди множества ложных тревог, когда объявленные сейсмические события так и не наступили. Одной из непредсказанных катастроф оказалась декабрьская трагедия в Армении. Подборка статей в «Природе» оставляет общее впечатление, что в сейсмологии назрела кризисная ситуация, и Спитакское землетрясение заставило заговорить об этом.

Упругие (сейсмические) импульсы излучаются быстро растущими трещинами и, с точки зрения механики, землетрясение — результат почти мгновенного образования разрыва, простирающегося на десятки, а то и сотни километров. Помимо землетрясений известны другие динамические явления, которые связаны с возникновением разрывов меньшей величины, вплоть до импульсов акустической эмиссии, излучаемых микроскопическими очагами разрыва.

Причиной сейсмичности может стать не только естественный процесс, но и техногенное вмешательство. Так, в Денвере, штат Колорадо, начали закачивать химически агрессивные отходы в глубокие трехкилометровые скважины, и земля в этом месте «затрещала» — возникли рои землетрясений. Сейсмичность активизируется и при заполнении больших водохранилищ. Впрочем, все эти сейсмические проявления очень нестабильны: нельзя наперед сказать, в каких геологических ситуациях их следует ожидать, а в каких они будут отсутствовать. Существует ряд принципиальных неясностей, касающихся условий возникновения подобных явлений, о чем еще пойдет речь.

Особенно часто с различными проявлениями сейсмической реакции среды на техногенные воздействия сталкиваются горняки. При достижении так называемой «критической глубины» породы, обнажаемые горными работами, резко меняют свои свойства: становятся хрупкими, ломкими, склонными к самопроизвольному разрушению. Стенки выработок шелушатся, а временами отстреливают линзообразные пластины с острыми краями. Тяжелейшие последствия влекут за собой горные удары — внезапные мощные взрывы, сотрясающие массивы пород, подобно землетрясениям.

Опасность подземной работы и близкое знакомство с горной породой выработало у горняков убеждение, что мы не знаем о ней чего-то самого существенного. Это мнение можно услышать и с высоких трибун всесоюзных совещаний: «В ней есть что-то от Бога!» — в том, конечно, смысле, что механическое поведение горной породы для современной теории остается за семью печатями. Вот высказывание крупнейшего специалиста в области горных наук академика Н. В. Мельникова: «К сожалению, мы вынуждены признать, что напряженное состояние массива постигается пока только практикой». И это подтвердит любой опытный горняк, будь он шахтер или академик.

Обзор всех разделов наук о Земле, так или иначе соприкасающихся с разрушением геологической среды, показывает, что кризис в сейсмологии не является чем-то исключительным. Это всего лишь фрагмент общего кризиса.

Но в чем его причина и можно ли его преодолеть?..

Единство взглядов на какую-либо проблему обычно устанавливается лишь после того, как она решена. А в процессе решения отдельные исследователи или их группы по-разному видят ее сложности и по-разному пытаются с ними справиться. Что

касается автора этой статьи, то, по его мнению, многие модели, используемые сейчас для изучения геологической среды, не учитывают ее важнейших свойств. Путь же к созданию новых моделей среды — изучение явлений, не поддающихся описанию в рамках устоявшихся теорий. Развитие этих тезисов, а также анализ причин, блокирующих нетрадиционные исследования, и составляют предмет настоящей статьи.

## ПАРАДИГМА МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

Область наук о Земле обширна. Исследования в этой области многообразны и формируются под влиянием многих парадигм — систем представлений, признаваемых большинством научного сообщества. Одной из парадигм, вот уже десятки лет направляющих развитие механики деформируемого твердого тела во всех ее многочисленных подразделениях, в том числе и в механике геологической среды, является механика сплошной среды (МСС).

Однако в механике изучаются не реальные тела, а их упрощенные модели. МСС располагает труднообозримым множеством моделей, призванных охватить еще менее обозримую многогранность механического поведения разнообразнейших реальных тел. И все эти модели покоятся на незыблемой основе двух допущений о свойствах среды. Первое из них рассматривает среду как некий непрерывный субстрат (континуум). Второе исходит из того, что в теле нет иных напряжений, кроме тех, которые возбуждаются в нем внешним нагружением. По существу, второй постулат утверждает, что запасы упругой энергии в теле создаются только внешним его нагружением. Это эквивалентно предположению, что среда до ее нагружения находится в состоянии термодинамического равновесия.

Строго говоря, реальные твердые тела не соответствуют своему идеальному теоретическому образу. Они содержат дефекты сплошности и в какой-то мере термодинамически неравновесны. Неравновесные же твердые тела обладают каким-то количеством механически связанной упругой энергии даже в тех случаях, когда никакие внешние силы на них не действуют. Происхождение этих запасов упругой энергии и соответствующих им структурных напряжений может быть обусловлено силами, действовавшими на тело в прошлом, а также самыми разными немеханическими процессами, в которые тело вовлекалось.

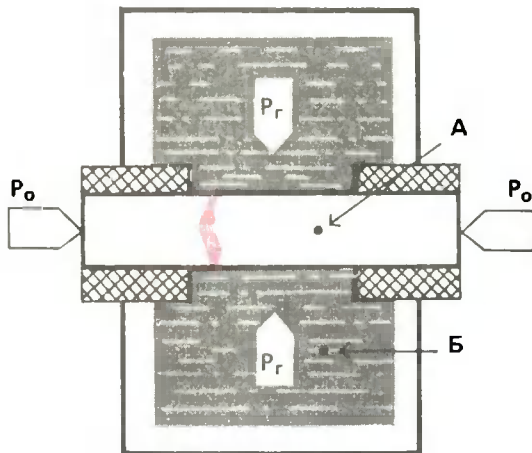


Схема опыта, показывающего, что трещины хрупкого отрыва, обычно образующиеся при растяжении, могут появляться и в условиях огромных сжимающих нагрузок, свойственных недрам земли. В одном из таких опытов, осуществленных П. Бриджменом в 30-е годы, разрыв в стержне из хрупкого материала [А], проходившего сквозь сосуд высокого давления [Б], возник при гидростатическом давлении ( $P_r$ ), равном  $26000 \text{ кг/см}^2$ , и снижении осевой нагрузки на образец [ $P_0$ ] до  $15100 \text{ кг/см}^2$ . Открытое Бриджменом явление образования разрыва в хрупком материале при снижении осевой нагрузки получило название «пинч-эффект» [эффект «перекусывания»].

Материаловеды знают, что любое воздействие на материал — будь оно механическим, физическим или химическим — сопровождается возникновением структурных напряжений, способных резко изменить свойства материала, например, сделать его ломким, хрупким, склонным к взрывообразному разрушению и структурной дезинтеграции. И все же успехи МСС, игнорирующей влияние структурных напряжений, в ее инженерных приложениях неоспоримы. Как это объяснить?

В технике компромисс между теорией и практикой достигается тем, что структурные напряжения здесь не столько учитывают, сколько стремятся от них избавиться. Дело технологов — понизить уровень структурных напряжений в материале до пренебрежимо малой величины, дело конструкторов и строителей — произвести расчеты применительно к сильно «окулярному» материалу, уже свободному от этих напряжений. Существуют и другие выработанные опытом приемы, смягчающие нестыковку теории и практики. Но природа не знает таких приемов и такого разделения труда. Она поставляет «дикий» материал, поведение которого зачастую совершенно не соответствует теории.

Последние десятилетия отмечены существенными сдвигами в теории материаловедения, которая все энергичнее включает в область своих интересов и особенности разрушения термодинамически неравновесных сред. Примером может служить развитая Ю. А. Кадашевичем и В. В. Новожиловым теория пластичности, учитывающая остаточные микронапряжения. Что же касается механики геологической среды, которая всегда шла в кильватере материаловедения, подпитываясь его идеями и приемами, то здесь теоретические ориентиры подавляющего большинства исследований остаются прежними.

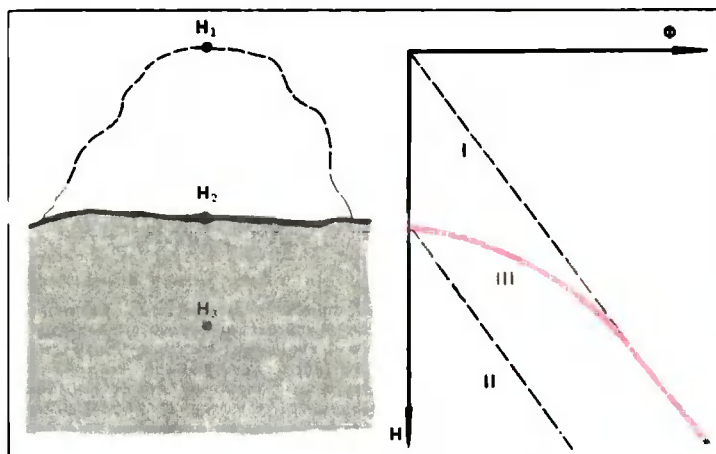
### ЕСТЕСТВЕННАЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

До недавнего времени было принято считать, что напряжения в геологической среде имеют исключительно гравитационную природу, т. е. запасенная ими упругая энергия определяется только весом налегающих пород. Вместе с тем еще в конце прошлого века отмечалось, что горные породы иногда сильно напряжены даже в тех обнажениях, где они заведомо свободны.

«Для правильного понимания сейсмических явлений, — писал К. И. Богданович почти 100 лет назад, — имеют большое значение наблюдения над горными породами в состоянии напряжения. Если такая порода, например, в туннелях, подземных выработках, даже на горных склонах, освобождается от высокого внутреннего напряжения в следствие какой-либо искусственной или естественной причины (выемка, размывание), в ней возбуждаются разрывы. Уменьшение напряжения может происходить не постепенно, а внезапно, рядом последовательных ударов или толчков. Иногда такие явления происходят в больших каменоломнях, когда добытые большие глыбы камня растрескиваются и разламываются в куски, причем маленькие отбрасываются, как взрывом... Это внутреннее напряжение можно рассматривать за остаток энергии, которая привела массу в ее современное положение; но это состояние может быть следствием продолжающихся или даже вновь возникающих внешних давлений, связанных с горообразованием»<sup>1</sup>.

«Быть может, в этих ничтожных проявлениях напряженного состояния внутри горных масс мы имеем «демона землетря-

<sup>1</sup> Богданович К. Землетрясения в Мессине и Сан-Франциско. СПб., 1909. С. 78—79.



Схема, иллюстрирующая один из механизмов «памяти» геологической среды о ее прошлых механических состояниях. Пусть некоторое горное сооружение, достигавшее высоты  $H_1$ , разрушилось, и теперь его высота равна  $H_2$ . Прямая I показывает, как при исходной высоте горного сооружения изменялась с глубиной  $(H)$  плотность упругой энергии, обусловленной весом пород  $(\Phi)$ . Если бы по мере разрушения пород происходило свободное упругое расширение массива, полностью отвечающее снимаемой нагрузке, то изменение  $\Phi$  с глубиной выражалось бы прямой II. В действительности мы имеем кривую III, поскольку часть упругой энергии связывается веществом. Это выражается в появлении поля напряжений, избыточных по отношению к тем, что обусловлены только весом пород. Со временем такие избыточные напряжения релаксируют (причем вертикальная составляющая поля напряжений быстрее горизонтальной) и в верхних слоях земной коры формируется локальное поле горизонтальных напряжений, не согласующееся ни с современной гравитационной нагрузкой, ни с современными тектоническими процессами.

сений, пойманного с полчиным»", — цитирует он известного естествоиспытателя Герлянда. И это не экзотическая точка зрения какого-то отдельного исследователя, обогнавшего свое время: в конце прошлого и начале нынешнего веков подобные взгляды разделялись многими.

Пути науки неисповедимы. Если бы исследования в этом направлении продолжались, кто знает, может быть, сейчас мы лучше разбирались бы в природе горных ударов и действительно научились бы предсказывать землетрясения... Но в таких взглядах таилась еретическая мысль о способности вещества связывать упругую энергию, поэтому дальнейшего развития они не получили.

Характеризуя представления середины нашего века, известный инженерный геолог Л. Мюллер не без иронии заметил: «Бездоказательная вера в то, что напряжения в земной коре (или горное давление в подземных выработках) обуславливается исключительно действием вышележащих горных масс, получила широкое распространение в особенности среди горняков... Интересно, что именно горняки наиболее часто отрицают существование скрытых тектонических напряжений и остаточных напряжений в земной коре, хотя именно они больше и чаще всего испытывают на себе воздействие таких напряжений»<sup>2</sup>.

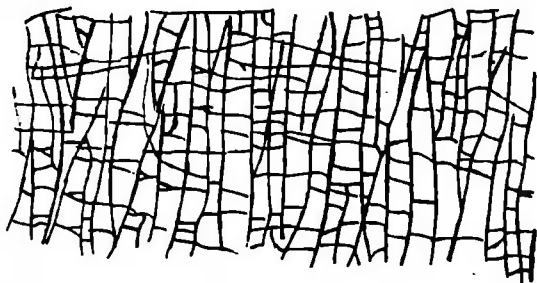
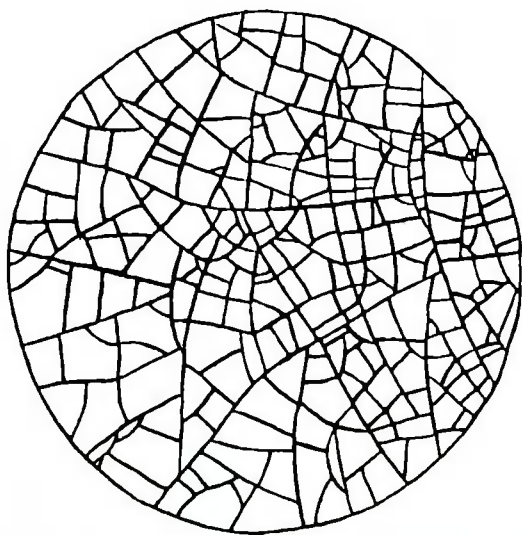
Сначала о величине напряжений в земной коре судили косвенно, их вычисляли. Во второй половине нашего века их научились измерять — и гипотеза гравитационных

напряжений рухнула! Оказалось, что горизонтальная составляющая естественного поля напряжений в отдельных массивах пород в несколько раз (иногда в десятки раз!) превышает те напряжения, которые мог обусловить вес налегающих пород. Этим напряжениям, избыточным по отношению к гравитационным, был придан статус «тектонических».

Решающую роль в произошедшей переоценке ценностей сыграли не столько сами натурные измерения, сколько их сочетаемость с идеями быстро развивающейся новой парадигмы в геологии — тектоники плит. Согласно этой концепции тектонические напряжения возникают при перемещении крупных плит литосферы: сжимающие напряжения — при их сближении и столкновении, растягивающие — при их расхождении. Обнаруженные в земной коре значительные горизонтальные напряжения стали рассматривать как одно из подтверждений новой концепции.

Но по мере того как измерения принимали все более массовый характер, стали появляться все новые и новые вопросы — складывается впечатление, что неосторожные сторонники плитовой тектоники втащили в свой укрепленный стан троянского коня. Оказалось, что проявления естественной энергонасыщенности геологической среды не очень-то укладываются и в этот теоретический трафарет.

<sup>2</sup> Цит. по: Марков Г. А. Тектонические напряжения и горное давление в рудниках Хибинского массива. Л., 1977.



Разного рода «трещины отдельности», расчленяющие материал на множество кусков, или блоков. Вверху слева — типичная картина разрушения верхнего хрупкого слоя двухслойной модели при радиальном растяжении резиновой подложки. Такие же системы трещин образуются в пересыхающей почве, штукатурке, асфальтовых покрытиях, масляной краске и т. д. Но особенно широко они распространены в геологической среде, сообразя ей иерархическую блоковую структуру — от систем глобальных разрывов, различимых на космических снимках, до микроскопических трещин в минеральных зернах. Вверху справа для примера показана сеть трещин на субгоризонтальной поверхности напластования в известняке. Внизу — трещины отдельности в выходах скальных пород на Тянь-Шане. Хотя подобные системы трещин можно встретить почти в любом обнажении, их природа, равно как и природа ориентированной трещиноватости, образующейся при тектоническом внедрении в геологическую среду, по существу, все еще не ясна.

бина, где начинаются динамические проявления, тем напряженность больше. Оказалось, однако, что на территориях древних стабильных щитов горные удары начинаются на глубине около 350 м, тогда как в тектонически активных складчатых областях по крайней мере в полтора раза глубже.

Заполнение крупных водохранилищ, как уже отмечалось, зачастую сопровождается возбуждением сейсмичности. Но вот что удивительно: строительство водохранилищ в тектонически активных районах далеко не всегда ведет к заметному усилению сейсмичности. Вместе с тем растет количество случаев, когда землетрясения, спровоцированные заполнением водохранилищ, возникают в местах, считавшихся несейсмичными.

В целом повышенная активность горных ударов и других динамических проявлений чаще всего наблюдается в породах с избыточными напряжениями негравитационной природы, которые принято было считать «тектоническими». Механическое поведение таких пород становится аномальным. Перечень подобных «необычностей» приведен, например, в одной недавней работе, подписанной 12 видными специалистами в области измерения напряжений в горных

Да, как и предсказывает тектоника плит, напряжения, избыточные по отношению к обусловленным весом пород, чаще всего горизонтальны. Но есть участки, где они вертикальны или вовсе отсутствуют, хотя теоретически должны были бы быть. Более того, напряжения оказались сжимающими не только в областях столкновения плит, но и в областях их дивергенции, где они, по идее, должны быть растягивающими. Труднообъяснима и чрезвычайная «изрезанность» поля избыточных напряжений: нередко они существенно различаются по величине, направлению и даже знаку на разных участках одной шахты, а то и в одной скважине!

Далее. В разных районах «стреляние» пород, горные удары и другие динамические проявления начинаются в шахтах на разной глубине. Естественно было бы предположить, что это обусловлено разным уровнем напряженности пород: чем меньше глу-

породах<sup>3</sup>. Здесь упомянуты и хрупкое разрушение со стреланием в крепких породах, и странное — противоречащее здравому смыслу — улучшение устойчивости подземных сооружений при увеличении пролетов выработанных пространств, и то, что при одинаковой глубине горных выработок они устойчивее в более рыхлых породах...

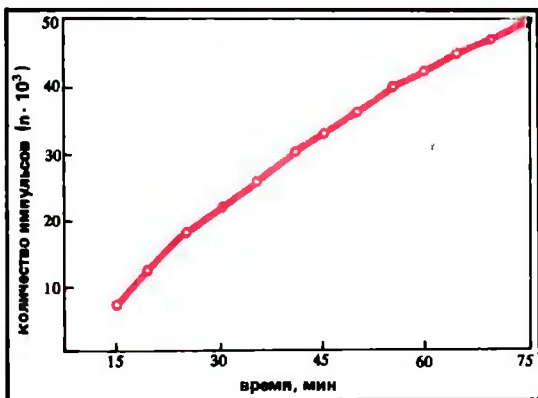
Как происхождение силы может влиять на характер причиняемого ею разрушения? Почему материал в поле тектонических напряжений ведет себя иначе, чем образец той же горной породы, но нагруженный не тектоническим воздействием, а, например, испытательным прессом? Тут есть над чем поломать голову, в особенности если учесть, что фундаментальные представления о механике геологической среды (в том числе и представления, определяющие стратегию изучения очаговых зон землетрясений) сформированы, исходя из «обычного» поведения твердых тел, подверженных «обычным» нагрузкам.

В технике накоплено множество примеров «необычностей», которые характерны для разрушения энергонасыщенных сред, содержащих собственные источники упругой энергии. Тем не менее «табу», наложенное парадигмой МСС на исследования в обход ее второго постулата, остается в силе. Достаточно сказать, что в большинстве современных монографий по механике горных пород и геодинамике о структурных напряжениях не сказано ни слова.

Какова природа естественной энергонасыщенности геологической среды и геологических образований, помимо той, что обусловлена весом лежащих выше толщ или механическим взаимодействием крупных блоков горных пород?

С точки зрения физики, реальное твердое тело — это сложнейшая система с множеством подсистем, причем действие силы на тело возбуждает все его подсистемы. В механике же оно довольно примитивная субстанция. Пружина, поршень в цилиндре с вязкой жидкостью и элемент сухого трения — вот набор элементарных механических моделей, комбинируя которые механика описывает все многообразие поведения реальных тел.

Можно привести немало примеров, когда упрощенные «механоцентрические»



Изменение со временем количества импульсов акустической эмиссии, излучаемых образцом гранита после его разгрузки от усилия в 10 т. (Данные за первые десять минут после разгрузки не приведены из-за условий опыта.) Заметный, хотя и постепенно снижающийся, уровень «шума» отмечается даже через несколько часов после разгрузки. Этот опыт показывает, что действующая на тело механическая сила не только разрушает его, но и создает в нем запасы механически связанной (патентной) энергии. «Трещи» образца после разгрузки — результат постепенного высвобождения этой энергии. Возможно, такую же природу имеют афтершоки — последующие подземные толчки в очаговых зонах крупных землетрясений.

представления не в состоянии охватить всю сложность поведения реальных тел. Допустим, породы нагружены собственным весом и давлением, развиваемые их тяжестью, на больших глубинах огромны. Как исследовать их физико-механические свойства и вообще механическое поведение? Ответ очевиден: подвергнуть образцы пород нагрузкам на специальных установках, способных развивать очень высокие давления. Так и делают.

Но вот парадокс. Глубоководная рыба испытывает давление в сотни атмосфер. И ничего — живет. Что она, невероятно прочна? Ничуть. По прочности ее ткани не отличаются от тканей мелководных рыб. Мы съедим такую рыбу, и если нам не скажут, что она глубоководная, мы этого не заметим. Что станет с такой рыбой, если мы потащим ее под пресс и нагрузим давлением в сотни атмосфер? Да то же, что и с обычной: от нее мокрого места не останется. Следуя фактам, мы приходим к мысли странноватой: глубоководная рыба в привычных для нее условиях обитания испытывает очень высокое давление, но вместе с тем она его почему-то не ощущает. Почему? И не является ли это справедливым по отношению к веществу в условиях глубоких недр? Возьмем хотя бы кристалл

<sup>3</sup> Айтматов И. Т., Ахматов В. И., Борщ-Компаниец В. И., Влох Н. П., Егоров П. В., Кузнецов С. В., Курленя М. В., Леонтьев А. В., Марков Г. А., Мурашев В. И., Надирашвили Н. Р., Ямщиков В. С. // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. 1987. № 4. С. 3—32.

драгоценного минерала: геометрическая правильность его структурного самовыражения столь велика, будто он рос не при огромных давлениях, а в пустоте и невесомости космического пространства.

Все дело, видимо, в том, что вещество, формируясь в условиях больших глубин, в процессе своей эволюции испытывает неоднократную «сборку» и «пересборку» на атомно-молекулярном уровне. В результате внешнее давление уравнивается на атомах и молекулах вещества еще до начала каждой новой структурной переорганизации и дальнедействующие структурные связи, соединяющие элементы тела, оказываются ненагруженными.

Из этого следует: нагружая образцы пород или других модельных материалов, структура которых уже пришла в соответствие с «комнатными» термодинамическими условиями, их подвергают столь чудовищному давлению, которого они, на уровне своей надмолекулярной структуры, никогда бы не испытали, находясь глубоко в недрах земли.

Доводя эту мысль до образа, можно сказать, что в традиционных построениях используется модель своеобразного «батискафа» — в ней предполагается, что тела под давлением ведут себя как пустотелье. Если же говорить о реальном поведении твердых тел в условиях глубин, то его имитация должна соответствовать модели «глубоководной рыбы», требующей, чтобы тело не просто нагружалось высоким давлением, а формировалось в таких условиях.

Высокое давление создает огромные запасы упругой энергии в веществе, изменяя его электронную структуру<sup>4</sup>. Можно предположить, что существуют какие-то механизмы последовательной передачи этой энергии на минеральном, породном и надпородном уровнях строения геологической среды по мере уменьшения давления. Поток энергии, запасенный на глубинном субмикроструктурном уровне, в условиях разгрузки направляется «на периферию» — в микро- и макроструктуры. Это значит, что разгруженные породы, сформировавшиеся в глубоких недрах, вмещают огромную избыточную энергию — на это в свое время обратил внимание Богданович.

Существуют и другие мощные механизмы «подзарядки» вещества упругой энер-

гией, обусловленные изменением термодинамических условий в процессе вовлечения вещества в разнообразнейшие геологические преобразования. Дело в том, что изменение любого из термодинамических параметров, будь то температура, давление, химический потенциал, объем вещества и т. д., влечет за собой множество взаимосвязанных процессов перестройки структуры вещества на всех уровнях его структурной организации, и все эти процессы, в принципе, способны возбуждать структурные напряжения. Лишь один пример. Многие геологические процессы — такие, как гнейсификация, гранитизация, ангидритизация, серпентизация — сопровождаются резким возрастанием объема пород (на несколько процентов и даже на десятки процентов). В недрах расширению вещества препятствуют вмещающие породы. Нетрудно представить, что напряжения как в расширяющихся, так и в стесняющих их расширении породах должны быть громадными.

При этом возникают интенсивные локальные поля напряжений, в том числе и со значительным преобладанием горизонтальной составляющей. Причиной их появления может быть нарушение равновесия масс пород в поле гравитации<sup>5</sup>. Области земной коры, в которых протекают такие процессы, представляют собой своего рода подземные резервуары упругой энергии. Но ни при сейсмическом районировании, ни при выборе мест для гидросооружений, шахт и других объектов, способных возбуждать сейсмичность, возможность существования таких резервуаров во внимание не принимается.

## ДОГМАТ ПРОТИВ ФАКТА

Напомним ряд положений известной схемы Т. Куна, выделившего в динамике развития науки две качественно различные стадии. Первая — «нормальной науки», которой соответствует экстенсивное развитие как бы по горизонтали, и вторая — «научной революции», интенсивного прорыва вверх, на новый этаж научного познания.

Научным революциям предшествует назревание кризисной ситуации, состоящей в том, что парадигма входит в «противоречие с фактами, которые в таком контексте получают статус «аномалий» и «парадоксов». Крылатое выражение «Исключение лишь подтверждает правило» — в науке скорее

<sup>4</sup> Курдюмов А. В., Дегтярева В. Ф. и др. Влияние высоких давлений на вещество. Т. 1. Киев, 1987.

<sup>5</sup> Подробнее см.: Пономарев В. С. Упругая энергия горных пород и сейсмичности // Экспериментальная сейсмология. М., 1971. С. 75—86.



софизм. По мнению Куна, единственный выход из кризисов в науке — концентрация исследований на изучении «аномалий». «Путь парадоксов — путь истины», — сказал О. Уайльд, и эти слова по праву могли бы стать девизом фундаментальной науки.

Пример — кризис в классической физике. Четко обозначившей его аномалией было расхождение данных эксперимента по электромагнитному излучению абсолютно черного тела с предсказаниями теории. Обнаруженное расхождение стало объектом самого пристального внимания физиков, и кризис был преодолен: возникла принципиально новая парадигма — квантовая теория.

Выше отмечалось, что представления о механическом поведении геологической среды пестрят огрехами аномалий. Уместен вопрос: что мешает сконцентрировать фундаментальные исследования на особенно четко обозначившихся аномалиях?

Скорее всего, приверженность традициям. Но вместе с тем достоинство моделей МСС — их относительная простота, возможность описать их дифференциальными уравнениями. Чем проще модель, чем лучше она приспособлена для математического описания, тем легче ее изучать. Но если модель слишком проста, изучать ее незачем. Всякий творчески мыслящий исследователь понимает, что движение теории в ее развитии определяется неустойчивым компромиссом между сложностью натуры и требованием, чтобы формальный аппарат ее описания все же не был чересчур сложным. Исследователь-ортодокс смотрит на дело иначе. В теории он видит форму абсолютного знания, объемлющего все потенции натуры.

Известный субъективизм присущ каждому. Но когда субъективизм многих личностей становится идеологической эпидемией, научное направление превращается в религию, а чуждые ей идеи и факты — в ересь.

Парадигма — не только массовое научное мировоззрение. Это организующее начало тех мощных инфраструктур, которые обеспечивают развитие научного направления, в частности благоденствие его сторонников. В сферу «нормальной науки» вовлекаются едва ли не все члены научного общества. Сюда откачивается львиная доля средств, отпускаемых на развитие научных исследований. Процесс ломки сложившихся структур и представлений всегда полон драматизма. Система, отторгая чуждые ей идеи, прежде всего отторгает их носителей, это не только стандартный сюжет журнальных очерков и художественной литературы, это живая реальность. Идеи же, содержа-

щие антипарадигмальные тенденции — и новые, и нереализованные старые, — замуровываются представителями «нормальной науки» не менее тщательно, чем контейнеры с радиоактивными отходами.

Парадигмы гравитационных напряжений и тектоники плит внутренне согласованы с парадигмой МСС. Вместе они образуют мощнейшую конструкцию с развитой инфраструктурой, которая контролирует все направления исследований и подавляет любые ростки научного инакомыслия.

## НА ПУТИ ПАРАДОКСОВ

Хотя парадигмы и обладают гипнотической силой, подчиняя своему влиянию научное сообщество, можно назвать десятки работ только отечественных исследователей, которые содержат попытки обобщать факты, исходя из принципиально иных концепций.

Так, в соответствии с духом МСС, ведущим видом тектонических деформаций считались пликативные — плавные складчатые деформации. А. В. Пейве и его ученикам удалось доказать, что дело обстоит как раз наоборот: ведущая роль в тектонике принадлежит именно дизъюнктивным деформациям т. е. разрывным нарушениям. В последнее время М. А. Садовский с сотрудниками выдвинули тезис, что геологическая среда отнюдь не сплошная, что дискретное, блоковое строение среды — всеобщий принцип ее существования<sup>6</sup>. Они обосновали необходимость создания принципиально новых моделей геологической (геофизической) среды, в которых учитывались бы ее дискретные свойства.

Представления о существенном значении собственных энергетических ресурсов геологической среды для ее механического поведения в той или иной мере развиваются в работах И. Т. Айтматова, А. А. Борисова, Н. К. Булина, Н. П. Влоха, Б. И. Достовалова, Г. Д. Ефремова, С. А. Захарова, Г. Л. Кирилловой, В. К. Кучая, Л. Д. Лившица, В. Д. Ломтадзе, Г. А. Маркова, Н. Е. Мартыанова, А. В. Николаева, Д. П. Прочухана, В. Н. Родионова, А. Д. Сашурина, О. И. Силаевой, О. И. Слензака, В. Д. Слесарева, К. Т. Тажибаева, А. И. Чередниченко, Н. П. Юшкова.

Не имея возможности обсуждать здесь этот обширный материал, автор все же считает необходимым остановиться на некоторых собственных работах и на тех, в которых непосредственно участвовал, — хотя бы для

<sup>6</sup> Подробнее см.: Садовский М. А., Писаренко В. Ф. Подобие в геофизике // Природа. 1991. № 1. С. 13—23.

того, чтобы высказанные соображения не производили впечатления декларативных.

Считается, что большинство геологических процессов, способных возбуждать напряжения в земной коре, протекают слишком медленно, вследствие чего напряжения успевают релаксировать («рассасываться») по мере их появления. Мнение это основано на результатах испытаний образцов под нагрузкой, которые дают оценку времени релаксации даже для особо прочных пород не более десятков тысяч лет. Этому противостоят факты, свидетельствующие о куда более длительной сохранности напряжений. Горы, например, существуют десятки миллионов лет, тогда как в соответствии с оценками времени релаксации они должны были бы существовать не более 100 тыс. лет. Попытка понять этот «парадокс устойчивости горных сооружений» привела к разработке модели зонной релаксации<sup>7</sup>.

Обычно во внимание принимают только те поля тектонических напряжений, которые определяются современной тектонической активностью. Вместе с тем существует целый ряд естественных механизмов, в которых «подпитка» среды напряжениями осуществляется не прямо, а косвенно (подобно тому, как пружинный аккумулятор упругой энергии может приводить в действие механизм часов еще долго после того, как часы «завели»). Способность среды к самостоятельному возбуждению напряжений была сформулирована как «принцип активности горных пород»<sup>8</sup>, а попытка увязать всю множественность вторичных энергетических преобразований с главной тектонической системой вылилась в представление о тектонических системах, разработанное совместно с В. Г. Трифоновым<sup>9</sup>.

Структурное состояние вещества определяется термодинамическими условиями, в которых оно находится: изменение условий влечет за собой и изменение структурного состояния. Всем известно, что вода в своем круговороте испытывает многообразные структурные превращения — снег, пар, лед, дождь... Но в той же мере это справедливо и для вещества Земли — оно непрерывно перемещается в зоны с разными

термодинамическими условиями: при конвекции, адвекции, диапиризме, образовании интрузий и эксплозий, изостатической циркуляции... В механоцентрических построениях все это, однако, не учитывается.

Структурные изменения вещества интегрально выражаются в изменениях его объема (плотности). Если традиционные модели изостазии дополнить допущением о пульсирующих изменениях плотности вещества, вовлекаемого в изостатический круговорот, они приобретут принципиально новое качество — тектонических систем, способных действовать в режиме самовозбуждения<sup>10</sup>. Из такой схемы изостазии следует ряд принципиальных положений.

Во-первых, горизонтальные и вертикальные движения не противопоставлены, как в ведущих тектонических концепциях («мобилизм» и «фиксизм»), а состоят в системном единстве, представляя собой разные ветви циркуляции вещества в пределах одной изостатической ячейки. Во-вторых, получают дополнительное объяснения такие особенности геофизического строения, как «корни гор» или «волноводы» в земной коре. Они могут быть обусловлены не столько различиями в составе пород, сколько уменьшением плотности вещества при перемещении в зоны с иными термодинамическими условиями, а также при его чисто механическом, дислокационном разуплотнении. Последнее подтверждается результатами, полученными на Кольской сверхглубокой скважине. В-третьих, изостатические процессы — мощное средство энергоснабжения тектонических процессов не за счет внутренней энергии Земли, а за счет энергии излучения Солнца<sup>11</sup>.

Вот еще одно почти не паханное поле. Ярчайшей особенностью строения земной коры является то, что она расчленена сетью трещин на отдельные блоки, напоминающие кирпичную кладку. Многого говорит о том, что блоковая делимость земной коры есть результат релаксационного разрушения пород при переходе субстрата коры из неравновесного состояния в равновесное<sup>12</sup>. Вместе с тем «самопроизвольное»

<sup>7</sup> Пономарев В. С. Парадокс релаксации напряжений в горных породах // *Природа*. 1985. № 5. С. 53—61.

<sup>8</sup> Пономарев В. С. О природе сил, действующих в очаге землетрясения // *Сейсмический режим (Матер. I Всесоюз. симпоз. 12—17 декабря 1966 г.)*. Душанбе, 1969. С. 122—136.

<sup>9</sup> Пономарев В. С., Трифонов В. Г. Тектонические системы // *Природа*. 1989. № 7. С. 62—71.

<sup>10</sup> Пономарев В. С., Тейтельбаум Ю. М. Особенности строения тектоносферы, связанные с процессом восстановления изостазии, и сейсмичность // *Результаты комплексных геофизических исследований в сейсмоопасных зонах*. М., 1978. С. 181—198.

<sup>11</sup> Пономарев В. С. // *Земля и Вселенная*. 1990. № 4. С. 85—89.

<sup>12</sup> Пономарев В. С. Структурные напряжения и блоковая делимость земной коры, наблюдаемые на космических снимках // *Аэрокосмическое изучение современных и новейших тектонических процессов*. М., 1988. С. 57—63.

релаксационное разрушение силами, действующими изнутри, в отличие от «принудительного» разрушения под действием сил, приложенных извне, почти не изучено.

Сотрудником Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР А. Н. Ромашовым разработаны двухслойные модели, состоящие из резиновой подложки и наплавленного на нее хрупкого слоя (воск, парафин). При растяжении нижнего слоя в верхнем возникают трещины отдельности, весьма напоминающие блоковую структуру земной коры. Характерно, что образование трещин происходит за счет энергии, запасенной системой, т. е. по своей сути оно релаксационное. Оказалось, что закономерности образования таких «самопроизвольно» возникающих систем трещин разительно отличаются от закономерностей «принудительного» разрушения, которые принято считать универсальными<sup>13</sup>. Любопытно, что особенности образования трещин в двухслойных моделях во многом сходны с закономерностями пространственно-временного поведения массовых совокупностей землетрясений<sup>14</sup>.

#### ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Работы с результатами нетрадиционных исследований трудно публиковать. Но и опубликованные работы зачастую остаются незамеченными — система отторгает их, как чужеродные. Заниматься такими исследованиями — значит подрывать свою репутацию, усложнять себе жизнь. Общая же участь таких работ — скорое и прочное забвение, нулевой индекс цитирования (который считается едва ли не самым весомым критерием в объективной оценке достоинства научных работ).

<sup>13</sup> Пономарев В. С., Ромашов А. Н. Структурная эволюция естественных двухслойных систем и ее неотектонические аспекты // Современная геодинамика и глубинное строение территории СССР. М., 1990. С. 16—25.

<sup>14</sup> Кулюкин А. М., Пономарев В. С., Ромашов А. Н. Сейсмичность как процесс дробления // Прогноз землетрясений. № 4. Душанбе — Москва, 1984. С. 211—219.

Вот пример. С именами Ф. Савара (1837) и А. Ф. Массона (1841) связано открытие явления, состоящего в том, что при постепенном возрастании нагрузки на образец его деформирование происходит не плавно, а скачкообразно. Эта «скачкообразность» противоречила общепринятым представлениям, и эффект Савара—Массона был прочно забыт. Его переоткрыли в 1923 г. и назвали по имени новых открывателей эффектом Портвена—Ле Шателье. И снова забыли. В последующем его многократно переоткрывали другие исследователи — едва ли не каждое десятилетие. И дело отнюдь не в «переизбытке информации». Известно немало случаев, когда в бездну забвения погружались отнюдь не второстепенные, а важнейшие идеи и факты.

Если провести инвентаризацию идей, возникших в науках о Земле в прошлом или даже нынешнем столетии, то можно обнаружить целые завалы как новых, так и нереализованных старых идей и увидеть, что в оперативной памяти современной науки циркулирует и развивается лишь незначительная их часть.

Можно было бы — и хотелось бы — упомянуть другие парадоксальные проявления механического поведения горных пород, указать на другие острейшие коллизии между ортодоксами и их оппонентами, но вместить это в рамки статьи невозможно. И богатый исторический материал, и беспристрастный анализ исследований повсюду являют примеры ситуаций, которые человеку, не искушенному в таинствах становления науки, покажутся невероятными: сетуя на неблагоприятное состояние исследований в целом, исследователи в своих частных поисках, как зачарованные, движутся почти всей массой своего сообщества только по прямой, намеченной логикой господствующих воззрений. В этой целеустремленности они проходят как мимо парадоксов, по существу являющихся ключами к непознанному, так и мимо достижений в других областях науки, указывающих, как этими ключами можно было бы воспользоваться.

# Иерусалимские размышления\*

Марк Азбель

Можно думать, что многим будет интересно ознакомиться с записками Марка Азбеля. В них надо видеть нечто большее, чем инструкцию советскому ученому, уезжающему за границу. Во время решающих перемен в нашей стране для нас особенно важно осознание своего места и того, как мы станем накопцем не островом, а частью мировой цивилизации. В этой цивилизации наука раньше других стала мировой, и нам надо научиться с ней взаимодействовать в новых условиях. Полагать, что это произойдет быстро и безболезненно — значит существенно упрощать ситуацию. Первое, что сейчас происходит в нашей науке, — это ее деидеологизация. Что касается учения о научном коммунизме или политэкономии социализма, то ввиду исчезновения предмета это происходит само собой. Однако идеологизацию можно увидеть и в том, что сказано еще апостолом Иоанном: «Сначала было слово», — примате в нашем сознании теории над опытом. Азбель говорит об этом применительно к своей науке — теоретической физике. Однако подтверждение этому можно найти и в более широком контексте — и в том, как неверная теория общественного развития загнала страну в тупик, и в том, что шахматы стали преувеличенно значимой областью упражнений ума, и в том, что уже такие журналы, как «Квант», настойчиво демонстрировали нам с молодости превосходство теории над опытом, что наши институты экспериментальной физики все чаще возглавляются теоретиками. Я бы не хотел развивать эту мысль дальше, но можно думать, что нам следует поразмышлять над нашей социальной шкалой ценностей.

Сегодня активно формируется слой предпринимателей. Более того, из самой науки происходит отток коммерчески способных людей. Рождается класс, я хотел бы сказать, советских деловых людей. Однако мы до сих пор не осознаем значимости изобретателей и экспериментаторов. До сих пор их место в общественном сознании ущербно. Об этом, в частности, свидетельствует и Закон об изобретениях, и политика нашего Министерства финансов, систематически душившего налогами всех «куриц», способных нести «золотые яйца».

С другой стороны, отношение к науке как части культуры — это выражение национальной интеллектуальной традиции, которая так характерна для нашего миропонимания. Такая традиция имеет свою историческую ценность, и просто разминать ее было бы весьма неосмотрительно. Сегодня, когда проявляется желание подчинить интересам рынка то, что никак не следует его законам — фундаментальную науку и культуру, — об этом особенно важно помнить. Быть может, нам важнее всего сохранить себя. Этот вопрос со всей остротой стоял и перед автором записок, и потому так ценен его опыт.

Я хорошо помню Марка как «ужасного ребенка» нашей теоретической физики, теперь же мы видим, как он пробует себя в роли «пророка», носителя житейской мудрости, полученной им в его нелегкой и богатой событиями жизни.

С. П. Капица,  
доктор физико-математических наук  
Москва

Памяти Ильи Привороцкого, доктора физико-математических наук, приехавшего в Израиль в 1974 г. и покончившего с собой во Флориде в 1980 г.

**Н**ЕДАВНО мои израильские коллеги с изумлением рассказали мне, что один из известнейших советских физиков, подавший заявление на выезд в Израиль, сообщил: по приезде в Израиль он готов возглавить здешние исследования по физике плазмы. Рассказывалось об этом, как, скажем, о согласии стать президентом Израиля.

После семи израильских лет реакция израильтян меня уже не удивляет. Понятно

мне и та скромная гордость, с которой советский ученый с мировым именем соглашается возглавить израильскую физику плазмы. Он ведь и в самом деле — один из крупнейших ученых мира в этой области, автор книги, переведенной на многие языки, лауреат советской Государственной премии. Несомненно, израильтяне с удовольствием и удовлетворением примут его предложение. Не случайно же крупных советских ученых приглашали на работу сразу же после подачи заявлений на выезд, избирали почетными докторами, членами научных обществ Израиля. Когда в 1972—1974 гг. телефонная

\* Двадцать два. 1984. № 39. («22». P. O. B. 7045, Ramat — Gan, Israel).

связь с Израилем работала почти безукоризненно, несколько физиков-отказников даже читали по телефону лекции израильским студентам и консультировали израильских коллег. Это было дорогое удовольствие: на четыре часа телефонных лекций тратилась месячная зарплата профессора. Но не зря ведь советские физики и математики столь высоко котируются во всем мире! Не зря ведь их приглашают делать доклады на крупнейших международных конференциях! Такие приглашения получали и ученые-отказники. На их московском семинаре побывало за время его существования больше зарубежных нобелевских лауреатов, чем на всех заседаниях советской Академии наук, вместе взятых. Семинар этот завоевал признание и поддержку известнейших ученых мира.

Все это казалось понятным и естественным — до той поры, пока советские ученые не начали эмигрировать в Израиль и Америку. А тогда стали обнаруживаться кое-какие странные факты. Дорогостоящие лекции и консультации по телефону никому не пригодились. Статьи ученых-эмигрантов с удивительным единодушием отвергались научными журналами. Раньше можно было списать это на трудности переписки с журналами и рецензентами, когда находишься в состоянии «глубокого отказа». Но вот, приехав в Израиль и будучи переполнен научными идеями, я в первый же грд отправил в печать 12 статей. Отвергнуты из них были — 12 (!). И отвергнуты по причинам, для меня не просто непостижимым, но звучащим слабо прикрытым издевательством. Рецензии не содержали ни слова научной критики, научное содержание и ценность статьи даже не обсуждались — их заменяли смехотворные рассуждения о том, что статья написана непонятно и читателю будет недоступна. Словно это не читателя дело разбираться в статье?! А некоторые рецензии просто изумляли своей наглостью — рецензент откровенно признавался, что он статью не понял, а потому — печатать ее не следует. Пришлось переписать статьи, сделав их понятными хотя бы для рецензентов, — и тогда все они были безоговорочно приняты.

Аналогичная судьба постигла мои первые доклады на конференциях, семинарах, коллоквиумах. Во время каждого очередного выступления и после него в зале царил гробовое молчание. И это означало — лекция или доклад пропали зря, это означало — никто ничего не воспринял. Все вежливо улыбались, вежливо расходились, а в моей душе оставались глубокая обида и тягостная пустота.

Через несколько лет после эмиграции кое-кто из советских ученых начинал преуспевать. Любопытно, однако, что успех далеко не всегда совпадал с оценкой данного ученого в Советском Союзе. Нередко преуспевали «не те»: ученик, например, обгонял своего — более талантливого! — учителя. Видимо, на Западе дело было не только в таланте. В среде бывших советских ученых росли и множились глубокие обиды, тем более глубокие, что причины успехов и неудач оставались непонятыми, неразгаданными, непостижимыми. Человек упорно работал, добивался результатов, писал статьи, даже публиковал их, — а университет почему-то упорно не желал оформлять его на постоянную ставку<sup>1</sup>.

...Я посвятив эту статью Илье Привороцкому — талантливому физика, которого я знал с его студенческих лет в Харькове, еврею, защитившему докторскую диссертацию в Институте физических проблем у Капицы и работавшему в престижнейшем советском Институте теоретических проблем имени Ландау. Приехав в Израиль, он устроился в хайфском Технионе на стипендию Сохнута (Еврейского Агентства). В рамках помощи новым иммигрантам Сохнут обычно платит иммигрантам-ученым зарплату в течение трех лет — при условии, что университет обещает «серьезно» (!) рассмотреть вопрос о принятии этого ученого затем на постоянную работу. Такая система, естественно, вызывает заинтересованность университетов в принятии на временную работу «даровых» ученых. Если оказывается, что для окончательного решения вопроса о постоянстве университету нужны «еще год-два», Сохнут нередко идет и на такое продление. Привороцкий не получил «постоянства» по истечении обычных трех лет. Он проработал еще два года на «продленной» сохнутовской стипендии, что было неприятно и даже немного унижительно. Пять лет спустя, непризнанный, оскорбленный и обиженный на Израиль, он уехал в Америку и начал работать в университете во Флориде. Я встретился с ним еще через год. Хорошо помню, с какой радостью он говорил, что вот здесь, в Америке, его оценили, что сей-

<sup>1</sup> На Западе спустя пять-семь лет после окончания университета ученый, если он хорошо проявил себя, получает так называемое «постоянство», то есть постоянную работу (нечто вроде того, что мы имели в России), с которой выгнать его — без особых оснований — уже нельзя. В отличие от этого работа не постоянная или по контракту — это работа на строго обусловленный промежуток времени (например, на год-два), по истечении которого контракт либо продлевается, либо прерывается, и человек вынужден искать новое место.

час он подает на конкурс на постоянное место, что он это место получит и Бог с ним, что это место (эквивалентное доцентскому в СССР) ниже того, которое он имел в России и на которое претендовал в Израиле,— зато постоянное. Немного знакомый к тому времени с Западом, я попытался настроить его на менее уверенный лад. Мне это не удалось. А еще через пару месяцев я узнал, что он не получил не только постоянного места, но даже просто продления контракта — и в итоге оказался в пустоте (ибо в Америке Сохнута не существует).

Никто не знает, почему именно человек кончает с собой. Но факт остается фактом: Привороцкого нет, талантливый физик покончил самоубийством.

Это, конечно, крайний случай. Но примеров не столь трагичных можно привести множество. Я помню обиды другого бывшего советского физика, профессора Н. С. В СССР он входил во Всесоюзный совет Академии наук по тонким ферромагнитным пленкам. Приехав в Израиль, он выразил готовность возглавить институт по исследованию этих пленок (такого института в Израиле не было, и его следовало создать специально для Н. С.). На худой конец, Н. С. готов был удовлетвориться должностью «полного профессора» — разумеется, с «постоянством». Предложение «постоянства», но в должности, эквивалентной доценту, или полного профессора, но поначалу без «постоянства» он воспринял как «типично израильское издевательство». Таким же «издевательством» прозвучало для него и предложение Тель-Авивского университета отложить менее актуальные ферромагнитные пленки и заняться тонкими пленками из полупроводников, которые нужны промышленности и более интересны сегодняшней науке. Полагая, что от крупного ученого нельзя требовать отказа от личных интересов во имя суетных, сиюминутных соображений, гордый Н. С. отправился в Америку. Не встретив ожидаемого «понимания» и там, он перебрался в Канаду, где в конце концов принял весьма нелестное предложение какой-то отнюдь не престижной фирмы. Тематику при этом все равно пришлось сменить — но ведь все-таки не в Израиле, а в Канаде, а это, согласитесь, как-то утешает...

Может быть, все дело в том, кто именно приезжает из СССР? КГБ нередко утверждал (а некоторые мои коллеги подтверждали), что подает на выезд тот, кто исчерпал себя как ученый и ищет иной славы и иных возможностей. Но в отношениях советских (и бывших советских) ученых с научным миром Запада есть и другие настораживающие

моменты. Почему многие известнейшие советские ученые так регулярно жалуются, что их работы мало цитируются западными коллегами? Почему — спустя годы — их открытия порой переоткрываются в Америке? Почему те, кого больше всего цитируют в США, зачастую не те, кто пользуется наибольшей известностью в России? Не говорит ли все это о каком-то загадочном «несовпадении тональностей» науки по-советски и науки по-американски?

...Во время одного из моих визитов в США произошло печальное событие: в России умер один из крупнейших советских физиков. Я предложил американским коллегам послать телеграмму соболезнования. В ответ я услышал: «А кто он такой?» Дело, замечу, происходило в одном из лучших американских научных центров — IBM.

После этого я отправился в библиотеку и стал листать «Индекс научного цитирования» (SCI) — журнал, где указываются все ссылки на ту или иную научную работу каждого автора. По числу ссылок на ту или иную работу можно оценить ее относительную научную значимость. Появился даже термин «научный бестселлер» — так называется статья, собравшая 100—150 ссылок на протяжении 10 лет. Будущая «нобелевская» статья собирает обычно свыше 1000 ссылок. Среднее же количество ссылок на непопулярную статью — семь. Очень многие статьи вообще никогда не цитируются. Это означает, что они были написаны зря. Непризнанные гении утешают себя — их, мол, прочтут через 20—50 лет. Увы! Если статью не заметили в первые два-три года, то... Есть еще шансы, что результат статьи переоткроют со временем (если в нем было что-то значительное), но практически нет шансов, что статью перечтут. Старые журналы никто не перечитывает!

Итак, степень научного цитирования — один из наиболее объективных критериев реального вклада в науку. И вот я открываю SCI и обнаруживаю, что в этом отношении ситуация с советской наукой — катастрофическая. Хороший американский (или израильский) ученый получает, как правило, вдвое-втрое больше ссылок, чем крупный, а иногда и крупнейший советский ученый. А это означает, что воздействие на науку среднего американского физика оказывается подчас более значительным, чем крупного советского ученого<sup>2</sup>.

Заинтригованный этим, я попытался

<sup>2</sup> Журнал «Nature» (26.4.1984) подтверждает: «Статьи из лучших советских журналов цитируются в 13 раз реже, чем из соответствующих американских».

проследить — в той области физики, где я мог судить профессионально, — всегда ли так было. Оказалось, что всего лишь 18 лет назад ситуация была более или менее «объективной»: цитирование бесспорных «корифеев» шло хотя и безусловно в пользу американцев, но с разницей не больше 50 %. Однако с годами эта разница непрерывно росла. За 1975—1981 гг. (согласно «Nature») цитирование советских журналов упало на 11 %, американских — возросло на 12 %. Восемнадцать лет такого отставания привели к разрыву в цитировании в три раза.

Значит, дело не только, а иногда и не столько в степени таланта. Дело в чем-то ином. И в чем-то не случайном, не связанном с переездом советских ученых, не зависящем от того, кто и куда едет. Мои израильские коллеги в 1977 г. подтверждали этот вывод. «Конечно, — говорили они, — вы как ученый крупнее нас, — однако в очереди на приглашения в лучшие научные центры вы будете последним». И в течение первых двух-трех лет это абсолютно соответствовало действительности. Даже студенты, только что окончившие докторантуру (по советским меркам — свежеспеченные кандидаты), подчас получали больше приглашений, чем маститые советские профессора.

Если бы мне предложили сформулировать в одной фразе, в чем разница между физикой в Советском Союзе и физикой на Западе, я бы ответил: в Союзе физика — это искусство; в Америке (а значит, и в Израиле, который в научном отношении является 51-м американским штатом) физика — это бизнес. А недавно мне пришла в голову и еще более еретическая мысль. В нарочито заостренной форме ее можно выразить так: Геббельс был прав — существует наука арийская и наука еврейская. Наука в Советском Союзе и отчасти в Европе — наука еврейская. Наука в Америке и Израиле (!) — это наука арийская.

Мысль эта пришла мне в голову при чтении книги Доры Штурман, в которой она описывает характер Троицкого. В этом характере мне вдруг почудилось что-то страшно знакомое. Где-то я уже читал нечто подобное... И вдруг я вспомнил: в западной биографии Эйнштейна!

В России мы привыкли к образу доброго, всепрощающего, всепонимающего, скромнейшего Эйнштейна. В жизни это был человек, плохо понимавший возможность чьей-либо правоты, кроме своей собственной; резкий и нетерпимый в споре; готовый прислушаться к мнению лишь немногих из-

бранных. Узнав это, меньше удивляешься тому, что у Эйнштейна никогда не было настоящих учеников, что он не создал и не оставил школы. Характер Эйнштейна подозрительно напоминал характер другого известнейшего еврейского физика — величайшего советского теоретика Льва Ландау. (Но в России к диктатуре не привыкать, и Ландау сумел еоздать блистательную школу).

И вдруг величайшие евреи всех времен и народов, евреи, наложившие свою печать на развитие цивилизации, оказались мне удивительно похожими друг на друга. Моисей, Маркс, Фрейд, Эйнштейн, Троцкий — все это люди одной всепоглощающей идеи. Люди, для которых Теория имела бесспорный приоритет перед Экспериментом. И если Эксперимент не согласовался с их Теорией, тем хуже было для Эксперимента. Их Теории всегда строились чисто умозрительно, далеко, почти бесконечно далеко от Эксперимента. Не случайно, создавая свою специальную (частную) теорию относительности, Эйнштейн (как недавно выяснилось) не знал основополагающего опыта Майкельсона (впервые экспериментально доказавшего неоднородность ньютоновской физики<sup>3</sup>). А когда в 1922 году мир, и не только научный, затаив дыхание, ждал результатов проверки невероятного предсказания общей теории относительности — гравитационного притяжения света звездой! — был один лишь человек, которого это мало интересовало, — Эйнштейн. Он з а р а н е е знал, что результаты эксперимента не поколеблют его теорию. Столь же характерным было и то, что для Эйнштейна основную роль всегда играла общность, всеобъемлющность, универсальность Теории. И такая Теория должна была строиться почти из ничего! Знания, что существует электрон, Эйнштейн полагал достаточным для построения всей теории элементарных частиц. Не случайно Эйнштейн оставил математику (где считал себя более талантливым, чем в физике). Он оставил ее потому, что не видел в ней проблемы, которая объединяла бы в с ю математику и определяла в с е ее дальнейшее развитие.

<sup>3</sup> Этот опыт, если угодно, продемонстрировал, что и всемогуществу положен предел. Вообразим себе супермена, который мчится за супершпионом со скоростью света. Вот он вскочил на суперэскалатор, который тоже движется со световой скоростью, и побежал по нему, надеясь ускорить погоню. Глупый супермен! Он зря тратит суперсилы. Все равно приближается он к супершпиону все с той же световой, а не суперсветовой скоростью.

Так вот, Эйнштейн теоретически предсказал этот парадокс, не зная, что Майкельсон экспериментально его обнаружил.

Разными были таланты великих евреев, разными — последствия их деятельности. Однако подход их — от Теории к Эксперименту — был единым. Он оказался благотворным в случае Эйнштейна; губительным в случае Маркса и Троцкого; ведущим к великим поискам, великим открытиям и великим ошибкам в случае Фрейда; во многом определившим взлеты и падения еврейской судьбы в случае Моисея. Но у всех у них при этом было столь много общего, что об этом даже страшно думать. Настолько много, что в эту общность вписывается и еще один великий еврей — Христос. Не зря значительную часть евангелий пришлось «зачислить» в апокрифы: Христос этих евангелий слишком уж похож — нетерпимостью, суждениями и даже биографией — на профессиональных революционеров-большевиков. (Кстати, американский исследователь Д. Кармайкл утверждает, что Христос и был революционером, и распылял его за мятеж против Рима.) Но даже если оставить в стороне апокрифы, позабыть практическое «плохое» воплощение «хорошей» христианской идеи (правда, знакомо?) — крестовые походы, инквизицию и религиозные войны, — все же останется то, что так блистательно сформулировал Андрей Синявский: «Жить по-христиански нельзя, по-христиански можно только умереть». Иначе говоря, в данном случае Теория противоречит основному из Экспериментов — самому существованию Жизни. И автором этой Теории был еврей!

Хочу подчеркнуть: я не даю оценок, не ставлю «отметок» ни евреям, ни неевреям. Я всего лишь хочу обратить внимание на одну особенность еврейской мысли: Теория, Идея превыше всего, даже их опровержения самой Жизнью. Конечно, когда я говорю о евреистве, я вполне понимаю не исключительность исключений. Нация определяется генетически, статистически, психологическим складом, а не только фактом рождения. Я видел евреев, которые были по сути своей русскими, и русских, которые были по своему характеру евреями. Сами мои рассуждения тоже несут печать еврейской склонности к глобальному обобщению, к созданию «единой теории», даже в подгонке эксперимента под теорию. Несомненно также: мои спекуляции весьма спорны. А потому — вернемся от затянувшегося лирического отступления к эксперименту — к тому, что происходит в науке в СССР и на Западе.

В России вершину научной иерархии венчает фундаментальное Знание, то есть

Теория и теоретики. Ниже располагаются экспериментаторы, почтительно взвзирающие на теоретиков снизу вверх. И уж только отпетые неудачники отправляются в прикладную науку и работают, скажем, в каком-нибудь институте огнеупоров или стали и сплавов.

Возможен ли такой подход на Западе, где основу основ составляет бизнес? И если даже отвлечься от материальных соображений... Западная наука восходит к Ньютону, а кредо Ньютона: «Гипотез не измышляю!» Именно этому кредо следовали великие Фарадей и Резерфорд. И потому в Америке пирамиду науки венчают «прикладники», по-ниже толпятся экспериментаторы и уж вовсе у подножия пирамиды находятся теоретики, которые обслуживают экспериментаторов — делают то, что изволит и что велит Его Величество Эксперимент. Потому и роль теоретиков, как и всякой услуги, — пошевеливаться и поживее перебежать туда, куда надобно. Впрочем, таковы должны быть и все остальные. Никому в американской физике не дозволено слишком замыкаться в «башне из слоновой кости».

А теперь сопоставим работу научных учреждений в СССР и на Западе. Характерной для России является чрезвычайно высокая концентрация ученых в одном месте. (Я каждый раз имею в виду физику, еще точнее — физику твердого тела; кажется мне, однако, что мои наблюдения типичны и даже не только для науки.) Количество крупных ученых, работающих в Москве, составляет, вероятно, 70 % общесоюзного. Доля ученых, сосредоточенных в Москве, Ленинграде, Харькове, Новосибирске, Киеве, приближается, пожалуй, к 90 %, а может, и выше. Это означает, что наиболее значительные научные семинары и коллоквиумы посещает большинство физиков страны! В результате и на семинаре, основанном Ландау, можно было получить представление обо всем, что происходит в советской и мировой физике. Если советский физик в России делал интересную работу, ему достаточно было доложить ее на семинаре Ландау или на коллоквиуме Капицы. После этого все знали о существовании этой работы и все, кого она интересовала, могли лично связаться с автором, узнать все подробности, получить исчерпывающую информацию<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Может показаться, что советская система гораздо эффективнее, поскольку позволяет ученым гораздо проще и быстрее общаться друг с другом. В действительности она приводит к высокой мере единообразия — и в научном подходе, и в выборе научной проблемы. На Западе многообразие — буквально закон. Хороший университет, как правило, не примет в



В результате то, как был построен доклад и насколько понятно написана статья, оказывалось не столь уж важным. В сочетании с ограничениями на объем статьи, в сочетании с тем, что ни зарплата, ни положение автора от качества написания статьи не зависели, возникало своеобразное высокомерие по отношению к слушателю и читателю. «Хорошую статью все равно прочтут. Если дурак-читатель ее не понимает, тем хуже для него». Таков был подход автора, таков был подход рецензента. Докладывая у Ландау, я обращался лично к Ландау и убеждал в своих идеях именно его. Пара десятков лучших физиков страны в первых рядах, видя согласие с докладом великого Дау, напряженно постигали его содержание и изредка задавали вопросы. Полторы сотни остальных присутствовавших безмолвствовали. Свои статьи в СССР я писал сразу «набело», не затрудняясь даже перечитывать их.

Американские ученые разбросаны по градам и весям. Крупнейший научный центр — Гарвардский университет — имеет трех-четыре постоянных теоретиков в области физики твердого тела. Их коллеги на западном берегу находятся на расстоянии пяти часов лета и трех часов разницы в пояском времени. До коллег в Европе семь часов лета и шесть-семь часов разницы во времени. Доложить работу сразу всем практически невозможно. В результате роль доклада на международной конференции, впечатление, которое было вынесено слушателями после доклада в крупном университете, возрастают неизмеримо. Качество написания статьи оказывается столь важным, что недооценка этого научной смерти подобна. Гигантское, поистине фантастическое «предложение» статей со стороны тысяч ученых, практическая невозможность прочесть даже малую толику публикуемых работ, и, следовательно, весьма невысокий «спрос» приводят к ситуации, типичной для западного рынка вообще: перепроизводству «товаров» и необходимости завоевывать «покупателя».

Эта ситуация обостряется буквально с каждым месяцем. Один из американских физиков рассказывал мне, что всего 10—15 лет назад, когда крупнейший американский физический журнал «Physical Review» выходил раз в месяц в виде одного тома, он просматривал в журнале все статьи и прочитывал все статьи по своей специальности и все письма в редакцию (письма в редакцию — наиболее интересные, наиболее актуальные результаты, оформленные в виде небольшой статьи). Сегодня журнал выходит уже в шести (!) огромных томах каждый месяц, письма в редакцию — еженедельный томик — и потому: «Теперь я просматриваю письма в редакцию и статьи по своей специальности, а некоторые из них, наиболее важные, читаю». Значит, когда взгляд читателя останавливается на статье, судьба ее решается буквально в первые минуты, необходимые, чтобы просмотреть резюме и выводы. Если в этот момент читатель потерял, он может быть, потерял навсегда. Вот почему написание статьи все больше и больше становится на Западе почти таким же искусством, как телевизионная реклама. Нужно уже в резюме убедить читателя, что ему необходимо эту статью прочесть. Нужно изложить выводы так, чтобы он их сразу усвоил и сразу понял, как их можно применить в его работе. Каждый параграф, каждая глава должны строиться так, чтобы уже начало чтения давало основную информацию.

Такое написание статьи может отнять до 30 % времени ученого. Но только при этом условии его статья будет читаться. Ни у кого на Западе нет времени заниматься расшифровкой статей, которые могут оказаться — а могут, с куда большей вероятностью, не оказаться — интересными. Думаю, именно поэтому цитируемость советских статей падает. Вал научной продукции удваивается сейчас каждые несколько лет, и статьи в советских журналах, — которые, как правило, написаны плохо, — все чаще остаются непрочитанными.

Аналогична на Западе ситуация с докладами. Доклад — это час, в течение которого приводятся не выкладки, не доказательства, а выводы, результаты и их место в общей системе знания. Приводятся для слушателя, как правило, не работающего в данной области, но желающего понять, как он может использовать новое знание в своей работе. Короче говоря — это опять в какой-то мере реклама. И в ней не работает советский метод: от общего к частному (к тому же упоминаемому как бы между прочим). Американский метод предельно конкретен:

---

докторантуру собственного выпускника, чтобы ученик не оказался слишком похожим в научном отношении на своего учителя. Считается абсолютно обязательным для будущего ученого побывать в плавильном котле десятка разных научных школ, ибо лишь повидав великое многообразие стилей, он выработает свой путь в науке, а попутно избавится от чрезмерного пиетета перед каждым из носителей разных стилей. При том, что для связи с любым местом западного мира достаточно снять телефонную трубку и набрать (за счет своего университета) довольно длинный номер, новости распространяются здесь буквально со световой скоростью. Конечно, при условии, что они заслуживают такой скорости!

от сугубо частного к общему, упоминаемому всего лишь между прочим.

Завоевание слушателя и читателя должно происходить в Америке непрерывно. В России с той минуты, как ученый попал в научный институт или университет, ему нужно хорошо «потрудиться», чтобы отсюда «вылететь». Практически, когда молодой кандидат наук поступает младшим научным сотрудником в хорошее место, его дальнейшая карьера почти обеспечена.

Путь американского ученого — разительно иной. Он поступает, например, в Гарвардский университет. Там он кончает первые три года обучения. Следующие годы он учится в Корнеллском университете, где получает докторат («кандидатскую»). «Стажировку» (постдокторат) проходит в университете Беркли. После этого он поступает на работу (я перечисляю лучшие места) в «Лаборатории Белл». Пройдет лет пять-шесть, прежде чем его работа будет оформлена как постоянная. В каждом новом месте, новой школе, среди новых учителей он должен снова и снова доказывать свою значимость! Но и после того, как он получит постоянную работу, его зарплата, его возможность роста, все, что связано с научной карьерой, будет до отставки — или до гробовой доски — зависеть от того, как он себя проявит. Он будет заново оцениваться на каждом докладе, на каждой конференции. Даже нобелевский лауреат знает, что после первого же неудачного доклада поползет слухок: может, выдохся? А выдохся — это значит: все, больше не интересен. Как в спорте — свой класс надо подтверждать непрерывно. Ибо даже сама возможность заниматься наукой, то есть получение средств на нее — так называемых «грантов», зависит от того, чем занимается ученый, насколько это актуально, какие результаты он получает и как он их преподносит.

Мобильность — условие научного выживания на Западе. Хотя почти любая научная проблема стареет в течение короткого времени, в России тем не менее человек может заниматься одним и тем же вопросом и 10, и 20 лет, а подчас и всю жизнь. В СССР ученые шутят: «Мы делаем то, что можно, так, как нужно, в Америке делают то, что нужно, так, как можно». Они не подозревают, как много правды в этой шутке. В США студент, который делал докторат по теории элементарных частиц, может затем заняться прикладной физикой, и это никого не удивит. И наоборот, такая сугубо «земная» (и потому сверхбогатая) фирма, как IBM, тратит на чисто научные исследования больше, чем весь Израиль. В IBM,

например, пытаются обнаружить «монополь Дирака» — элементарный носитель одного магнитного полюса. IBM поступает так не только потому, что это дает прекрасную рекламу, но и потому, что человек, поднявшийся до вершин научного эксперимента, незаменим в прикладной физике и технике. И потому также, что, например, Скотт Киркпатрик, изучая сугубо академический вопрос о поведении так называемых «спиновых стекол», внес очень важный вклад в конструирование компьютеров. В отличие от России, на Западе наука не разделена на непроходимые отсеки. Мобильность приводит к невиданному в условиях России взаимодействию ученых: я знаю, что делать, ты знаешь, как делать, он знает, для чего это нужно, а еще кто-то знает, где это можно сделать, — давайте же объединимся и в течение двух недель сделаем прекрасную работу!

Я хорошо помню, как, совершая свою первую научную поездку по Америке, чувствовал, что вот-вот скончаюсь от переутомления. Меня привозили в университет в девять утра, где я встречался с ученым А. В 9.45 меня уже ждал ученый Б. В 10.30 — ученый В. Затем за ланчем мы разговаривали все вместе. Эта мясорубка продолжалась до пяти-шести вечера. Она была тем мучительней, что когда я только начинал всерьез обсуждение проблемы, уже надо было идти на следующую встречу. Я еще не знал тогда, как это много — 45 минут — для того, чтобы понять, целесообразно ли дальнейшее научное общение. Я еще не знал, что цель приезда — это интенсивнейшее взаимодействие. Когда во время этой первой поездки меня спросили — дело происходило в «Лабораториях Белл» — собираюсь ли я «взаимодействовать» с тамошними учеными, я гордо ответил: «Конечно, если их заинтересует биофизика, которой я занимаюсь сегодня, а не физика твердого тела, которой занимаюсь они и которой я занимался вчера». После такого ответа только что сделанное мне предложение — провести в «Лабораториях» неограниченное время, и чем больше, тем лучше — вдруг оказалось недействительным «из-за урезанного финансирования». Когда я усвоил урок, деньги тут же нашлись.

Подобный урок тем важнее усвоить, что в противном случае ты оказываешься за бортом мировой науки. Кто не «взаимодействует», кто не участвует в коллективной охоте на проблему, тот работает «в стол», то есть на научную свалку. К сожалению, именно такой оказалась судьба многих советских и бывших советских ученых. Попытки заниматься сугубо своей, уже устаревшей или еще не ставшей актуальной темой обречена

на провал. Именно поэтому сегодня зазвучали имена, вчера еще не знакомые. Это имена тех, кто оказался на гребне сегодняшних научных интересов, и потому полученные ими результаты взволновали всех, работающих в данной области. Сегодня они — произнесем это слово — в моде. Их всюду жаждут видеть. Им готовы оплатить проезд на научную конференцию. Через несколько лет тема будет исчерпана и, если они вовремя ее не покинут, они будут забыты.

Непонимание механизма американской науки приводит к последствиям, в буквальном смысле трагическим. Как привыкли мы в России к знакомым, таким приятным словам: «Служенье Муз не терпит суеты...» Как свято мы верили, что суета и (произнесем и это слово) проституирование научной деятельности, эти «чего изволите?», «что требуется?», «что угодно?» — противопоставлены высокой науке! Мне и сегодня мила эта мысль, да смущают факты. На протяжении последних 30 лет своей жизни Эйнштейн так и не приблизился к решению задачи, поставленной им перед самим собой, — созданию единой теории поля. А спустя менее 35 лет после его смерти множество ученых, ни один из которых порознь не мог равняться талантом с Эйнштейном, коллективно подошли вплотную к полному решению этой задачи!

Я вынужден констатировать, что так же, как западный бизнес, не одержимый никакими идеалистическими соображениями, заваливает потребителя прекрасными товарами, так же и прагматическая, быть может даже не слишком симпатичная, западная наука с ошеломляющей скоростью решает задачи, сама возможность решения которых 10—20 лет назад и не снилась никому из нас. При этом западные ученые решают задачи в областях, казалось бы необычайно от них далеких. Крупнейший теоретик в области физики твердого тела, нобелевский лауреат Филипп Андерсон пишет статьи по теории биологической эволюции! Эта широта, мобильность, готовность взяться за любую интересную задачу, достичь в ней конкретных результатов, до отказа используя современную научную технику (и прежде всего компьютеры), и обязательно довести решение до понимания и сознания специалистов (а не высокомерно отделаться написанием «высококошовой», но непонятной статьи) — в высшей степени характерная черта самых выдающихся западных ученых.

Я бы не хотел, чтобы мои слова прозвучали апофеозом американскому пути в нау-

ке<sup>5</sup>. Меньше всего мне симпатичны рассуждения о том, «что такое хорошо и что такое плохо». Я всего лишь рассказываю об особенностях этого пути. Именно так движется сегодня американская (и, значит, и израильская) наука. Этот путь можно принять, его можно отвергнуть, им, как Нью-Йорком, можно восхищаться или возмущаться; но в современном прагматическом западном мире этот путь — и чем дальше, тем больше — оказывается единственно возможным, нравится нам это или не нравится.

Если бы мои коллеги из СССР, выехавшие в Израиль, в Америку, во Францию, спросили меня, что я могу им посоветовать, я сказал бы, пожалуй: если хотите остаться в науке, поймите, что это и не ая научная игра, чем та, к которой вы привыкли в России. Не жалейте ни сил, ни времени на то, чтобы выучить правила этой новой для вас игры. Чем больше времени вы «сэкономите» на обучении, тем больше потеряете потом. Каких бы результатов вы ни достигли, все научные отзывы на вас будут отрицательными.

В будущем, вероятно, различие между советской и американской наукой окажется предметом глубоких и внимательных исследований. Но понимание этого различия советскими и экс-советскими учеными мне представляется абсолютно необходимым уже сегодня, если они хотят внести серьезный вклад в сегодняшнюю мировую науку или сегодняшнюю культуру.

## ВМЕСТО ПРИЛОЖЕНИЯ

Мне бы хотелось закончить несколькими конкретными рекомендациями тем коллегам, которые сегодня пытаются абсорбироваться в западной науке. Для начала возьмите SCI за последние годы и подсчитайте количество ссылок на ваши статьи в западных журналах. Сравните это с количест-

<sup>5</sup> Я мог бы, например, привести множество отрицательных последствий американского пути. Конкуренции и перегрузки ведут к нередкой поверхностности, а подчас и злобности американских «закрытых» научных рецензий. (В этом отношении европейцы сдержаннее и объективнее, советские же рецензии и рецензионная политика (в таких журналах, как ЖЭТФ и «Письма в ЖЭТФ») могли бы служить образцом научной добросовестности.) Вспыхив в США могут и проглотить крупное открытие, если оно оказалось в стороне от столбовой дороги (но тогда — ненадолго: как ноющий зуб, оно не даст себя забыть и спустя два-три года начнет новую дорогу). Отбор основных («приглашенных») докладов на крупные конференции и съезды Американского физического общества подчас напоминает выборы в советскую Академию наук: попадают только достойные, но не все достойные попадают. В погоне за престижем (а в конечном счете финансированием) научные учреждения ведут настоящие политические баталии: кто больше даст таких докладчиков. И так далее...

вом ссылок на статьи тех, кого вы считаете равными себе в научном отношении. Это даст вам первое представление о вашей относительной ценности в западном научном мире. Чтобы уточнить оценку, полезно проверить, ссылаются ли на ваши работы крупнейшие ученые в данной области.

Если результат покажется вам глубоко несправедливым, то ради вашего же будущего благополучия осознайте, что именно таков он в глазах ваших западных коллег и все дальнейшее зависит только от вас самих.

Следующий шаг — задайте себе вопрос: насколько область, в которой я работаю, представляет сегодня интерес для науки вообще и для того коллектива, где я работаю? И если вы заключите, что тема устарела, то, как это ни тяжело, бросьте ее, найдите другую, которая будет интересовать не только вас. Наука на Западе, как правило, коллективный процесс.

(Кстати: способность вписаться в научный коллектив — важнейший и обязательный вопрос при рекомендации на любую должность на «индивидуалистическом» Западе.) И если сегодня в моде баскетбол, то средний баскетболист ценится выше, чем хороший футболист, а прекрасный игрок в лапту и вовсе никому не нужен.

Если ваша тема интересна и актуальна, но на вас тем не менее ссылаются мало — значит, ваши статьи написаны плохо. Не пожалейте времени на то, чтобы сделать их понятными даже студенту. На телевизионном диспуте Рейган и Мондейл имели по две минуты для ответа на вопрос, по одной (!) — для возражения оппоненту и по четыре — для заключительного выступления; регламент — свидетельствую, сам видел! — выдерживался жестко: президента прерывали на полуслове. Научитесь и вы за 60 секунд завоевывать читателя или слушателя. Научитесь на полустранице объяснить «невежественному» (я подчеркиваю — невежественному, незаинтересованному в ваших результатах) читателю, что такого вы сделали, что оправдало бы время, затраченное им на чтение вашей статьи. Переписывайте и переписывайте ваши статьи, пока они не станут понятными.

Если вы получаете рецензии, которые удивляют вас своей глупостью и непониманием, вспомните — рецензент всего лишь моделирует несколько улучшенного читателя. Как и средний читатель, он тоже не желает тратить на вас свое время, но зато тему он знает, как правило, куда лучше, чем средний читатель. Своим непониманием он сигнализирует вам: ваши статьи пишутся зря! А потому лучше написать одну статью,

которую прочтут, поймут и будут использовать, чем пять, которые незаслуженно, но неизбежно пойдут на научную свалку.

Если вы сделали доклад и не услышали после него вопросов — лучше бы вам его не делать. Ибо несделанный доклад лучше доклада провалившегося. Если вас не приглашают делать доклады — значит, ваша репутация пожирателя чужого времени прочно установилась. Знаю по собственному опыту: научиться писать и докладывать «по-западному» очень трудно. Покидая Россию, я полагал, что на это потребуются часы; спустя полгода я думал, что окажется достаточно трех лет; сегодня я все еще учусь. Вот несколько правил, которые я уже усвоил. Статья должна строиться так же, как в газете: информативное заглавие; суть, излагаемая в первом же абзаце; основные факты, излагаемые в нескольких следующих абзацах; отдельные небольшие главки, посвященные частным, менее значительным деталям; обязательные четкие выводы из главки и статьи в целом; никаких «конспектов на будущее», столь модных в советских статьях — если есть несколько вещей, о которых хочется сказать, значит, нужно написать несколько статей, ибо основное правило таково: одна статья — одно научное утверждение — одна мысль; один доклад — одно научное утверждение — одна научная мысль; если мыслей в статье три, то потеряются все три.

И последний совет — сугубое внимание к эксперименту. Теория на Западе имеет смысл лишь постольку, поскольку ее можно проверить экспериментом. Один из известных советских теоретиков, член-корреспондент Академии наук СССР Г. на международной конференции величественно поправил молодого английского экспериментатора: «В теории Мотта не бывает квадратного корня из температуры, в одномерном случае температура входит только в первой степени». Эта история дошла до меня в США как научный анекдот. Уважаемый теоретик был совершенно прав, но только — теоретически. Действительно в бесконечно больших одномерных системах этого «никогда не бывает»; однако в тех конкретных образцах, с которыми имел дело экспериментатор, только это и встречается. Конференция происходила в Европе, теоретик был из Москвы, а я об этом услышал в Америке от английского физика.

Бесспорно, переучиваться на западный стиль трудно, скучно и не так уж приятно. Но — «надо, Федя!» И я желаю вам на этом пути успеха — так же, как желаю его самому себе.

# Ереванское землетрясение 1679 г.

**А. А. Никонов,**

доктор геолого-минералогических наук  
Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР  
Москва

**И. И. Асланян**

Институт геофизики и сейсмологии АН АрмССР  
Ленинкан

**В**ТОМ, что земля Армении подвержена разрушительным землетрясениям, теперь убеждать никого не надо. Если до 1988 г. на карте сейсмического районирования большая часть республики относилась к зоне 8-балльной сейсмической опасности, а северо-восток — к 7-балльной<sup>1</sup>, то после катастрофического Спитакского землетрясения большинство специалистов готово принять 9-балльную оценку как фоновую почти для всей территории республики. (Вполне возможно, однако, что ко времени составления и утверждения новой официальной карты сейсмического районирования территории СССР масштабы трагедии подзабудутся, «экономический» подход к районированию под давлением обстоятельств будет реанимирован и карта снова «поблуднеет».)

Один из способов сделать так, чтобы предстоящие землетрясения не оказывались неожиданными, — тщательно изучать и помнить разрушительные события прошлого. Для любой страны и ее народа особенно важно сохранить столицу. Вот почему подробно изучать былые землетрясения в Армении мы начали именно с Еревана, где ныне проживает около 1,3 млн. чел. (30 % жителей республики), а между тем строился город далеко не с тем запасом прочности, который диктуют даже существующие нормы.

На действующей карте сейсмического районирования Ереван попадает в 8-балльную зону. Действительно, за последние 100 лет в Ереване отмечались лишь умеренные сотрясения и незначительные поврежде-

ния. Только в 1937 и 1984 гг. толчки в городе достигали силы в 6 баллов.

Но Ереван ведет свою историю от урартской крепости Эребуни, воздвигнутой 2,5 тыс. лет назад. Ее остатки сохранили следы сейсмических толчков силой свыше 8 баллов.

Нельзя не напомнить и о серии катастрофических землетрясений IX в., неоднократно разрушавших тогдашнюю столицу Армении — город Двин (Товин), что в 30 км к юго-востоку от современного Еревана. В 854 и 869 гг. они были столь сильны, что разрушали капитальные каменные постройки и погубили десятки тысяч жителей. А в 893 (894) г. заново отстроенный город был вновь разрушен, около 100 тыс. чел. погибло. (Это заставило перенести столицу в г. Ани.) Если эпицентр этого землетрясения располагался у самого Двина (точных данных нет), на месте Еревана его интенсивность достигала 9 баллов. Если же очаг землетрясения находился на месте современного Еревана, интенсивность превышала 10 баллов.

И в самом Ереване во времена не столь далекие (1679 г.) имело место катастрофическое землетрясение. Современники называли его «ужасным Ереванским землетрясением», сейсмологи нашего времени убрали пугающее прилагательное, назвали его Гарнийским (в Гарни поместили эпицентр), а силу землетрясения оценили в 7 баллов. Заново проведенная нами оценка описаний этого события заставляет поднять его силу до 10 баллов, реконструировать его характер и распространение.

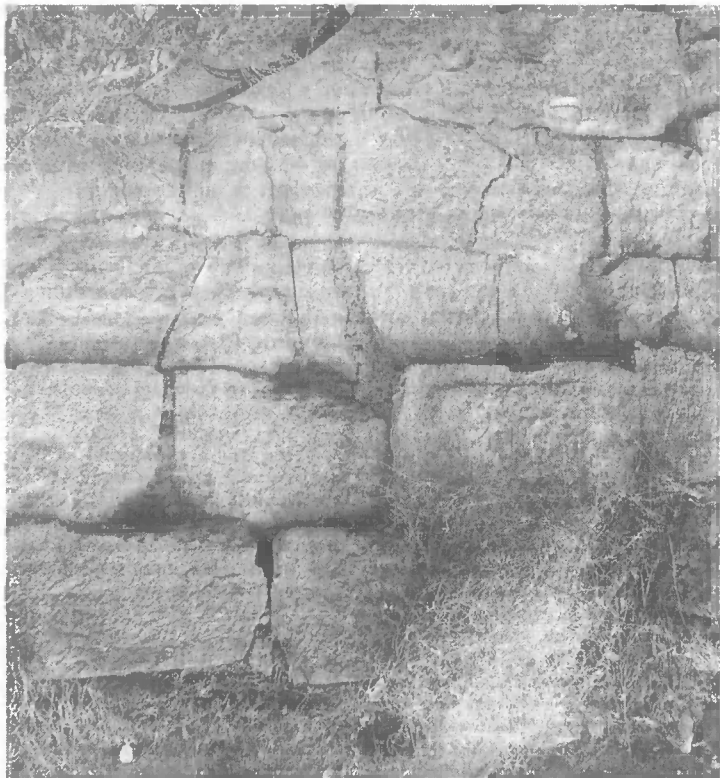
Один из «информаторов», заслуживающий, по мнению

историков, доверие, Закарий Канакертци (Саркаваг), жил в селе Канакерт к северо-востоку от тогдашнего Еревана (ныне в границах города), другой — Закарий Акулиский (Акулецци) — много путешествовавший и добросовестно ведший дневник купец из села Акулисы (на р. Аракс) в момент землетрясения находился в Ереване.

Вот как описано землетрясение у Канакертци:

«В 1128 (1679) году 4 июня разразился гнев божий над страной Араратской, ибо с гневом призрил Господь-Бог на свои творения. ...в седьмом часу дня загрохотала земля, словно гром, а после грохота начала страшно трястись. Вся земля Араратская дрожала и колебалась, согласно словам: «Призирает на землю, и она трясется». ...Это землетрясение, которое пришло со стороны Гарни, разрушило все строения и красивые жилища, и монастыри, и церкви. ...До основания рухнули Ереванская крепость, мечеть и минареты. Во многих местах стали бить родники, и многие родники иссякли. Обрушились скалы и, наполнив ярмы, закрыли путь воде. Многие села обратились в развалины. В селе Канакерт не осталось даже ни одного курятника... В святой обители Ованнаванка рухнули все красивые жилища, обрушилась церковь, и мы с трудом избегли смерти. А тех, кто остался под землей, кого смогли достать, достали, а кого нет — для тех дома их стали их могилами. Мертвых было больше, чем живых. Правда, я не смог узнать число погибших во всех местах, но в моем родном селе Канакерте их насчитали 1228. Не осталось ни собак, ни кошек, ни кур. И продлилось землетрясение до октября месяца. Каждый день земля грохотала по

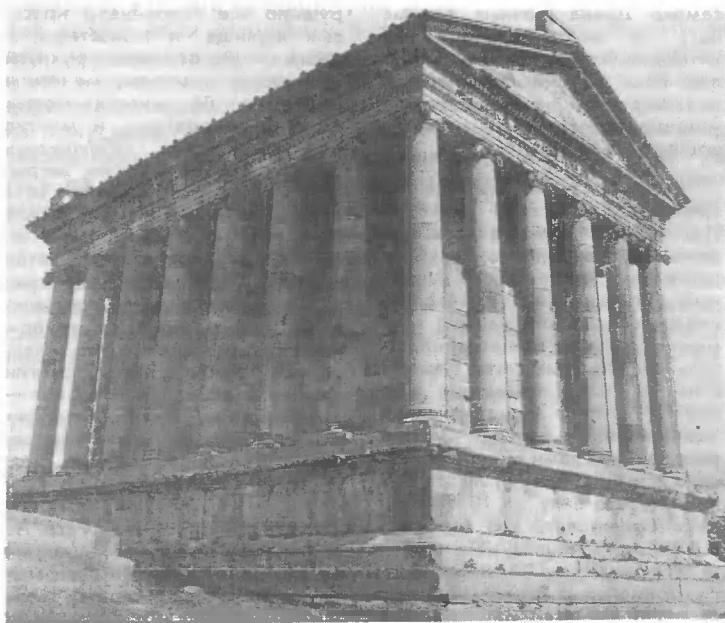
<sup>1</sup> Карта сейсмического районирования СССР. Масштаб 1:5 000 000. М., 1984.



Следы землетрясения в основании восточной стены Гарнийской крепости.

Здесь и далее фото А. А. Никонова

Гарнийский храм I в. н. э., разрушенный землетрясением 4 июня 1679 г. и восстановленный в 70-х годах XX в.



несколько раз в день, а затем начинала трястись»<sup>2</sup>.

Во многих других источниках сведения повторяются в сокращенном или слегка измененном изложении, местами с неточностями: А вот как описывает событие Закарий Акулиссский:

«4 июня в лето 1128 (1679), в четверг в 5 часу внезапно поднялся ветер, загрохотало и загремело и произошло такое землетрясение, что в мгновение ока все рухнуло. От Норагавита до Гогчи, от Генара до Эчмиадзина все разрушилось. Обвалились две церкви и обитель в Ереване, Дзорогехская церковь, Гегардский монастырь, Аменапркич (Храм Всеспасителя). Все разрушилось. Гегардский вардапет Степанос остался под развалинами Ереванского монастыря. Ереванская крепость, ханский дом, баня, мечеть и минареты — все разрушилось. В течение 8 и 9 дней из-под обломков извлекали мертвых. Были дома, где погибло 5, 8 и 9 душ. В этом краю погибло 7600 душ»<sup>3</sup>.

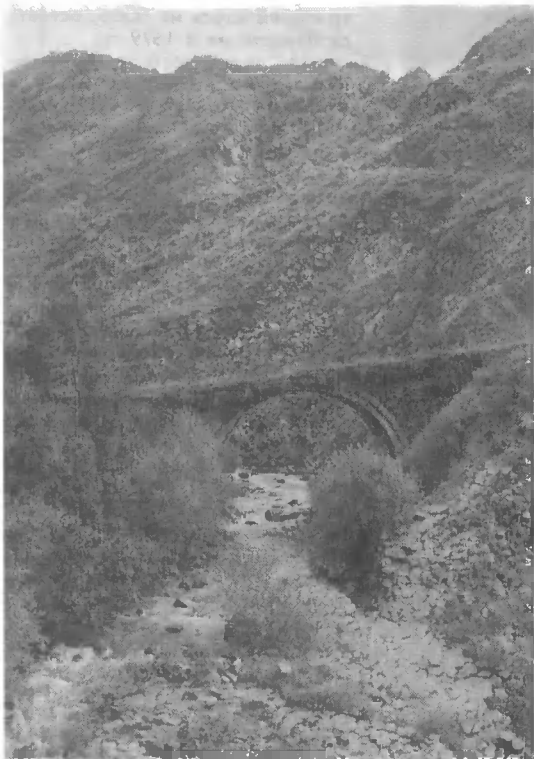
По-видимому, Закарий, хотя и был очевидцем землетрясения в Ереване, сделал запись спустя значительное время и в обобщенном виде.

В одной из рукописей того же года, хранящейся в Эчмиадзинском монастыре, это бедствие описывается так: «Загремев, поколебалась страна Араратская с такой силой, точно судно в бурном море, носимое жестоким ветром. Сильное землетрясение разрушило город Ереван, крепость, крепостную стену. Обрушились прекрасные дворцы и дома, обратились в развалины церкви и монастыри, высохли источники, а кое-где из-под земли изошли черные воды. Разверзлись скалы и горы, их этих расселин в скалах поднималось в воздух багряное пламя. Поднялся туман и накрыл страну, от области Гарни до горы Арагац и все горы и долины, так что не стало видно солнечных лучей и, казалось, наступил конец света. Не было числа умершим.

Землетрясение продолжалось день и ночь девять дней. Во всех описаниях приво-

<sup>2</sup> Закарий Канакеертци. Хроника. М., 1969. С. 196.

<sup>3</sup> Дневник Закария Акулиссского. Ереван, 1939.



Арочный каменный мост через р. Азат вблизи Гарни со следами повреждений. На склоне за ним камнепад, вызванный, вероятно, тем же землетрясением.



Главная плоскость разлома в вулканических породах в окрестностях Гарни.

дятся факты, которые трудно истолковать иначе, как соответствующие сотрясению в 9 и 10 баллов по ныне действующей шкале. Это разрушение многих каменных церквей, несомненно, весьма прочных, сильное повреждение Ереванской крепости, бань, мечети, обрушение и разверзание скал, появление и исчезновение родников. Сохранение (с повреждениями разной степени) отдельных церквей в Ереване не противоречит такой оценке, ибо также дело обстоит, например, в 9 и 10-балльных зонах Спитакского землетрясения 1988 г.

Все авторы пишут в первую очередь о Ереване, хотя знают о разрушениях и в округе. Возможно, современные сейсмологи назвали землетрясение Гарнийским из-за слов Закария Канакертци: «землетрясение пришло со стороны Гарни».

Из самого Гарни мы име-

ем свидетельства отдельно для села, расположенного на плоской поверхности лавового потока, и храма в крепости, стоящего на обрыве — плоском скальном мысу с отвесными стенками.

Храм Трдата Тахт (престол Трдата) — уникальное сооружение, выполненное в эллинистических традициях, построенное в I в. н. э. внутри Гарнийской крепости II в. до н. э., — был разрушен землетрясением 1679 г. до основания и находился в руинах до 70-х годов нашего века, когда с помощью ЮНЕСКО был реконструирован<sup>4</sup>.

До начала восстановления можно было видеть нижние части стен сохранившегося основания из трех-пяти рядов каменных блоков высотой 3—4 м. По-

чему же, простояв 16 веков и наверняка подвергаясь упомянутым Двинским землетрясениям, храм рухнул в 1679 г.? Значит ли это, что подобных по силе сейсмических ударов здесь раньше не было?

Думается, дело в необычайной устойчивости и исключительной прочности сооружения, которые, впрочем, постепенно снижались под действием многочисленных толчков. Возможно, к концу XV в. местные жители уже начали выплавлять свинец из скреп, связывающих блоки конструкции по горизонтали. (В XIX в. это документально зафиксировано.) Решающим могло оказаться и направление сейсмического удара — с запада — северо-запада, из-за которого у обрыва, где стоял храм, колебания заметно усилились.

Сама крепость Гарни — выдающееся произведение античного фортификационного ис-

<sup>4</sup> Саинян А. А. Архитектура античных сооружений Гарни. Ереван, 1983.



Гегардский монастырь (XIII в.), вырубленный в базальтах. Видны следы землетрясения (трещины и завал входных проемов).

кусства — неоднократно разрушалась завоевателями на протяжении веков: римлянами (I в. н. э.), арабами (VII в.) и, наконец, турками (1638 г.). Тем не менее в основании восточной оборонительной стены, раскопанной археологами в 50-х годах, сохранились следы сейсмических воздействий 1679 г.: щели в блоках, расхождение базальтовой кладки, выбивание и смещение блоков к наружной стороне стены, возникновение «козырьков» и т. п. Все это — признаки динамических, ударных воздействий с сильной горизонтальной составляющей.

Более того, обнаруженные разрывы и смещения (как и падение верхних частей стены)

направлены к востоку, что вполне согласуется с приходом ударной волны с запада (северо-запада), т. е. со стороны Еревана.

Примечательно также, что непосредственно у села Гарни, на правом берегу р. Азат, среднечетвертичные базальты расчленены молодым тектоническим разрывом северо-восточного простирания, вероятно, способствовавшим усилению колебаний.

Здесь же в долине правого притока реки видны метки «отрыва» склонов и камнепады, часто возникающие при землетрясениях силой в 8 баллов и более. Ачочный каменный мост через приток, построенный в XVII в. (до землетрясения) также разбит трещинами, в его основании и своде арки выбиты камни. По этим признакам силу сотрясений можно оценить более чем в 8 баллов. Поскольку

более поздних сильных землетрясений здесь не было, остается отнести их к 1679 г.

Следы этого землетрясения можно наблюдать и в Гегардском монастыре (Айриванке) XIII в., дошедшем до нашего времени в перестроенном виде. Во-первых, это «свежие» трещины в наружных скальных стенах и внутри подземных церквей, притвора и усыпальницы. Во-вторых, крупный обвал западнее монастыря. Частично обломки и глыбы заблокировали дверные проемы подземных келий первого и второго этажей. Нет сомнения в том, что и трещины, и навал возникли после создания в XIII в. внутрискальных помещений.

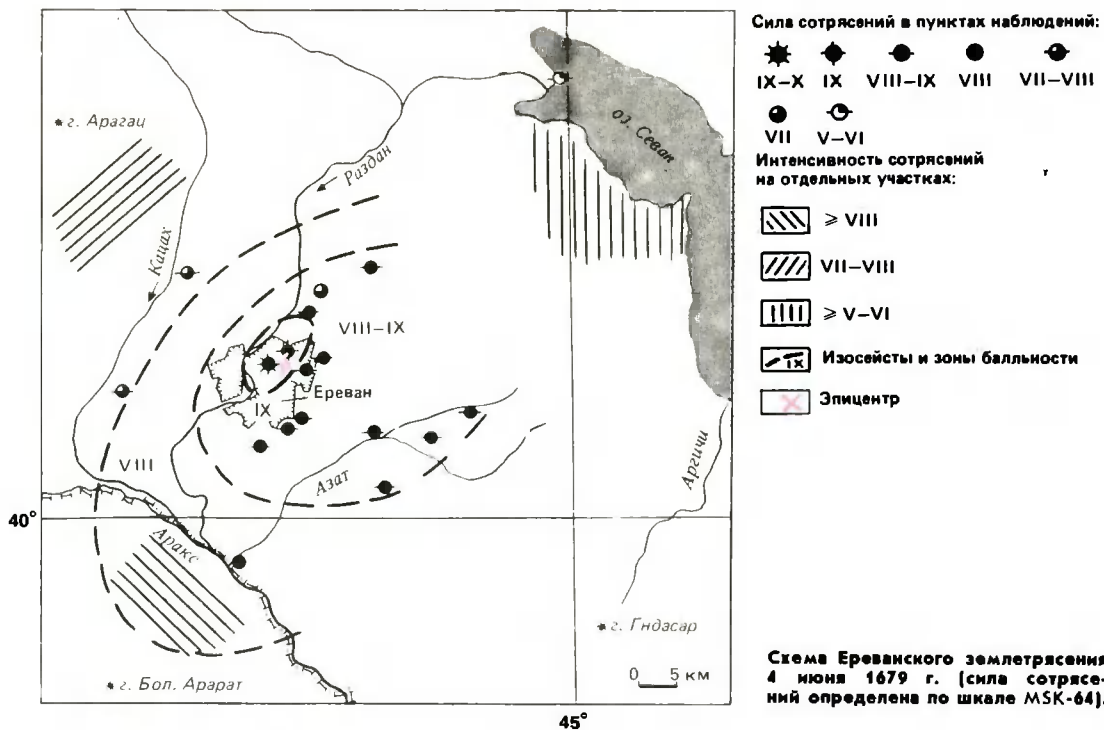
Последствия землетрясения в Гарни и Гегарде все же не позволяют оценить здесь силу толчков выше 9 баллов, т. е. сотрясения здесь были меньше, чем в столице. Уже поэтому землетрясение неправомерно называть Гарнийским.

Чтобы понять, как сила толчков проявилась на местности, мы проанализировали все сообщения о землетрясении. Между горными массивами Арарата, Арагаца и о. Севан набралось 25 пунктов, где оно зафиксировано в источниках разного рода. Труднее всего было идентифицировать на местности и верно указать на карте ряд пунктов и старых монастырей, названия которых поменялись или исчезли позднее.

Выяснилось несколько важных характеристик землетрясения. Во-первых, эпицентр его попал прямо на столицу Армении (в северо-восточной части современного города), где сотрясения достигли 10 баллов. Эпицентральная область оказалась вытянутой в северо-восточном направлении между реками Раздан и Азат. Поэтому землетрясение проявилось весьма значительно на берегах оз. Севан (где «в церкви на Севанском острове выплеснулись масло и вода») и на северных склонах Арарата и гораздо слабее на склонах Арагаца.

Заново рассчитаны и главные параметры землетрясения. Не только интенсивность в эпицентре, но и магнитуда (показатель выделенной в очаге энергии) оказалась выше, чем считалось ранее, — 7 ( $\pm 0,5$ ), т. е.





близкой к той, что выделялась в очагах Спитакского землетрясения 1988 г. и Западно-Грузинского 29 апреля 1991 г. Это важно подчеркнуть, ибо большинство сейсмологов и геологов не допускали на Кавказе возможности возникновения столь «энергичных» и сильных сотрясений<sup>5</sup>.

«Антикавказская» вытянутость эпицентральной области (с юго-запада на северо-восток), на первый взгляд, весьма удивительная, на самом деле вполне закономерна и присуща, как теперь выясняется, многим другим сильным землетрясениям Малого и Большого Кавказа.

<sup>5</sup> См., например, дискуссию: Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 9; а также: Сейсмическое районирование территории СССР. М., 1980.

В Ереванском районе очаг землетрясения можно соотносить с одним из разрывов соответствующего простирания, которые намечаются под толщей поверхностных вулканогенных образований в мезозойском фундаменте. Полученная картина распределения силы толчков позволяет считать, что плоскость разрыва в очаге была наклонена к юго-востоку. Обращает на себя внимание отчетливая асимметрия изосейст — на северо-западе они сильно сближены по сравнению с юго-востоком.

Глубина очага составила 8—20 км, т. е. больше, чем при Спитакском землетрясении 1988 г., когда разрыв вышел на поверхность земли. Видимо, проявление Ереванского землетрясения было бы еще серьезнее, если бы не мощный покров

вулканических пород, не «пустивший» разрыв на поверхность.

Итак, в районе Еревана толчки могут достигать 10 баллов. Что же из этого следует? Во-первых, сейсмологам (в том числе местным) необходимо отрешиться от установившихся схем, ведомственных и авторитарных воздействий и конъюнктурных соображений.

Главное же, нужно не только рекомендовать, но и требовать строить в Ереване по надежным проектам и высшим меркам качества, без отклонений и скидок. Ереванское землетрясение 1679 г., выведенное из забвения, не должно затеряться в специальных каталогах и научных публикациях.

## Ученый об ученом

**В. В. Бабков,**

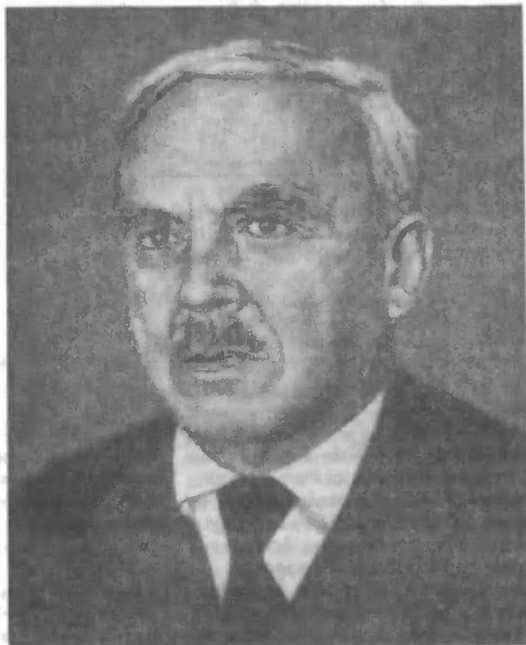
доктор биологических наук  
Институт истории естествознания и техники АН СССР  
Москва

**А**ВТОР воспоминаний — Иван Иванович Пузанов (1885—1971) — последний классический натуралист-путешественник, сменявший поезд на пароход, верблюда на велосипед и не забывавший о пеших переходах, чтобы обследовать неисхоженный тогда Крым, затем Германию, Средиземноморье и Швейцарские Альпы, Египет и Судан, совершить путешествие вокруг Азии; автор зоогеографий; ученый редкой эрудиции, знавший дюжину языков (он сетовал: «На японском и арабском могу только торговаться на базаре»); яркий ламаркист и не менее яркий критик лысенковской и иной профанации науки; прекрасный популяризатор и преподаватель; талантливый писатель и поэт.

Пузанов был преподавателем и профессором Таврического университета, в 1934—1946 г. заведовал кафедрой в Горьковском, а с 1947 по 1971 г. — Одесском университете<sup>1</sup>.

В 1935 г. Пузанов приветствовал нового заведующего кафедрой генетики — знакомого по кафедре М. А. Мензбира, основателя эволюционной генетики<sup>2</sup>, прекрасного натуралиста-лепидоптеролога — Сергея Сергеевича Четверикова (1880—1959). По инициативе З. С. Никоро<sup>3</sup> Четверикова пригласили в Горьковский университет, когда заканчивался срок его высылки во Владимир (последовавшей за ссылкой в Свердловск в 1929 г.), где он работал до осени 1948 г. и после сессии ВАСХНИЛ, запретившей научную генетику, был уволен приказом министра просвещения В. С. Кафанова.

Воспоминания Пузанова написаны в 1965 г. и касаются прежде всего этого периода жизни Четверикова; примечания составле-



И. И. Пузанов. Конец 30-х годов.

ны братом Сергея Сергеевича Н. С. Четвериковым.

Вот показательный фрагмент письма убежденного ламаркиста Пузанова не менее убежденному антиламаркисту Четверикову: «На ваш вопрос, чем я занимаюсь теперь в области науки и литературы, могу ответить кратко: подвожу итоги своей деятельности как путешественника, выпуская книжку за книжкой<sup>4</sup>, пишу статьи по истории науки и... по мере сил, борюсь с Трофимом и трофимовщиной! Мои опубликованные статьи (в Бюлл. МОИП, в Ботан. журн.) вы, вероятно, знаете. Они возымели свое действие, выста-

<sup>1</sup> См.: Мазурмович Б. Н. Иван Иванович Пузанов. М., 1976.

<sup>2</sup> Разбор работ школы С. С. Четверикова см.: Бабков В. В. Московская школа эволюционной генетики. М., 1985.

<sup>3</sup> «Воспоминания» З. С. Никоро выпускает в 1991 г. издательство Новосибирского университета.

<sup>4</sup> Среди них: «По нехоженому Крыму» (М., 1960), «В Швейцарских Альпах. Между Нилом и Красным морем» (М., 1957), «Вокруг Азии» (М., 1957).

вив трофимовцев в смешном виде, разъярив их и... отозвавшись рикошетом на мне. После трофимовского реванша меня вот уже 3-й год не пускают за границу, не только в Лондон, на конгресс зоологов, куда меня выдвинула АН СССР, но даже в Болгарию, которая неоднократно просила о моей командировке. Мне кажется, что разъярили трофимовцев не мои опубликованные статьи, где я даже при желании не мог особенно распустить язык, сколько неопубликованные вирши — частью действительно написанные мной, частью мне только приписываемые<sup>5</sup>.

В воспоминаниях Пузанов указывает главную работу Четверикова «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» (1926)<sup>6</sup> и упоминает, что за нее Четвериков был удостоен Дарвиновской планшеты, выпущенной в честь 100-летия «Происхождения видов» Германской академией «Леопольдина». К этой почетной награде своего друга и учителя представил член «Леопольдины» Н. В. Тимофеев-Ресовский.

Арест Четверикова был результатом кампании, направленной на подавление автономии науки, развернувшейся в нашей стране в годы «культурной революции». В 1927—1930 гг. мишенью стал Институт экспериментальной биологии (где Четвериков организовал отдел генетики) и Н. К. Кольцов. В начале 1929 г. в отсутствие Н. К. Кольцова в ИЭБ случился инцидент, в результате которого аспиранту Н. К. Беляеву — ученику и сотруднику Четверикова — было предъявлено обвинение в контрреволюции<sup>7</sup>. Выступивших против обвинения аспирантов и сотрудников также назвали контрреволюционерами, в число обвиняемых включили и Четверикова. В ходе зимней сессии его отстранили от преподавания генетики в Московском университете. Вернувшись из Парижа, Кольцов принял меры, но 24 апреля журнал «Чудак» напечатал карикатуры Кукрыниксов под общим заголовком «Кто нас учит и чему?» — политические обвинения в адрес Четверикова, Кольцова, Беляева, а также Г. А. Кожевникова. В ответ на обращение Кольцова

нарком здравоохранения Н. А. Семашко взялся хлопотать за Четверикова. Но Семашко уже терял влияние. Когда тройка ОГПУ приняла серьезное постановление в отношении Четверикова, Кольцов обратился за помощью к Горькому. Но тут же «Комсомольская правда» напечатала статью «Классовый враг в научных институтах» с политическими обвинениями в адрес Четверикова. Вскоре тройка ОГПУ приняла новое, более мягкое постановление, и Четвериков отправился в ссылку. Реабилитация по этому делу произошла в 1989 г., менее чем через год после моего обращения в КГБ СССР: «...определением судебной коллегии по уголовным делам Верховного Суда РСФСР от 17 февраля 1989 года постановления Особого совещания при коллегии ОГПУ от 26 июля 1929 года, 16 августа 1929 года, 13 апреля 1932 года в отношении Четверикова Сергея Сергеевича отменены и дело производством прекращено за отсутствием состава преступления...»

Научная реабилитация С. С. Четверикова связана с переизданием его основной работы и избранных трудов, а также с выходом статей о его жизни и научной работе, среди которых особую роль сыграли публикации в «Природе»<sup>8</sup>.

В 1980 г. редакция «Природы» обратилась ко мне за материалами к 100-летию Четверикова. Я предоставил в распоряжение редакции главы «Воспоминаний» Четверикова и воспоминания Пузанова (копия получена мной от акад. Б. Л. Астаурова, когда он передавал материалы в организованный по его инициативе фонд Четверикова в Архив АН СССР). Поначалу все это было принято, хотя оказалось неприемлемым упоминание об аресте Четверикова. Мемуарист, как увидит читатель, был весьма сдержан, например, сосед, назойливый осведомитель, обозначался им так: «жизнь представляла там ряд неудобств». Однако вскоре текст был отвергнут полностью, так как показался слишком смелым. Воспоминания Пузанова также изъяли из 1 тома избранных трудов Четверикова, хотя готовившая его З. С. Никоро не получила никаких разъяснений. Эта публикация (с незначительными редакционными сокращениями) подготовлена к 110-й годовщине со дня рождения С. С. Четверикова.

<sup>5</sup> Архив АН СССР. Ф. 1650. Оп. 1. Д. 165.

<sup>6</sup> Четвериков С. С. // Журн. эксперимент. биол. 1926. Серия А. Вып. 1. Т. 2. Написанная двумя годами позже очень важная 5-я глава впервые опубликована мной в 1982 г.: Генетика. 1982. Т. 18. № 3. Последняя публикация основной статьи С. С. Четверикова (с 5-й главой) в 1 томе его избранных трудов: Проблемы общей биологии и генетики / Под ред. З. С. Никоро. Новосибирск, 1983. Готовится англоязычное переиздание, включающее 5-ю главу.

<sup>7</sup> Подробнее об этом см.: Бабков В. В., Кольцов Н. К. Борьба за автономию науки // Вопр. истории естествознания и техники. 1989. № 3.

<sup>8</sup> Астауров Б. Л. Жизнь С. С. Четверикова // Природа. 1974. № 2. С. 57—67; Рокицкий П. Ф. С. С. Четвериков и эволюционная генетика // Там же. С. 70—74; Четвериков С. С. Из воспоминаний. // Там же. С. 68—69.

# Мои воспоминания о С. С. Четверикове

И. И. Пузанов

**П**ЕРВЫЕ воспоминания мои о покойном С. С. Четверикове относятся к весьма далекому прошлому — к бурному 1905 г., когда оба мы были еще студентами-естественниками Московского университета: я — совсем еще зеленым юнцом-первокурсником, Сергей Сергеевич — вероятно, уже студентом третьего курса. Я хорошо помню, как на одной из бурных студенческих сходок среди ораторов крайних, подчас анархических направлений, с более умеренным докладом, призывавшим к единению студентов с прогрессивно мыслящими профессорами, выступил высокий близорукий блондин в очках и серой форменной тужурке: «Это — Четвериков, старшекурсник, — толкнул меня в бок мой сосед (Борис Ильин-Кокуев, ныне профессор Алма-Атинского медицинского института), — он в лаборатории Мензбира работает... кажется, в каком-то родстве с К. С. Станиславским состоит. И действительно, как я узнал потом, богатые фабриканты Четвериковы состояли в близком родстве с еще более богатыми фабрикантами-золотоканительщиками Алексеевыми, из среды которых вышел крупнейший артист и театральный деятель, прославившийся на весь мир под сценической фамилией Станиславский. Быть может, эти детали покажутся иному читателю излишними, но ведь Четвериков был, как известно, генетиком и, вероятно, сам интересовался вопросом, какими путями врожденная талантливость и трудоспособность, отличающая некоторые семьи, может проявляться у их представителей в разных областях человеческой деятельности — практической деятельности, науке и искусствах...

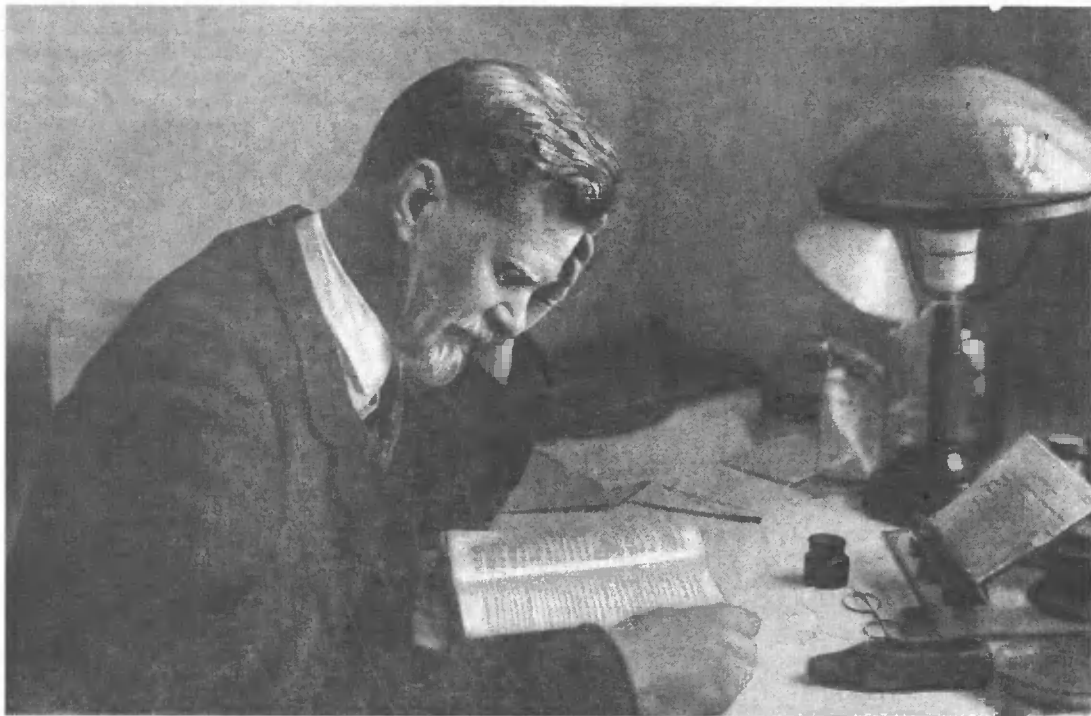
Дальнейшие наши встречи, пока еще очень мимолетные, относились к несколько более позднему времени. Постранствовав, подобно пушкинскому Ленскому, в течение двух семестров «под небом Шиллера и Гете» я лишь в 1908 г. снова перебазировался в Московский университет и работал в лаборатории профессора Мензбира, проходя практикум по зоологии позвоночных под руководством приват-доцента П. П. Сушкина. В одной из лабораторий работала и молодая жена Сушкина, Анна Ивановна,

в недавнем прошлом студентка Высших женских курсов. Захаживал изредка в лабораторию и Четвериков, успевший к тому времени кончить университет, но увлекшийся изучением не птиц, а бабочек<sup>1</sup>. Впрочем, тою же страстью частично заразился и его бывший патрон — завзятый орнитолог — Сушкин.

Из разговоров со старшими товарищами по лаборатории, да и с самим Сушкиным, любившим побеседовать со студентами, я узнал, что он с молодой женой и со студентом Четвериковым совершили в 1904 г. экспедицию на озеро Зайсан и в горный массив Тарбагатай, а двумя годами раньше — в Минусинский край и Западный Саян. Помимо птиц, участники экспедиции занимались и изучением бабочек. Как раз ко времени моего поступления в лабораторию Мензбира вышла в свет большая работа по бабочкам Западного Саяна, написанная Сушкиным совместно с Четвериковым. Но в то время, как и в своей последующей исследовательской работе, Сушкин уже не занимался специально бабочками. Четвериков стал одним из крупнейших наших лепидоптерологов, и его богатейшая коллекция бабочек пользовалась среди энтомологов широкой известностью.

Когда я, совершив путешествие в Северо-Восточную Африку, вернулся на родину — в Крым, то посетил в Кореизе проживавшего там на даче с семьей своего учителя Сушкина, недавно получившего приглашение занять кафедру сравнительной анатомии в Харьковском университете. Просидев у Сушкиных почти весь вечер, я получил впечатление полного «семейного счастья» и мира. И сам Петр Петрович, и Анна Ивановна, и подрастающая маленькая Ася были в одинаковой степени веселы, милы и любезны. Каково же было мое изумление, когда по приезде в Москву я узнал, что Анна Ивановна отказалась уехать вместе с мужем в Харьков, так как в Москве оставалась ее старая привязанность — Четвериков, с которым она сблизилась еще во

<sup>1</sup> Сергей Сергеевич начал заниматься бабочками не по окончании университета, а с 1895 г.



С. С. Четвериков за рабочим столом. 1938 г.

время поездки на Тарбагатай. Короче говоря, она разошлась с Сушкиным и, оставив при себе Асю, сочеталась вторым браком с Четвериковым. Подобный разрыв, понятно, был большим потрясением для Сушкина! Однако скоро дело уладилось, так как после развода Сушкин женился на своей бывшей ученице Н. Н. Поповой. О том, что между Сушкиным и Четвериковым сохранились добрые отношения, свидетельствует тот факт, что на рождественских каникулах 1910 г. Сушкин приезжал из Харькова в Москву и присутствовал на очередном заседании основанного им биологического кружка. Я увековечил это посещение Сушкина на фотографии, где фигурируют все присутствовавшие — Сушкин с молодой женой Надеждой Николаевной, а среди прочих членов биологического кружка и Четвериков. И еще один пример: через много лет, в 1928 г., я встретился с Четвериковым в Москве при чрезвычайно грустных обстоятельствах. Возвращаясь осенью 1928 г. из Ленинграда, я вдруг встретил на вокзале группу знакомых зоологов-москвичей, прибывших встречать поезд, ожидавшийся из Кисловодска... «В чем дело? — спросил я В. А. Дейнегу, бывшего ассистента кафедры М. А. Мензбира. — Да

вот, Петра Петровича гроб пришли встретить — он ведь 17 сентября на Минеральных Водах от воспаления легких умер!» Стоит ли говорить, что и я счел своим долгом присоединиться к группе встречающих прах скончавшегося в расцвете своей творческой деятельности ученого! В группе встречающих присутствовал и Четвериков. Когда наконец поезд подкатил к перрону и из багажного вагона стали выгружать гроб, разыгралась сцена, которую я помню сейчас с необычайной яркостью: к нашей группе привязался какой-то пьяный хулиган и стал сквернословить... Вдруг из наших рядов решительными шагами выступил Четвериков, взял под руку хулигана и так властно прикрикнул на него, что тот беспрекословно дал увести себя с перрона.

После моего отъезда из Москвы в Крым я, кажется, помимо встречи на вокзале увиделся с Четвериковым еще в 1927 г., когда был участником Третьего Всесоюзного съезда зоологов, анатомов и гистологов, состоявшегося в Ленинграде. Среди участников съезда был и Сушкин, недавно вернувшийся из научной поездки в Соединенные Штаты, и Четвериков. В описываемое время он несколько отделился от специальных занятий энтомологией и с головой ушел в изучение бурно развивавшейся генетики... Характерная для него скрупулезная точ-

ность и хорошее знание математики позволили ему не только быстро войти в курс основных проблем теоретической генетики, но и сказать свое: новое слово, так что без всякой натяжки можно наряду с Бэтсоном, Гольдшмитом, Морганом, а из русских ученых — Н. К. Кольцовым, Ф. Г. Добржанским, Н. В. Тимофеевым-Ресовским, считать одним из основоположников современной генетики на основе открытых 100 лет назад Менделем законов. На одном из пленарных заседаний Четвериков выступил с большим докладом «Экспериментальное решение одной эволюционной проблемы». Эта «эволюционная проблема», которой был посвящен доклад, был вековым, до сих пор еще дискуссионным вопросом наследования приобретенных признаков и особенностей. Подобно большинству генетиков классической школы, Четвериков категорически отрицал возможность такого наследования и подобно «неодарвинистам» защищал свои взгляды с фанатической страстностью. Однако среди участников съезда были ученые и диаметрально противоположных точек зрения, среди них крупнейший ихтиолог, зоогеограф и географ Л. С. Берг, который по широте и энциклопедизму своих знаний не имел соперников среди советских натуралистов! Еще сравнительно недавно (в 1922 г.) Берг выпустил свою шумевшую книгу «Номогенез», в которой, отдавая должное Дарвину, все же отрицал творческую роль естественного отбора, но не сомневался в возможности наследования приобретенных признаков. Несмотря на богатство содержания и ряд ценных фактов и глубоких мыслей, высказанных в книге Берга, она не принесла ему новых лавров, напротив, он подвергался нередко нападкам со стороны советских генетиков и вообще неодарвинистов. Вероятно, поэтому он и не играл руководящей роли на Третьем зоологическом съезде, хотя и числился в составе оргкомитета; он не выступал с докладом ни на одном пленарном заседании, а лишь со сравнительно небольшим сообщением на секции систематики, экологии и зоогеографии на частную, казалось, тему «О закономерностях в образовании форм миног», в которой, однако, звучали явно антидарвинистские и «номогенетические» нотки: так, он утверждал, что образование новых форм идет «путем закономерного развития (рецидивных) признаков», а не путем отбора случайных вариаций. Никаких случайных вариаций нет — все вариации predetermined (номогенез!), «отбор же лишь распределяет организмы по земной поверхности, играя роль географического фактора». За дав-

ностью лет я не помню точно, после какого именно доклада — Четверикова или Берга — между ними вспыхнула горячая стычка, которая по проявленной обоими сторонами страстности далеко выходила за рамки «парламентской» дискуссии. Нападки Четверикова были так резки, что всегда сдержанный Берг только хрипел и яростно стучал по пиюитру кулаком!

Обе последние встречи показали мне, что Четвериков, столь мягкий и деликатный в общении, временами мог проявлять и недюжинный темперамент и решительность.

Прошло целых семь лет с тех пор, как я встретился с Четвериковым... За это время успел перебраться из Крыма в Горький, где с конца 1933 г. занял кафедру зоологии позвоночных и одновременно получил в нагрузку должность декана биологического факультета Горьковского университета. В 1931 г. университет этот был в сущности заново организован в составе трех факультетов — физико-математического, биологического и химического. Когда я приступил к обязанностям декана, я имел дело лишь со студентами второго и третьего курсов. Однако уже тогда возникла необходимость укрепления и расширения кафедры генетики, на которой работали только доцент З. С. Никоро и ее супруг. — В. Э. Флесс, по специальности зоотехник. Энергичная Никоро, бывшая моей помощницей по деканату, настойчиво советовала пригласить в качестве заведующего кафедрой генетики Четверикова, как одного из крупнейших специалистов в области генетики. «Но ведь он выслан из Москвы, Зоя Софроновна, — возразил я, — вряд ли его пустят в Горький!» — «Надо попытаться, — ответила она. — Сейчас он уже из мест, более отдаленных, переехал во Владимир, где без особого воодушевления преподает в техникуме математику. Надо надеяться, что к переезду его в Горький препятствий не будет!». Я тотчас же написал во Владимир Сергею Сергеевичу и, конечно, получил полное его согласие перебраться в Горький, так как во Владимире, по его собственному выражению (в письме от 23.IX 1935 г.), он «страдал от полной оторванности от научного мира»<sup>2</sup>. Однако дело о переводе его в другой город встретило неожиданные препятствия со стороны «стихийных обстоятельств». Лишь в октябре 1935 г. Четвериков прибыл к нам. О причинах его высылки я знал лишь по-

<sup>2</sup> Здесь и далее речь идет о письмах, хранящихся в Архиве АН СССР. Ф. 1650. Оп. 1. Д. 165.

наслышке: основной причиной был клеветнический донос на него какого-то научного работника, который обиделся на Четверикову за то, что тот, не питая к нему доверия, не пригласил его на «чаепитие» организованного им кружка, где собирались все ведущие генетики Москвы: Н. К. Кольцов, А. С. Серебровский, В. В. Сахаров, П. И. Живаго<sup>3</sup>. Доносчик придал такому бойкоту политическую окраску — и этого оказалось достаточно...

Велика была радость нашей встречи со старым московским товарищем! Ведь и он, и я, и профессор зоологии беспозвоночных А. Д. Некрасов учились в Московском университете одновременно с Четвериковым и прекрасно знали друг друга. (...) Совершенно естественно, что мы особенно тесно подружились и собирались то на квартирах моей или Некрасова на улице Университетской (ныне Минина), то у Четвериковых. Конечно, Четвериков не замедлил перевезти в Горький и свою колоссальную коллекцию бабочек (отчасти и других насекомых)<sup>4</sup>. Не только его тесный рабочий кабинет, но и коридор довольно вместительной квартиры были до самого потолка заставлены полками и шкапами, в которых хранились его энтомологические сокровища.

В университете Четвериков быстро развернул преподавание на вверенной ему кафедре генетики, которая, по-видимому, стала одной из самых сильных генетических кафедр страны. Сам Четвериков, разумеется, читал основной курс генетики; для чтения курса цитологии наследственности приезжал из Москвы П. И. Живаго — известный специалист-кариолог, сотрудник созданного Кольцовым Института экспериментальной биологии, где до своей ссылки работал и Четвериков. Большой практикум и спецкурсы

велись и читались доцентом Никоро и ассистентами В. Э. Флэссом и И. Н. Грязновым, причем Флэсс преподавал частную генетику и селекцию домашних птиц и млекопитающих, Грязнов — селекцию зеркального карпа в рыбоводных хозяйствах Горьковской области. Через несколько лет Четверикову с сотрудниками удалось организовать на живописной поляне пригородного Кузнецкихинского леска ферму для генетической работы над китайским дубовым шелкопрядом (*Aptherea pernyi*)<sup>5</sup>. Расположение фермы на опушке молодой дубравы обеспечивало бесперебойное питание подрастающих гусениц. Насколько я могу судить, ферма, вверенная заботам супругов Никоро-Флэсс, была поставлена на образцовую высоту; разумеется, ее регулярно посещал и зав. кафедрой, хотя чтобы добраться до нее, ему пришлось довольно большой кусок дороги идти пешком. (...)

Сергей Сергеевич принимал деятельное участие в научно-общественной жизни университета, особенно когда нам, бывшим москвичам, удалось добиться организации естественно-исторического общества — филиала Московского общества испытателей природы. Из прочтенных Четвериковым докладов мне особенно запомнился доклад о его работе в Лапландии, в районе Хибин, где он встречался с А. Е. Ферсманом, об изумительной энергии которого в деле организации апатитовых разработок и вообще оживления нашей далекой окраины он отзывался в восторженных выражениях. Другой доклад Четвериков прочел о новейших достижениях генетики, по его словам, специально, чтобы «прочистить студентам — да и большинству преподавателей — мозги». Сохранив живой интерес к всестороннему изучению фауны СССР, Сергей Сергеевич ездил вместе со мной в 1936 г. на фаунистическую конференцию Академии наук, которая к тому времени уже перебазировалась из Ленинграда в Москву.

Конечно, будучи сам полевым натуралистом, Сергей Сергеевич в первые годы своего пребывания в Горьком совершал экскурсии на природу, иногда совместно со студентами. В эти годы Сергей Сергеевич

<sup>3</sup> Речь в действительности идет не о «чаепитиях», а о неофициальных, но регулярных научных заседаниях строго замкнутого кружка ближайших учеников Сергея Сергеевича. На этих заседаниях, прозванных «соорами» («совместное оранже»), происходило подчас весьма оживленное и даже бурное обсуждение новейших работ по генетике. Если кто-либо посторонний желал попасть на «соор», требовалось единогласное решение всех участников. Это правило выполнялось строго и нелицеприятно: так, не была допущена к участию в «сооре» даже приемная дочь Четверикова — А. П. Сушкина. Однако отказ допустить на заседание одну из сотрудниц биофака МГУ окончился для Четверикова трагически. Ее муж, постоянный участник «соора», обиделся, и подогреваемый мелочной и мстительной женой, написал на него клеветнический донос.

<sup>4</sup> «Другие насекомые» — это случайный попевшие в коллекцию Четверикову несколько десятков экземпляров. Сергей Сергеевич, кроме бабочек, из насекомых никакими другими группами не интересовался.

<sup>5</sup> Китайский дубовый шелкопряд имел две генерации в год, которые не укладывались в рамки нашего короткого лета. За шесть лет Четверикову удалось вывести породу, которая давала превосходного качества шелк и после первой генерации переносила зимовку в стадии куколки. За эту работу Сергей Сергеевич получил правительственную награду. Впоследствии, после вынужденной отставки Сергея Сергеевича в 1948 г., эта ценная порода была вновь смешана с исходным материалом и тем уничтожена.



На биологическом факультете Горьковского университета. 1941 г. Сидят (слева направо): И. И. Пузанов, С. С. Станков, Л. И. Курсанов, С. С. Четвериков, А. Д. Некрасов; стоят: Малиновский, А. П. Красинский, В. В. Попов, А. Н. Чернецкий, П. А. Суворов.

был еще, несмотря на свой возраст, крепким и здоровым человеком; ходил он не то что быстро, а просто стремительно; чтобы не сбивать с ног прохожих, он, когда можно, предпочитал ходить не по тротуару, а по мостовой, рядом с тротуаром. По-видимому, подобная привычка выработалась у Сергея Сергеевича в силу необходимости согреть себя быстрой ходьбой в зимние холода, так как он еще со студенческих времен принципиально не признавал зимой никакого верхнего платья, кроме летнего пальто. Как сейчас вижу его высокую фигуру в очках, высокой барашковой шапке, но в расстегнутом летнем пальто, быстро шагающую рядом с тротуаром, приводя в изумление незнакомых прохожих. Однако здоровье его сильно пошатнулось примерно к началу войны. Возможно, в связи с недостатком питания и истощением, у Сергея Сергеевича образовалась грыжа, кажется, паховая, которую врачи почему-то

отказались оперировать. Иногда, особенно во время длительной прогулки на шелкопрядную ферму, она давала себя знать жестокими болями; однажды, по словам Сергея Сергеевича, он вынужден был сойти с дороги и лечь на мягкий дерн где-то под деревом, чтобы дать несколько утихнуть болям... Вместе с тем дел у Сергея Сергеевича в университете прибавилось: его назначили деканом после сменившего меня еще в 1936 г. А. Д. Некрасова. Конечно, при исключительной дотошности и добросовестности Сергея Сергеевича деканство отнимало у него очень много времени и сил, особенно в наступившие трудные военные годы, когда надо было, помимо университетских дел, обеспечивать семью питанием. Интересно отметить, что ректорат ГГУ, несколько поздно спохватившись, лишь в январе 1943 г. выдвинул Четверикова на степень доктора биологических наук. Тяжелые годы войны особенно сблизили всех нас — и меня, и Четвериковых, и Некрасова, осиротевшего после ареста и высылки в 1937 г. его жены. Мы часто собирались друг у друга, отмечая становившимися все более и более скромными угощениями традиционные семейные праздники. Когда начались налеты на город вражеских бомбардиров-



щиков и над всеми нами нависла угроза смерти под развалинами дома, я стал писать мемуары... описание особенно интересных этапов моего жизненного пути — годы учений в Лейпцигском и Гейдельбергском университетах, поход в Альпы, — я зачитывал перед своими старшими друзьями, иногда читал и Некрасов свои впечатления от посещения картинных галерей Флоренции и Парижа — ведь он был большим знатоком и тонким ценителем искусства. Иногда такие «мемуарные» чтения происходили у меня, но чаще на квартире у Четверикова. Когда я целиком ушел в изучение творчества моего излюбленного французского поэта Шарля Леконта де Лиля и переводил его стихи, я каждый новый перевод читал своим друзьям, как бы желая внести разнообразие в прозу мемуаров. Особенно остро реагировал на каждый новый удачный перевод Четвериков — большой любитель стихов.

Чем больше затягивалась война, тем труднее становилось с продовольствием. Четвериковы иногда разнообразили свой стол борщом из лопухов<sup>6</sup>, считая это блюдо очень вкусным. Я же приносил из заволжских водоемов пресноводных ракушек-беззубок; обваривал их и, пропустив через мясорубку, увеличивал питательность неизменной ячневой каши довольно безвкусным фаршем. Гораздо вкуснее был фарш из разного рода «непромысловых» птиц — грачей, ворон, даже мелких воробьиных. Иногда я угощал им гостей на наших семейных праздниках. Но, конечно, наиболее серьезным подспорьем к нашему скудному питанию был картофель. Многие сотрудники университета — в их числе и я — получили на территории ботанического сада участки, на которых они сами культивировали картофель и морковь. Однако оба мои старших товарища по занятости и возрасту картофелеводством не занимались, во всяком случае не перекапывали участки сами, и больше зависели от возможности «наменить» картофель на какие-нибудь «тряпки» — белье или старую одежду где-нибудь в деревне. В конце марта 1942 г. я с домработницей Четвериковых Таней совершил двухдневный картофельный поход в заволжские села, причем на обратном пути мы вдвоем тащили тяжело груженные салазки через покрытую ледяными торосами Волгу. Другой такой поход совершила в конце января 1944 г. — при участии той же Тани — Анна Петров-

на Сушкина, приехавшая на несколько дней навестить свою мать. Обе женщины тоже приволокли на салазках более центера картофеля! Впрочем, к концу войны продовольственное положение научных работников значительно улучшилось: мы стали получать хороший академический паек и даже были прикреплены к привилегированному ресторану «Интурист».

Наше общение с Четвериковым и Некрасовым стало еще теснее, когда Четвериковы переехали на квартиру Некрасова. Это стало возможным лишь после того, как там освободились комнаты, которые в начале войны занимала дочь Некрасова... Несмотря на то, что помещение, занимаемое Четвериковыми в студенческом общежитии, было достаточно обширно, жизнь там представляла ряд неудобств, почему Четвериковы, согласовав вопрос с одиноким Некрасовым, решили перебраться в его квартиру, заняв освободившиеся две комнаты. Переселение это произошло в середине ноября 1943 г. На самом деле Четвериковы заняли только одну комнату — вторая была до потолка заргорождена колоссальными энтомологическими коллекциями Сергея Сергеевича. Теперь мы даже помимо университета виделись почти каждый день. В конце 1944 г. мы с Сергеем Сергеевичем выступили на заседании нашего Общества естественных наук, посвященном памяти академика М. А. Мензбира, с докладами о нашем общем учителе.

Как ни странно, после победоносного окончания войны единение наше с Четвериковыми стало менее тесным. Правда, одно время между мной и Сергеем Сергеевичем произошло некоторое охлаждение на почве того, что я по командировке ректора уехал 14 июня 1945 г. на торжественную сессию Академии наук, посвященную 220-летию ее юбилею (правильнее сказать — победе над фашистами). Сессия эта, состоявшаяся в Москве с выездом в Ленинград, затянулась на целых две недели, и когда я к началу июля вернулся в Горький, то узнал, что Четвериков страшно кипятился по поводу того, что я уехал на столь долгий срок, не согласовав с ним дел по факультету и кафедре. Конечно, охлаждение по такому пустяковому поводу свидетельствовало о том, насколько Сергей Сергеевич принимал близко к сердцу служебные дела, и не могло продолжаться долго, но с окончанием войны весь наш уклад жизни все же изменился, и мы меньше стали видеться с Четвериковыми. Я стал чаще отлучаться из города, решив перебраться поближе к морю. Летом же 1947 г. мы с женой окончательно переехали в

<sup>6</sup> Речь идет, видимо, о каком-то другом растении, так как лопух очень горький.—Прим. ред.

Одессу. Перед нашим отъездом из Горького в августе университет устроил мне весьма теплые проводы — сначала в общеуниверситетском вестибюле, в присутствии ректора, потом — в гораздо более интимной обстановке на квартире у Четверикова и Некрасова — провожал меня биологический факультет. Тогда мы расцеловались с Сергеем Сергеевичем последний раз в жизни!

Конечно, общение мое с Сергеем Сергеевичем продолжалось, но только в письменной форме, в сущности, до самой его смерти, и я был хорошо осведомлен о всех перипетиях его жизни. Переписывались мы с ним довольно часто, и некоторые его письма были весьма интересны и задушевы. Я тяжело переживал то, о чем он со всей искренностью сообщал мне в своих письмах и о чем мне писали наши общие ученики — в первую очередь, конечно, то, что после богатой последствиями сессии ВАСХНИЛ 1948 г. ректор Мельниченко предложил профессору Четверикову либо отказаться от своих «идеалистических» взглядов на наследственность, либо распрощаться с университетом. По дошедшим до меня слухам, Сергей Сергеевич с улыбкой ответил ректору, что если он даже «откажется» от своих взглядов, то научная общественность этому не поверит, ибо его по праву считают «одним из основателей» современной генетики. Однако в письме своем от 25.XII. 1950 г. Сергей Сергеевич писал мне, что его без всяких разговоров просто «отчислили», это стоило ему сердечного инфаркта, после которого он четыре месяца выдерживал постельный режим и два месяца полупостельный, и до сих пор еще чувствует «колотье» в сердце. Впрочем, я склонен больше верить первой редакции, так как в последующих письмах описываемого периода он слишком уж оптимистически объявил себя самым счастливым человеком на свете, так как ему-де не надо ходить ни на какие заседания и он имеет полную возможность все свое время отдавать науке. Однако он умалчивал при этом, что очутился в крайне затруднительном материальном положении: как человек, в личных делах крайне непрактичный, он не удосужился выхлопотать себе полную академическую пенсию и одно время существовал вдвоем с братом Николаем Сергеевичем на 300 руб., которые после ликвидации первоначальной академической пенсии превратились в 150 руб. общегражданских собесовских. Лишь старания друзей ему удалось выхлопотать академическую пенсию в 1600 руб., полагающуюся кандидату биологических наук (дело о присуждении ему докторской степени, насколько я знаю, не по-

лучило движения). Однако Сергей Сергеевич не на шутку принялся за свои научные дела, в первую очередь за приведение в порядок огромной коллекции бабочек. У меня завязалась с ним переписка по вопросам происхождения фауны Крыма, и он сообщил мне много важных и интересных фактов, касающихся географического распространения крымских бабочек, которых он был большим знатоком, так как много собирал их в Крыму, на Южном берегу, и в предгорьях, в Старом Крыму. Однако как ни спешил Сергей Сергеевич, ему не удалось довести до конца ревизию своих коллекций вследствие прогрессирующего ухудшения зрения. Со стоическим хладнокровием ученого он писал мне в письме от 25.XII 1950 г., что уже не может различать цветов желтого и коричневого, синего и зеленого и что это до крайности затрудняет работу с бабочками. В конце концов ему пришлось бросить эту работу, и его драгоценная коллекция бабочек стала для него мертвым капиталом! Желая помочь Сергею Сергеевичу, я в одно из своих посещений Зоологического института АН СССР в Ленинграде завел там разговор с энтомологами, что им представляется возможность приобрести для Зоомузея великолепную коллекцию Четверикова и одновременно помочь в материальном отношении этому заслуженному ученому — подлинному инвалиду науки, поскольку долгие годы работы его с лупой, вероятно, немало способствовали тому, что он, подобно ряду других энтомологов, например А. П. Семенову-Тянь-Шанскому, почти потерял зрение. «Опоздали, Иван Иванович! — ответили мне. — Сергей Сергеевич сам принес свою коллекцию в дар нашему музею!» Я не мог не воскликнуть при этом известии язвительного замечания академика Сушкина в адрес Четверикова, который, по его словам, всегда отличался непрактичностью, и не умел устраивать своих дел.

Безрадостными были бы последние годы жизни Сергея Сергеевича, если бы не заботы отдельных горьковских его учениц и приехавшего к нему на постоянное житье брата Николая Сергеевича. Прогрессирующая слепота лишила Сергея Сергеевича возможности не только оперировать с лупой над бабочками, но заглядывать в космос, в сохранившийся у него прекрасный телескоп французской фирмы Барду. Любовь к астрономии была еще одним пунктом, сближавшим меня с Сергеем Сергеевичем. Когда я жаловался, что имевшийся у меня телескоп той же фирмы, но с меньшим увеличением не позволяет мне различать таких-то и таких-то двойных звезд, Сергей Сергеевич



На прогулке. Горький (Нижний Новгород). 50-е годы.

всегда любезно предлагал мне воспользоваться его более мощным телескопом. А когда мы расстались, он в письмах неоднократно звал меня посетить как-нибудь Горький, чтобы повидаться с друзьями, и в виде приманки обещал подарить мне свой телескоп. Увы!..

Прогрессирующая утрата зрения не позволила Сергею Сергеевичу испытать еще одно несомненно приятное и многозначительное событие в жизни — вручение почетного знака «Darwin-Planschette», который Гер-

манская академия «Леопольдина» выпустила в 1959 г. — в год столетнего юбилея «Происхождения видов» Дарвина — для награждения ученых, которые имели особые заслуги в деле продвижения и укрепления его учения. Показательно, что эта «планшета» была присуждена профессору Четверикову, удаленному из Горьковского университета за верность этому учению! И хотя Сергею Сергеевичу официально разрешили поездки в Берлин для получения своей «планшеты» в торжественной обстановке, он не мог ехать без сопровождения<sup>7</sup>.

Последние годы жизни Четверикова были очень печальны, несмотря на улучшившееся материальное положение и заботливый уход со стороны брата, друзей и учеников; зрение его ухудшилось настолько, что он не мог даже читать и писать: последние его письма, полученные мною, были написаны под его диктовку рукой брата. 2 июля 1959 г. Сергея Сергеевича не стало... Хотя он и дожил до того времени, когда заслуги его перед наукой были отмечены за рубежом, во многих странах, и он не считался уже даже в Горьком одиозной фигурой, как в первые годы после вынужденного ухода из университета, но ему не было дано судьбой дожить до того светлого момента, когда на его родине спали путы, не дававшие развиваться генетике, для разработки которой он в свое время сделал так много.

Публикация В. В. Бабкова

<sup>7</sup> «Darwin-Planschette» была вручена четверем русским ученым: И. И. Шмальгаузену, Н. П. Дубинину, Н. В. Тимофееву-Ресовскому и С. С. Четверикову. Всего же было присуждено 27 медалей способствовавшим развитию учения Дарвина. Сергей Сергеевич не получал разрешения на такую поездку, так как с самого начала отказался от нее из-за тяжелого состояния здоровья, о чем и сообщил в Берлин после получения приглашения от Германской академии «Леопольдина». Вручение же «планшет» русским ученым производилось президентом этой Академии в Москве 25 июня 1959 г., когда С. С. Четвериков уже терял сознание. Однако Сергей Сергеевич знал об этой награде, так как официальное извещение о ней было получено еще задолго до кончины.

## ВСЕ — О МЕДИЦИНЕ!

**«ВРАЧ»** — общественно-политический и научно-практический иллюстрированный журнал, выходящий ежемесячно с 1990 г. в издательстве «Медицина». Наш журнал — свободная трибуна для выступлений медиков всех специальностей и рангов. На его страницах коллеги могут обмениваться идеями, практическим опытом работы, высказывать конструктивные предложения по улучшению деятельности органов здравоохранения в различных регионах страны.

**«ВРАЧ»** — это свободный диалог с читателями, врачами и «потребителями» отечественной медицины, дискуссии, обзор советской и зарубежной печати.

**«ВРАЧ»** — незаменим для тех, кого интересуют новые методы диагностики и лечения, последние достижения в области практического здравоохранения и научного поиска.

**«ВРАЧ»** — лишь на его страницах вы сможете узнать об уникальных новинках в области медицины, абсолютный приоритет которых позволяет внести их в Государственный реестр открытий и изобретений.

**«ВРАЧ»** — здесь можно прочитать о проблемах, которые волнуют сегодня не только отечественных клиницистов, но и медиков всего мира.

**«ВРАЧ»** — лекторий, где вы можете «услышать» клинические лекции ведущих специалистов страны и мира, поделиться профессиональными секретами.

**«ВРАЧ»** — издание, где регулярно освещаются такие волнующие весь мир проблемы, как антропогенные изменения окружающей среды, которые влияют на здоровье людей, организация срочной медицинской помощи при стихийных бедствиях и катастрофах, СПИД и наркомания, охрана материнства и детства, традиционная медицина.

**«ВРАЧ»** — готов предоставить страницы журнала для обмена всевозможной информацией: публикаций, объявлений, рекламы, сведений о наличии вакансий и т. п.

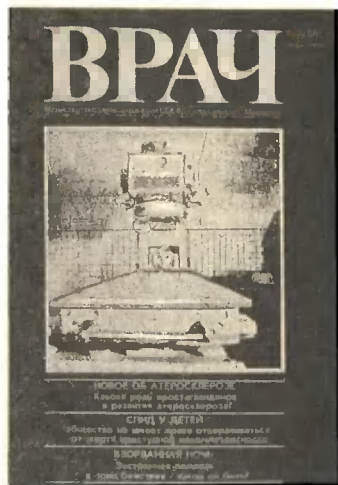
**«ВРАЧ»** — планирует помещать сведения о новых препаратах, приборах и оборудовании, извещать о готовящихся конференциях, конгрессах, симпозиумах, выставках, юбилеях, встречах выпускников и даже защитах диссертаций. Мы собираемся также регулярно оповещать читателей о наличии грантов и приглашений на стажировку и работу за рубежом.

**«ВРАЧ»** — принимает и публикует объявления тех, кто хочет познакомиться с коллегами из других городов и стран с целью обмена опытом, информацией, расширения деловых связей и просто личного общения.

**«ВРАЧ»** — оказывает посреднические услуги при установлении контактов между институтами, клиниками, больницами, фармацевтическими фирмами разных стран, содействует тем, кто хочет стажироваться в европейских странах.

**«ВРАЧ»** — познавательный экскурс в прошлое медицины, обращение к истокам крупнейших научных школ.

Обо всем этом вы сможете прочитать на страницах нашего многотиражного журнала.



## ПОДПИСКА!!!

— принимается во всех отделениях связи без ограничений. Цена одного номера: для индивидуальной подписки — 1 р. 50 к., индекс 71424; для предприятий и организаций — 4 р. Индекс 71425.

Наш адрес: 119435 г. Москва, ул. Погодинская, д. 7.

Телефоны: 248-20-22; 248-20-55; 248-09-61.

Астрономия. Организация науки

## Американская астрономия в грядущее десятилетие

Опубликован очередной отчет Обзорного комитета по астрономии и астрофизике, содержащий проект государственной программы развития американской астрономии на последние десятилетия XX в. Комитет учрежден Национальным исследовательским советом США и состоит из 15 членов; возглавляет его президент Американского астрономического общества Дж. Бакол, специалист по галактикам и наблюдательной космологии (Институт перспективных исследований, Принстон). Выводы комитета опираются на заключения более 300 специалистов из 15 комиссий по разным отраслям астрономии; кроме того, в обсуждении участвовали сотни других исследователей, а всего, по оценке Бакола, сотрудничали с комитетом около 15 % американских астрономов. (Заметим, что в СССР проблемы того же уровня значимости обсуждают не более 20 человек, а о принятых решениях большинству астрономов еще долго ничего не известно.)

Удовлетворить разнообразным и достаточно дорогостоящим интересам астрономов — задача весьма трудная. Лишь физики с их гигантскими ускорителями могут соперничать с астрономами в стоимости научного оборудования, но деньги получить им гораздо легче, поскольку их в 100 раз больше и полезный выход от их исследований стократ очевиден.

Главная задача программных отчетов, периодически представляемых Национальному научному фонду, — убедить кон-

гресс США (и в итоге, налогоплательщиков) в необходимости подобных ассигнований. Имеет значение не только актуальность научной задачи, важно преподнести ее так, чтобы она затронула души конгрессменов; выделяя ассигнования, они тем самым должны признать, что человечеству важно не только выжить на нашей планете, но и узнать, есть ли планеты у других звезд, как произошли звезды и галактики, будет ли Вселенная расширяться вечно... — и что величие страны измеряется и ее вкладом в решение этих фундаментальных проблем. В конечном счете конгрессмены должны осознать, что развитие современной техники невозможно без успехов физики, которая в значительной степени опирается на знания, приходящие из глубин Вселенной.

Нынешний, четвертый по счету из составляемых примерно раз в 10 лет отчет назван «Десятилетие открытий в астрономии и астрофизике». В нем прежде всего рекомендуется увеличить бюджет существующих национальных астрономических учреждений. За последние 10 лет число астрономов в США удвоилось, а финансирование уменьшилось и составляет лишь 36 % от уровня 1970 г. Предлагается также, чтобы Национальный научный фонд предоставлял больше субсидий отдельным астрономам.

Выделены четыре большие программы, среди которых на первом месте создание космического инфракрасного телескопа. Он будет иметь зеркало диаметром 0,9 м, в фокальной плоскости которого разместятся более 100 тыс. детекторов ИК-излучения (у орбитального ИК-телескопа IRAS<sup>1</sup>, работавшего несколько лет назад и принес-

шего огромный объем данных, их всего 62).

Второй по значимости — также инфракрасный телескоп, но уже наземный. Этот 8-метровый рефлектор предполагается установить на высоте 4 км в лучшем из известных астропунктов — вершине г. Мауна-Кеа на Гавайских о-вах, где сейчас вступает в строй и 10-метровый оптический телескоп.

На третьем месте — Миллиметровая система антенн, это батарея из 40 передвигаемых высокоточных радиотелескопов с зеркалами диаметром 8 м каждое. При базе 3 км система позволит достичь в диапазоне длин волн около 1 мм разрешения в 0,07". Тем самым можно будет детально изучать протозвездные плотные газовые облака, состоящие в основном из молекулярного водорода; их обнаруживают по излучению молекул СО на длине волны 2,6 мм. Гигантские молекулярные облака (очаги звездообразования) «обрисовывают» спиральные рукава галактик, встречаются они и в активных ядрах галактик.

Четвертое место среди больших программ занимает проект 8-метрового оптического телескопа для Южного полушария. Только оттуда видны многие интереснейшие объекты, в частности Магеллановы Облака. В Южной европейской обсерватории (Чили) сейчас начато строительство батареи из четырех 8-метровых рефлекторов, в то время как США вынуждены довольствоваться 4-метровым телескопом.

Стоимость четырех программ — 1550 млн. долл., из которых 1300 млн. приходится на космический ИК-телескоп.

Далее в отчете перечислены проекты, относимые к «умеренным»: адаптивная оптика для наземных телескопов, космическая обсерватория для изучения спектров в далеком ультрафиолетовом диапазоне, стратосферная ИК-обсервато-

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Со-йфер Б. Т. Инфракрасная Вселенная «ИРАС» // Природа. 1991. № 8. С. 34—40.

рия, орбитальные обсерватории типа «Эксплорер», оптические и ИК-интерферометры, несколько 4-метровых телескопов, астрометрический орбитальный интерферометр, телескоп для космических лучей, большой наземный солнечный телескоп, расширение Большой антенной системы (VLA), международное сотрудничество на космических обсерваториях.

Стоимость этих 11 программ — 1222 млн. долл. (Нельзя не отметить, что 3—4-метровый телескоп — это «голубая мечта» советских астрономов уже около 20 лет, с тех пор как стало ясно, что в Средней Азии есть места, сравнимые с лучшими на Земле по астроклимату. Однако за эти 20 лет дальше обсуждений дело не двинулось.) Несколько 4-метровых телескопов, запланированных комитетом Бакала, обойдутся в 30 млн. долл.

Среди «умеренных» проектов отметим астрометрический орбитальный интерферометр, позволяющий с точностью до  $3 \cdot 10^{-5}$  угловой секунды определять положение объектов до 20-й звездной величины. В результате должны резко расширяться пределы надежно установленных расстояний до звезд, появятся шансы у многих из них найти планетные системы.

Опыт выполнения прошлых американских программ свидетельствует, что средства обычно выделяются не в полном объеме (всего, вместе с малыми проектами, комитет Бакала сейчас запросил 3 023 млн. долл.). Так, программа 1964 г. почти не получила финансирования, программы 1972 и 1982 гг. выполнены примерно наполовину (среди основных достижений — большая антенная система и космический телескоп им. Хаббла). Правда, внушительные проекты осуществляются в США и без государственного финансирования, среди них, например, несколько 8-метровых телескопов и входящий сейчас в строй 10-метровый телескоп; планируется строительство и его «близнеца». Показательно, что в проектах отсутствуют неоднократно обсуждавшийся 15-метровый телескоп и орбитальный радиотелескоп. Решено, очевидно,

вначале осмыслить опыт работы 10-метрового телескопа, а также предоставить больше телескопов возможно большему числу астрономов. Видимо, учитывается и советский проект орбитального «Радиоастроны».

Перспективы же нашей наземной оптической астрономии плачевны: они попросту отсутствуют. Так что, не имея надежды на исправление ситуации при жизни нынешнего поколения, советским астрономам следовало бы сосредоточиться на программах, требующих длительных рядов наблюдений, в которых можно обойтись без современных телескопов и светоприемников; только они останутся заметны на мировом фоне...

**Ю. Н. Ефремов,**  
доктор физико-математических наук  
Москва

#### Космические исследования

### Запуски космических аппаратов в СССР: май — июнь 1991 г.

В этот период запущено 16 космических аппаратов, в том числе девять спутников серии «Космос».

Транспортный космический корабль «Союз ТМ-12» доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» сменный экипаж —

А. П. Арцебарского и С. К. Крикалева и гражданку Великобритании Х. Шарман, а автоматический корабль «Прогресс М-8» — грузы и расходные материалы.

Основная задача спутника «Океан» — получение оперативной океанографической информации и данных о ледовой обстановке в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества.

На очередных спутниках «Ресурс-Ф» установлена аппаратура для проведения разномастной многозональной и спектрально-анализирующей фотосъемки в рамках программ исследований природных ресурсов Земли и решения задач экологии.

Очередной спутник связи «Молния-1» обеспечивает эксплуатацию системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи, а также передачу программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита».

С помощью малогабаритного спутника «МАК-1» (масса 16,5 кг, в том числе масса научной аппаратуры 4,1 кг, габариты в транспортном положении 0,48 · 0,32 м) будут производиться широкомащштабные физические исследования динамики характеристик атмосферы Земли на высотах 150—300 км, суточных и сезонных широтных вариаций физических параметров верхней атмосферы и т. п., а также конструкторско-технологические исследования и изучение дина-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-2143—2148»*	17.V	1414	1444	82,6	114,2
«Союз ТМ-12»	18.V	201	231	51,6	88,5
«Ресурс-Ф»	21.V	194	274	82,3	88,8
«Космос-2149»	24.V	176	377	67,2	89,7
«Прогресс М-8»	30.V	191	249	51,6	88,6
«Океан»	4.VI	652	679	82,5	97,8
«Космос-2150»	11.VI	785	823	74	100,8
«Космос-2151»	13.VI	648	676	82,5	97,8
«МАК-1»**	17.VI	390	406	51,6	92,3
«Молния-1»	18.VI	457	40 825	62,8	736
«Ресурс-Ф»	28.VI	192	269	82,3	88,8

\* Запущены одной ракетой-носителем «Циклон».

\*\* Запущен с борта научно-исследовательского комплекса «Мир».

мики движения, в том числе двойной ИСЗ с гибкой связью. Однако из-за отказа системы электропитания после запуска с борта орбитальной станции «Мир» спутник не был приведен в рабочее состояние.

На автоматической космической станции «Алмаз-1» проверялись различные режимы работы бортовых систем, в частности основного инструмента — усовершенствованного радиолокатора всепогодного наблюдения поверхности Земли. Была проведена пробная съемка отдельных регионов территории СССР, ряда других стран и Мирового океана.

#### Космические исследования

### Экспедиция на «Мир»: май — июнь 1991 г.

28 мая космонавты А. П. Арчабарский и С. К. Крикалев перестыковали корабль «Союз ТМ-12» с переходного отсека станции «Мир» на астрофизический модуль «Квант», чтобы обеспечить дальнейшие транспортные операции по снабжению модуля топливом, оборудованием и другими грузами с помощью кораблей «Прогресс».

Большое место в программе девятой длительной экспедиции отводилось работам в открытом космосе. Предусматривалось девять выходов в открытое космическое пространство, два из них выполнены в июне. Первый состоялся 25 июня 1991 г. и продолжался 4 ч 58 мин. Космонавты сняли старый комплект антенн системы сближения и стыковки «Курс» и установили новый. Кроме того, они смонтировали на модуле «Квант-2» экспериментальную монтажную ферму для оценки эффективности использования термомеханических соединений при монтаже крупногабаритных конструкций в открытом космосе.

Второй выход произошел 28 июня в 22 час. 02 мин. и длился 3 ч 24 мин. На внешней поверхности модуля «Квант-2» была смонтирована аппаратура «Трек» для изучения генерации в Галактике сверхтяжелых ядер космических лучей. Эксперимент разработан специалистами

СССР и США. Космонавты установили также комплект детекторов для измерения потоков и спектров заряженных частиц.

На одной из солнечных батарей базового блока космонавты смонтировали дополнительную телекамеру и проверили ее работоспособность. Для перехода в грузовой отсек модуля «Квант-2» использовалась телескопическая стрела, установленная на внешней поверхности станции предыдущим экипажем.

В заключение на станцию был возвращен экспериментальный образец термомеханического соединения, пробывшего в открытом космосе 4 сут.

#### Космические исследования

### 41-й полет по программе «Спейс шаттл»

5 июня 1991 г. в 13 час. 25 мин. по Гринвичу с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен очередной запуск; орбитальной ступенью служил корабль «Колумбия» с экипажем из семи астронавтов: Б. О'Коннор (командир), С. Гутьеррес (пилот), Маргарет Седдон, Дж. Бейгян, Тамара Джерниган (специалисты по операциям на орбите), Ф. Дрю Гаффни, Милли Хьюз-Фулфорд (специалисты по полезному грузу).

В основном экипаж проводил медико-биологические исследования, поэтому в его состав вошли физиолог (Фулфорд), кардиолог (Гаффни) и два доктора медицины (Седдон и Бейгян). В грузовом отсеке была установлена космическая лаборатория «Спейслэб», доступ к которой обеспечивался через специальный тоннель из кабины корабля. Объектами исследований служили 2478 крохотных медуз (эксперименты в космосе с ними проводились впервые) и 29 белых крыс. Цель этих комплексов и сложных экспериментов — получение информации, необходимой для длительных космических полетов.

Программа предусматривала 20 экспериментов по определению воздействия космиче-

ских условий на различные системы человеческого организма (сердце, легкие, кровеносные сосуды, почки и органы внутренней секреции, плазма крови, красные и белые кровяные тельца, мышечная и костная ткани, головной мозг, нервная система, глаз и внутреннее ухо).

Уже через несколько часов после старта специалисты смогли проанализировать результаты первого эксперимента. Кардиологу Гаффни перед полетом ввели внутривенный катетер со специальными датчиками; через 9 ч устройство сняли, и медики смогли оценить влияние перегрузок при старте и наборе высоты на кровяное давление и изменение объемов проходящей по сосудам крови.

В 9-суточном полете у всех членов экипажа ежедневно брались анализы крови и мочи, измерялось кровяное давление, обследовались легкие, сердце и почки. Образцы анализов хранились в специальном холодильнике до возвращения на Землю.

На Земле белые мыши будут использованы для изучения влияния невесомости на костную и мышечную системы. На борту «Колумбии» врачи следили за возможными изменениями чувствительных к гравитации органов медуз.

14 июня 1991 г. в 15 час. 40 мин. по Гринвичу, выполнив программу полета, «Колумбия» вернулась на Землю. Длительность полета составила 9 сут 2 ч 15 мин.

С. А. Никитин  
Москва

#### Астрофизика

### Миллисекундный радиопульсар в релятивистской двойной системе

На радиотелескопе в Аресибо (Пуэрто-Рико) открыто немало пульсаров, в том числе знаменитый зарегистрированный Дж. Тейлором релятивистский двойной затменный пульсар PSR 1957+20, что экспериментально подтвердило существование гравитационных волн. И недавно известный исследователь пульсаров А. Вольцзан (A. Wolszczan), проводя обзор

неба на высоких галактических широтах, обнаружил радиопульсар с периодом 37,9 мс, названный PSR 1534+12. Он входит в состав короткопериодической (10 ч) двойной системы, расположенной в 0,5 кпк от нас.

Приходящие на Землю импульсы от пульсара необычно сильные и узкие, что позволяет регистрировать их приход (так называемый тайминг) с высокой точностью (лучше 2 мс). Вычисленные на основе результатов тайминга массы компонентов (1,32 и 1,36  $M_{\odot}$ ), высокий эксцентриситет орбиты (0,274) и ее небольшие размеры (около 2  $R_{\odot}$ ) указывают на то, что второй компонент системы, скорее всего, тоже нейтронная звезда и эволюция орбиты обусловлена релятивистскими эффектами.

Небольшая скорость замедления собственного вращения пульсара свидетельствует о том, что он «стар» и обладает слабым магнитным полем. Это типично для пульсаров, раскрученных вторично в результате аккреции вещества со спутника; видимо, PSR 1534+12 — продукт эволюции массивной двойной системы. Судя по эксцентриситету и другим параметрам орбиты, второй компонент образовался в результате несимметричного взрыва сверхновой.

Новый пульсар — уникальный астрофизический объект. Наиболее примечательно, что он — член релятивистской двойной системы; это позволяет изучать гравитационные эффекты в сильном поле. Значительное несопадение осей вращения пульсара (его «спина») и орбитального углового момента системы означает, что «спин» пульсара прецессирует в гравитационном поле. Ранее этот релятивистский эффект не был подтвержден из-за того, что для других пульсаров не был измерен «спин»-орбитальный угол.

Анализ показал, что рядом с PSR 1534+12 расположен еще один пульсар, PSR 1257+12, точные характеристики которого еще не получены. Но уже сейчас можно сказать, что он тоже «старый», расположен на расстоянии 0,5 кпк и его светимость достаточно слаба.

Открытие двух высокоширотных пульсаров дает еще одно доказательство существования в Галактике большой популяции «старых», раскрученных заново пульсаров.

Nature. 1991. V. 350. N 6320. P. 688—690 (Великобритания).

#### Астрофизика

### «Микролинзы» выдают черную дыру

За последнее десятилетие астрономы обнаружили несколько гравитационных линз — гигантских массивных галактик, мощным тяготением искривляющих проходящие поблизости световые лучи от более удаленных объектов. В результате наземному наблюдателю видятся два различных объекта там, где на самом деле существует один.

В 1989 г. впервые были обнаружены «микролинзы» — отдельные звезды или сравнительно небольшие их группы, способные фокусировать свет далекого квазара. Недавно Р. Шилд и Р. Смит (R. Schild, R. Smith; Гарвард-Смитсоновский астрофизический центр, Кембридж, штат Массачусетс, США) открыли «микролинзы» в созвездии Большой Медведицы.

Квазар QSO 0957+561 расположен в миллиардах световых лет за эллиптической галактикой G1, которая сама находится в миллиардах световых лет от Земли. Именно она и служит «микролинзой», искривляя излучение квазара и деля его на два компонента различной яркости (А и В).

Луч от А проходит далеко от центра G1, поэтому отдельные звезды мало влияют на него и он несет достаточно точную информацию об изменении собственной светимости квазара. От В свет идет через центр галактики, испытывая активное воздействие отдельных звезд. Яркость квазаров может сильно меняться (иногда даже в течение нескольких суток). В 1985 г. Шилд обнаружил, что компонент В квазара в колебаниях яркости довольно точно следует за компонентом А, но

со сдвигом в 1,1 года, т. е. свет от него идет дольше как раз на это время.

Теперь Шилд и Смит проанализировали 10-летние наблюдения на 24-дюймовом телескопе обсерватории Маунт-Хопкинс (штат Аризона). Уточ «замедление» в 1,1 года, они установили, что с 1980 по 1987 г. яркость компонента В относительно А возросла на 20%, после чего осталась примерно на том же уровне. Видимо, некая звезда (или группа звезд) прошла «перед» В и своим тяготением, как линзой, «сфокусировала» его свет, постепенно усилив его.

Итак, теперь астрономы смогут использовать «микролинзы» для определения массы далеких звезд, что, в свою очередь, позволит оценить, сколько звезд той или иной массы в галактиках, в том числе в столь далеких, где неразличимы отдельные звезды.

Наконец, «микролинзы» помогут обнаружить «скрытую массу», которая, по оценкам, составляет 90—99% массы Вселенной. Если нейтронные звезды, черные дыры и «коричневые карлики» входят в состав «темной материи», они, как и видимые объекты, могут служить «микролинзами».

Поэтому Шилд и Смит призвали всех астрономов не отводить взор от квазара QSO 0957+561.

The Astronomical Journal. 1991; New Scientist. 1991. V. 129. N 1761. P. 22 (Великобритания).

#### Астрофизика

### Магнитные «бутылки» на Солнце

Группа сотрудников Центра космических полетов им. Маршалла НАСА (Хантсвилл, штат Алабама, США) во главе с Р. Л. Муром (R. L. Moore) установила, что даже в районах поверхности Солнца, далеких от солнечных пятен, присутствует сложная сеть магнитных полей, образованная небольшими замкнутыми магнитными петлями. Эта магнитная структура в спокойных областях Солнца



возникает в районах «вырождения» пятен и от магнитных петель, постоянно выбрасываемых на поверхность. Множество коротких петель, связывающих соседние скопления вещества с противоположными зарядами, создают подобие замкнутых магнитных «бутылок», которые нередко взрываются, выделяя магнитную энергию в виде микровспышки. По мнению исследователей, подобные локальные магнитные взрывы могут вызывать разогрев вещества, приводящий к резкому повышению температуры солнечной короны — свыше  $10^6$  К. Характер спикул — таинственных быстро исчезающих «прядей» солнечной материи, которые временами пронизывают солнечную атмосферу — как теперь представляется, тоже зависит от магнитных петель на поверхности Солнца.

Science News. 1990. V. 137. N 25. P. 396 (США).

#### Планетология

### Натриевое облако вокруг Ио «растет»

Еще в 1973 г. было установлено, что спутник Юпитера Ио окружен огромным светящимся облаком из атомов натрия в форме полумесяца, возникшим, очевидно, в результате вулканических извержений. Облако простирается примерно на 2,1 млн. км (приблизительно 30 радиусов Юпитера).

М. Мендильо и Дж. Л. Баумгарднер (M. Mendillo, J. L. Baumgardner; Бостонский университет, штат Массачусетс, США) фотографировали облака Ио с помощью телескопа Макдональдской обсерватории в Форт-Дейвисе (штат Техас). Специальный фильтр и усиливающий свет датчик позволили им фиксировать даже незначительную долю солнечного излучения, отражаемого атомами натрия на большом расстоянии от Юпитера.

Установлено, что в состав облака, помимо натрия, входят также сера и кислорода, обладающие более слабыми спектральными линиями. Оказалось, что скопление атомов натрия вокруг Ио простирается

более чем на 32 радиуса Юпитера (его угловая ширина составляет около  $6^\circ$  — шестеро больше, чем у Луны в полнолунье). Похоже, это крупнейший после Солнца постоянно наблюдаемый объект в Солнечной системе.

Вынос атомов натрия столь далеко от поверхности Ио связан с быстрым вращением магнитосферы Юпитера. Поэтому исследователи склонны называть возникающее образование не облаком, а «магнитотуманностью».

Не исключено, что с помощью новой, более современной техники наблюдений астрономы обнаружат нечто сходное и у других планет Солнечной системы. Особенно «перспективен» в этом смысле Сатурн.

Science News. 1990. V. 137. N 23. P. 359 (США).

#### Планетология

### «Свисты» и молнии на Нептуне

В 1979 г. «Вояджер-1 и -2» зарегистрировали в атмосфере Юпитера гигантские молниевые разряды, а в ионосфере планеты так называемые «свисты» — всплески радиоизлучения с убывающей частотой, которые на Земле нередко сопровождают молнии.

У Сатурна «Вояджеры» не обнаружили ни «свистов», ни молний, но зафиксировали определенный вид статического электроразряда высокой частоты, также связанного на Земле с молниями.

В августе 1989 г., пролетая возле Нептуна, «Вояджер-2» не обнаружил там ни молний, ни высокочастотных статических разрядов, но нечто, похожее на «свисты», один из его приборов, видимо, все же зарегистрировал. Однако в тот момент руководитель эксперимента Д. А. Гертнетт (D. A. Gurnett; Университет штата Айова, Айова-Сити, США) не решился это утверждать, поскольку другой прибор показывал, что количество электронов в ионосфере планеты недостаточно, чтобы перенести «свисты» от молниевых разрядов до космического аппарата.

Частота предполагаемых «свистов» на Нептуне снижалась значительно медленнее, чем на Юпитере. Как считает обративший на это внимание Р. МакНатт (R. McNutt; Массачусетский технологический институт, Кембридж, штат Массачусетс, США), это связано с тем, что «свисты» распространяются более длинным путем, встречая в ионосфере низкой плотности мало электронов, или через ионосферу, плотно насыщенную электронами.

Однако при обнаружении подозрительных шумов «Вояджер-2» находился в 5 тыс. км от Нептуна, слишком близко, чтобы сигнал мог распространяться по первому сценарию. Отсюда следует, что сигнал проходил сквозь плазму, в которой концентрация электронов значительно выше, чем в межпланетном пространстве. Видимо, здесь существует плотная, но относительно холодная (с температурой около 950 К) плазма. Эта температура слишком низка, чтобы приборы «Вояджера-2» могли зарегистрировать плазму, но количество электронов в ней значительно превышает то, которое прибор зафиксировал в более высокотемпературной (около 55 тыс. К) плазме. Не исключено, что на Нептуне «существуют» горячая и холодная плазмы.

Science News. 1990. V. 137. N 23. P. 358 (США).

#### Астрономия

### Южный полюс — рай для астрономов

Антарктида — одно из самых «засушливых» мест на Земле (влажность воздуха здесь самая низкая), и облачность в глубинных ее районах очень мала. А поскольку, вдобавок, и полярная ночь здесь длится месяцами, и вечно чистое небо поражает своим богатством, понятно, почему астрономы давно поглядывали на Антарктиду с воодушевлением.

И вот недавно Национальный научный фонд США наконец изыскал средства для строи-

тельства обсерватории на станции Амундсен-Скотт, расположенной на Южном полюсе. Сотрудники Бостонского университета (штат Массачусетс) и Лаборатории им. Белла компании «Америкен телеграф энд телефон» создают для нее 1,7-метровый субмиллиметровый телескоп, который будет вести наблюдения в диапазоне 200 мкм — 1 мм, изучая образование и эволюцию молекулярных облаков в глубинах Галактики.

60-сантиметровый инфракрасный телескоп SPIREX (South Pole Infrared Explorer — южнополярный исследователь инфракрасного излучения), строящийся группой компаний из Чикаго (штат Иллинойс), будет работать на длине волны 2,5 мкм. Это позволит изучать далекие молодые галактики, молодые звезды, окутанные скоплениями межзвездных газов, и коричневые карлики.

Наконец, третий инструмент (длина волны 1—10 мм) предназначен для исследования анизотропии реликтового космического излучения.

Итак, среди членов антарктических экспедиций США скоро появятся астрономы.

New Scientist. 1991. V. 129. N 1760. P. 12 (Великобритания).

#### Физика атмосферы

### «Миникомета» в атмосфере Земли

26 сентября 1990 г. космонавт Г. М. Стрекалов наблюдал с орбитального комплекса «Мир» интересное оптическое явление. Вот как он его описывал: «Это было круглое облако, блестящее, как елочный шар. Я подумал, что это гигантский раскрашенный воздушный шар. А может, скопление газа — словом, физически неразгаданное природное явление. Наблюдалось оно 7 с».<sup>1</sup>

Можно предположить, что Стрекалов впервые видел из космоса вход в атмосферу

Земли снежного ядра «миникометы»; их огромный приток в атмосферу (около 20 шт. в минуту) был обнаружен американскими учеными в середине 30-х годов.<sup>2</sup>

По оценкам, средняя масса ядер таких комет около 100 т. Следовательно, в сутки они должны привносить в атмосферу примерно 3 млн. т воды. При входе в атмосферу эти ядра испаряются, поэтому концентрация паров воды в мезосфере и нижней термосфере достаточно высока (в частности, в мезопаузе примерно  $10^{-4}$ ). «Миникометы» приносят также в атмосферу много рыхлых пылинкок массой порядка  $10^{-14}$  г, представляющих собой эффективные ядра конденсации при температурах 160—170 К (значения средней температуры летом в мезопаузе на широтах более 50°). В этих условиях образуются серебристые облака.<sup>3</sup>

Не исключено, что таким же ядром «миникометы» было и вторгшееся в атмосферу Земли 30 июня 1908 г. Тунгусское космическое тело, масса которого, по оценкам, составляла сотни тонн. С его (а возможно, и ядер других «миникомет») падением связаны светлые ночи 30 июня — 2 июля 1908 г., когда поле серебристых облаков, беспрецедентное по своей протяженности и яркости, занимало площадь не менее 5 млн. км<sup>2</sup> и наблюдалось 34 станциями Европы и Азии.

Вход в атмосферу Земли ядер «миникомет», видимо, ведет и к возбуждению верхней атмосферы: пятнистой структуре эмиссионного излучения, локальным уменьшениям концентрации положительных ионов в ионосфере, локальным аномалиям в распределении малых компонентов (например, окиси азота и гидратов) и т. п.<sup>4</sup>

**А. И. Лазарев,**

доктор технических наук  
Ленинград

#### Химия атмосферы

### Производство нейлона и климат

Окись азота способна как разрушать молекулы озона, так и создавать парниковый эффект. Ныне концентрация этого газа в атмосфере возрастает лишь на 0,2 % в год (видимо, вследствие человеческой деятельности), но поскольку он может долго (до 150 лет) оставаться в атмосфере, то в перспективе станет важным климатообразующим фактором.

Прежде считалось, что не менее четверти окиси азота, поступающей в атмосферу ежегодно, возникает при сжигании биомассы. Более совершенные эксперименты понизили эту долю до 7 %. Откуда берется остальное, оставалось неясным.

М. Тименс и У. Троглер (M. Thiemens, W. Trogler; Университет штата Калифорния, Сан-Диего, США) установили, что при производстве нейлона в значительных количествах получают адипиковую (жировую) кислоту, а побочным продуктом является окись азота. Согласно их подсчетам, это объясняет примерно 10 % ежегодного прироста содержания NO в атмосфере. Возникает возможность объяснить непонятный до сих пор факт более высокой концентрации этого газа в Северном полушарии: ведь именно там расположено подавляющее большинство предприятий, производящих нейлон.

(Впрочем, некоторые из них уже оснащены установками для сжигания окиси азота и других побочных газов.)

Nature. 1991. V. 349. N 6311. P. 689; New Scientist. 1991. V. 129. N 1760. P. 24 (Великобритания).

#### Физика атмосферы

### Откуда на Земле вода?

В середине 80-х годов Л. А. Франк (L. A. Frank; Университет штата Айова, Айова-Сити, США) выдвинул гипотезу о космическом происхождении воды на Земле. Он интерпретировал пятна на фото-

<sup>2</sup> Frank L. A. et al. // Geophys. Res. Lett. 1986. V. 13. N 4. P. 307—310.

<sup>3</sup> Лебединец В. Н., Курбанмуратов О. // Астрон. вестн. 1991. Т. 25. № 5. С. 423—431.

<sup>4</sup> Лазарев А. И., Коваленок В. В. и др. Атмосфера Земли с «Селюта-6». Л., 1981.

<sup>1</sup> Цит. по: Тарасов А. Первый космический НЛО // Правда. 1990. 7 декабря.

графиях верхней атмосферы Земли, полученных космическими приборами, как свидетельства того, что в среднем около 20 «микромет» ежеминутно попадают в атмосферу Земли. А так как они состоят почти целиком из снега, то мгновенно испаряются, насыщая атмосферу влагой.

Гипотеза не была принята большинством специалистов, поскольку требовала пересмотра слишком многих установившихся в геофизике и космофизике представлений, например о том, что вода появилась на Земле на раннем этапе ее формирования. Кроме того, как правило, специалисты не обнаруживали в своих данных доказательств существования микромет в таких количествах.

Однако недавно Франк поддержал Дж. Оливеро (J. Olivero; Университет штата Пенсильвания, Юниверсити-Парк, США). Его группа провела длительные наблюдения неба, используя микроволновый радиометр, регистрирующий даже весьма слабое излучение газов в верхних слоях атмосферы. За 500 дней зарегистрировано 111 всплесков концентрации водяных паров, причем каждый длился не более 20 мин. Это как раз отвечает предположению о вторжении на Землю и испарении «грязных снежков», которыми, по сути, являются кометы. События происходят на высоте около 80 км над поверхностью планеты, где ее воздушная оболочка крайне «сухая».

Наблюдалось в среднем по одному всплеску каждые четверо суток. Согласно подсчетам, каждое подобное событие приносило в атмосферу по  $10^{29}$ — $10^{34}$  молекул воды, что также соответствует гипотезе.

Однако космофизик А. Дресслер (A. Dressler; Райсовский университет, Хьюстон, штат Техас, США) указал на то, что всплески концентрации влаги не подчиняются довольно точной суточной закономерности, как это следует для комет. Другие оппоненты настаивают на тщательнейшей проверке радиометра. Полемика по этому вопросу продолжается.

Физика

**А был ли металлический водород!**

В 1989 г. группа физиков из Института им. Карнеги (Вашингтон, США) во главе с Д. Мао (D. Mao) сообщила о получении водорода в металлическом состоянии. Образец газообразного водорода, помещенный на алмазную «наковальню», подвергся давлению в 1,49 млн. атм. При этом он отражал до 5% поступающего света, что, по мнению авторов работы, свидетельствовало о его переходе в твердое металлическое состояние.

Сейчас этот вывод оспаривают А. Руофф и К. Вандерборг (A. Ruoff, C. Vanderborgh; Корнеллский университет, Итака, штат Нью-Йорк, США). Они указывают, что в камере вместе с водородом находился рубиновый порошок, который при высоких давлениях начинает светиться. Рубиновый порошок — это, по существу, окись алюминия, которая при высоких давлениях вступает в реакцию с водородом и превращается в металлический алюминий. При давлении свыше 1,36 млн. атм процесс идет с большой скоростью. Возможное загрязнение образца алюминием делает выводы о возникновении металлического водорода ненадежными.

Physical Review Letters. 1991. V. 66. P. 754 (США); New Scientist. 1991. V. 129. N 1760. P. 21 (Великобритания).

Медицина

**Как спасти нейроны!**

До сих пор не известно, какие химические процессы способствуют гибели или спасению нейронов головного мозга при различных патологиях. Так, при инсульте пациенту дают лекарства, блокирующие поступление к нейронам ионов кальция. Эти лекарства также расширяют суженные сосуды головного мозга.

Однако, как показали К. Рич и Дж. Холлоуэлл (K. Rich, J. Hollowell; Медицинская школа в Сант-Луисе при Вашингтонском

университете, США), действие этих лекарств может быть шире.

Исследователи применили флунаризин, обычно используемый при лечении эпилепсии, мигрени и инсультов. Его вводили новорожденным крысам с пораженной периферийной нервной системой (удаленным фактором, отвечающим за жизнедеятельность нейронов). 71% пораженных нервных клеток погибли на неделю позже, чем у крыс, не получавших флунаризин. Однако для достижения такого эффекта нужна доза флунаризина, намного превышающая необходимую для блокировки потока ионов кальция.

Видимо, помимо механизма блокировки этого потока, существует внутриклеточный механизм, под действием флунаризина или другого подобного препарата защищающий пораженные нервные клетки (например, предотвращая токсичный метаболизм ионов кальция в нейроне).

Science News, 1990. V. 137. N 24. P. 374 (США).

Медицина

**Капуста против рака**

Дж. Михнович и Л. Брэдлоу (J. Michnovicz, L. Bradlow; Институт гормональных исследований, Нью-Йорк, США) обнаружили, что свежие или слегка отваренные крестоцветные овощи, особенно спаржа и кочанная капуста, содержат химические соединения, предупреждающие развитие рака грудных желез у женщин. Эстрогены (женские половые гормоны), в нормальном состоянии стимулирующие рост молочных желез, при некоторой патологии могут инициировать развитие опухолей грудных желез. Открытые химические соединения оказывают воздействие на эстрогены, превращая их в неактивную форму.

Испытания велись на мышах. Азотсодержащие соединения класса индолы, например индол-3-карбинол, известные как антираковые агенты вводили самкам, индуцированным вирусом, вызывающим рак грудной железы. Через 8 мес. только у

Science News. 1990. V. 137. N 23. P. 365 (США).

25 % животных развились опухоли. В контрольной группе опухоли обнаружены в 80—90 % случаев.

Как оказалось, препарат превращает активные эстрогены в менее активную форму — 2-оксистерон, не вызывающий роста раковых опухолей. Препарат испытывали также на здоровых женщинах и... мужчинах (у которых эстрогены вырабатываются в небольших количествах, и их уровень колеблется не столь сильно, как у женщин, что упрощает интерпретацию получаемых результатов). Каждый из семи мужчин ежедневно получал 500 мг индол-3-карбинола, что эквивалентно половине кочана капусты. Через неделю после начала приема препарата содержание 2-оксистерона увеличилось на 50 %. Такие же результаты получены для пяти здоровых женщин.

Выводы исследований подтверждает и статистика заболеваний. Женщины Азии, чей рацион богат крестоцветными овощами, болеют раком грудной железы гораздо реже, чем в Европе.

Science News. 1990. V. 137. N 24. P. 375 (США).

#### Медицина

### Удаленные ткани еще послужат

В клинической практике нередки случаи, когда больному необходимо удалить околощитовидные железы, вырабатывающие особый гормон, который регулирует кальциевый обмен в организме. При этом небольшие участки железы сохраняют, чтобы, выполняя свою специфическую функцию, они компенсировали утерю органа. Однако, если эти участки слишком малы, они не могут выделять достаточно гормона, и организму больного не хватает кальция. Обычно в этих случаях назначают препараты кальция и витамин Д. В хирургической клинике Марбургского университета (Германия) успешно применяют альтернативный метод: после удаления желез их обрабатывают криозащитным раствором, замораживают и хранят в жидком азоте при температуре

—196 °С. При этом их клетки сохраняют жизнеспособность и после отогрева способны синтезировать гормон. Пациентам, у которых после удаления железы развилась гормональная недостаточность, в мышцы рук вводят размороженную консервированную ткань собственной железы. Пересаженная ткань начинает вырабатывать гормон в соответствии с потребностями организма, так что лекарственную терапию можно отменить. Поскольку вводится собственная ткань больного, нет нужды подавлять иммунную систему.

Deutsche Medizinische Wochenschrift. 1990. V. 115. N 49. P. 1863—1867 (Германия).

#### Медицина

### Волосы из пробирки

Группе английских ученых из Кембриджского университета под руководством Т. Кили (Т. Kealey) впервые удалось вырастить человеческие волосы в культуре. Из фрагментов кожи, взятой с волосистой части головы женщин в возрасте 35—55 лет, выделяли волосные фолликулы — мешочки из клеток кожи, в которых находятся корни волос, — и помещали их в питательную среду при температуре 37 °С. Через четыре дня фолликулы дали начало росту волос. Если в среду, где культивировались волосы, добавляли фактор роста эпидермиса — вещество, выделенное из тканей животных и стимулирующее рост клеток, то, вопреки ожиданиям, рост волос тормозился. Такой же эффект вызывал миноксидил — фармакологический препарат, используемый в виде примочек для лечения облысения. Пока ученые не понимают причину такого парадоксального поведения волосных фолликулов в культуре.

Одновременно в Университете штата Пенсильвания (США) в коже человека под сальной железой волоса обнаружено неизвестное ранее скопление клеток, порождающее рост волос. По мнению авторов, обнаруженное или образование взаимодействует с сосочком из соединительной ткани, который

вдвигается снизу в основание волоса. Под влиянием сигналов неизвестной природы, поступающих к этому скоплению от сосочка, некоторые клетки начинают делиться и мигрируют к сосочку, где дифференцируются и формируют новый волос, постепенно вытесняющий старый. Это открытие заставляет пересмотреть прежние представления о механизме роста волос за счет деления клеток волосной луковицы.

Это позволит разработать методы лечения облысения путем пересадки волос.

Sciences et Avenir. 1991. N 527. P. 34—37 (Франция).

#### Медицина

### Оплодотворение мертвыми сперматозоидами

В Университете г. Кагосима (Япония) осуществлена первая удачная попытка оплодотворения сперматозоидами, потерявшими жизнеспособность. Сперму быка замораживали и отогревали дважды, не используя криопротекторы, защищающие живые клетки от повреждений при охлаждении, а затем хранили ее при температуре —20 °С две недели, в результате чего сперматозоиды полностью утрачивали двигательную активность и были признаны биологически мертвыми, однако их ядра, содержащие наследственный материал, не были повреждены. Затем с помощью стеклянного капилляра сперматозоиды вводились в цитоплазму извлеченной яйцеклетки коровы. После оплодотворения, через 6 суток культивирования в специальной питательной среде зародышей перенесли в матку коровы-реципиента. Спустя еще 6 недель длина эмбриона в матке достигла 7 см.

Techno Japan. 1990. V. 23. N 7. P. 115 (Япония).

#### Зоология

### Жук-бомбардир и «Фау-1»

Более 150 лет назад английский натуралист Дж. О. Уэствуд писал о жуке с необычным

способом обороны: «Это насекомое, когда чувствует серьезную угрозу, немедленно вводит в бой свою «артиллерию». От ее воздействия кожа получает сильный ожог, так что голыми руками их ловить почти невозможно». Таким бесхитростным описанием были введены в науку жуки-бомбардиры (подсемейство *Brachininae* из семейства жуки-железцы *Scarabidae*).

Постепенно выяснилось: стоит постороннему существу дотронуться до конечности жука или его усиков — и бомбардир приводит в движение мускулы вокруг специальных желез, где в соседних камерах хранятся различные химические вещества. Подобно бинарному оружию, порознь они безвредны, но, соединяясь, вступают в бурную реакцию. Это соединение выбрасывается через пассивный клапан в камеру, где преобразуется с участием ферментов в бензохинон. При этом выделяется масса тепловой энергии. Давление в камере быстро нарастает, и «кипящая» струя бурно вылетает через отверстие в подбрюшье насекомого, поражая врагов.

Недавно этого жука изучал химик-эколог Т. Эйснер (Т. Eisner; Корнелльский университет, Итака, штат Нью-Йорк, США). «Пальба» жука-бомбардира регистрировалась акустическими приборами и датчиками давлений, установленными на пути его выбросов. Кроме того, каждый эпизод фиксировался с помощью специально разработанной Х. Эджертоном (Н. Edger-ton; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США) методики высокоскоростной кинематографии. Оказалось, что жук-бомбардир выпускает не сплошную струю, а «пуллетную очередь», в которой каждый импульс отделен от последующего интервалом в 2 мс.

Очевидно, при первоначальном давлении на выпускной клапан железы в камеру вводится реагент; быстрый рост давления в камере ведет к закрытию этого пассивного клапана. Содержимое камеры теперь может выбрасываться наружу только при маленьком взрыве. Понижившееся на тысячные доли секунды давление позволяет впрыснуть в камеру новую порцию реагентов. Каждое «извер-

жение» может состоять из 2—12 импульсов.

Интересно, что вся эта система в точности совпадает с конструкцией немецкого самолета-снаряда «Фау-1»: в нем тоже реактивное движение обеспечивалось пульсирующим двигателем, поступление горючего в реактивные камеры и химическая реакция регулировались пассивно действующим клапаном.

Science. 1990. V. 28. N 4960. P. 1219;  
Science News. 1990. V. 137. N 23.  
P. 356 (США).

Зоология

**Обнаружены места гнездования китайской чайки**

Китайская чайка, или чайка Саундерса (*Larus saundersi*), до последнего времени оставалась наименее изученной и самой загадочной чайкой мира. Хотя она открыта более 100 лет назад, известно о ней практически было лишь то, что она где-то есть в природе. Наблюдать таких чаек удавалось только на пролете и во время зимовок в юго-восточных районах Китая, на Тайване, в Японии и Вьетнаме. В СССР китайскую чайку удалось добыть всего дважды: в 1882 г. у Владивостока и в 1970 г. на оз. Благодатном в Сихотэ-Алинском заповеднике<sup>1</sup>.

Многие исследователи ломали голову над тем, где же гнездится эта птица. Но все предположения не оправдывались: не удалось найти ее ни на внутренних водоемах Северного Китая, ни в Монголии, ни в Японии, ни на юге Кореи. Есть лишь единственное сообщение корейского орнитолога о гнездовании чаек на островах у побережья Восточно-Корейского залива<sup>2</sup>.

И вот недавно пришло сенсационное сообщение. Экспедиция китайских орнитологов вместе с работниками министерства лесного хозяйства Китая проводила детальное обследо-

дование резервата в устье р. Шангтайзи (провинция Ляонин), организованного в 1985 г. прежде всего для охраны гнездящихся там японских журавлей. Здесь-то на солоновато-водной низменности и обнаружили многочисленные поселения китайских чаек. Впервые удалось найти гнезда и яйца, сфотографировать птенцов.

Китайские ученые планируют дальнейшее углубленное изучение этой редчайшей птицы. Численность ее, по мнению орнитологов, не превышает 2 тыс. особей. Предлагается занести ее в Красную книгу МСОП в I категорию, наряду с большой пандой и японским журавлем<sup>3</sup>.

В. Н. Грищенко,  
Каневский заповедник  
г. Канев

<sup>3</sup> Thien H. // Die gefiederte Welt. 1991. B. 115. N 3. S. 100.

Сельское хозяйство

**Как растут картофель в тропиках!**

Картофель возделывается не только в умеренной полосе, но и в тропиках. Поскольку вегетационный сезон в низких широтах при достаточном количестве влаги длится круглый год, ресурсы среды здесь недоиспользуются как на ранних стадиях развития картофеля (когда растениям требуется еще мало влаги и минеральных элементов), так и перед уборкой (когда им это уже почти не нужно, ибо резко снижается интенсивность фотосинтеза и накопление крахмала в клубнях). Традиционно в фермерских хозяйствах Перу, а также Центральной и Западной Африки (а в последние годы — в Индии и Китае) более полное использование ресурсов достигается смешанными посевами картофеля с другими культурами, в особенности часто — с кукурузой. Однако это был лишь эмпирический опыт. Задачу расширить его до научного исследования поставил Д. Мидмор<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Зубакин В. А. Китайская чайка // Птицы СССР. Чайковые. М., 1988. С. 115—118.

<sup>2</sup> Won H. G. Koo. The birds of Korea. V. 2. Pyongyang, 1964.

<sup>1</sup> Midmore D. J. // Field Crops Research. 1990. V. 25. P. 3—24 (Амстердам, Нидерланды).

(D. J. Midmore; Международный центр по выращиванию картофеля, Лима, Перу).

Мидмор считает, что главный фактор успеха при смешанном посеве — снижение конкуренции за свет, что возможно за счет пространственного (подбор «геометрии размещения растений») и особенно временного чередования культур. Используется либо принцип «эстафеты» (дополнительная культура сеется до картофеля или всевается в его рядки, когда уже нет риска за счет конкуренции снизить эффективность образования клубней), либо принцип постоянного совмещения (основная и дополнительная культуры функционируют параллельно). В последнем случае конкуренция снижается путем уменьшения нормы высева дополнительной культуры и расширения картофельных междурядий. Хорошие результаты дает выращивание картофеля с многолетниками, особенно кустарниками *Leucaena* (в этом случае его подстригают так, чтобы осветлить полог на 30—40 дней, когда наиболее активно формируются клубни).

При самом удачном комбинировании картофеля с дополнительными культурами теряется примерно 25 % урожая (по сравнению с чистой плантацией картофеля). Этот недостаток окупается урожаем дополнительной культуры и улучшением экологической ситуации: такие посевы меньше страдают от разных болезней и насекомых. Эффективность смешанных посевов картофеля можно повысить, если вести селекцию теневыносливых клонов — резервы устойчивости к затенению у картофеля есть, а многие представители рода *Solanum* (паслен), к которому он относится, вообще теневыносливы (включая и наш паслен сладко-горький *Solanum dulcamara*).

Специальная селекция для создания поликультур и сортосмесей у экологически мыслящих растениеводов сегодня становится достаточно популярным и экологически перспективным направлением, причем не только в отношении картофеля.

Исследование Мидмора интересно и советскому читателю. Хотя сформировавшийся в

теплых районах Южной Америки жизненный цикл картофеля с трудом «встраивается» в условия укороченного вегетационного сезона средней полосы, в более южных районах нашей страны также возможны смешанные посевы по принципу «эстафеты». А на личных огородах, где возможности для экспериментов безграничны, смешанные посевы картофеля осуществимы и в умеренной полосе.

**Б. М. Миркин,**  
доктор биологических наук  
г. Уфа

 Охрана природы

## Заповедник прерий

После того как программа создания Национального заповедника высокогорных прерий потерпела крах в конгрессе США, Организация по охране природы (Nature Conservancy) приобрела в штате Оклахома ранчо Бернард площадью около 30 тыс. акр., чтобы основать заповедник, который будет находиться в ее ведении.

Предполагается, что земля три года будет отдыхать от выпаса скота, а затем ее засеют всеми видами растений, характерными для прерии; планируется также завести там стадо бизонов, которые, как известно, играют важную роль в поддержании природного баланса прерии.

Заповедник должен обеспечить места обитания для редких растений и животных, служить полигоном для проведения научных исследований и позволить потомкам увидеть прерию такой, какой она была два столетия назад, когда ее покрывали травы высотой до 3 м.

International Wildlife. 1990. March-April. P. 32 (США).

 Охрана природы


## Куда девать рождественскую елку!

В США 15 тыс. человек заняты выращиванием елок и 35 млн. елок ежегодно продается перед Рождеством. После

праздника деревья обычно выбрасывались. Но в последние пять лет сбором отслуживших елок и их вторичной переработкой занялись некоторые фирмы и компании. Елки измельчаются на несложном оборудовании и превращаются в мульчу (в переработку идут не только использованные елки, но и не реализованные в торговле). Благодаря умелой рекламе сбор организован хорошо: на переработку возвращается до 75 % купленных елок.

Однако не все из них пойдут на изготовление мульчи: в некоторых местах елки используются для укрепления песчаных дюн, для создания защитных полос от штормовых ветров, а в штате Колорадо елки опускают в озеро, улучшая условия обитания в них форели.

National Wildlife. December 1990 — January 1991. P. 48—49 (США).

 Экология

## Хотите проявить пленку — опустите ее в озеро

Во всяком случае Дж. Линч (J. Lynch), студент Райерсонского политехнического института в Торонто (Канада), рекомендует проявлять фотопленку просто в воде озера. Правда, сам процесс вместо нескольких минут, как при использовании обычных проявителей, длится 28 ч. По его словам, получаются вполне приличные изображения.

Процессу проявления способствует содержащееся в воде озера железо, а также промышленные отходы в виде дизельного топлива и различных красок, в которых имеются те же добавки, что и в обычных проявителях, пояснил профессор Б. Скэнлон (B. Scanlon), обучающий Линча фотографии в Райерсонсе. Необыкновенное открытие Линча привлекло внимание всего мира. Недавно лондонская газета «Дейли мейл» пригласила его в Англию, чтобы повторить эксперимент с лондонской водой.

International Wildlife. 1991. March-April. P. 32 (США).

## Геотектоника

**Что происходит в основании литосферных плит?**

Образующие поверхность Земли литосферные плиты включают как земную кору, так и верхние слои мантии. Для изучения этих плит геофизики обычно применяют сейсмическое профилирование методом отраженных волн; до сих пор с помощью такого метода редко удавалось заглянуть в нижние «этажи» литосферных плит, где, возможно, скрыты ответы на нерешенные вопросы плитовой тектоники, изучающей динамику земных оболочек. Сейсмопрофилирование на суше с помощью вибраторов, установленных на грузовиках, давало мало информации о строении самой мантии; лишь на море они позволяли судить об этой области.

Существенно углубилась взгляд геотектонистов в связи с работами, которые провели в 1990 г. норвежские геофизики во главе с И. Е. Ли (I. E. Lie; Университет в Осло) на борту научно-исследовательского судна «Мобил серч» в проливе Скагеррак и водах Атлантического океана, омывающих Норвегию с юга.

Судно было оборудовано мощной воздушной пушкой, возбуждающей интенсивные колебания. Судно буксировало кабель длиной 4,5 км, снабженный сотнями высокочувствительных микрофонов, которые регистрировали сейсмические волны.

Важнейшим результатом стало обнаружение на глубинах 100—110 км от поверхности дна участков («пятен») с необычайно высоким уровнем отражения сейсмического сигнала. Что они собой представляют, пока утверждать сложно, но в менее глубоких областях литосферных плит такие отражающие границы обычно свидетельствуют о наличии разломов в земной коре или поверхности раздела между разными породами.

Это первый случай изучения подобных «отражателей» в нижней, мантийной части литосферы.

Nature. 1990. V. 346. N 6280. P. 165 (Великобритания); Science News. 1990. V. 138. N 4. P. 62 (США).

## Геология

**Крупнейший осадочный чехол**

Американские геофизики Дж. Н. Брюн (J. N. Brune; Университет штата Невада в Рино), Дж. Р. Карри, Л. Дорман и др. (J. R. Currau, L. Dorman; Скриппсовский океанографический институт, Ла-Холья, штат Калифорния) изучали самый мощный осадочный чехол на Земле, расположенный на дне Бенгальского залива. Они проанализировали сейсмограммы с записями землетрясений и искусственных взрывов и по характеру отраженных волн определили, что в северной части Бенгальского залива слой осадочных пород достигает 20 км (до сих пор специалисты полагали, что он не превышает 15 км).

Накопление столь мощного слоя объясняется активной эрозией Гималайской горной системы. Хотя геотектонические процессы и ныне продолжают воздымать эти высочайшие на Земле горы, ветер и вода неустанно разрушают их, а мощные реки (в первую очередь Ганг и Брахмапутра) сносят мелкие продукты эрозии в воды Бенгальского залива.

Эти исследования имеют, возможно, немалое практическое значение. Известно, что Мексиканский залив, также характеризующийся обильными осадочными породами, принадлежит к числу наиболее нефте- и газосодержащих районов в мире. Не исключено, что и в осадочном чехле Бенгальского залива сложились условия, необходимые для образования углеводородов.

Science News. 1990. V. 138. N 24. P. 380 (США).

## Геология

**Куда делись корни гор?**

С 20-х годов среди геологов утвердилось представление о том, что высокие горные вершины, образующие хр. Сьерра-Невада в штате Калифорния, имеют мощные корни, прости-

рающиеся в коре на большую глубину.

К иным выводам пришли сейсмологи К. Джонс и Х. Канамори (С. H. Jones, H. Kanamori; Калифорнийский технологический институт, Пасадена, США), совместно с С. Рекером (S. W. Roecker; Пенсслеровский политехнический институт в Трое, штат Нью-Йорк), выступившие с докладом на конференции Американского геофизического союза в Сан-Франциско в конце 1990 г.

Сейсмические волны, записанные приборами непосредственно у вершин южной части Сьерра-Невады, между Национальным парком Секвойя и оз. Моно, а также в окружающих районах, не подтверждают существования столь мощной коры: скорости распространения волн свидетельствуют, что ее толщина не превышает 25—35 км (до сих пор она оценивалась в 50 км).

Проведенная гравиметрическая съемка показала, что Сьерра-Невада подстилают породы с малой плотностью. Высказано предположение, что здесь в мантии располагается зона сильно разогретых пород с большой плавучестью, поддерживающая горные вершины.

Эти соображения требуют дополнительного экспериментального подтверждения.

Science News. 1990. V. 138. N 24. P. 380 (США).

## Сейсмология

**«Любительская охота» за землетрясениями**

Мощное землетрясение, произошедшее в октябре 1989 г. в Сан-Франциско (штат Калифорния, США), подтвердило, что степень разрушительности таких стихийных бедствий во многом зависит от того, на каком грунте возведены дома и другие сооружения. Для получения сведений о сейсмических свойствах конкретных геологических пород в местах их залегания

Сан-Францисская катастрофа изучается // Природа. 1990. № 9. С. 117—118; Сейсмические уроки строительства // Природа. 1990. № 10. С. 112—113.

необходима густая сеть приборов, расположенных там, где подземные толчки хотя и слабые, но происходят достаточно часто. Однако такая сеть пока отсутствует.

На конференции Американского геофизического союза в декабре 1990 г. сейсмолог Э. Крансуик (E. Cragwick) предложил использовать для этой цели домашние компьютеры (в Сан-Франциско их имеют уже более 100 тыс. семей), снабдив их сравнительно несложной и недорогой приставкой SDAU (Seismic Data Acquisition Unit — прибор для приема сейсмических данных). Даже небольшого числа таких спаренных установок достаточно, по его мнению, чтобы прояснить геолого-сейсмологическую обстановку в этом высокосейсмичном районе.

В настоящее время Геологическая служба США уже использует 84 установки SDAU, разбросанные на большой площади в штате Калифорния. Они подключены к общему центру, расположенному в Менло-Парке (50 км к югу от Сан-Франциско). Присоединение к этой сети тысяч «любительских» приборов позволило бы регистрировать практически все очень слабые и локальные толчки, ныне остающиеся незафиксированными.

Вслед за докладом Крансуика последовало предложение одной компании разработать еще более простую систему регистрации подземных толчков с применением домашних ЭВМ, которая может собирать, хранить и даже частично обрабатывать сейсмические данные. Она включает акселерометр, фиксирующий скорость движения земной поверхности, причем как вертикальную, так и горизонтальную составляющие толчка; микропроцессор, блок памяти и цифровые часы. Программа позволяет прибору исключить посторонние шумы, вызываемые, например, транспортными средствами.

Раз в сутки сейсмоцентр в Менло-Парке производит опрос всех установок по телефонной линии. Так как собираемая информация содержит лишь сведения о начале события и амплитуде толчка, время передачи не превышает 30 с и не

мешает иному использованию линии.

В Калифорнии, с ее частыми подземными толчками, все население так или иначе интересуется сейсмологией, а жизненный уровень достаточно высок, поэтому многие частные лица готовы стать сейсмологами-любителями. Профессионалам же предстоит написать индивидуальные программы для каждого компьютера, подключаемого к сети.

New Scientist. 1991. V. 129. N 1751. P. 36 (Великобритания).

#### Вулканология

### Растет подводный вулкан

В 35 км к юго-востоку от о. Гавайи на глубине около 1 км расположен вулкан Лонхи. За последние годы геофизики установили: это молодой активный вулкан, продолжающий расти, так что спустя «каких-нибудь» 50 тыс. лет его вершина поднимется над поверхностью океана, образовав еще один остров Гавайского архипелага.

Специалисты считают, что не изучить столь интересный процесс в сравнительно доступных условиях (это — единственный действующий подводный вулкан в пределах США, к тому же расположенный относительно близко к суше) было бы непростительно. Поэтому всеобщий интерес на конференции Американского геофизического союза в 1990 г. в Сан-Франциско вызвало сообщение Ф. К. Дюннебира и А. Малахоффа (F. K. Duenneber, A. Malahoff; Университет штата Гавайи, Гонолулу, США) о планах создания на вершине Лонхи автоматической обсерватории.

К 1992 г. вокруг подводного кратера и на склонах горы установят сейсмографы, датчики для измерения потока тепла из недр и регистрации химических и иных процессов в периоды извержений и между ними. Будет постоянно действовать видеокамера, а также маленький робот-«вулканолод», выполняющий приказы с суши.

Проект настолько заинтересовал общественность, что

обычно далекая от фундаментальной науки корпорация «Американ телеграф энд телефон» бесплатно предоставила в распоряжение вулканологов 40 км оптического кабеля, по которому роботам будут подаваться команды и поступать отчеты об их наблюдениях.

Science News. 1990. V. 138. N 25/26. P. 398 (США).

#### Океанология

### Граница льдов и скорость накопления осадков в Арктике

Условия осадконакопления в Арктике мало исследованы, что затрудняет интерпретацию биологических и химических процессов, а также палеорекострукции.

Д. Хеббельн и Г. Вефер (D. Hebbeln, G. Wefter; Бременский университет, Германия) исследовали зависимость величины потока взвешенных частиц от положения границы льдов в проливе Фрама в Северной Атлантике. Данные собирались в течение года с интервалом 11—23 дня специальными осадкоуловителями, размещенными на трех заякоренных буях на глубине 1110—1488 м. Станция, расположенная в районе Восточно-Гренландского течения с круглогодично отрицательной температурой воды и постоянным лаковым ледовым покровом, зарегистрировала наименьший среднегодовой поток осадков — 2,9 г/м<sup>2</sup>, при этом максимум приходился на август — октябрь, а минимум — на январь — апрель. В центральной части пролива Фрама, где граница льдов мигрирует большую часть года, среднегодовой поток составил 60,5 г/м<sup>2</sup>, а суточный менялся от 700 мг/м<sup>2</sup> в июле до 11 мг/м<sup>2</sup> в декабре). В восточной части пролива Фрама, свободной от льдов большую часть года, зарегистрирован максимальный годовой поток — 149,9 г/м<sup>2</sup>.

Таким образом, к наиболее важным факторам, влияющим на осадконакопление, относятся температура воды на поверхности и наличие льда. При



температуре ниже 0 °С таяния льда практически нет и поток осадков очень мал, хотя сам лед содержит большое количество терригенного материала. Напротив, при температуре воды больше 2 °С происходит интенсивное таяние льда, способствующее освобождению заключенных в нем частиц взвеси.

На границе пакового льда большой вклад в летний максимум потока осадков вносит активизация биологических процессов. Соответственно, возрастает доля биогенных веществ в составе осадков. Этот факт можно использовать для реконструкции положения границы паковых льдов в минувшие эпохи по качественному составу донных отложений.

Nature. 1991. V. 350. N 6317. P. 409—411 (Великобритания).

Океанология

**«Кипяток» со дна океана**

Группой геофизиков из Вудсхолского океанографического института (штат Массачусетс, США) и Университета штата Вашингтон в Сиэтле во главе с М. Тиви (M. K. Tivey) впервые проведены систематические измерения температуры горячих вод, выбрасываемых на поверхность морского дна в Тихом океане, у побережья штата Вашингтон. До сих пор подобные измерения были разовыми и кратковременными, что не позволяло сколько-нибудь надежно судить о физических характеристиках теплового потока.

При погружении научно-исследовательской подводной лодки «Алвин» использовалось измерительное устройство из 12 термопар—датчиков температуры, непосредственно крепившихся к стенкам расщелины, через которую поднимается горячий рассол.

Измерения продолжались 46 сут. В большинстве струй температура оказалась близкой к 353 °С, но в отдельных точках колебалась между 365 и 405 °С. Исследователи предполагают, что некоторые потоки имеют два выхода, причем один «работает» стабильно, а другой (более горячий) — в перемен-

ном температурном режиме.

Высокотемпературные потоки могут служить источником важной информации о физических и химических условиях в недрах Земли, в частности на границах литосферных плит. Кроме того, изучение подводных геотермальных источников позволяет прояснить процессы образования металлических руд на морском дне.

Nature. 1990. V. 346. N 6279. P. 51 (Великобритания); Science News. 1990. V. 138. N 3. P. 46 (США).

Океанология

**Дождь успокаивает море**

Океанолог С. Торп (S. A. Thorpe; Саутгемптонский университет, Великобритания) во время подводных измерений интенсивности звука, отражаемого от поверхности моря, обнаружил, что дождь заметно успокаивает волнение: дождевые капли уменьшают частоту крупных морских волн и их разрушительную силу.

Этот эффект Торп проверял в лаборатории в упрощенном эксперименте: в мелком бассейне длиной около 15 м искусственно вызывались волны; 3200 капельных шприцев имитировали осадки.

Установлено, что дождь влияет на волнение моря косвенным образом: капли «подавляют» образование волн среднего размера с расстоянием между гребнями около 10 см. Так как именно средние по размеру волны передают энергию ветра более крупным валам, дождь способен ослабить или даже полностью прекратить сильное волнение, прежде чем оно наберет полную мощь.

Разумеется, падение капель создает собственные мелкие волны, но их способность рассеивать волны средней величины (вероятнее всего, за счет создаваемой ими турбулентности в верхнем слое морской воды) все же преобладает, в результате чего и возникает эффект «успокоения» шторма.

Понимание подобного процесса может пролить свет и на механизм других явлений, например: крайне спокойное со-

стояние озерной глади сразу после дождя; относительное отсутствие крупных валов при дожде приводит к большему рассеянию отраженного от поверхности океана радиолокационного сигнала, и без учета этого эффекта локационные измерения истинной скорости ветра может оказаться ошибочным.

Следовательно, распространное среди моряков давнее поверье, что дождь во время шторма может быть спасительным, имеет основание.

Nature. 1989. V. 342. N 6252. P. 893 (Великобритания); Science News. 1990. V. 137. N 1. P. 6 (США).

Палеонтология

**«Перепись» динозавров**

За последние 170 лет специалистам удалось описать около 550 родов динозавров, населявших Землю на протяжении 160 млн. лет. Однако список этот ускоренно возрастает: с 1970 г. к нему ежегодно добавляются в среднем по шесть наименований, и только за 20 лет было описано около 40 % всех известных науке родов. В то же время значительная часть классификации уже устарела, и сейчас с уверенностью можно назвать лишь около 285 родов ископаемых ящеров; три четверти из них обнаружены на территориях США, Монголии, Китая, Канады, Англии и Аргентины.

Опираясь на эти данные и учитывая, сколько времени в среднем мог сохраняться каждый род, П. Додсон (P. Dodson) пришел к выводу (о котором сообщил на годичной конференции Общества палеонтологии позвоночных, состоявшейся в 1990 г. в г. Лоренсе, штат Канзас, США), что в истории Земли существовало не более 1 тыс. родов. До сих пор, судя по тому, как долго «царствовали» эти ящеры, называли значительно большие числа.

Уточненная «перепись» динозавров поможет в изучении их вымирания. Часть специалистов (главным образом те, кто связывает его с падением на Землю астероида) полагают, что вымирание шло сравнитель-

но быстро. Другие же, «винящие» во всем климатические изменения и иные факторы, отпускают на это несколько миллионов лет.

Додсон предпочитает гипотезу относительно быстрого вымирания. По его мнению, наиболее перспективными районами для дальнейших находок «новых» динозавров являются территории Монголии и Аргентины. Он полагает, что в ближайшие 200 лет все или почти все роды динозавров станут известны науке.

Science News. 1990. V. 138. N 17. P. 270 (США).

#### Палеонтология

### Пещерный медведь был вегетарианцем

Пещерный медведь (*Ursus spelaeus*), обитавший на территории Европы при последнем оледенении, был, судя по строению зубов, травоядным животным.

Это подтверждает новая методика анализа коллагена костей ископаемых животных, разработанная группой исследователей из Университета Париж VI. Высокое содержание стабильного изотопа  $^{13}\text{C}$  в коллагене костей отражает преобладание в пищевом рационе растений (у хищников же в коллагене накапливается изотоп азота  $^{15}\text{N}$ ).

Пониженное содержание  $^{15}\text{N}$  в костях пещерного медведя указывает, что он был чистым вегетарианцем. Кроме того, его рацион был менее разнообразен по сравнению с рационом ископаемой лошади. Вероятно, это различие объясняется разными средами обитания: горные леса — у медведя и степи — у лошади.

Проведенное исследование представляет интерес еще и потому, что возраст костей пещерного медведя и лошади около 30 тыс. лет. До сих пор подобные анализы проводились на материале возрастом менее 10 тыс. лет: содержание коллагена в более древних костях оказывалось недостаточным для прежних методов.

La Recherche. 1991. V. 22. № 228. P. 12 (Франция).

### Гончар Иброхим из Пенджикента

Пенджикент как процветающий в раннем средневековье город согдийской цивилизации — хорошо известный эталонный памятник советской и мировой археологии. Городище расположено в долине р. Зеравшан, в 58 км от Самарканды. Его исследования начались в 1946 г., а сейчас там работает совместная экспедиция Института истории материальной культуры АН СССР, Государственного Эрмитажа, Института истории им. А. Дониша АН Таджикской ССР и отдела археологии Пенджикентского краеведческого музея.

Касаясь в целом истории древнего Пенджикента, следует отметить, что его основание относится к V в. и период с момента основания по VIII в. достаточно хорошо изучен. Выявлена планировочная структура раннесредневекового города, появилась возможность реконструировать его развитие в рамках жизни сменявших друг друга поколений; находки архива последнего пенджикентского князя Деваштича, правившего в первой четверти VIII в., позволяют представить основные черты драматической судьбы города в связи с разгромом его арабами. Однако последующий период, за исключением очень кратких сведений о существовании городка Бунджикас у Варгсарской плотины на Зеравшане, был неизвестен. И вот последние раскопки принесли интересный материал, который проливает свет на поздний этап истории города и даже вносит жизненные черты в реконструкцию быта его населения.

Пенджикентское городище замечательно тем, что верхние его слои, датированные третьей четвертью VIII в., оказались непо потревоженными. Находки, относящиеся к более раннему (до V в.) и более позднему (после третьей четверти VIII в.) периодам, были крайне скудными и носили случайный характер, что в свое время послужило основанием для гипотезы, будто город, оставленный жите-

лями после его разгрома, возродился вновь на другом, далеко отстоящем от прежнего месте. Однако при раскопках у западного подножия пенджикентской цитадели нами были открыты постройки, относящиеся к IX в., а в 300 м к западу — комплекс виноделен того же времени. Обнаруженные у подножия цитадели 16 помещений принадлежат пяти строительным периодам, из них три последних хорошо датируются находками арабских монет середины — третьей четверти IX в.

В самых верхних наплавствованиях нами найдена серия котлов, в которых угадывается рука одного мастера. Все они изготовлены на гончарном круге из серой глины (более ранние котлы имеют цвет от желтоватого до красного). Черепок очень прочный и довольно тонкий; венчик сосудов отличается сложным профилем. Но самое замечательное в этих котлах то, что на некоторые из них еще до обжига нанесены острым предметом арабские надписи. Почерк — обычный для того времени курсив, которым написаны священные книги.

Надпись на одном из сосудов означает «щедрость», «благотворение» (фрагмент такого же котла с совершенно идентичной надписью был найден на городище в 1953 г. и опубликован А. М. Беленицким). На другом сосуде мастер написал свое имя, обычное у мусульман, — «Иброхим». В традициях гончаров древнего Пенджикента было украшать глиняную посуду волнистыми линиями и резным орнаментом, использовать штампы в виде человеческих лиц, изображений животных и плодов растений, посыпать поверхность изделий толченой слюдой, чтобы добиться «металлического блеска». Однако надписи встречаются гораздо реже. Обычно они носят бытовой характер: «объем равен...» или «ячмень», «вино» и т. п. Неподалеку от Пенджикента, в Самарканде, в IX в. вошла в употребление глазурованная посуда с надглазурованной росписью. Орнаментальные мотивы тоже часто сопровождалась арабскими надписями, подавляющее большинство которых, по мнению их главного исследователя



От имени правительства США первый заместитель министра энергетики Х. Мур пригласил правительство СССР принять участие в строительстве и эксплуатации сверхпроводящего суперколлайдера (SSC) — крупнейшего в мире ускорителя на встречных пучках с энергией 20 ТэВ в каждом пучке и длиной туннеля 86 км. На совещании, проведенном 3 июля 1991 г. в Москве в рамках X сессии Советско-американской совместной комиссии по научно-техническому сотрудничеству в области мирного использования атомной энергии, решено образовать совместную группу для изучения всего комплекса вопросов, связанных с возможным участием СССР в этом престижном проекте. Эта группа даст рекомендации Министерству атомной энергетики и промышленности СССР и Министерству энергетики США о последующих действиях.

Правительство СССР положительно оценило инициативу США, которая, безусловно, переведет сотрудничество между нашими странами в области фундаментальных исследований на качественно новый уровень.

ТАСС

Спутник НАСА обнаружил на околоземной орбите, часто используемой американскими и советскими военными спутниками, облако мелких обломков какого-то космического аппарата. Хотя оно состоит из частиц размером от мелкого песка до пылинки, они опасны для космических аппаратов.

ТАСС

Дж. Луман и К. Рассел (J. G. Luhmann, C. T. Russell; Университет штата Калифорния, Лос-Анджелес, США) на основе данных, полученных приборами «Фобос-2», заключили, что магнитный «хвост», вытянувшийся от Марса в космическое пространство, порожден солнечным ветром. Этот поток заряженных

частиц, видимо, обволакивает планету со всех сторон, а собственного магнитного поля у нее, скорее всего, нет. Если бы магнитное поле Марса было «внутреннего» происхождения, его конфигурация была бы совершенно иной.

Science News. 1990. V. 137, № 21. P. 335 (США).

В нынешнем десятилетии США планируют создать новую спутниковую систему обнаружения запусков баллистических ракет в любой точке планеты, которая позволит увеличить точность собираемых данных и оперативно оповещать американские вооруженные силы о запуске нацеленных на США межконтинентальных баллистических ракет.

ТАСС

9—12 апреля в Колорадо-Спрингс (штат Колорадо, США) состоялся 7-й национальный космический симпозиум, организованный Американским фондом космических исследований. В нем приняли участие, ведущие ученые и эксперты США, СССР и Европейского космического агентства. Большое внимание было уделено, в частности, совместному проекту полета советского космонавта в составе экипажа американского космического корабля многоразового использования и американского астронавта на советской орбитальной станции «Мир».

ТАСС

Неудачей закончился запуск 18 апреля с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) ракеты-носителя «Атлас-Кентавр» с японским спутником связи. Ракета уничтожена на 6-й минуте полета по команде с Земли, когда после разделения ступеней не включился один из двух двигателей ступени «Кентавр» и контроль за ней был потерян. Погиб и японский спутник связи стоимостью 100 млн. долл., принадлежащий корпорации «Джапэн бродкастинг».

ТАСС

Космический аппарат «Улисс», летящий со скоростью 85 тыс. км/ч, к 14 апреля 1991 г. преодолел 389 млн. км — половину пути к Юпитеру. Все 10 его научных приборов и радиоаппаратура работают нормально. По оценкам, аппарат достигнет окрестностей Юпитера 6 февраля 1992 г.

«Улисс» предназначен для изучения полярных областей Солнца. Однако, поскольку ни одна из существующих на Западе ракет-носителей не способна разогнать аппарат до скорости, необходимой для вывода его на такую орбиту. «Улисс» направлен к Юпитеру, гравитационное поле которого придаст ему необходимое ускорение. Ожидается, что на полярную орбиту «Улисс» выйдет в июне 1994 г.

Информация о полярных областях позволит впервые получить трехмерное изображение Солнца, его магнитного поля и солнечного ветра. Кроме того, «Улисс» поможет точно определить координаты загадочных источников жесткого гамма-излучения за пределами Солнечной системы.

СОАТ

Опросив 100 супружеских пар и сравнив компьютерные фотопортреты реальных и идеальных партнеров, ученые выяснили, что мужчины придают внешности партнера большее значение, чем женщины. Мужчины предпочитают лица «детского» типа, а женщины — соответствующие середине шкалы мужественности. Женщины, в отличие от мужчин, приписывают идеальному партнеру черты реального.

НОМО. 1990. V. 41. N 1. P. 72—85.

По мнению норвежских онкологов, худые женщины, пьющие много кофе (более пяти чашек в день), заболевают раком молочной железы реже тех, кто пьет мало или не пьет его вовсе. Для полных женщин выявлена обратная зависимость.

The British Journal of Cancer (Великобритания).

На подушечках пальцев человека различают узоры в виде завитков, дуг и петель. Американские ученые обнаружили, что у больных раком молочной железы или предрасположенных к нему гораздо чаще, чем у здоровых женщин, бывает много завитков (6 и более на обеих руках).

American Journal of Medical Genetics. 1990. V. 37. P. 482—488 (США).

Биохимики Гейдельбергского университета (Германия), изучая процесс синтеза простагландинов и лейкотриенов (гормонов, выполняющих функции медиаторов воспаления и иммунных реакций), выявили механизм поддержания холестерина гомеостаза, нарушение которого является одной из причин развития атеросклероза.

Nature. 1990. V. 345. N 6276. P. 637—636 (Великобритания).

Дельта Нила погружается в море со скоростью примерно 5 мм/год. Оседание обусловлено огромной массой осадочных пород, накопившихся за 5 млн. лет (в том числе из-за сильной эрозии почвы в прибрежной зоне), и тектоническими сдвигами под ними. Проблема может усугубляться поднятием уровня моря, прогнозируемым в связи с глобальным потеплением: при современной скорости оседания донных осадков подъем уровня примерно на 30 см может вызвать к 2100 г. продвижение океанических вод на 30 с лишним километров в глубь Египта. Чтобы предотвратить бедствие в дельте Нила, где проживает более 50 млн. человек, необходимо разработать систему защиты прибрежных районов.

International Wildlife. 1991. March-April. P. 32 (США).

Обеспокоенное возрастающей популярностью морских круизов по Мексиканскому заливу и южной части Атлантического океана со специальной

целью кормления дельфинов, правительство США собирается запретить кормление всех млекопитающих, которые обитают в водах страны.

В предлагаемом Национальной службой морского рыболовства проекте такого запрета указывается, что кормление дельфинов в море может сделать этих животных зависимыми от человека, а также нарушить их миграционные пути. Кроме того, возрастет риск травмирования дельфинов, так как они будут стремиться к сближению с судами.

Ссылаясь на пример с медведями гризли в Йеллоустонском национальном парке, где они стали зависеть от подачек человека, Национальная служба морского рыболовства призывает принять соответствующие меры до того, как дельфины привыкнут получать пищу из рук человека.

National Wildlife. December 1990 — January 1991. P. 32 (США).

По заключению климатологов в США и Великобритании, 1990 год оказался самым теплым за все время регулярной регистрации приземной температуры воздуха (для Англии — с 1850 г., когда начали составлять метеосводки). Среднегодовая температура составила 15,45 °С, тогда как в 1973 г. — тоже рекордно теплом — она равнялась 15,17 °С.

По мнению климатолога Т. Барнетта (Скриппсовский океанологический институт, Ла-Холья, США), такой рекорд нельзя связывать с какой-то одной причиной — антропогенным вмешательством или капризами природы.

Environmental Science and Technology. 1991. V. 25. № 3. P. 358 (США).

Африканских слонов обычно выбивали из-за бивней, их более редкие азиатские сородичи и ныне уничтожаются из-за кожи. По сообщению группы британских специалистов по охране окружающей среды, в любой тайландской лавке для туристов незаконно торгуют изделиями из слоновой кожи, в

Бирме каждую неделю убивают до 50 слонов. Через несколько лет это может привести к полному уничтожению местной популяции. Сейчас в Бирме осталось лишь около 5 тыс. слонов, а всего азиатских слонов не более 27 тыс. Для сравнения: вызывающая беспокойство популяция африканских слонов составляет ныне около 600 тыс.

International Wildlife. 1991. January-February. P. 28 (США).

Двадцать лет назад с лица Земли ежедневно исчезал один вид животных; ныне, по данным Всемирного фонда охраны живой природы, это происходит со скоростью один вид в час. Основная причина — уничтожение тропических лесов, которое происходит быстрее, чем могли предполагать: так, все первобытные леса на Филиппинах и 90 % лесов на Мадагаскаре уже уничтожены или деградируют.

International Wildlife. 1991. March-April. P. 29 (США).

Ежегодно лапки около 70 млн. лягушек нелегально переправляются из Индии в рестораны Европы и США. Два вида — лягушка-вол и зеленая прудовая — уже занесены в Приложение II Конвенции по международной торговле видами, находящимися под угрозой исчезновения.

Поскольку взрослая лягушка ежедневно уничтожает столько насекомых, сколько весит сама, истребление лягушек может повлечь за собой необходимость повышенного применения пестицидов для уничтожения насекомых, поражающих сельскохозяйственные угодья. Environment. 1990. V. 32. N 6. P. 24 (США).

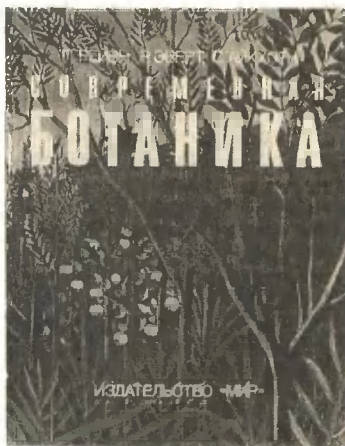
## Ботаника современная и своевременная

Б. М. Миркин,  
доктор биологических наук  
Л. Г. Наумова  
Уфа

**Д**ЕСЯТЬ лет назад была закончена публикация увесистых книг «Жизни растений». Многотомник был издан «Просвещением», что, казалось бы, предполагало его ориентацию на широкие круги читателей, в первую очередь учителей биологии. Однако запланированные шесть томов разрослись в семь и превратились в элитарное издание. А что, кроме учебников, может взять на вооружение и рекомендовать своим питомцам вузовской ботаники и школьный учитель?

«Современная ботаника» (в оригинале «Biology of Plants»), о которой пойдет речь, — это своего рода американский вариант «Жизни растений», но, с моей точки зрения, более удачный. Предваряя обзор книги, процитируем несколько фраз из предисловия редактора перевода: «Этот труд выдержал четыре издания, что уже само по себе говорит о его успехе. Главный автор книги — один из ведущих американских ботаников Питер Рейвн. Он член Национальной академии наук США и ее секретарь по внутренним делам, а также директор Миссурийского ботанического сада. Основным достоинством «Современной ботаники» является ее чрезвычайно высокий как научный, так и дидактический уровень. Для книги характерна присущая американской учебной литературе кристальная ясность изложения. Она превосходно иллюстрирована» (с. 5).

Книга состоит из «Введения в ботанику» и еще девяти разделов, разбитых на главы и подглавы. Сначала читателю предлагаются самые общие сведения об эволюции растений, включая фотосинтез, эволюцию атмосферы, выход растений на сушу, эволюцию сообществ и появление человека, история которого (около 2 млн. лет), по сравнению с более чем 3 млрд.



П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айкхори. СОВРЕМЕННАЯ БОТАНИКА. В 2-х т./Пер. с англ. под ред. А. Л. Тахтаджяна. М.: Мир, 1990. Т. 1. 348 с. Т. 2. 344 с.

лет жизни на Земле, составляет краткий миг. Авторы используют достаточно популярный у зарубежных экологов образ — «биологические часы», где вся история планеты (4,5 млрд. лет) рассмотрена как 24 часа. В таком случае жизнь человечества — всего 30 секунд! Тем не менее эти «30 секунд», и особенно последняя, когда появились земледелие, стали роковыми для планеты (о кошмарах индустриализации авторы даже не стали говорить — пожалуй, все-таки зря). В будущем авторы полагают возможным достичь лучшей гармонии с природой за счет ее охраны и одновременно выведения новых форм растений, способных давать не только пищу, но и энергию, и лекарственное сырье.

Разделы «Растительная клетка», «Энергия и живые клетки» и «Генетика» рассказывают о наиболее общих чертах, структуре и функциях всего разнообразия растений. Материал из-

ложен с уже отмеченной «кристальной ясностью» и сопровождается огромным количеством иллюстраций — фотографиями, микрофотографиями, схемами, помогающими понять суть протекающих в растениях процессов и функциональные особенности тех или иных морфологических или анатомических признаков. Каждая глава завершается резюме, и, кроме того, после большинства глав идут краткие статьи-приложения. Так, после рассмотрения эвкарисотических клеток в качестве приложения следуют статьи «Возникновение клеточной теории» и «Мир микроскопии» (с достаточно подробной характеристикой возможности трансмиссионного и сканирующего электронного микроскопов), «Иммунофлуоресцентная микроскопия тубулина и микротрубочек». А после главы о потоке энергии — характеристика теории относительности с прекрасной фотографией Эйнштейна в год открытия им знаменитой теории.

Было бы неверно сказать, что материал изложен просто. Сложны явления природы, достаточно развита и их современная картина. Однако именно дидактическое мастерство авторов позволяет преодолеть эти сложности даже читателю без специального биологического образования, на которого во многом и ориентирован этот труд. Авторы ведут читателя от одного положения к другому последовательно, не пропуская ни одной ступеньки, давая каждому новому понятию определение и приводя примеры. В итоге на 150 страницах, не менее половины из которых занимают иллюстрации, им удалось «упаковать» гигантскую информацию о современном состоянии цитологии, физиологии и генетики растений.

Раздел «Разнообразие» занимает остальную часть первого тома (220 страниц) и, по

существо, охватывает тот же круг проблем, что и уже упомянутая «Жизнь растений». Но семитомник прочесть от корки до корки практически невозможно, он используется главным образом как справочник. По этой причине целостное представление о разнообразии жизни извлечь из него трудно. В американской книге, напротив, рассмотрение ведется по крупным группам (ранга класса и отдела). Не подавляя читателя огромным числом таксонов, авторы достигают своей главной цели — дать представление о разнообразии растений. К сожалению, наш курс ботаники в университетах и педагогических институтах страдает чрезмерной «таксономичностью», которая для студентов, не избравших ботанику своей специальностью, по существу, не нужна.

Понимание авторами царства растений не бесспорно. Наряду с уже давно «исключенными» из растений грибами и прокариотами (царство Молега) они предлагают очень широкое понимание царства протистов, включая в него не только одноклеточные водоросли и животных, но и многоклеточные водоросли. В праве быть растениями отказано, таким образом, морской капусте — ламинарии — и нитчатым водорослям, мягким ковром покрывающим камни на берегу реки (хотя это никак не сказалось на тщательности их характеристики). Комментируя эту систему царств, А. Л. Тахтаджян пишет: «Но... царство протистов представляет собой чрезвычайно разнородную группу и, вероятнее всего, состоит из нескольких отдельных царств, что подтверждается данными ультраструктурной морфологии и молекулярной биологии... Всесторонне обоснованная эволюционная классификация протистов еще не создана, поэтому приходится временно принимать это разнородное царство в широком понимании, что и вынуждены делать авторы...» (с. 5).

Все достоинства книги, о которых мы говорили, в этом разделе проявляются в еще большей мере. Схемы жизненных циклов и микрофотографии чередуются с фотографиями растений (и «нерастений») в природе. Авторы показывают чте-

телю, что природа не только интригующе интересна, но еще и прекрасна! Кстати, для показа местообитаний, где густо разросся мох *Fissidens* (с. 260), приведена фотография знаменитого водопада близ Ялты.

Массу интереснейшей информации читатель получает из «Приложений» («Хищные грибы», «Экономическое использование морских водорослей», «Симбиотические зеленые водоросли», «Распространение спор мхов насекомыми»).

Том второй разделом «Строение и развитие тела покрытосеменных» продолжает характеристику наиболее важной для биосферы и человека группы растений. Далее следуют два больших физиолого-биохимических раздела: «Регуляция роста и ростовые реакции» и «Поглощение и транспорт веществ у растений», насыщенных (особенно в главе о гормонах) новейшими данными.

В разделе «Эволюция» авторы последовательно придерживаются синтетической теории эволюции и отвергают возможность принципиальных отличий микро- и макроэволюции, рассматривая в качестве их основы один и тот же механизм — естественный отбор случайных изменений. Придерживаясь в целом совпадающей с точкой зрения А. Л. Тахтаджяна гипотезы локального происхождения цветковых в горах тропического пояса с их последующим расселением по равнине, они не используют этой гипотезы. Одной из причин успеха покрытосеменных растений они считают биохимическую коэволюцию: «В некоторых группах цветковых выработалась способность образовывать вторичные метаболиты (например, алкалоиды), защищающие их от большинства фитофагов. Однако некоторые растительноядные формы (обычно с узкой пищевой специализацией) способны питаться этими растениями и постоянно спутствуют им. При этом конкуренция с другими фитофагами исключена благодаря токсичности растений. Таким образом, коэволюция могла происходить ступенчато, и представляется вероятным, что ранние цветковые были защищены ядовитыми для животных веществами» (с. 225).

Лаконично и «ботанично» изложена история земледелия с показом особенностей культурной флоры Старого и Нового Света. Будущее сельского хозяйства авторы видят в комплексном подходе, где достижения биотехнологии будут сочетаться с охраной сложившегося генофонда растений, темпы разрушения которого уже сегодня носят трагический характер.

Завершает книгу раздел «Экология». Вновь мы имеем возможность рассмотреть прекрасные фотографии, различных ландшафтов, которым сопутствуют краткие комментарии. В приложениях — небольшая статья об А. Гумбольдте и сведения об опылении растений рызунами.

Книгу завершает краткий очерк «Классификация организмов» с аннотациями всех таксонов растений и близких к ним царств до уровня класса, характеристика геологических эр и словарь терминов. Списки литературы приведены отдельно для каждой главы.

Наряду с недавно выпущенным превосходным трехтомником «Биология»<sup>1</sup> эта книга — событие в жизни нашей педагогики, которая сегодня, увы, больше склонна к обсуждению того, как учить, в ущерб тому, что изучать.

Прочитав эту книгу — не только современную, но и своевременную, — вузовский преподаватель и школьный учитель уже не смогут рассказывать о ботанике так, как до этого. В который раз за последние годы издательство «Мир» дарит нам прекрасные книги!

<sup>1</sup> Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. В 3-х т. М.: Мир, 1990.

### География

А. Клепинин, В. Корженевский, А. Щепинский. ЭЧКИ-ДАГ: ПУТЕВОДИТЕЛЬ. Симферополь: Таврия, 1990. 128 с. Ц. 65 к.

Авторы этой небольшой книжки с множеством хорошо выполненных фотографий — геолог, ботаник и историк — рассказывают об одном из самых красивых уголков Восточного Крыма, в котором во многом повторяется разнообразие ландшафтов закрытого для туристов Карадагского заповедника. У хребта Эчки-Даг сходятся равнины, горы и море; леса, степи и полупустыни; чудесная палитра самоцветов — молочно-белый кварц, желтый цитрин, сиреневый аметист. На вершине, достигающей 700 м над ур. м., климат прохладнее и влажнее, полупустынные и степные сообщества сменяются теневыми лесами из грабинника и пушистого дуба.

Читатель узнает об интересных растениях этого района — купине неопалимой (она вспыхивает от зажженной спички, поскольку окутана испарениями эфирных масел, которые способны и без огня вызвать тяжелые ожоги у человека), ядовитой аронии, астрагале трагакантовом (больно ранящем кожу), полупаразите омеге, крымской сосне (скалолазе), зеленой аптеке степных сообществ (цмин песчаный, бессмертник песчаный, грыжник и другие полезные травы). Вместе с авторами он совершит экскурсию по прибрежным отмелям и подводным расщелинам, где обитают десятки видов рыб, крабы, актинидии, губки... К многочисленным шумным чайкам он станет относиться с большим уважением, узнав, что они не только поддерживают чистоту на побережье, съедая всякие отбросы, но и уничтожают вредных грызунов (стая чаек из 5 тыс. особей отлавливает для прокорма птенцов до полумил-

лиона сусликов и десятки тысяч мышей).

Сложна история этого края, который за 4 тыс. лет не раз менял своих хозяев — тавров, греков, татаро-монголов, русских. Об этом рассказывают многочисленные исторические памятники.

В книге описаны десять основных маршрутов для туристов — водных, автомобильных и пеших — и даны советы путешественникам, включая и цитату из Монтеня: «Умение достойно проявить себя в своем природном существе — есть признак совершенства».

### Охрана природы

Валентин Катасенов. ВЕЛИКАЯ ДЕРЖАВА ИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛОНИЯ? М.: Молодая гвардия, 1991. 224 с. Ц. 60 к.

При всей внешней цивилизованности современного мирового рынка «правила игры» на нем остаются жесткими. Транснациональные корпорации применяют, как утверждает автор, новую форму колониализма. Богатые страны используют сырьевые возможности бедных и размещают на их территориях вредные, загрязняющие среду производства, а также используют их для захоронения токсичных или радиоактивных отходов.

Экономика СССР в «застойные» времена поддерживалась за счет экспорта сырья — нефти, газа, леса-кругляка или же наиболее металлоемкой и энергоемкой продукции (энергетическое и металлургическое оборудование, вагоны и т. п.). При этом добыча ресурсов сопровождалась серьезным ущербом среде, часто невозполнимым. Так, экологический ущерб от добычи 1 т нефти на Севере во много раз превышает ее официальную стоимость. Даже в принципе восстанавливаемый ресурс — лес — у нас не

восстанавливался, и темпы рубок в 1,5 раза опережали темпы прироста.

Широко практикуются «компенсационные соглашения» о строительстве совместных предприятий: стоимость поставленного импортного оборудования погашается продукцией. Из 100 таких предприятий, построенных в 1976—1986 гг., 32 производят минеральные удобрения, 49 — прочую химическую и нефтехимическую продукцию. Компенсация осуществляется по крайне низким ценам готовой продукции (например, аммиака, производимого на заводах, построенных при участии небезызвестного А. Хаммера).

В последние годы экологическое движение предотвратило строительство ряда опасных предприятий (в Выборге — завода муравьиной кислоты, в Уфе — завода поликарбонатов), но никто не понес ответственности за миллионные убытки от неиспользованного дорогостоящего импортного оборудования. В условиях «секретности» планов внешних экономических связей мы не гарантированы от резкого увеличения притока в нашу страну отходов для захоронения.

С другой стороны, либерализация внешней торговли также может усилить «экологическую колонизацию» СССР. К традиционным «ресурсам на продажу» добавились металлолом, морская рыба, сырье для кожевенной и пушной промышленности и т. д. Таможенный контроль не в состоянии выявить все нарушения правил и хотя бы уменьшить истощающую страну утечку ресурсов.

Автор считает, что мировому обществу нужен не только Интерпол, но и Экоинтернационал, который защитит более бедные страны от экологической агрессии.



## Приоритеты в тектонике плит

Л. П. Зоненшайн,

доктор геолого-минералогических наук  
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР  
Москва

**И**ЗВЕСТНО, что к революционным идеям в науке часто подходят два или несколько человек одновременно. Параллельно с Дарвином к похожим выводам о происхождении видов пришел А. Уоллес. Резерфорд и Бор независимо разработали модель строения атома. Не явилась исключением в этом отношении и теория тектоники литосферных плит, появление которой в начале 60-х годов вызвало революцию в науках о Земле. В апреле 1987 г. в Техасском университете состоялась научная конференция, посвященная 25-летию годовщины тектоники плит, рождение которой, таким образом, датируется 1962 г. Труды этой конференции (в ней приняли участие все создатели теории, кроме покойного Г. Хесса) изданы в марте 1991 г. в специальном выпуске журнала «Tectonophysics» (V. 187). Это хороший повод оглянуться назад и напомнить, как создавалась тектоника плит, при разработке которой по меньшей мере три раза возникали ситуации с параллельной формулировкой основных положений.

Годом рождения тектоники плит выбран 1962-й, так как именно тогда была опубликована знаменитая теперь работа Хесса «История океанических бассейнов»<sup>1</sup>. В ней было четко продемонстрировано, что за счет выплавки базальтов из перidotитовой мантии в срединно-океанических хребтах рождается новая океаническая кора, которая, отодвигаясь в стороны от хребтов, поглощается в глубоководных желобах, возвращаясь в мантию. Но еще рань-

ше, в 1961 г., в журнале «Nature» появилась статья американского геолога Р. Дитца «Эволюция континентов и океанических бассейнов за счет спрединга океанического дна»<sup>2</sup>. В ней впервые прозвучал столь привычный теперь для нас термин «спрединг». Однако, как великодушно ныне признается сам Дитц, основные мысли были высказаны Хессом раньше, чем это сделал он, и все дело лишь в оперативности публикации. Как это часто бывает, многие идеи становятся известными широким кругам геологов часто задолго до того, как они оказываются напечатанными в журналах. Так было и с концепцией Хесса, которую он неоднократно докладывал на научных конференциях, а опубликовал лишь в 1962 г. и к тому же в не слишком престижном петрологическом сборнике. Поэтому по справедливости именно он должен считаться основоположником новой, мобилистской концепции.

Вторая ситуация возникла с магнитными аномалиями. В 1963 г. в журнале «Nature» была опубликована статья английских геофизиков Ф. Вайна и Д. Мэтьюза «Магнитные аномалии над океаническими хребтами»<sup>3</sup>. В ней аномалии интерпретировались авторами как показатель спрединга океанического дна: прямая и обратная намагниченность приобретаются базальтами, застывающими в оси срединно-океанических хребтов и «консервирующимися» в океаническом ложе при его отодвигании в стороны от хребта. Но чуть раньше Вайна и Мэтьюза, в январе 1963 г., канадский геофизик Л. Морли представил почти такое же толкование магнитного поля оке-

анов, но его статья была отвергнута рецензентами. Так же поступили со статьями Р. Гёрдлера и Дж. Диксона на ту же тему. Думается, имена всех троих должны заслуженно войти в летопись тектоники плит.

И, наконец, в 1968 г. тектоника плит из качественной гипотезы стала количественной теорией. В это время к описанию движения плит были приложены законы перемещения тел на сфере и было показано, как, используя простирания трансформных разломов, ориентировку напряжений в очагах землетрясений и другую информацию, можно производить математический расчет движения плит. Наиболее значительными в этом отношении были статьи, опубликованные именно в 1968 г. в «Journal Geophysical Research»: Дж. Моргана «Хребты, желоба, большие разломы и блоки коры», К. Ле Пишона «Спрединг океанического дна и дрейф континентов», а также и Б. Айзекса, Дж. Оливера и Л. Сайкса «Сейсмология и новая глобальная тектоника»<sup>4</sup>.

Морган впервые дал основу плитотектонических расчетов, вычислил полюса вращения плит и обосновал жесткость блоков, которая приводит к равенству величин наращивания океанической коры в срединно-океанических хребтах и ее поглощения в глубоководных желобах. Ле Пишон развил подход Моргане, «увязав» движение шести главных плит Земли и выполнив первые плитотектонические реконструкции для кайнозойской

<sup>1</sup> Hess H. // Petrological studies (Buddington volume). Geol. Ser. N. Y., 1962. P. 599—620. На русск. яз. опубликовано в сб.: Новая глобальная тектоника. М., 1974.

<sup>2</sup> Dietz R. // Nature. 1961. V. 190. N 4779. P. 854—857.

<sup>3</sup> Vine F., Matthews D. // Nature. 1963. V. 199. P. 947—949.

<sup>4</sup> Morgan W. Y., // J. Geoph. Res. 1968. V. 73. N 6. P. 1959—1982. (На русск. яз. опубликовано в уже упоминавшемся сборнике.); Le Pichon X. // J. Geoph. Res. 1968. V. 73. N 12. P. 3661—3697; J. Saks B., Oliver J., Sykes L. // J. Geoph. Res. 1968. V. 73. N 18. P. 5885—5899.

эры. Работа Айзекса с коллегами показала, что сейсмичные пояса Земли приурочены к границам плит и тем самым тектоника определяется взаимодействием литосферных плит.

Однако в одном из последних номеров «Nature» за предшествовавший, 1967 г. была опубликована работа английских ученых Д. Маккензи и Д. Паркера, изложивших, по существу, тот же принцип использования сферической тригонометрии для количественного описания движения жестких литосферных плит на сфере. Их статья так и называется: «Северная часть Тихого океана: пример тектоники на сфере»<sup>5</sup>. Казалось бы, приоритет должен принадлежать Маккензи и Паркеру. Но мировая научная общественность пионером «сферической» тектоники плит считает Моргана. Эта ситуация рассмотрена Ле Пишоном в статье, которая открывает специальный выпуск «Tectonophysics» 1991 г. Он пишет, что впервое Морган доложил о своих результатах на годичной конференции Американского геофизического союза 17 апреля

1967 г. в Вашингтоне. Так случилось, что Моргану незадолго до конференции стало ясно, как описать движение на сфере, а опубликованные ранее тезисы касались другой темы. Однако перед конференцией Морган написал краткое изложение своего доклада на восьми страницах и копии разослал 10 известным ученым (Г. Менарду, Т. Уилсону, Л. Сайксу, Ф. Вайну и другим, в том числе Ле Пишону). Все эти копии, включая оригинальный текст самого Моргана, считались потерянными, и лишь недавно Ле Пишон, разбирая старые бумаги, нашел присланный ему экземпляр, а также приложенные к ним 10 рисунков. Результаты Моргана произвели в 1967 г. на Ле Пишона большое впечатление, и он использовал и развил их в своей статье. Айзекс и другие, в свою очередь, опирались на положения тектоники плит, уже разработанные Морганом и Ле Пишоном. Что касается Маккензи и Паркера, то они начали совместно работать в Скриппсовском институте на западе США лишь в июне 1967 г. Они не знали о содержании доклада Моргана, копии доклада циркулировали в основном на востоке США, в частности в Вудхол-

ском океанографическом институте, и выполнили свое исследование независимо. Маккензи в письме Ле Пишону сообщает, что он, услышав в сентябре о работе Моргана, пытался приостановить публикацию в «Nature», но было уже поздно и редакция отказалась изъять статью из набора. Как бы там ни было, но приоритет Моргана в создании количественных основ тектоники плит очевиден. Публикация через 24 года факсимиле доклада Моргана его удостоверяет.

К сожалению, никому из советских специалистов не пришлось побывать на «серебряном» юбилее тектоники плит в США. В нашей же стране эта дата прошла почти незамеченной. Дело в том, что эта концепция (сегодня в мире на ней основаны практически все исследования по геологии, геофизике и геохимии) разделяется в СССР далеко не всеми. Особенно велико неприятие тектоники плит среди академических и университетских геологов. Теперь, когда открываются границы и мы наконец становимся частью мирового научного сообщества, хотелось бы надеяться, что хотя бы к «золотому» юбилею провинциализм советской тектоники плит будет преодолен.

<sup>5</sup> McKenzie D.P., Parker D.L. // Nature. 1967. V. 216. P. 1276—1280.

Над номером работали  
Заместитель ответственного  
секретаря  
О. В. ВОЛОШИНА

Научные редакторы:  
И. Н. АРУТЮНЯН  
О. О. АСТАХОВА  
Л. П. БЕЛЯНОВА  
М. Ю. ЗУБРЕВА  
Э. Ю. КАЛИНИН  
Г. В. КОРОТКЕВИЧ  
Л. Д. МАЙОРОВА  
Н. Д. МОРОЗОВА  
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор  
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР  
Заведующая редакцией  
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:  
О. Н. БОГАЧЕВА  
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА

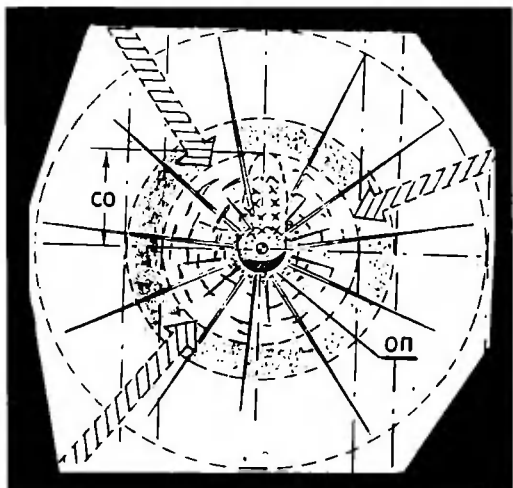
В художественном оформлении  
номера принимали участие  
Б. А. КУВШИНОВ  
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Ордена Трудового Красного  
Знамени издательство «Наука»

Сдано в набор 2.08.91.  
Подписано в печать 17.09.91.  
Формат 70×100<sup>1/16</sup>  
Бумага офсетная, № 1  
Офсетная печать  
Усл. печ. л. 10,32.  
Усл. кр.-отт. 1064,4 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,0.  
Тираж 39 760 экз.  
Зак. 1240.  
Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового  
Красного Знамени  
Чеховский полиграфический  
комбинат  
Государственной ассоциации  
предприятий, объединений и  
организаций полиграфической  
промышленности «АСПОЛ»  
142300, г. Чехов  
Московской области

Адрес редакции:  
117810, Москва, ГСП-1,  
Марковский пер., 26  
Тел. 238-24-56, 238-26-33



Эксперименты позволяют утверждать, что ядерные взрывы ограниченной мощности могут значительно повысить эффективность извлечения природных углеводородов.

**Мусинов В. И. ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ**

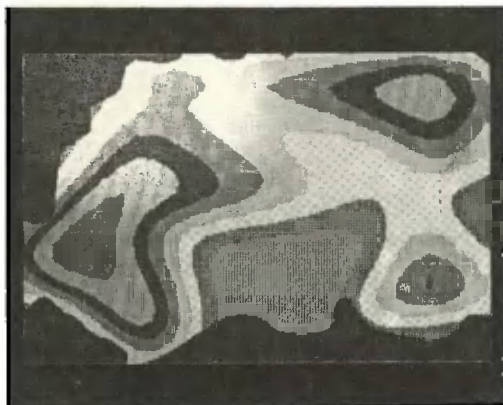


Пройдя путь от примитивного земледелия до интенсивного, человечество очнулось наконец от эйфории покорения природы и пытается сотрудничать с ней.

**Мишкин Б. М. СПИРАЛЬ ИСТОРИИ АГРОСФЕРЫ.**

# ПРИРОДА

# 77<sup>91</sup>



Советско-болгарский коллектив специалистов за короткое время исследовал экологическую ситуацию одного из самых неблагоприятных черноморских районов — Бургасского залива. Сделанный прогноз стал основой реальных природоохранных мероприятий.

**Кеонджян В. П., Кудин А. М. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИАГНОЗ МОРСКОМУ ЗАЛИВУ**

В основе современных знаний лежат прежде всего простые математические модели. Ведь математика — это не нагромождение формул, а лаконичный язык, на котором природа доносит нам свои тайны.

**Неймарк Ю. И. ПРОСТЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ**

Недавно открытая в организме особая система, регулирующая восприятие болевых раздражений, связана с действием небольших эндогенных молекул — нейропептидов.

**Ноздрачев А. Д., Янцев А. В. НЕЙРОПЕПТИДЫ И БОЛЬ**

1 р. 20 к.  
Индекс 70707

