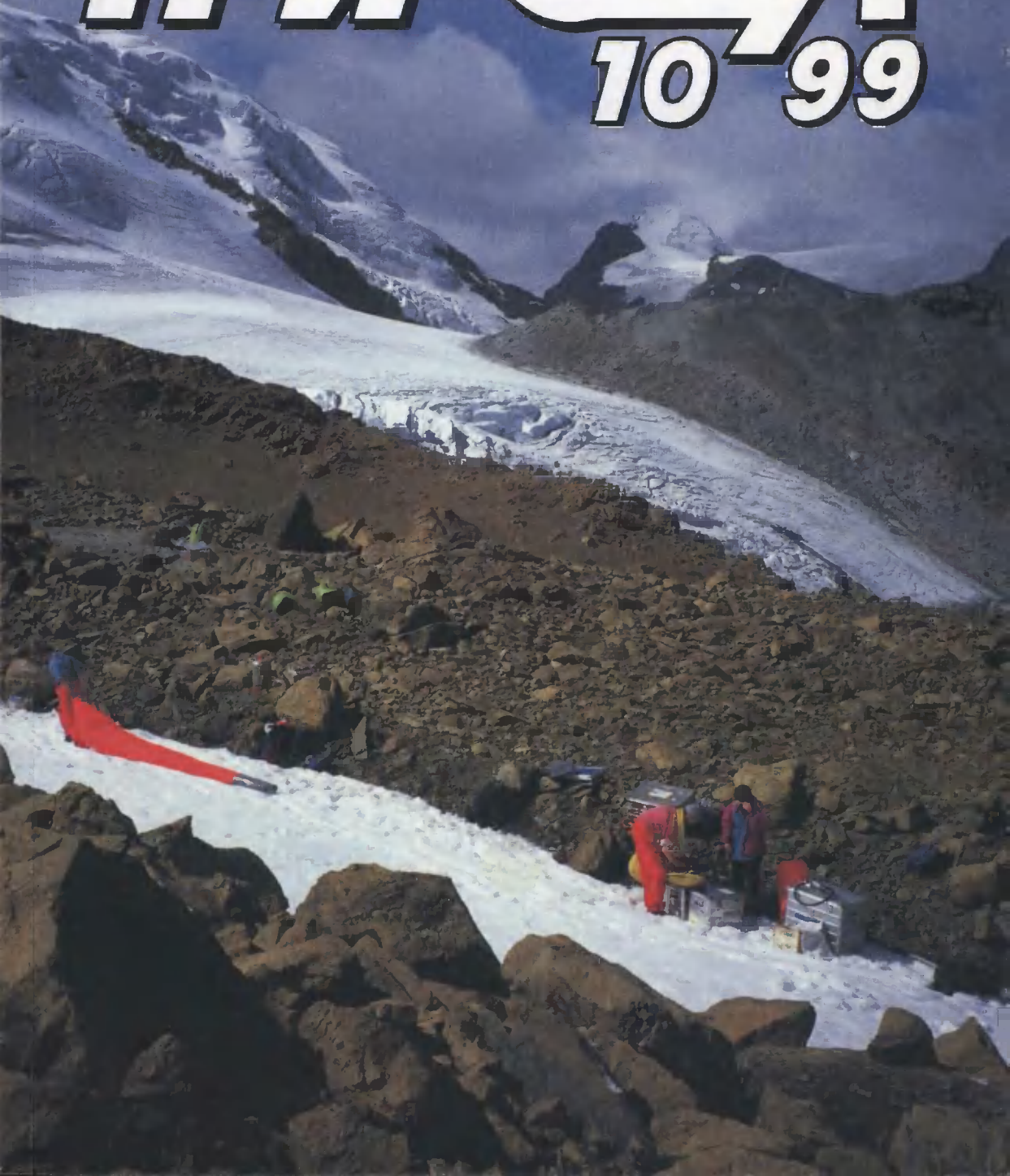


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

10 99



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора доктор физико-математических наук А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

доктор физико-математических наук А.А.КОМАР (физика),

доктор биологических наук А.К.СКВОРЦОВ (биология),

доктор геолого-минералогических наук А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доктор геолого-минералогических наук С.В.АПЛОНОВ (геофизика), О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), доктор геолого-минералогических наук А.Т.БАЗИЛЕВСКИЙ (планетология), доктор геолого-минералогических наук И.А.БАСОВ (геология), кандидат химических наук Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), кандидат технических наук В.П.БОРИСОВ (история науки), член-корреспондент РАН В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), доктор физико-математических наук А.Н.ВАСИЛЬЕВ (физика), доктор географических наук А.А.ВЕЛИЧКО (география), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), академик РАН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор биологических наук А.М.ГИЛЯРОВ (экология), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), кандидат физико-математических наук Ю.К.ДЖИКАЕВ (ответственный секретарь), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик А.М.ДЫХНЕ (физика), академик Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология), академик Ю.А.ЗОЛОТОВ (химия), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик РАН В.И.ИВАНОВ (генетика), академик В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (химия), доктор физико-математических наук М.В.КОВАЛЬЧУК (физика), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент РАН В.В.МАЛАХОВ (зоология), доктор биологических наук К.Н.НЕСИС (биология), член-корреспондент РАН Л.В.РОЗЕНШТРАУХ (физиология), П.Е.РУБИНИН (история науки), член-корреспондент РАН А.Н.САХАРОВ (история), академик В.П.СКУЛАЧЕВ (биохимия), кандидат физико-математических наук К.Л.СОРОКИНА (редактор отдела физики и математики), член-корреспондент РАН Н.П.ТАРАСОВА (физическая химия), Н.В.УЛЬЯНОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), член-корреспондент РАН М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела охраны природы), член-корреспондент РАН А.М.ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Геодезическая станция на о.Рожнова (Гибс).

См. в номере: **Удинцев Г.Б.** «Высокие плаги» и рифты Западной Антарктиды.

Фото автора

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Протуберанцы, наблюдавшиеся во время затмения 28 мая 1900 г. Рисунок О.И.Шмерлинга.

См. в номере: **Сурдин В.Г.** Затмения Солнца и **Филиппов Б.П.** Кусочки Солнца «навынос».



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук,
журнал «Природа», 1999

В НОМЕРЕ

3 **Сурдин В.Г.**
ЗАТМЕНИЯ СОЛНЦА

8 **Шайхаев Г.О.**
ТУБЕРКУЛЕЗ — ПРОБЛЕМА
НЕ ТОЛЬКО СОЦИАЛЬНАЯ...

13 ЛЕКТОРИЙ
Грибакин Ф.Г.
БИОСЕНСОРЫ ОРГАНОВ ЧУВСТВ
Физический мир животные воспринимают органами чувств, а точнее — биосенсорами. При всем различии в конструкции у них есть общая деталь — жгутик, да и анализируются свет, запах, вкус с помощью весьма ограниченного набора механизмов и нейронных сетей.

25 **Иванов А.П.**
ЗАКОНОМЕРНОСТИ УДАРА В
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
Классическая задача о поведении системы твердых тел после соударения совсем не проста и зачастую оказывается неопределенной. При рассмотрении же кратных ударов адекватный анализ требует статистического описания.

32 **Филиппов Б.П.**
КУСОЧКИ СОЛНЦА «НАВЫНОС»
Магнитная энергия, накапливающаяся в атмосфере Солнца, время от времени высвобождается, выплескивая солнечную плазму в межпланетное пространство. Достигнув Земли, она вызывает магнитные бури, которые сказываются не только на живых организмах, но и на технических системах. Прогнозирование «космической погоды» становится актуальной задачей.

41 **Мащенко Е.Н.**
НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ
ОСОБЕННОСТЯХ БИОЛОГИИ
МАМОНТА

Давно устоявшаяся версия о том, что мамонта истребил человек, в наши дни стала малоубедительной. Подтверждением тому послужили новые данные, полученные группой ученых разных специальностей на позднелепестчатой стоянке Шестаково.

54 **Сковитина Т.М., Щетников А.А.**
СОБОЛИНОЕ ОЗЕРО

60 ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ
Булавицков В.И.
АПОЛЛОНОВКА СОВСЕМ
НЕ СИНЯЯ СИНИЦА

62 ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ
Удинцев Г.Б.
«ВЫСОКИЕ ПЛАТО» И РИФТЫ
ЗАПАДНОЙ АНТАРКТИДЫ

Во время работы Российско-Германской антарктической экспедиции удалось приоткрыть завесу над загадкой происхождения интересных геологических структур далекого материка.

79 **Масайтис В.Л.**
СОТВОРЕНА СИЛАМИ
НЕБЕСНЫМИ...

В середине XX в. новые типы алмазоносных пород были обнаружены в отдельных круговых структурах — астроблемах, образование которых связано с падением на Землю крупных метеоритов, астероидов и комет. Породы в таких импактных структурах формировались в особых условиях ударных взрывов.

89 **Несис К.Н.**
ЛИЧИНКА ЗМЕЕХВОСТКИ САМА
СЕБЯ КЛОНИРУЕТ

92 **Шатров А.Б.**
ЗАЧЕМ КЛЕЩАМ ПЛАСТРОН?

Дышать в водной среде некоторым насекомым помогает так называемый пластрон, удерживающий у их покровов слой газа. Подобное уникальное приспособление обнаружено у краснотелковых клещей, которые большую часть жизни проводят не в воде, а в почве.

98 **Арнольд О.Р.**
ЗВЕЗДНЫЙ ЧАС ФИЛИППА
ВЕНИАМИНОВИЧА БАССИНА

105 НОВОСТИ НАУКИ
КОРОТКО (59)
ОБЪЯВЛЕНИЯ (78)

119 РЕЦЕНЗИИ
Скворцов А.К.
НАУКА, РЕЛИГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

125 ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ
Шноль С.Э.
ВЕЛИКАЯ КНЯГИНЯ ЕЛЕНА
ПАВЛОВНА

CONTENTS

- 3 Surdin V.G.**
SOLAR ECLIPSES

- 8 Shaikhaev G.O.**
TUBERCULOSIS: MORE THAN A
SOCIAL PROBLEM

- 13 LECTURES**
Gribakin F.G.
BIOSENSORS OF SENSE ORGANS
The physical world is perceived by animals through sense organs, to be more precise, by biosensors. Although there are structural differences, they have one element in common, the cilium; besides, the light smell, and taste are analyzed with a very limited set of mechanisms and neuron networks.

- 25 Ivanov A.P.**
IMPACT PATTERN
IN MECHANICAL SYSTEMS
The classic problem of the behavior of a system of solid bodies after an impact is far from simple and frequently remains undetermined. When examining multiple impacts, an adequate analysis requires statistical description.

- 32 Filippov B.P.**
TAKING PIECES
OF THE SUN «TO GO»
The magnetic energy that is accumulated in the solar atmosphere is released from time to time, splashing out solar plasma into the interplanetary environment. When this energy reaches the Earth, it causes magnetic storms, which affect not only living organisms but also technological systems. Prediction of space weather is becoming a very important task.

- 41 Mashchenko E.N.**
NEW DATA ON THE SPECIFIC
BIOLOGY OF THE MAMMOTH
The long-held view that the mammoth was exterminated by humans now appears untenable. It is further disproved by new data obtained by an interdisciplinary group of scientists at the Late Paleolithic Shestakovo camp.

- 54 Skovitina T.M. and Shchetnikov
A.A.**
SABLE LAKE

- 60 NOTES AND OBSERVATIONS**
Bulavintsev V.I.
LONG-TAILED TIT HAS NOTHING TO
DO WITH THE BLUE BIRD

- 62 NEWS FROM EXPEDITIONS**
Udintsev G.B.
HIGH PLATEAUS AND RIFTS IN
WEST ANTARCTICA
The Russian-German Antarctic Expedition lifted a veil of mystery over the origin of interesting geological structures on the remote continent.

- 79 Masaitis V.L.**
CREATED BY CELESTIAL FORCES
In the mid-20th century, new types of diamond-bearing rocks were discovered in some of the circular structures known as astroblemes, who owe their origin to the falls of large meteorites, asteroids, and comets on the Earth. The rocks in these impact structures formed under special conditions of impact explosions.

- 89 Nesis K.N.**
BRITTLE STAR LARVA CLONES
ITSELF

- 92 Shatrov A.B.**
HOW PLASTRON HELPS MITES
The breathing of some insects in water is facilitated by plastron, which retains a gas layer near their integuments. This unique gadget was found in particular in harvest mites who spend most of their lifespan in soil rather than in water.

- 98 Arnold O.R.**
THE FINEST HOUR OF FILIPP
VENIAMINOVICH BASSIN

- 105 SCIENCE NEWS**
IN BRIEF (59)
ADVERTISEMENTS (78)

- 119 BOOK REVIEWS**
Skvortsov A.K.
SCIENCE, RELIGION,
AND ECOLOGY

- 125 ENCOUNTERS WITH THE
FORGOTTEN**
Shnoi S.E.
GRAND DUCHESS ELENA
PAVLOVNA

Затмения Солнца

В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штенберга
Москва

ТЕ, КТО попал в полосу полного солнечного затмения 11 августа 1999 г., имели шанс насладиться редким природным феноменом — видом солнечной короны. И пусть говорят, что затмение Солнца — это рядовое астрономическое событие, происходящее ежегодно и даже не единожды в год. Но многие ли из нас могут похвастаться тем, что хотя бы раз в жизни имели удовольствие своими глазами видеть корону Солнца?

Даже среди астрономов, проявляющих в этом вопросе профессиональный азарт, далеко не все были свидетелями полных затмений Солнца. И дело не в том, что событие это редкое: приведенная здесь таблица показывает, что полные затмения, действительно, случаются чуть ли не каждый год. Главное препятствие для их наблюдения — малый размер лунной тени и плохая погода на Земле. Впрочем, сначала поясним, какие вообще бывают затмения.

Как известно, при солнечных затмениях Луна закрывает собою Солнце, проходя между ним и Землей. По счастливому совпадению для земного наблюдателя угловые диаметры Солнца и Луны почти одинаковы и близки к 0.5° . Именно поэтому лунный диск может точнехонько закрыть собой Солнце, оставив для любования и изучения верхние слои его атмосферы — горячую солнечную корону. Однако в течение года видимые размеры Луны и Солнца не остаются неизменными. Двигаясь по эллиптической орбите, Земля в наши зимние месяцы приближается к Солнцу, а в летние удаляется от него, так что в конце декабря угловой диаметр солнечного диска достигает $32'36''$, а в конце

июня уменьшается до $31'31''$. Луна также движется вокруг Земли по эллиптической орбите, поэтому в течение месяца ее видимый диаметр меняется от $33'32''$ до $29'20''$.

При этом движения светил не согласованы друг с другом, поэтому в моменты затмений соотношение их видимых диаметров каждый раз оказывается различным. Если в момент солнечного затмения Луна проходит перигей, то она всегда полностью затмевает Солнце; в апогее угловой размер ее диска всегда меньше солнечного, поэтому происходит кольцевое затмение (рис.1). В промежуточных случаях тип затмения зависит от текущего соотношения видимых диаметров светил (астрономы по традиции называют звезды, планеты и их спутники «светилами», хотя для Луны в данном случае более подошло бы — «темнило»).

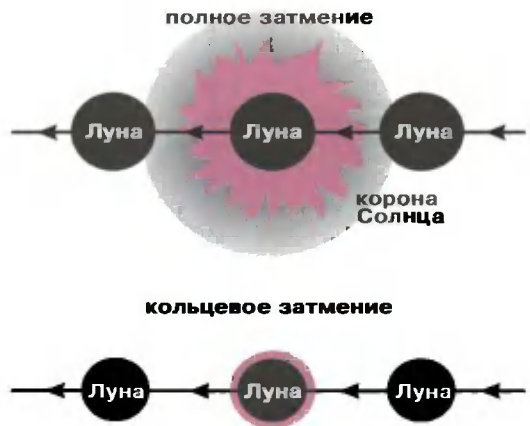


Рис.1. Полное и кольцевое затмения Солнца («вид спереди»). Полное затмение Солнца происходит, когда видимый размер лунного диска равен или чуть больше солнечного. Кольцевое затмение — когда чуть меньше.

Полные затмения Солнца в недалеком прошлом и ближайшем будущем

№	Дата	Продолжительность (минуты)	Область видимости
Уже наблюдали:			
1	1950, 12 сент.	1	Арктика, Сев.-Вост. Сибирь, Тихий океан
2	1952, 25 февр.	3	Атлантика, Африка, Иран, Ср.-Зап. Сибирь
3	1954, 30 июня	3	Канада, Скандинавия, Россия, Кавказ
4	1955, 20 июня	7	Цейлон, Индокитай, Филиппины, Тихий океан
5	1956, 8 июня	5	Южн. Тихий океан
6	1958, 12 окт.	5	Экват. Тихий океан, Чили
7	1959, 2 окт.	3	Атлантика, Сев. и Центр. Африка
8	1961, 15 февр.	3	Южн. Европа, Черное море, Вост. Сибирь
9	1962, 5 февр.	4	Зондские о-ва, Новая Гвинея, Тихий океан
10	1963, 20 июля	2	шт.Аляска, Канада, Атлантика
11	1965, 30 мая	5	Новая Зеландия, Тихий океан
12	1966, 12 нояб.	2	Тихий океан, Перу, Боливия, Бразилия, Атлантика
13	1967, 2 нояб.	1	Антарктика
14	1968, 22 сент.	1	Северная Земля, Ср. Сибирь, Вост. Тянь-Шань
15	1970, 7 марта	3	Тихий океан, Мексика, Флорида, Ньюфаундленд
16	1972, 10 июля	3	Сахалин, Камчатка, Сев. Канада, Лабрадор
17	1973, 30 июня	7	Венесуэла, Сахара, Сомали, Индийский океан
18	1974, 20 июня	5	Южн. Индийский океан, Сев.-Зап. Австралия
19	1976, 23 окт.	5	Африка, Австралия, Тихий океан
20	1977, 12 окт.	3	Тихий океан, Венесуэла
21	1979, 26 февр.	3	Сев.-Зап. США, Канада, Гренландия
22	1980, 16 февр.	4	Атлантика, Конго, Индия, Китай
23	1981, 31 июля	2	Сев. Кавказ, Сибирь, Тихий океан
24	1983, 11 июня	5	Индийский океан, Ява, Новая Гвинея
25	1984, 22 нояб.	2	Новая Гвинея, Индонезия, Тихий океан
26	1987, 29 марта	1	Аргентина, Атлантика, Экватор. Африка
27	1988, 18 марта	4	Суматра, Филиппины, Сев. Тихий океан
28	1990, 22 июля	3	Финляндия, Сибирь, Сев. Тихий океан
29	1991, 11 июля	7	Гавайи, Центр. Америка, Бразилия
30	1992, 30 июня	5	Южн. Атлантика
31	1994, 3 нояб.	4	Тихий океан, Чили, Бразилия, Атлантика
32	1995, 24 окт.	2	Иран, Индия, Вьетнам, Тихий океан
33	1997, 9 марта	3	Монголия, Сибирь, Арктика
34	1998, 26 февр.	4	Тихий океан, Колумбия, Сев. Атлантика
35	1999, 11 авг.	2	Сев. Атлантика, Центр. Европа, Индия
Предстоит наблюдать:			
1	2001, 21 июня	5	Южн. Атлантика, Южн. Африка
2	2002, 4 дек.	2	Сев. Африка, Индийский океан, Австралия
3	2003, 23 нояб.	2	Антарктика
4	2005, 8 апр.	1	Сев. Тихий океан, Панама
5	2006, 29 марта	4	Сев. Африка, Турция, Россия
6	2008, 1 авг.	2	Арктика, Россия, Китай
7	2009, 22 июля	7	Индия, Китай, Тихий океан
8	2010, 11 июля	5	Южн. Тихий океан, Китай
9	2012, 13 нояб.	4	Сев. Австралия, Южн. Тихий океан
10	2013, 3 нояб.	2	Атлантика, Центр. Африка
11	2015, 20 марта	3	Сев. Атлантика, Арктика
12	2016, 9 марта	4	Суматра, Борнео, Сев. Тихий океан
13	2017, 21 авг.	3	Тихий океан, США, Атлантика
14	2019, 2 июля	5	Южн. Тихий океан, Чили, Аргентина
15	2020, 14 дек.	2	Тихий океан, Чили, Аргентина, Атлантика
16	2021, 4 дек.	2	Антарктика
17	2023, 20 апр.	1	Индийский океан, Индонезия, Тихий океан
18	2024, 8 апр.	4	Тихий океан, Мексика, США
19	2026, 12 авг.	2	Гренландия, Антарктика, Испания
20	2027, 2 авг.	6	Сев. Африка, Индийский океан
21	2028, 22 июля	5	Индийский океан, Австралия, Новая Зеландия
22	2030, 25 нояб.	4	Африка, Индийский океан, Австралия
23	2031, 14 нояб.	1	Тихий океан
24	2033, 30 марта	3	Чукотка, Аляска, Сев. Ледовитый океан
25	2034, 20 марта	4	Атлантика, Африка, Азия
26	2035, 2 сент.	3	Китай, Тихий океан
27	2037, 13 июля	4	Австралия, Новая Зеландия
28	2038, 26 дек.	2	Австралия, Новая Зеландия, Тихий океан
29	2039, 15 дек.	2	Антарктида
30	2041, 30 апр.	2	Атлантика, Африка
31	2042, 20 апр.	5	Индонезия, Филиппины, Тихий океан
32	2043, 9 апр.	1	Магадан, Камчатка
33	2044, 23 авг.	2	Сев. Америка
34	2045, 12 авг.	6	Сев. Америка, Куба, Южн. Америка
35	2046, 2 авг.	5	Атлантика, Африка, Индийский океан
36	2048, 5 дек.	3	Южн. Америка, Атлантика, Африка
37	2049, 25 нояб.	1	Аравия, Индийский океан, Индонезия
38	2050, 20 мая	1	Южн. Тихий океан

Не будем забывать, что и наблюдатели на Земле располагаются на разном расстоянии от Луны: те, у кого Луна в зените, ближе к ней, чем те, кто наблюдает ее близ западного или восточного горизонта. Если конус лунной тени с трудом дотягивается до Земли в полуденной области, то в утренней и вечерней областях полной тени уже не будет (рис.2). В этом случае затмение начнется как кольцевое (а), затем станет полным (б), а позже — вновь кольцевым (в). Подобным будет, например, затмение 8 апреля 2005 г.

Земля, Луна и Солнце (именно в таком порядке) выстраиваются в одну линию в моменты новолуний. Почему же не каждое новолуние знаменуется солнечным затмением? Дело в том, что орбита Луны вокруг Земли и орбита Земли вокруг Солнца не лежат в одной плоскости: они наклонены друг к другу примерно на 5° . А видимые диаметры Луны и Солнца, напомним, составляют всего 0.5° . Поэтому наложение Луны на Солнце может наблюдаться только в том случае, если они одновременно оказываются вблизи точек пересечения лунной орбиты с эклипкой. Эти точки пересечения называют узлами лунной орбиты (рис.3). Луна вблизи узлов бывает дважды в месяц, но Солнце — лишь дважды в год. Поэтому солнечные затмения обычно случаются два раза в году, причем, как правило, одно из них бывает кольцевое и не представляет заметного интереса ни для публики, ни для большинства ученых — ведь корона не видна!

Настолько же малоинтересно оказаться в области лунной полутени, т.е. в той области на Земле, где наблюдается частичное затмение Солнца: при этом диск Луны закрывает лишь часть солнечного диска и корона остается невидимой.

Лунная тень скользит по поверхности Земли с запада на восток примерно с такой же скоростью, с какой Луна движется по орбите: около 1 км/с. Максимальное время, в течение которого тень Луны (область полного затмения Солнца) касается Земли, составля-

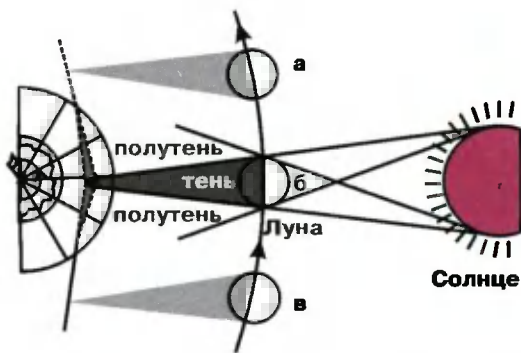


Рис.2. Полное и кольцевое затмения Солнца («вид сверху»). Бывает, что не во всех частях траектории лунная тень может «дотянуться» до поверхности Земли (б). Там, где этого не происходит, наблюдается кольцевое затмение (а,в).

ет около трех с половиной часов, а полутень (область частичного затмения) задерживается на Земле примерно пять с половиной часов. Максимальный диаметр тени на поверхности Земли около 270 км. Только жители, оказавшиеся на пути тени, наблюдают полное затмение.

Поскольку Земля вращается в том же направлении, куда движется лунная тень, земные наблюдатели как бы стараются догнать ее, и некоторым это неплохо удается. Скорость вращения земной поверхности на экваторе дости-

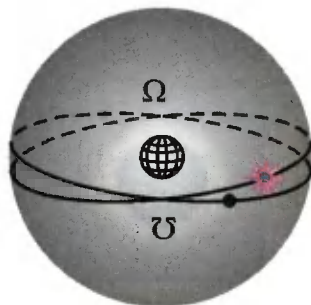


Рис.3. Видимое движение Луны и Солнца на небесной сфере. Знаками Ω и Υ отмечены восходящий и нисходящий узлы лунной орбиты.

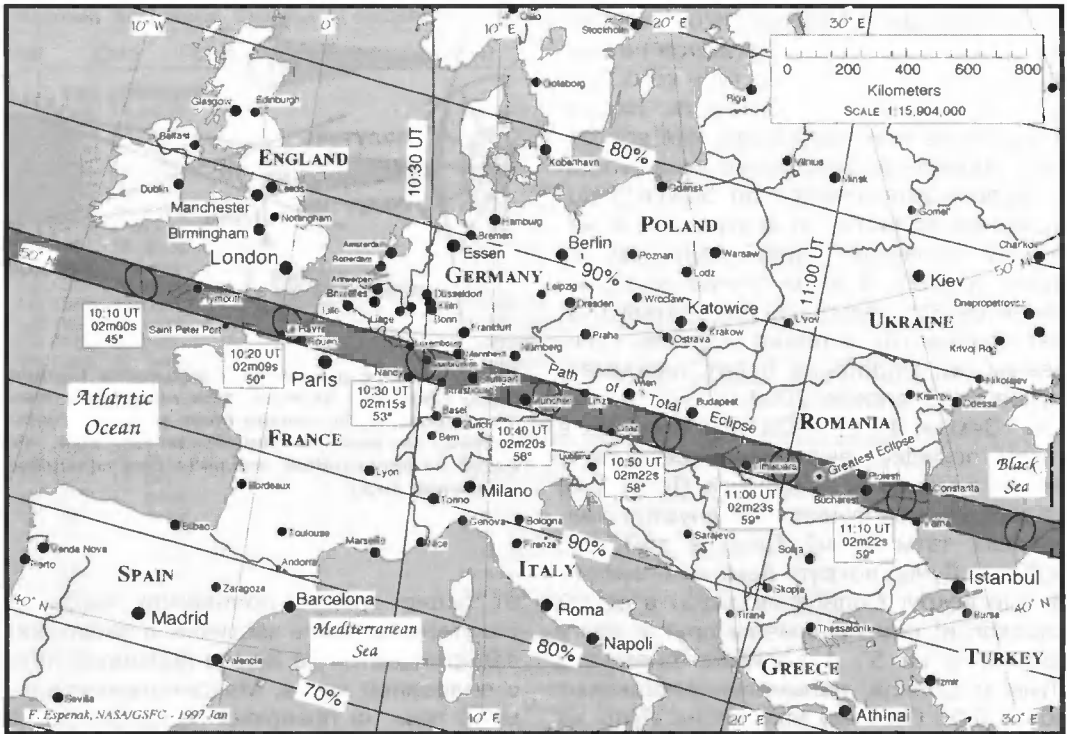


Рис. 4. Карта Европы с полосой, в которой наблюдалось полное затмение Солнца 11 августа 1999 г. Отмечены также области, в которых диск Солнца в момент максимальной фазы был закрыт на 90, 80 и 70%.

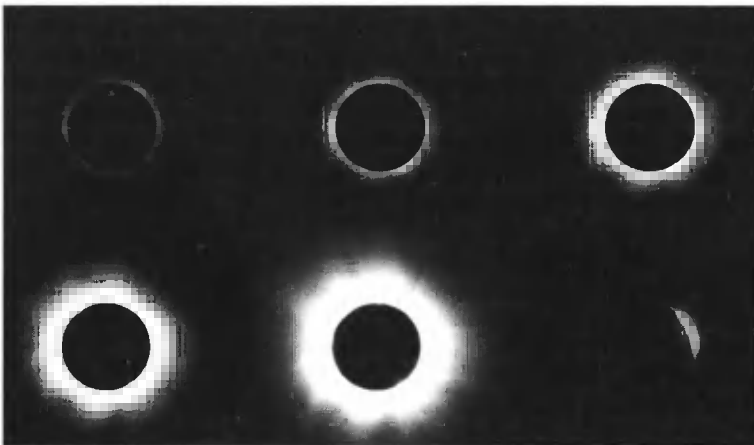


Рис. 5. Фотографии солнечного затмения 11 августа 1999 г. Снимки сделаны Павлом и Романом Чагаши (Pavel and Roman Chagas) на берегу оз.Балатон в г.Шюфок (Венгрия). Чтобы увидеть сильно различающиеся по яркости внутренние и внешние области короны, ее сфотографировали 5 раз с возрастающими экспозициями (от верхнего левого к нижнему среднему изображению). Последнее (нижнее правое) фото получено сразу после окончания полной фазы затмения, когда из-за диска Луны показался край Солнца. Человеческий глаз видит корону примерно как на нижнем левом фото.

гает максимального значения 0.46 км/с, поэтому там лунная тень бежит по Земле со скоростью всего 0.5 км/с, вдвое медленнее, чем в полярных районах. В районе экватора полные затмения могут длиться до 7 мин 40 с, а на широте 45° — до 6 мин 30 с. Но эти максимальные значения достигаются редко; обычно полное затмение продолжается 2—3 мин. Желая продлить это удовольствие и детальнее изучить корону Солнца, ученые (а в последние годы еще и богатые туристы) пользуются сверхзвуковыми самолетами, способными не отставать от лунной тени часами!

Если ожидать полного затмения Солнца на одном месте, то можно его и не дожидаться: в каждой точке на Земле полное затмение происходит в среднем один раз в 360 лет. Поэтому любители редких природных явлений и астрономы (они тоже большие любители) устремляются туда, где расчеты предсказывают прохождение лунной тени. Но не всегда удача сопутствует непоседливым наблюдателям. Часто полоса затмения проходит по океану или недоступным местам — горам, джунглям. Но даже если местность проходима и доступна для завоза научной аппаратуры, необходимо серьезно подумать о погоде: облачное небо — это провал экспедиции. Поэтому по многолетним метеоданным профессионалы заранее вычисляют вероятность ясного неба в день и час затмения вдоль всей его полосы и едут туда, где эта вероятность максимальна.

Например, во время затмения 11 августа 1999 г. обычные туристы устремились в заманчивые страны Западной Европы, а исследователи Солнца отпра-



Рис. 6. Внутренняя, наиболее плотная и яркая часть солнечной короны в момент полной фазы затмения 11 августа 1999 г.

Фото: Доминик Паестерлак.

вились в Румынию, Болгарию, Турцию и Иран, где ожидалась наилучшая погода и максимальная продолжительность полной фазы затмения (рис. 4). И они оказались правы (рис. 5,6). Опытные наблюдатели знают, что хорошую погоду нужно иметь «с запасом». С началом затмения, когда поток солнечного тепла снижается, даже легкая дымка сгущается в плотные облака. Москвичи, наверное, помнят, что 11 августа 1999 г. в момент максимальной фазы затмения, когда Луна закрыла 67% солнечной поверхности, над городом из обычных серых облаков пролился мощный дождь. Пошло на убыль затмение — прекратился и дождь. Так что, собираясь наблюдать затмение Солнца, подыщите для этого страну с теплым сухим климатом.

Туберкулез — проблема не только социальная...

Г.О.Шайхаев,

кандидат биологических наук

Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН

Москва

РОСТ числа больных туберкулезом в последние пять-шесть лет во всем мире — развивающихся странах, у нас в России и даже на благополучном Западе — стимулировал научно-исследовательские работы по изучению генетических структур возбудителя и полному определению нуклеотидной последовательности его генома (секвенированию). Сегодня можно считать, что туберкулезная палочка (палочка Коха) — один из самых изученных микроорганизмов, у которого полностью составлена генетическая карта и прочитан весь геном. Казалось бы, о структуре бактериальной клетки все уже известно, постигнута основа основ: имеется информация о размерах генома, его отличительных особенностях по сравнению с другими патогенными для человека микроорганизмами и даже — о каждом гене клетки. Но вспомним, что прошло более 15 лет с тех пор, как была закончена и опубликована полная нуклеотидная последовательность всего генома ВИЧ, однако до сих пор нет эффективного средства защиты от этого вируса и лечения. Возможно, такое сравнение не совсем корректно в научно-методическом плане — но ведь полный геном туберкулеза человека в сотни раз больше генома ВИЧ, и соответственно во столько же раз больше потребовалось материальных и научных затрат для определения нуклеотидной последовательности и структуры всего генома туберкулезной клетки.

Возвращаясь к названию статьи, спросим все-таки, почему туберкулез проблема не только социальная? Ведь давно известно, что эта болезнь связа-

на с условиями жизни человека: чем он хуже живет — недоедает, недосыпает, изнурен тяжелым физическим трудом, постоянно находится под воздействием профессиональных вредных веществ, «пыли» и т.д. — тем выше заболеваемость. Но почему наметился рост заболеваемости туберкулезом на благополучном Западе и даже в скандинавских странах? Почему в конце концов в последние несколько лет Москва стала признанной столицей чахотки? Об этом говорят данные Московского центра по борьбе с туберкулезом:

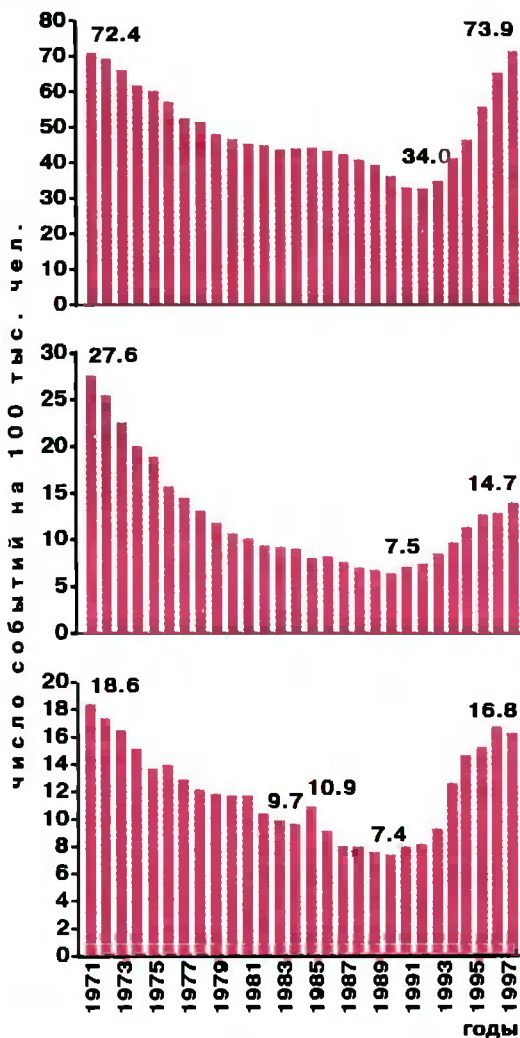
— ежегодно инфицируются более 9 тыс. детей (это на порядок (!) выше, чем в любой развитой стране мира); детская заболеваемость в 1998 г. по сравнению с предыдущим годом увеличилась с 4.9 до 6.2 на 100 тыс. детей, т.е. на 26.5%;

— общая заболеваемость всего населения столицы, включая беженцев, мигрантов и др., в 1998 г. составила 47,9 на 100 тыс. населения, т.е. за один год выросла на 6.9%;

— в 1998 г. от туберкулеза умерло 825 человек.

В России, по данным Центрального научно-исследовательского института туберкулеза, в 1997 г. число больных туберкулезом увеличилось по сравнению с 1991 г. более чем в два раза (с 50407 до 108166 человек), среди них зарегистрировано 4377 детей¹.

По данным ВОЗ, туберкулезом инфицирована одна треть жителей нашей планеты. Ожидается, что к 2010 г. будет около 1 млрд вновь инфициро-



Динамика заболеваемости туберкулезом в России (вверху — всего населения, в середине — детей) и смертности от него.

ванных, более 200 млн заболевших, а 70 млн умрет от этой болезни. К сожалению, таковы печальная статистика и не менее пессимистический прогноз. Однако не надо забывать, что впечатляющие успехи в научных разработках по молекулярной биологии туберкулеза могут быть реально использованы для точной диагностики и производства более эффективных вакцин и новых лечебных средств.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ ТУБЕРКУЛЕЗА

В конце 1998 г. усилиями огромного коллектива молекулярных биологов из Великобритании, США, Франции и Дании полностью расшифрован геном *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv — наиболее изученного лабораторного штамма². Этот самый медленно растущий на искусственных средах микроорганизм имеет довольно большой геном (4 411 529 пар нуклеотидов), 65.6% которого составляют гуанин и цитозин, что соответствующим образом отражается на аминокислотном составе бактериальных белков, которые в свою очередь определяют специфические особенности заболевания. Из 4000 генов 60 кодируют функциональные компоненты РНК: уникальный рибосомальный РНК оперон, 10Sa РНК, участвующий в деградации белков с нетипичной матричной РНК, РНК компонент фермента РНК-азы Р, а также 45 транспортных РНК (тРНК).

Причиной медленного роста микобактерий на искусственных средах, вероятно, служит необычайно большое расстояние между оперонами *rrn* и сайтами репликации *oriC*. Гены, кодирующие тРНК, которые узнают 43 из 61 возможных смысловых кодонов, распределены по всему геному. Интересно, что ни одна из многочисленных тРНК туберкулеза не узнает аденин в первой позиции антикодона, что в конечном итоге влияет на ход трансляции. Помимо большого количества гуанина и цитозина в геноме *M.tuberculosis* имеется множество вставок, повторяющихся по всему геному: IS 6110 — 16 раз, IS 1081 — 6 раз, а также другие повторы с меньшим числом копий. Устойчивость бактериальных клеток к лизису в культуральной среде определяют две профаговые последовательности. Выяснилось, что бактериальная клетка синтезирует все необходимые для своего обмена компоненты — незаменимые аминокислоты,

² Cole S.T., Brosch R., Parkhill J. et al. // Nature. 1998. V.393. №6685. P.537—544.



Генетическая карта хромосомы *M. tuberculosis* H37Rv. На внешнем (цветном) кольце указан масштаб (каждая градация соответствует 10⁶ пар нуклеотидов) и начало транскрипции (0). На первом (после масштабного) кольце показаны позиции стабильных ДНК-генов и прямых повторов; на втором — кодирующие рамки; на третьем — инсерционные повторы; на четвертом — семейства генов кислых белков; на пятом — гены белков, богатых глицином; на шестом — множественные копии полиморфных повторов; в центре — содержание гуанина и цитозина. (Cole S.T. et al., 1998)

витамины, ферменты и кофакторы. В ее геноме представлены гены самых разных ферментов: липидного обмена, гликолиза, цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного пути. По сравнению с другими видами бактерий у *M. tuberculosis* повышена активность ферментов липогенеза. Имеются два гена, которые кодируют гемоглобинподобные белки, играющие роль антиоксидантных протекторов или ловушек избытка клеточного кислорода. Эти особенности способствуют быстрой адаптации туберкулезных бацилл к резким изменениям окружающей среды.

Несмотря на полную расшифровку структуры генома палочки Коха, пока не ясен механизм ее патогенности. Понятно только, что в патогенезе играют роль не единичные гены и даже не согласованное действие двух или же несколь-

ких факторов. Ранее было известно, что за вирулентность микобактерий туберкулеза ответственны: ферменты каталаза и пероксидаза, нейтрализующие действие активного кислорода, который продуцируют фагоциты; ген *mse*, кодирующий макрофаг-колониобразующий фактор и sigma-фактор *sig A* (aka *groV*), мутация которого может привести к ослаблению жизнеспособности бактерий, а кроме того, клеточная стенка бактерии. Сложность ее состава не позволила пока выяснить механизм вирулентности. Анализ секрета микобактерий показал, что помимо протеаз патогенными свойствами могут обладать фосфолипаза С, липаза и эстераза — ферменты, атакующие клеточные и вакуолярные мембраны тканей человека.

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТУБЕРКУЛЕЗА

В борьбе с туберкулезом, как и со всякой другой серьезной инфекцией, немаловажная роль отводится своевременной и эффективной вакцинации, а также созданию более действенных лекарств, в частности препаратов нового поколения. В настоящее время наметились основные направления получения новых высокоэффективных средств. Это, во-первых, многообещающая ДНК-вакцина, а также использование в качестве иммуногенных препаратов секретиремых или поверхностных белков возбудителя. Благо, что структура этих белков после полного прочтения генома *M. tuberculosis* стала известна. Все еще широко распространены традиционные методы вакцинации рекомбинантными формами и ослабленными штаммами *M. tuberculosis*.

По ходу расшифровки генома микобактерии определены более 90 липопротеинов, среди которых есть ферменты и другие компоненты транспортной системы. Одним из сюрпризов геномного проекта вообще стало открытие обширного семейства двух основных богатых глицином белков, которые, судя по предсказанному нуклеотидному составу их генов, имеют интересные им-

мунологические особенности и высокополиморфны. Гены этих белков составляют примерно 10% кодирующего сектора всего генома и объединены в компактные кластеры — всего 167 членов обоих семейств. Субклеточная локализация таких белков неизвестна (они вездесущи), как и функции многих белков этого семейства, и поэтому не стоит спекулировать и списывать на них все загадочные метаморфозы с туберкулезной палочкой. Однако в настоящее время установлено, что богатые глицином кислые белки служат причиной антигенной вариации микобактериальной клетки и играют ключевую роль во взаимодействии с иммунной системой хозяина, ингибируя иммунный ответ.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ЛЕКАРСТВАМ

M. tuberculosis по своей природе нечувствительны ко многим антибиотикам. Это свойство в первую очередь связано с тем, что высоко гидрофобная клеточная поверхность служит своего рода физическим барьером для гидрофильных терапевтических агентов и антибиотиков. Устойчивость микобактерии к антибиотикам и другим терапевтическим средствам обеспечивается также активностью гидролаз, модифицирующих ферментов, таких как β -лактамаза и аминоклюкозидацетилтрансфераза, и многих других ферментных систем, взаимодействующих с лекарственными препаратами. Однако главная причина устойчивости все же закодирована в структуре генома туберкулезной палочки.

Природа устроена так, что она всегда стремится к сохранению существующего равновесия и естественного порядка, сложившегося на Земле за сотни тысяч и миллионы лет. Любое воздействие сопровождается обязательным противодействием, и проявляется оно в самой неожиданной форме. Возникновение новых штаммов микроорганизмов или же мутантных форм вирусов, с которыми, как правило, человек не готов бороться, — это ответная реакция «мудрой» природы во имя сохранения натурального равновесия.

Неожиданно резкий скачок смертности от туберкулеза — результат действия многих факторов, один из которых — непомерно интенсивное и бесконтрольное использование антибиотиков, с одной стороны, и пренебрежительное отношение к достижениям мировой практики лечения туберкулеза, халатность и низкое качество медицинской культуры — с другой. А о множестве других социальных факторов сегодня можно прочесть почти в каждой газете...

Современная медицинская наука имеет дело не просто с опасным возбудителем туберкулеза, а с целым набором штаммов, устойчивых к разным лекарствам. Естественно, что важно не только обнаружить туберкулезную палочку, а параллельно определить ее резистентность, причем достаточно быстро — в течение двух-трех дней, чтобы вовремя назначить эффективный препарат. По традиционным методам выращивания в культуре *M. tuberculosis* на получение чистого штамма требуется от трех до восьми недель, для определения его резистентности еще три-шесть недель. Более быстрый радиометрический метод дает результаты не раньше чем через 20 дней.

Но в конце 80-х годов в руках исследователей появился метод, значительно сокращающий время такого анализа. Новая диагностика основана на избирательной амплификации нуклеиновых кислот (ДНК или РНК) *in vitro* с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР)². Метод имеет фантастические возможности и лежит в основе точной ДНК-диагностики, которая позволяет идентифицировать любой штамм туберкулезной микобактерии и определять первопричину той или иной устойчивости к лекарствам.

Лабораторные исследования показали, что это свойство связано с нуклеотидными заменами (мутациями) в

² За ее разработку К. Муллис получил в 1993 г. Нобелевскую премию. Подробнее см.: Берлин Ю.А., Белянова Л.П. Лауреаты Нобелевской премии 1993 года // Природа. 1994. №1. С.104—109.

генах, кодирующих различные ферменты, которые непосредственно взаимодействуют с лекарственными средствами. Так, мутации гена *groB*, кодирующего β субъединицу РНК-полимеразы (во фрагменте длиной 81 пару нуклеотидов), в 96% случаев приводят к устойчивости *M.tuberculosis* к рифампицину. Мутации в гене *katG*, приводящие к замене некоторых аминокислот в ферментах каталазе и пероксидазе, и нуклеотидные замены в регуляторной и смежной кодирующей областях локуса *inhA* ассоциированы с резистентностью некоторых штаммов микобактерий к изониазиду. Устойчивые к флюорохинолину штаммы имеют аминокислотные замены в α -субъединице ДНК-гиразы. Нечувствительность *M.tuberculosis* к стрептомицину связана с миссенс-мутацией в гене *rpsL*, кодирующем S12 митохондриальный белок, или с нуклеотидными заменами в гене *rrs*, кодирующем 16S РНК.

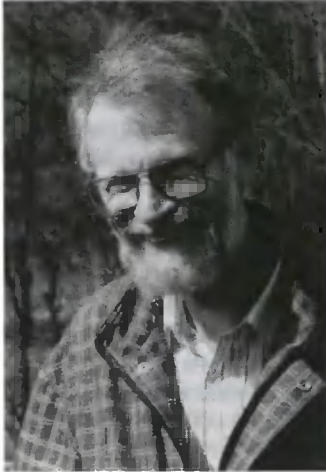
Сравнение генетической структуры нескольких штаммов показало, что устойчивость к рифампицину, обуслов-

ленная мутацией в гене *groB*, может служить маркером для определения множественной резистентности — к трем и более противотуберкулезным препаратам.

В настоящее время исследователи (не только за рубежом) с помощью ПЦР в состоянии обнаружить ту или иную мутацию в различных локусах *M.tuberculosis* и охарактеризовать штамм по устойчивости к лекарствам за кратчайшие сроки, за два-четыре дня. Метод ПЦР довольно прост в исполнении и доступен современной молекулярно-биологической лаборатории далеко не самого высокого уровня. Кроме того, он достаточно дешев по сравнению с теми способами, которые необходимы для изучения нового штамма, секвенирования ключевых полиморфных локусов за очень короткое время. Очевидно, что в настоящее время залог успеха в преодолении надвигающейся на нас туберкулезной «чумы» связан с развитием точной ДНК-диагностики, проведение которой вполне реально в лабораторных условиях.

Биосенсоры органов чувств

Ф.Г.Грибакин



Феликс Гурьевич Грибакин, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией эволюции органов чувств Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М.Сеченова РАН. Научные интересы связаны с сенсорной физиологией, главным образом с физиологией органов чувств насекомых. Автор 120 печатных работ, в том числе книги «Механизмы фоторецепции насекомых» (Л., 1981). Лауреат Государственной премии СССР (присуждена в 1987 г. авторскому коллективу за цикл работ «Физиология органов чувств насекомых»).

КАК известно, знаменитую янтарную комнату в Царскосельском дворце украшали флорентийские мозаики, изображавшие в аллегорической форме пять человеческих чувств: зрение, слух, вкус, обоняние и осязание. Из четырех мозаик пока нашли только одну — «Осязание и обоняние»... Но цель автора — рассказ не о дальнейших поисках пропавших мозаик, а об изучении тех чувств, которые отображены в аллегориях. Речь пойдет в основном только о естественных биосенсорах — входных устройствах сенсорных систем, т.е. тех отделах нервной системы, которые обеспечивают организм информацией об изменениях во внешней среде.

СЕНСОРНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ И СИСТЕМЫ

Критически настроенный читатель несомненно упрекнет автора в терминологическом эклектизме. Действительно, словосочетание «биосенсоры органов чувств», интуитивно воспринимаемое неспециалистом как тавтология, режет **слух**, колет **глаз**, и раздражает **чутье** физиолога, привычно использующего латинизированный термин «сенсорные системы», как-то незаметно пришедший на смену «анализаторам» И.П.Павлова.

Как же соотносятся понятия «органы чувств», «сенсорные системы» и «биосенсоры»? Несомненно, у человека, да и всех позвоночных животных, **глаз** — это орган зрения, **ухо** — слуха, **нос** — обоняния, а **язык** — вкуса. Однако человека по его сенсорному оснащению вовсе не следует считать венцом творения: он не видит ультрафиолетового излучения и поляризованного света, как насекомые; не слышит ультразвук и не пользуется им для эхолокации, как летучие мыши и дельфины; а как «выглядит», например, образ океанской электромагнитной погоды (!) для рыбы,

обладающей системой электрорецепторов, человек даже и представить себе не может, так как не имеет нужных биосенсоров. Да и наши антропоморфные обозначения органов чувств часто несостоятельны по отношению к беспозвоночным животным, явно превосходящим в биосфере по числу видов. Насекомые, например, лишены носа в нашем понимании, хотя чувствительность их хемосенсорных систем с обонятельными рецепторами на антеннах не уступает остроте обоняния наиболее способных к этому позвоночных. Однако миниатюрный мозг насекомого не в состоянии различать и идентифицировать такое громадное количество запахов, как, скажем, на много порядков более мощный мозг («нос») собаки или квалифицированного парфюмера.

Эти простые рассуждения уже позволяют нам понимать под биосенсорами те датчики, которые организм выносит на периферию нервной системы, чтобы получать информацию о процессах, происходящих во внешней среде. Термин «биосенсоры» — скорее технический, под ним подразумеваются прежде всего создаваемые современной биотехнологией искусственные датчики, или сенсоры, на основе биомолекул. Для физиологических наук естественные биосенсоры — это просто рецепторные, или сенсорные, клетки, располагающиеся в органах чувств и предназначенные для решения сложной диалектической задачи: изменяться под влиянием внешнего сигнала (иначе он не дойдет до нервной системы), оставаясь, однако, самими собой даже при очень сильных воздействиях. В качестве семантического курьеза стоит отметить, что термин «рецепторы», которым обозначали рецепторные клетки органов чувств в 60—70-е годы, постепенно взяли на вооружение специалисты по молекулярной биологии. В настоящее время под словом «рецептор» они однозначно подразумевают белковую молекулу, избирательно взаимодействующую с гормоном, нейромедиатором или феромоном, т.е. с сигнальным веществом. В сенсорной физиологии принято говорить о «рецепторных клетках», или, что то же самое, о «сенсорных рецепторах».

Что же касается понятия «сенсорные системы», то оно включает в себя не только периферически расположенные биосенсоры, но и всю систему обработки передаваемых ими сигналов, т.е. мозг. Например, таким образом оптические биосенсоры, или фоторецепторы, превращают оптическое изображение в нейроизображение. Чтобы почувствовать, как наш собственный мозг видит и обрабатывает информацию, заключенную в нейроизображении, поставим простой эксперимент с последовательными образами (этот опыт много лет назад продемонстрировали сотрудники Института проблем передачи информации РАН Г.М.Зенкин и А.П.Петров). Войдем в хорошо затемненную комнату и адаптируемся к темноте в течение 10—15 мин. Затем возьмем в правую руку заранее приготовленную импульсную фотовспышку, направим ее на ближайший предмет — вначале на собственную свободную руку — и нажмем спусковую кнопку. Вспышка длительностью около миллисекунды давно кончилась, свет уже не действует на нашу сетчатку, но мы четко видим... нейроизображение собственной руки. Уберем ее за спину: где же она на самом деле? Глаз (точнее зрительная система!) говорит, что рука перед нашим лицом, а соматосенсорная система утверждает, что рука за спиной... Примерно в течение 10 с, пока мы еще видим так называемый последовательный образ, попробуем сделать легкое и плавное движение головой или телом — слегка повернем голову, чуть-чуть отклонимся вперед или отступим на полшага назад — и сможем изучать работу собственного мозга, удивляясь тому, как другие сенсорные системы влияют на характер нейроизображения. Мы **смотрим глазом, а видим мозгом**. И не удивляемся тому, что это давным-давно известное человечеству свойство сенсорных систем нашло свое отражение в языке: «смотреть» и «видеть», если речь идет о зрении, «слушать» и «слышать» — о слухе, «нюхать» и «чуть» — это уже об обонянии. Таким образом, в основе восприятия информации извне лежат сенсорные рецепторы, которые понимают язык внешней среды. За ними располагаются более или менее совершенные звенья центрального анали-

за, но они общаются и друг с другом, и с сенсорными рецепторами исключительно на языке нервных сигналов.

Естественно, что в зависимости от физической природы воспринимаемых стимулов, или, как говорят, от их модальности, существуют фоторецепторы (зрительная система), хеморецепторы (обонятельная и вкусовая системы), механорецепторы (фонорецепторы в слуховой системе, рецепторы органов равновесия, рецепторы наружных покровов тела), терморецепторы (в соматосенсорной системе), гигро- и электрорецепторы. Соответственно, рецепторами работают сенсорные системы: со светом — зрительная, с механическими колебаниями в среде — слуховая и акустико-латеральная (органы боковой линии у некоторых водных животных), с идентификацией пищевых веществ — вкусовая, с пахучими сигналами — обонятельная; положение организма в пространстве и ориентацию тела в нем определяет система органов равновесия; механические, температурные и ряд иных характеристик внешней среды оценивает соматосенсорная система (осознание), а электрическую «погоду» в водоемах — электросенсорная. Как уже, говорилось, этими системами в той или иной комбинации снабжены все организмы, но не все системы представлены у человека, да и сам перечень сенсорных рецепторов и систем, возможно, пока не полон.

МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ,
БИОХИМИЯ...

Любому путешественнику нужна карта, указывающая расположение и характеристики населенных пунктов, водоемов, естественных препятствий и, конечно же, сеть связей между этими объектами — от тропинок до магистралей. Так и исследователю сенсорных систем необходимо описание конструкции органов чувств и их связей, т.е. их структурной организации. Без этой основы любое физиологическое или биохимическое исследование не стоит даже предпринимать. В отношении конструкции морфологи всегда выступают в роли путешественников-первопроходцев, и решительный прорыв в изу-

чении нервной системы в целом и сенсорных систем, в частности, стал возможным только после работ классиков-нейроморфологов, нобелевских лауреатов 1906 г. — С. Рамон-и-Кахала (Испания) и К. Гольджи (Италия). Из отечественных специалистов наиболее заметен вклад А.А. Заварзина (1886—1945). Физиологи часто заблуждаются, рассматривая морфологию как вспомогательную, а потому и второстепенную область. Развитие клеточной и молекулярной биологии поставило все на свои места. Стало ясно, что на этом уровне в любой процесс (физиология) вовлекаются клеточные структуры (морфология), в которых и взаимодействуют биомолекулы (биохимия). Сегодня, чтобы добиться успеха в работе, биолог должен в равной степени владеть представлениями морфологии, физиологии, биохимии, генетики, иммунохимии и иммуноцитологии, как и молекулярной биологии в целом.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
И ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН
СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

Сегодня известно, что в ходе эволюции у многих животных чувствительность сенсорных рецепторов достигла физического предела. Так, фоторецепторы способны регистрировать поглощение единичных световых квантов и сигнализировать о них зрительным центрам. Именно в таком режиме работает зрение человека при очень слабом освещении, в сумерках или ночью, когда «все кошки серы». Наша слуховая система также находится на высшей грани чувствительности — будь ухо на порядок чувствительнее, оно воспринимало бы тепловой шум окружающего воздуха. Электросенсорные системы скатов (их электрорецепторы сосредоточены в так называемых ампулах Лоренцини) замечают изменения напряженности электрических полей всего 0.01—0.10 мкВ/см, а обонятельные системы «обнаруживают» 10—100 молекул сигнального химического вещества, скажем, полового феромона, примерно среди $2.7 \cdot 10^{19}$ молекул, составляющих 1 см³ воздуха.

Диапазон естественных стимулов (его называют динамическим), в котором работают сенсорные системы, чрезвычайно широк. Так, человек пользуется зрением в диапазоне девяти порядков освещенности: от $2 \cdot 10^{-4}$ лк (свет ночного безлунного неба) до 10^5 лк (солнечные пляжи или снега горнолыжных курортов). Наша слуховая система, воспринимая акустические стимулы между слуховым порогом (примерно 10^{-11} Вт/м²) и болевым ощущением (10 Вт/м²), перекрывает 12 порядков на шкале звукового давления. Естественно, для использования сенсорных систем в столь широких пределах организмам пришлось изобрести способы сжатия динамического диапазона и множество приспособлений, которые позволяют приводить внешний сигнал к уровню, доступному для обработки. Одни приспособления (например, линзовая система глаза, ушная раковина) используются для усиления, концентрации сигнала, чтобы выделить его из шума, создаваемого средой и самой нервной системой, другие (зрачок глаза позвоночных и головоногих моллюсков), наоборот, — для его ослабления. Однако помимо этих довольно очевидных устройств сенсорные системы снабжены весьма изощренными способами фильтрации биологически важной информации, которые работают и на уровне одиночной сенсорной клетки, и на уровне высших сенсорных и даже межсенсорных центров. Именно изучением принципов детектирования внешних сигналов и обработки информации о них в организме и занимается сенсорная физиология. Замечу, сейчас она привлекает ученых во многих странах и, кстати, весьма обильно финансируется за рубежом.

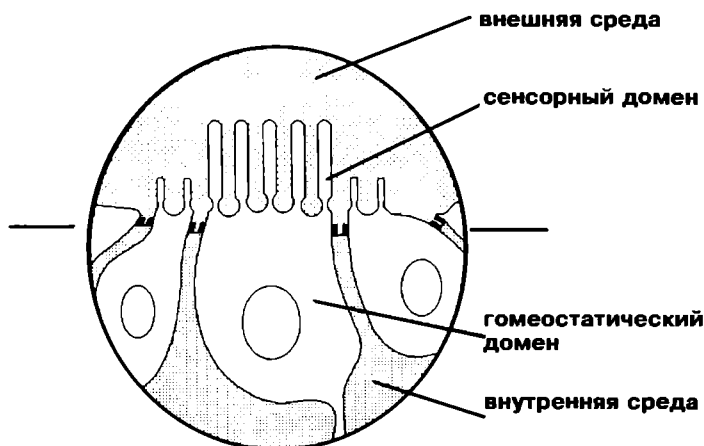
УСТРОЙСТВО СЕНСОРНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

Необходимость воспринимать сигналы из внешней среды предопределяет и положение сенсорных клеток в организме: как правило, они располагаются на границе с внешней средой, что для весьма чувствительных клеток далеко не

безопасно. В наиболее трудных условиях оказываются хеморецепторные клетки — вкусовые и обонятельные. Правда, высшие животные предпочитают периодически отбирать для анализа небольшие отдельные пробы (например, слегка принюхиваясь), а также защищать сенсорную поверхность с помощью специальной среды (обонятельной слизи у позвоночных, рецепторной лимфы у насекомых), которая проницаема для внешних молекул. Другие рецепторы защищены иначе. Фоторецепторы, например, изолированы от воздействия химических и механических стимулов прозрачным только для света барьером (светопреломляющим аппаратом). Рецепторы же органов равновесия и слуха непосредственно со средой не сообщаются, так как размещены внутри специальных, сложно устроенных органов. Электрорецепторы ампул Лоренцини тоже не имеют прямого «механохимического» контакта со средой. Они соединяются с ней специальными каналами, открывающимися наружу и заполненными желе, которое хорошо проводит электрический ток, а стенки выстланы слоем клеток-изоляторов. Вся эта система напоминает хорошо известный портативный тестер, состоящий из измерительного прибора и двух проводов со щупами.

Обычно у сенсорной клетки, как в электрической машине, различают входное устройство, преобразователь и выходной механизм. На «выходе» — специализированном аппарате — избирательно воспринимаются стимулы извне; задача «преобразователя», т.е. цепи структурно и пространственно распределенных молекулярных процессов, — усиливать поступивший сигнал и переводить его на язык внутриклеточной сигнализации. И наконец, на «выходе» через синаптический контакт осуществляется передача уже закодированного внутриклеточного сигнала на второе звено сенсорной системы — афферентный интернейрон. В некоторых сенсорных системах рецепторные клетки имеют свой собственный выходной «проводник» — центральный отросток, или аксон, по которому они и передают сигнал к интернейрону.

Сенсорная клетка с двумя доменами — сенсорным, обращенным во внешнюю среду, и гомеостатическим, погруженным во внутреннюю среду организма.



Входные устройства. По расположению в ткани рецепторная клетка напоминает айсберг и, подобно ему, имеет надводную часть и подводную. Если говорить языком физиологов, то сенсорный домен, обращенный во внешнюю среду, — надводная часть «айсберга», а гомеостатический домен — подводная часть. Он соседствует с другими сенсорными или вспомогательными клетками и обеспечивает гомеостаз и жизнедеятельность своей хозяйки, а также передачу сигнала в нервную систему. Сенсорная клетка, как и любая другая, ограничена плазматической мембраной, и естественно, что любое возмущение во внешней среде воздействует прежде всего на мембрану надводной части «айсберга». В ходе эволюции именно плазматическая мембрана сенсорного домена рецепторной клетки и превратилась в молекулярный биосенсор той или иной системы модальности. Таким образом, можно сказать, что сенсорная клетка морфологически поляризована.

Детальное изучение этого явления связано с выполненными еще в 60—70-х годах пионерными работами доктора биологических наук Я.А.Винникова (1910—1997) и коллектива, который он возглавлял в нашем институте. Именно в этих работах показано, что сенсорный домен, как правило, оснащен специализированным органоидом — жгутиком (лат. *cilium*),

который, как известно читателю, обеспечивает движение сперматозоидов, да, впрочем, и многих простейших — обитателей водной стихии. Оказалось, что сенсорные жгутики, часто видоизмененные, поистине вездесущи: они найдены в фоторецепторных клетках позвоночных животных и моллюсков; в обонятельных и слуховых клетках позвоночных и насекомых; в клетках органов равновесия позвоночных, ракообразных, моллюсков; в электрорецепторах ампул Лоренцини. Бывает, что к одному или многим жгутикам сенсорного домена клетки добавляются еще и микровиллы (микроворсинки, или микровыросты ее плазматической мембраны). Эти исследования, признанные во всем мире (а Винников — автор семи монографий, четыре из которых переведены на английский язык, член Академии наук Леопольдина, почетный доктор университета в Турине, лауреат медали Гольджи... — увы, не был избран даже членом-корреспондентом нашей Академии), показали, что молекулярные механизмы сенсорной рецепции следует искать в плазматической мембране жгутиков и микровилл. Сегодня мы знаем, что это именно так.

У позвоночных животных фоторецепция начинается с поглощения кванта света молекулой зрительного пигмента — родопсина. Локализован он в мембранах дисков наружного сегмента палочек и колбочек сетчатки, а сам сегмент, по

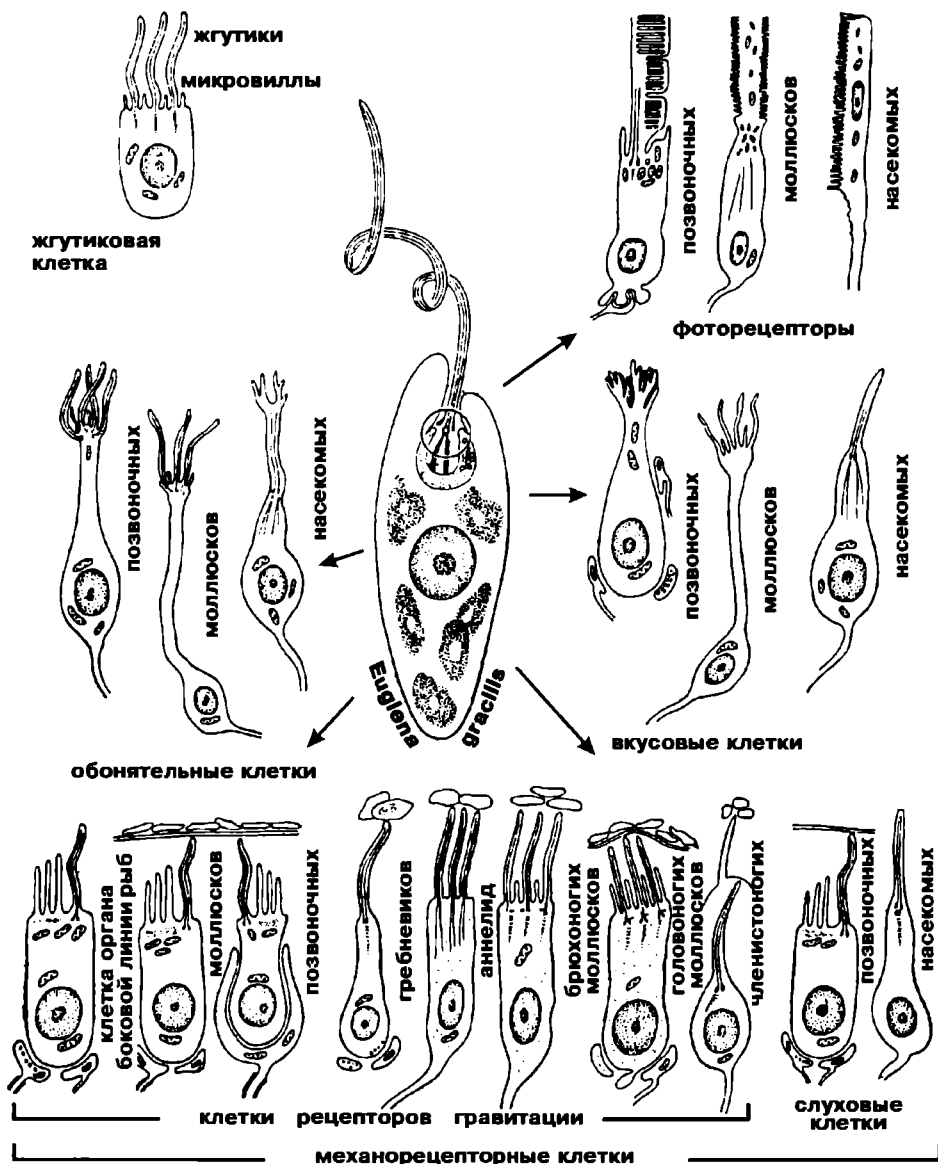


Схема эволюционного разнообразия сенсорных клеток (Вишняков Я.А. // Эволюция рецепторов. Л., 1979).

конструкции похожий на пачку печенья, не что иное как сохранивший ножку видоизмененный жгутик: в палочках он имеет форму аккуратного цилиндра, а в колбочках — конуса. Внутри жгутика плазма-

тическая мембрана образует многочисленные и регулярно расположенные диски, поставленные перпендикулярно ходу светового луча. Чем длиннее наружный сегмент, тем больше дисков должен пересечь луч и тем выше вероятность поглощения кванта (или, что то же самое, — коэффициент поглощения фоторецептора). Фоторецепторы членистоногих животных (насекомых, ракообразных, пауков)

и головоногих моллюсков устроены не менее замечательно. Их наружный сегмент, называемый рабдомером, образован плотно упакованными микровиллами, плазматическая мембрана которых тоже содержит зрительный пигмент. Рабдомер же представляет собой оптический световод, «изобретенный» животными задолго до того, как появилось слово «оптика» и даже сам человек.

Оптические свойства фоторецепторов оказались настолько интересными, что возникла и успешно развивается такая область сенсорной физиологии, как оптика фоторецепторов. А молекулярной основой фоторецепции остается мембранный белок, точнее, окрашенный хромопротеид, родопсин. Его белковый компонент — опсин — не поглощает свет, эту способность и окраску он приобретает при взаимодействии с хромофором — 11-цис-изомером ретиналя (альдегида витамина А — ретинола). Максимумы спектров поглощения родопсина у разных животных могут располагаться как в видимой, так и в ультрафиолетовой части спектра. В отдельных случаях молекулы родопсина ориентированы в фоторецепторной мембране в одном предпочтительном направлении, и тогда она проявляет дихроизм. Некоторые группы животных (членистоногие, высшие моллюски) используют это свойство для анализа естественного поляризованного света (голубое небо, отражение от водных поверхностей). Что же касается опсинов, то это — видоспецифичные белки. Сейчас уже известен их аминокислотный состав для животных многих видов, оценено сходство молекул, т.е. степень гомологии, и на этой основе развиваются представления об эволюции фоторецепторов.

У животных самых разных таксономических групп плазматическая мембрана жгутиков и микровилл обонятельных клеток содержит рецептивные белки, способные реагировать с летучими (и даже малолетучими!) пахучими веществами — одорантами. Как правило, в каждой клетке обонятельного эпителия синтезируется набор из нескольких белков, причем их наборы в разных клетках неодинаковы. В результате адсорбции того

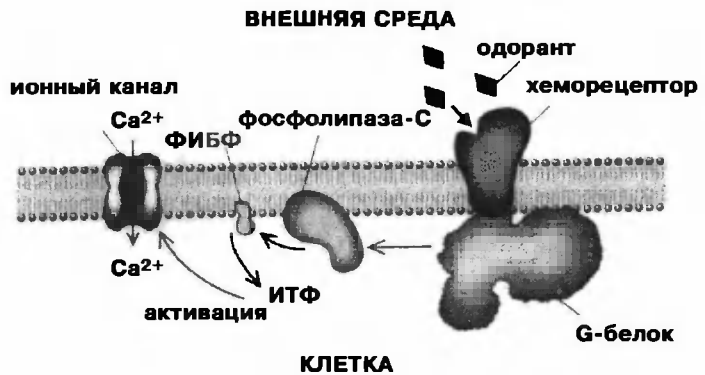
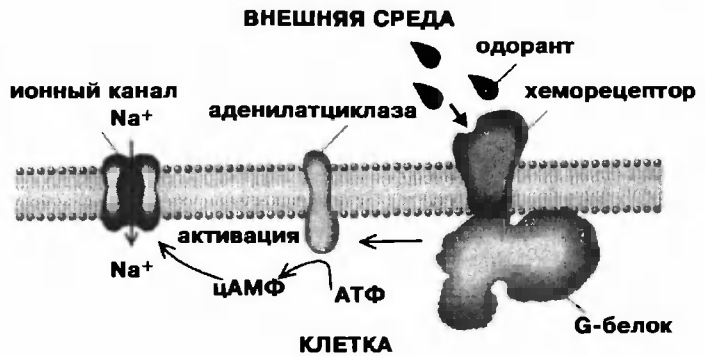
или иного одоранта на мембранах жгутиков клетки хемосенсорного эпителия возбуждаются в разной степени, и на его поверхности «рисуются» обонятельное нейроизображение, свое — для каждого одоранта. Клетки, настроенные, на восприятие феромонов — сигнальных веществ, испускаемых животными своего вида, — синтезируют специальный белок, молекулярный рецептор феромона.

В механорецепторах — так называемых волосковых клетках внутреннего уха и органов равновесия позвоночных животных — механическое воздействие, вызванное звуковой волной или инерциальными силами, отклоняет от вертикального положения пучок тесно прилегающих друг к другу «микровилл» (стереоцилий) плазматической мембраны, связанных между собой особыми мостиками. При отклонении пучка стереоцилии скользят одна вдоль другой, мостики натягиваются и прямо открывают ионные каналы в плазматических мембранах стереоцилий.

Таким образом, сенсорный домен плазматической мембраны рецепторной клетки настроен на восприятие определенных физических изменений во внешней среде, а их первичное детектирование происходит на молекулярном уровне.

Преобразующие и «усилительные» каскады. Внутриклеточным сигналом, передаваемым на выходное устройство сенсорного рецептора, т.е. на синапс, служит изменение разности потенциалов на плазматической мембране клетки. Это изменение принято называть рецепторным потенциалом, если сенсорный рецептор не имеет механизма импульсного кодирования, или генераторным, если рецепторный сигнал передается к синапсу импульсами. Потенциал покоя клетки отрицателен (обычно в пределах от -40 до -60 мВ). Под воздействием стимула он может или увеличиваться по абсолютной величине, становясь более отрицательным, тогда клетка гиперполяризуется, или уменьшаться, и клетка деполяризуется. На феноменологическом уровне эти события обусловлены изменением проницаемости клеточной мембраны для катионов (натрия, кальция и калия) или анионов (обычно хлора) за счет

Два типичных молекулярных механизма сенсорной трансдукции — аденилатциклазный и инозитольный — в обонятельных рецепторах. ФИБФ — фосфоинозитидбифосфат.



активации (открывания) или инактивации (закрывания) ионных каналов.

Итак, в сенсорной клетке существует механизм преобразования, с помощью которого активность ионных каналов меняется в зависимости от состояния собственно сенсоров — рецептивных белков. Этот механизм переводит внешний сигнал с языка физического воздействия на универсальный язык, понятный нервной системе. Поскольку рецепторный потенциал возникает как результат сложения индивидуальных токов многих ионных каналов, то иногда говорят об «усилении» входного сигнала. Но такой термин вряд ли применим к сенсорным рецепторам, поскольку усиление подразумевает операции с сигналами одной природы: это может быть электрический ток, напряжение или мощность, существуют пневматические усилители, работающие на потоках газа, и т.д. В сенсорных же рецепторах осуществляется, как мы видим, процесс, который **преобразует** единич-

ное физическое «микроскопическое» воздействие (квант света, молекула одоранта) на сенсор в макроскопический рецепторный потенциал. Поэтому такое преобразование получило общее название сенсорной трансдукции (частные случаи — фото-, хемо-, механотрансдукция).

Изучение сенсорной трансдукции стало в наши дни поистине одной из самых горячих точек современной биологии. Оказалось, что в сенсорной трансдукции действуют механизмы, во многом сходные с механизмами восприятия гормональных сигналов и нейромедиаторов. В известном смысле сенсорные рецепторы можно рассматривать как удобную модель для изучения общих принципов внутриклеточной и межклеточной сигнализации, которая играет важнейшую роль в обеспечении целостности многоклеточных организмов.

Конкретным механизмам сенсорной трансдукции уже посвящена обширная специальная литература, поток ее

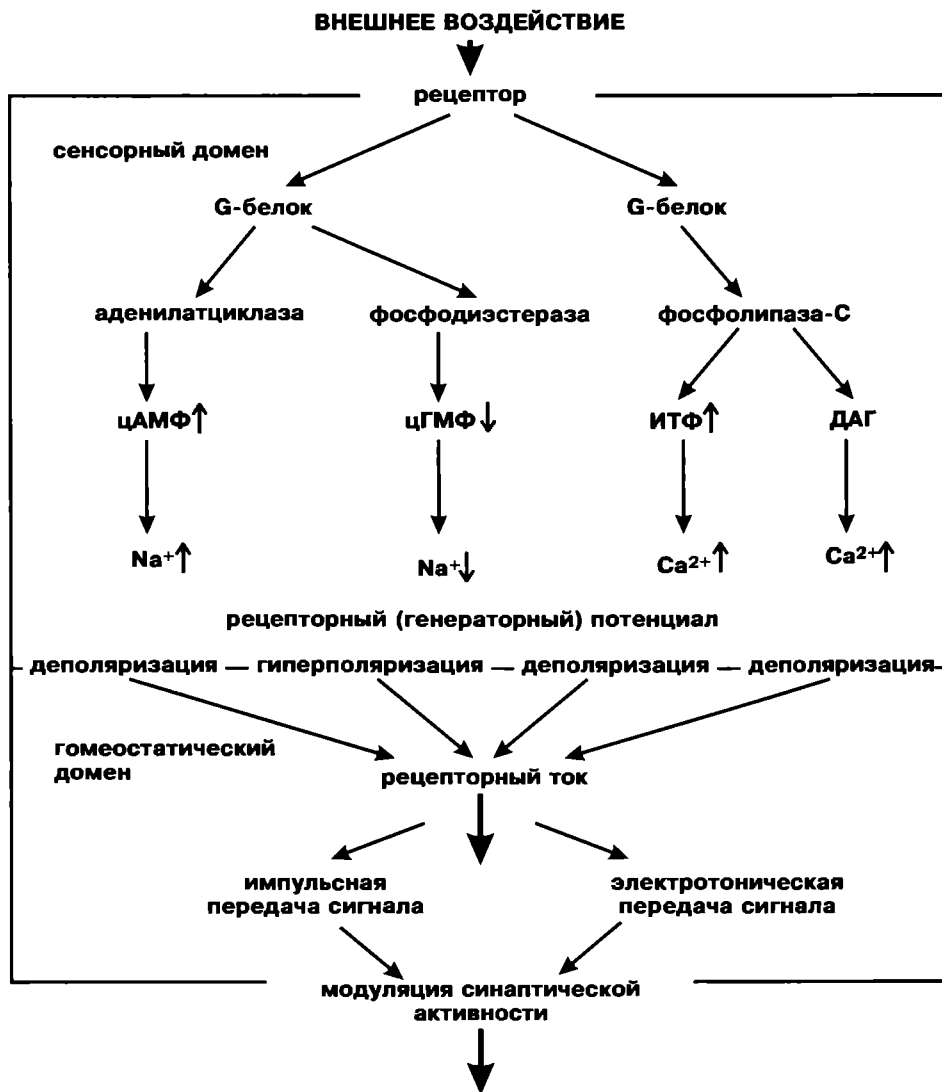


Схема основных путей сенсорной трансдукции с участием внутриклеточных посредников. ДАГ — диацилглицерол.

стремительно нарастает. Но мы не будем останавливаться на этом, а наметим лишь основные вехи, которыми, как правило, отмечен путь сенсорного преобразования внешнего сигнала.

Рецептивный белок при взаимодействии с сигнальной молекулой или

квантом света изменяет свою конформацию, «активируется» и становится доступным для взаимодействия с G-белком (от англ. gain — усиление). За время своей активации рецептивный белок переводит в активное состояние несколько десятков молекул G-белка, а каждая из них в свою очередь успевает «возбудить» несколько десятков молекул специального фермента. Этот фермент либо продуцирует, либо разрушает молекулы внутриклеточного медиатора

(его называют также мессенджером, внутриклеточным посредником), который непосредственно регулирует состояние ионных каналов. Таким образом, единичное микрособытие на входе сенсорного рецептора приводит к массовому изменению состояния ионных каналов. Это изменение на выходе регистрируется нервной системой в виде тоже единичного, но уже макрособытия — рецепторного сигнала.

В центре внимания исследователей находятся сегодня два механизма сенсорной трансдукции. Один из них связан с использованием клеткой циклических нуклеотидов, открывающих катионные каналы — циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) или циклического гуанозинмонофосфата (цГМФ). В первом случае G-белок активирует фермент аденилатциклазу, она продуцирует цАМФ, благодаря чему увеличивается число открытых каналов, и **входящие** катионы деполяризуют клетку. Если же G-белок активирует фосфодиэстеразу, которая разрушает цГМФ и уменьшает его концентрацию, ранее открытые каналы закрываются, и клетка гиперполяризуется. Известно, что в обонятельных рецепторах ведущую роль играет аденилатциклазный механизм, а в фоторецепторах позвоночных — фосфодиэстеразный. Первый механизм, хотя и несколько усложненный, работает во вкусовых рецепторах позвоночных при восприятии сладких веществ: аденилатциклаза активирует фермент протеинкиназу А, и уже этот фермент **закрывает** калиевые ионные каналы в базолатеральной части клетки (подводной части «айсберга») — вкусовая клетка деполяризуется. Заметим, что, когда калиевые каналы **открываются**, калий **выходит** из клетки, и она гиперполяризуется.

По второму механизму сигнал передается с помощью инозитолтрифосфата (ИТФ). Во этом случае G-белок активирует фермент фосфолипазу С, которая отщепляет от липидов плазматической мембраны диацилглицерол и инозитолтрифосфат, а он также служит вторичным посредником, открывающим катионные каналы. Наряду с аденилат-

циклазным механизмом инозитольный работает, в частности, в обонятельных рецепторах позвоночных и насекомых, а также во вкусовых рецепторах позвоночных при восприятии горьких веществ. В этом году сделано любопытное открытие. Оказалось, что в фоторецепторах дрозophilы, где G-белок активирует фосфолипазу С, в качестве внутриклеточного медиатора работает не ИТФ, а жирные кислоты — арахидоновая и линоленовая — производные диацилглицерольного пути.

Сильно укороченный без вторичных посредников процесс трансдукции характерен для вкусовых рецепторов позвоночных при восприятии соленых и кислых стимулов. Когда воздействует соленый стимул, через специфические (амилорид-чувствительные) натриевые каналы во вкусовую клетку входят ионы натрия и прямо деполяризуют ее. Кислые стимулы воспринимаются иначе: образующиеся ионы водорода блокируют или натриевые каналы (у млекопитающих), или калиевые (у некоторых земноводных), и в результате электрическое состояние вкусовой клетки опять-таки меняется без помощи вторичных мессенджеров.

Приведенные здесь механизмы даны весьма примитивно. В них многое не упомянуто: ни обратные связи, ни модулирующие влияния со стороны других ферментных систем, ни очень важные (и во многом неясные) процессы адаптации и «выключения» трансдукции, не учтена роль таких первостепенных регулирующих ее факторов, как ионы кальция.

Исследования механизмов трансдукции основаны на передовых технологиях и тонких методах молекулярной биологии: выделении генов, клонировании белков, получении трансгенных животных, химер и т.д. Стоимость таких работ чрезвычайно высока. Понятно, что эта область почти не доступна отечественным специалистам, и у нас нет крупных достижений. Правда, в 1985 г. в лаборатории Е.Е.Фесенко Института биологической физики (Пушино) были впервые обнаружены цГМФ-чувствитель-

ные каналы плазматической мембраны наружных сегментов фоторецепторов позвоночных, и на эту работу, опубликованную в журнале «Nature», исследователи ссылаются до сих пор. В лаборатории академика В.Е.Соколова (Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН), где изучались феромоны и хемокоммуникация животных, Э.П.Зинкевич и Е.В.Аронов впервые синтезировали фрагменты молекулы феромона, которые вызывали у животного такую же поведенческую реакцию, как и сам феромон. У нас есть способные исследователи, но многие из них, не имея средств для выполнения своих проектов по сенсорной трансдукции, вынуждены работать за рубежом. В частности, роль цГМФ как посредника фототрансдукции в зрительных клетках позвоночных, изучается под руководством В.И.Говардовского в рамках российско-американского проекта по программе Американского фонда гражданских исследований и развития US Civilian Research and Development Foundation — CRDF.

Выходные устройства. В обонятельных рецепторах позвоночных и многих беспозвоночных, механорецепторах насекомых, электрорецепторах имеется специальный механизм, кодирующий интенсивность возбуждения сенсорных клеток в виде цепочки регенеративных нервных импульсов, которые распространяются по аксону. Чем сильнее внешнее воздействие на сенсорный рецептор, тем больше степень его возбуждения, или генераторный потенциал, и тем выше частота следования импульсов. В некоторых сенсорных клетках такого механизма нет, аксон играет роль обычного электрического провода, и сигнал передается без импульсов, постоянным электрическим током, или, как говорят, электротонически. Такая передача на большие расстояния неэффективна из-за сильного затухания и сглаживания формы сигнала, поскольку удельное сопротивление цитоплазмы аксона велико (около 100 Ом·см), а его изоляция неидеальна. Этот недостаток особенно сильно сказывается при необходимости

передавать «быстрые» сигналы, т.е. короткие импульсы с крутыми фронтами. Улучшить эффективность передачи можно укорочением аксона, вплоть до полной его редукции, а также путем увеличения его диаметра и/или обертывания дополнительными слоями «изоляции».

В сенсорных системах можно найти все варианты таких «линий передачи». Кажется парадоксальным, что для всех исследованных к настоящему времени фоторецепторных клеток характерна безимпульсная передача сигнала. Хотя ее предельная дальность достигает 10 мм (глаза некоторых видов «неторопливого» животного баянуса), многие животные располагают все звенья безимпульсной передачи и первичной обработки сигнала как можно ближе к фоторецепторам, вероятно, чтобы избежать его затухания и искажения, неизбежных при передаче постоянным током. Так устроена, например, сетчатка позвоночных животных. У них импульсная передача начинается только на уровне третьего звена обработки — в ганглиозных клетках — и далее идет по зрительному нерву от глаза в мозг. Подобно позвоночным, насекомые, т.е. высшие животные совершенно другой филетической ветви, тоже не используют импульсную передачу в двух первых звеньях обработки зрительного сигнала. Вспомним, однако, что фоторецепторы высших животных умеют считать кванты света, генерируя короткий одиночный электротонический сигнал. Быть может, такие дискретные одноквантовые ответы играют в зрительной системе роль нервных импульсов? Так это или нет, но в любом случае фоторецепторы давным-давно «знают», что свет имеет дискретную, квантовую природу.

Итак, в центральные отделы сенсорных систем поступает импульсная информация. На старый вопрос — одинаков ли импульсный язык в сенсорных системах разной модальности? — пока точного ответа нет. Кодируется ли модальность входного сигнала сенсорного элемента по принципу «меченой линии» или по принципу «структуры ответа» — тоже неизвестно. Есть определенные

факты в пользу того, что, например, во вкусовой системе позвоночных кинетика рецепторного потенциала (а значит, и структура ответа) зависит от качества стимулирующего раствора — соленый он или кислый.

Мы хорошо знаем, что энергия передается по высоковольтным линиям, а по телеграфным и телефонным проводам идут только сообщения. Передача сенсорного сигнала — сообщение. Информационная ценность телеграммы и телефонного сообщения не зависит от размера и начертания шрифта или тембра и громкости голоса собеседника. Нервной системе энергия как таковая нужна только для поддержания ее элементов и механизмов в рабочем состоянии. Энергия же посланного сообщения необходима лишь для его надежного приема на следующем уровне. Эти азы теории информации хорошо известны не только нам, но и нашим биосенсорам. Так, если в процессе фотосинтеза у растений энергия потока световых квантов тщательно утилизируется и используется для обеспечения всех жизненно важных функций своего хозяина, то энергия кванта, поглощенного фоторецепторной клеткой, в конечном итоге рассеивается в виде тепла. Для фоторецептора важен только сам факт прибытия кванта, а его энергия практически не используется. Повторимся: в биосенсорах происходит не усиление сигнала, а его преобразование.

В век бурного расцвета и поголовного увлечения молекулярной биологией нельзя не вспомнить имена двух академиков-классиков А.А.Заварзина и Л.А.Орбели (1882—1958). Заварзин в свое время обратил внимание на удивительное анатомическое сходство в построении цепей передачи информации в зрительной системе позвоночных, насекомых и головоногих моллюсков — высших животных из далеко отстоящих таксонов. Такое сходство, по мнению Заварзина, трудно приписать происхождению от общего предка, поскольку в

эволюции эти линии разошлись на довольно низком уровне и развивались параллельно. Замеченный им параллелизм Заварзин считал следствием «какого-то принципа, мало еще учтенного современной биологией».

Уже в наше время обнаружено столь же удивительное сходство в «схемотехнике» обонятельных систем позвоночных, насекомых и моллюсков. Повидимому, каждая модальность внешнего воздействия — свет, звук, запах — может анализироваться с помощью весьма ограниченного набора основных принципов схем их осуществления. В этом отношении идея Орбели о функциональной эволюции систем представляет полезную методологическую основу для выяснения, почему конкретная система, в том числе и сенсорная, развивается именно по данному пути, а не по какому-нибудь иному. Сегодня трудно сказать, как идет развитие сенсорных систем: по сходному плану, под давлением естественного отбора в соответствии с физическими свойствами внешнего мира и общими принципами переработки информации, или оно в основном запрограммировано в давно существующих генах и только разворачивается в более или менее совершенной форме у животных разного уровня? Такой вопрос сейчас не выглядит крамольным и имеет под собой некоторые молекулярнобиологические основания. Так, совсем недавно обнаружено удивительное сходство структуры генов *rax-6* позвоночных и *eyeless* насекомых. Оба гена определяют развитие зрительной системы, но — у неродственных животных!

Исследования сенсорных систем в России имеют крепкие корни, хорошие традиции и признанные достижения. Но, глядя в прошлое — сними шляпу, глядя в будущее — засучи рукава, как сказал кто-то. В России есть еще люди, способные засучить рукава, но современную сенсорную биологию голыми руками уже не возьмешь!



Закономерности удара в механических системах

А.П.Иванов



Александр Павлович Иванов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана. Область научных интересов — аналитическая механика, теория механического удара.

СТОЛКНОВЕНИЯ движущихся тел присущи всем уровням Мироздания — от микроскопического до космического, поэтому ударные явления весьма многообразны. В динамике изучают влияние соударений на движение механических систем. Эта задача привлекла внимание многих известных ученых, включая Х. Гюйгенса, И. Ньютона, Ж. Даламбера, С. Пуассона, Г. Дарбу, Э. Дж. Рауса, А.М. Ляпунова, Н.Е. Жуковского, С.П. Тимошенко и многих других. Специфика ударов состоит в их интенсивности и скоротечности. Данное свойство может оказаться и полезным, как при забивке свай, добыче руды или игре в мяч, и опасным, как при транспортных происшествиях. Следовательно, проблема удара важна не только для теоретиков, но и для конструкторов, автолюбителей, спортсменов и др.

ПОДХОДЫ В ТЕОРИИ УДАРА

С физической точки зрения ударные силы — отклик на деформации, возникающие вблизи площадки контакта и волнообразно распространяющиеся в данных телах. Математические модели отражают этот процесс с большей или меньшей полнотой. В классической теории удара деформации не учитываются и проблема сводится к определению интегральных характеристик ударных сил — их импульсов. В основе этой теории лежат законы механики и некоторые дополнительные гипотезы.

Рассмотрим для примера простейшую задачу о прямом ударе двух шаров

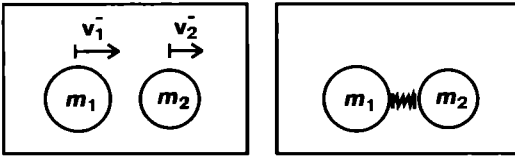


Рис. 1. Простейшая задача об ударе. Слева: шары массой m_1 и m_2 до соударения имеют скорости v_1^- и v_2^- , требуется найти их скорости после удара. Справа: добавление воображаемого упругого элемента.

с массами m_1 и m_2 (рис.1, слева). Закон сохранения импульса выражается формулой

$$m_1 v_1^- + m_2 v_2^- = m_1 v_1^+ + m_2 v_2^+, \quad (1)$$

где индексы минус и плюс соответствуют до- и послеударным значениям скоростей. Этого единственного уравнения недостаточно для определения двух неизвестных v_1^+ , v_2^+ . Чтобы построить единственное решение, можно принять одну из следующих гипотез: суммарная кинетическая энергия при ударе сохраняется (абсолютно упругий удар), шары после удара не разделяются, т.е. $v_1^+ = v_2^+$ (абсолютно неупругий удар). Можно выбрать и более общую гипотезу Ньютона, согласно которой

$$v_2^+ - v_1^+ = e(v_1^- - v_2^-). \quad (2)$$

Коэффициент восстановления e в формуле (2), как экспериментально установил Ньютон, зависит от материала шаров и лежит в пределах от нуля до единицы¹.

Волновая теория удара, восходящая к Б.Сен-Венану, наиболее полно описывает напряженное состояние соударяемых тел. В ее основе лежат довольно сложные уравнения математической физики, допускающие точное решение лишь в исключительных случаях, например в задаче о продольном соударении двух стержней. В общем случае использование волновой теории

нецелесообразно, в частности, с ее помощью не удастся решить рассмотренную выше задачу об ударе шаров.

Компромиссом между этими двумя крайними подходами служат модели, частично учитывающие деформации. Идею таких методов предложил Даламбер, который мысленно помещал маленькую пружинку (деформируемый элемент) в точку ударного контакта (рис.1, справа). С математической точки зрения проблема удара сводится к решению обыкновенных дифференциальных уравнений, что не представляет принципиальных трудностей. В вышеприведенном примере идеальная пружинка не рассеивает энергию, поэтому удар будет абсолютно упругим. Добавляя к пружинке демпфер, получим соотношение (2). Подбирая характеристики деформируемого элемента в соответствии с природой соударяемых тел, можно уточнить решение.

СОУДАРЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Выше речь шла об идеальной ситуации, когда соударяемые тела свободны. В реальных системах они обычно связаны с другими телами при помощи каких-либо технических приспособлений или опираются на другие тела под действием приложенных сил. При столкновении несвободных тел ударные явления охватывают также и связанные с ними тела. Удар, в котором участвуют несколько тел, называют кратным.

Первые исследования кратных ударов относятся к середине XVIII в., они сопутствовали определению законов гидродинамического сопротивления. В частности, И.Бернулли² рассмотрел за-

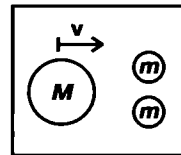


Рис. 2. Задача И.Бернулли об ударе движущегося шара по симметричной системе неподвижных шаров.

¹ Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Собр. труд. акад. А.Н.Крылова. М.;Л., 1936. Т.7. С.1—676.

² Бернулли И. Избранные сочинения по механике. М.;Л., 1937.

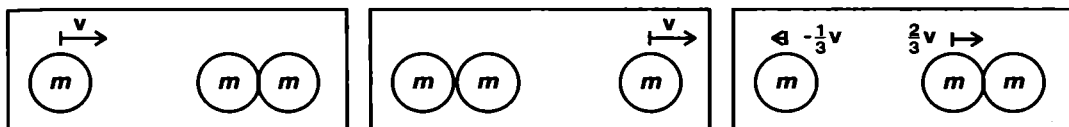


Рис.3. Тройное коллинеарное соударение. Слева: начальное положение, в середине: результат соударения в случае совершенно одинаковых шаров, справа: результат удара резинового шара по двум стальным.

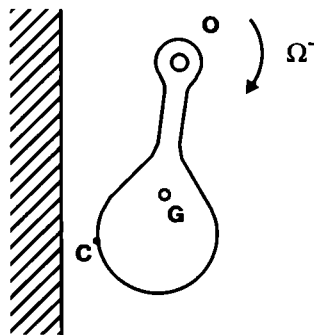


Рис.4. Пример стесненного удара: маятник, налетающий на стенку.

дачу об ударе движущегося шара по симметричной системе двух или более неподвижных шаров (рис.2). К.Маклорен решал аналогичную задачу без предположения о симметрии. Оказалось, что при классическом подходе к проблеме кратного удара потребовались некоторые дополнительные гипотезы, не всегда физически обоснованные. Например, для каждой из ударных пар использовались соотношения типа (2). Неадекватность данного метода можно продемонстрировать на примере коллинеарного соударения трех одинаковых шаров (рис.3). Как показывает эксперимент, после удара первый и второй шары остаются неподвижными, а третий шар отлетает от них (рис.3, в середине). Поскольку начальная относительная скорость второго и третьего шаров равна нулю, то для них коэффициент восстановления бесконечно велик, в то же время для первой пары он близок к нулю. С физической же точки зрения обе пары равноправны, значит, и коэффициенты должны быть равны.

Даламбер применил к проблеме кратного удара метод деформируемых элементов и указал на качественные отличия получаемых результатов от выводов классической теории. Примечательно следующее его высказывание, не потерявшее актуальности по сей день: «Как много еще остается нерешенных проблем, относящихся к законам удара тел, и как далеко еще до того, чтобы весь вопрос можно считать исчерпанным теми многочисленными геометрами, которые занимались им до сего времени. Эти геометры, в конце концов, исследовали лишь наиболее простые и наиболее редко встречающиеся случаи»³.

В дальнейшем в связи с развитием лагранжевой механики формальный подход к проблеме кратного удара обрел второе дыхание. В конце XIX в. П.Аппель вывел уравнения удара в системе с идеальными связями. Физически идеальность означает отсутствие трения в сочетании с абсолютной жесткостью ограничений. Например, в задаче об ударе маятника о стенку (рис.4) скорость в точке подвеса считается нулевой, а изменение угловой скорости вычисляется при помощи формулы (2).

В настоящее время аналогичный метод применяется и для исследования сложных систем, включающих большое число ударных пар и неидеальные связи⁴. При этом игнорируются не только заметные расхождения с экспериментами, но и логические противоречия, присущие данному подходу. Так, А.М.Фор-

³ Даламбер Ж. Динамика. М.:Л., 1950.

⁴ Виттенбург Й. Динамика систем твердых тел. М., 1980; Preiffer F., Glocker Ch. Multibody dynamics with unilateral contacts. N.Y., 1996.

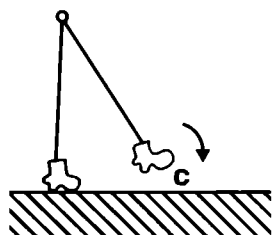


Рис. 5. Двухзвенный шагающий механизм.

мальский обнаружил, что задача об ударе двухзвенного шагающего механизма о шероховатую опору (рис.5) может не иметь решения или иметь несколько решений.

Волновая теория удара и метод деформируемых элементов использовались для изучения конкретных систем, однако полученные результаты не подверглись теоретическому обобщению. Закономерности кратных ударов были предметом исследований, проводившихся под руководством автора.

О МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прежде всего нам предстояло определить основные признаки систем с кратными ударами для их классификации. Изучив публикации по проблеме, мы пришли к выводу, что главная характеристика удара — число задействованных в нем ударных пар, т.е. пар сталкивающихся друг с другом тел с ненулевыми скоростями. Например, в системе на рис.2 таких пар две, а на рис.3 — только одна, хотя в обоих случаях в ударе участвуют по три тела. Далее, каждая из ударных пар характеризуется связями между ее элементами и другими телами, входящими в систему. Эти связи могут допускать относительное вращение, скольжение или разделение тел, причем скольжение может сопровождаться трением.

Следующим этапом явилось построение базовых моделей кратного удара, по возможности простых и разнообразных, что позволило бы охватить все

типичные реальные случаи. К их числу относятся: маятник (сферический или физический)⁵, ударяющийся о стенку (рис.4), коллинеарная система (рис.3), система Бернулли (рис.2) и др.

Не располагая сложным оборудованием, мы решили ограничиться при исследовании этих моделей простыми экспериментами, а также аналитическими и численными расчетами, не требующими больших материальных затрат. Наряду с вышеупомянутой классической теорией удара и методом деформируемых элементов были использованы некоторые методы статистической механики.

СТЕСНЕННЫЙ УДАР

Понятие стесненного удара охватывает системы с одной ударной парой при наличии дополнительных связей. Приведем результаты исследований некоторых базовых моделей стесненного удара.

1. Задача о физическом маятнике, соударяющемся с массивной стенкой, ввиду своей кажущейся простоты считается учебной. Частным ее случаем является двумерная задача — плоский маятник с одной неподвижной точкой O (рис.4). При традиционном классическом подходе подвес считают абсолютно жестким, так что система имеет единственную — вращательную — степень свободы. Изменение угловой скорости описывают при этом формулой типа (2).

Бросается в глаза недостаток такого решения, заключающийся в неравноправном отношении к точке подвеса O и точке контакта со стенкой C : в первой из них скорость считается неизменной (равной нулю), во второй — переменной. Так как контактные силы возникают при ударе в обеих этих точках, то данное допущение можно оправ-

⁵ Сферический маятник — тело с одной неподвижной точкой — вращается вокруг этого центра и имеет три вращательные степени свободы. Физический маятник — тело с двумя неподвижными точками — вращается вокруг оси и имеет только одну вращательную степень свободы.

дать лишь в случае, когда стенка сделана из гораздо менее жесткого материала, нежели маятник (например, резина против стали). В общем случае малые деформации маятника обуславливают движение обеих точек O и C .

Более реалистичную модель можно построить, мысленно поместив деформируемые элементы в точки O и C . Например, они могут быть комбинацией пружинок и демпферов, характеристики которых подбираются в соответствии с физическими свойствами системы. Такая модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений шестого порядка, которую нетрудно проинтегрировать, воспользовавшись соответствующими программами персонального компьютера. Вычисления проводились для различных значений конструктивных параметров, и оказалось, что на ход удара существенно влияют также геометрические свойства системы. Следовательно, коэффициент восстановления угловой скорости зависит не только от используемых материалов (как его понимал Ньютон), но и от расположения точек O и C по отношению к центру масс маятника G . Этот коэффициент достигает своего максимального (вычисленного Ньютоном) значения при выполнении специфических геометрических условий (так называемых условий центра удара), гарантирующих отсутствие ударной «отдачи» в точке подвеса O . Для других конфигураций величина этого коэффициента будет меньше, что обусловлено диссипацией энергии в шарнирном подвесе. Оказалось, что такие потери могут достигать половины первоначальной кинетической энергии маятника.

Аналогичные результаты получены и при исследовании других случаев соударения маятника с гладкой или шероховатой стенкой.

2. Маятник с подвижной точкой подвеса, соударяющийся с препятствием, представляет собой более сложную систему, нежели предыдущая. Ее различные варианты, когда точка O может скользить вдоль некоторой линии или поверхности, изучались различными ав-

торами в связи с проблемами двуногой ходьбы, сейсмической безопасности конструкций и пр. При этом, как правило, использовался классический подход, и было обнаружено, что для некоторых значений параметров задача об ударе может стать неопределенной.

Пусть, например, точка подвеса O скользит вдоль шероховатой направляющей l , а поверхность препятствия в точке C гладкая (рис.6). Как показывают расчеты по формулам стереомеханики, для значений $a = b = 1$, $h = 10$, $J = 0.81$ (момент инерции относительно центра масс G для тела единичной массы), $\mu = 0.22$ (коэффициент трения) имеются три решения задачи об ударе: для одного из них точка подвеса остается неподвижной, для двух других она начинает скользить вправо, причем направления нормальной реакции в точке O противоположны⁶.

Подобные примеры свидетельствуют о весьма серьезном недостатке классического подхода к задачам о стеснен-

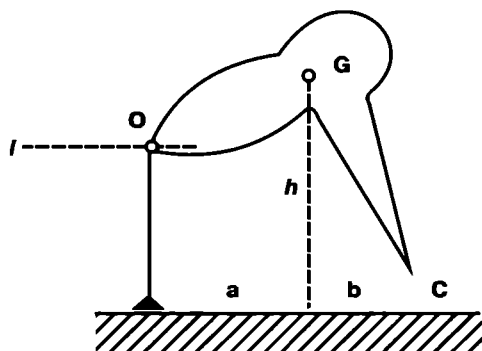


Рис. 6. Соударение с препятствием маятника, имеющего подвижную точку подвеса. G — центр масс, C — точка контакта с препятствием.

⁶ Иванов А.П. Динамика систем с механическими соударениями. М., 1997.

ном ударе — его математической некорректности. Не имея возможности отобрать истинное решение (а иногда и построить хотя бы одно), оставаясь в рамках этого подхода, конструктор не сможет, очевидно, спроектировать нужный механизм (и такие ситуации имели место в действительности).

Заменяя жесткие контакты деформируемыми, можно устранить отмеченные парадоксы. Соответствующие расчеты, показывающие влияние относительной контактной жесткости в подвесе и опоре, были проведены участниками проекта. В частности, было определено и истинное решение для вышеприведенного примера: точка O скользит вправо, а нормальная реакция направлена вверх.

3. Кратный коллинеарный удар. Рассмотрим задачу о прямом ударе в системе трех (или более) одинаковых шаров, центры которых лежат на одной прямой (рис.3). Здесь для определения трех неизвестных (скоростей после удара) мы имеем единственное уравнение, аналогичное (1):

$$\begin{aligned} m_1 v_1^- + m_2 v_2^- + m_3 v_3^- &= \\ = m_1 v_1^+ + m_2 v_2^+ + m_3 v_3^+. \end{aligned} \quad (3)$$

Даже если добавить к этому уравнению предположение о сохранении энергии (абсолютно упругий удар), мы не сможем найти единственное решение задачи. Введение ньютоновских коэффициентов восстановления позволяет в принципе решить задачу, однако результат совершенно нереалистичен (см. выше описание ситуации, изображенной на рис.3, в середине). Более того, заменяя один из шаров на более жесткий или, наоборот, на более деформируемый, мы будем получать экспериментально разные результаты. В частности, при ударе резиновым шаром по двум стальным окажется, что последние не разделяются (рис.3, справа). Реализуемы и промежуточные случаи между этими двумя крайними.

Таким образом, решение обсуждаемой задачи невозможно без учета деформаций. Мы построили соответствующие модели и провели их численный

анализ, показавший эффективность использования метода деформируемых элементов⁷.

Рассмотренные три базовые модели стесненного удара важны для понимания закономерностей такого удара в более сложных механических системах.

КРАТНЫЙ УДАР

Обсуждавшуюся выше задачу о стесненном ударе можно охарактеризовать как регулярную, так как при надлежащем подходе оказалось возможным построить единственное решение. Удивительно, что в системах с несколькими ударными парами такая регулярность (или математическая корректность), как правило, отсутствует вне зависимости от используемого метода!

Поясним этот наш неожиданный вывод на примере задачи Бернулли (рис.2). Сам Бернулли предложил решение, для которого симметрия системы шаров после удара сохраняется. Однако на практике такой результат можно получить лишь при условии обеспечения точности попадания на уровне величины контактных деформаций при ударе (для бильярдных шаров — несколько микрон), что вряд ли реально. Малые отклонения от симметрии приводят к тому, что удары движущегося шара по неподвижным произойдут не одновременно, а последовательно, с малым промежутком времени между двумя ударами. После первого из них бьющий шар изменит скорость, поэтому второй удар будет существенно отличаться от первого. В частности, если все три шара идентичны, причем неподвижные шары первоначально соприкасаются, то последние после удара начнут двигаться со скоростями, отношения которых близко к двум.

Здесь по существу мы имеем два равновероятных решения задачи в зависимости от того, которая из ударных пар включается первой. Для системы с

⁷ Иванов А.П. // ПММ. 1997. Т.61. Вып.3. С.355–358.

тремя (или более) ударными парами число ветвей решения может быть сколь угодно большим, причем их вероятности не обязательно равны. С качественной точки зрения такие системы аналогичны брошенной монете или игральной кости — полученный результат определяется случайными, не поддающимися учету факторами. Решение понимается в статистическом смысле: необходимо найти возможные исходы и определить вероятность каждого из них. Для этого можно применить *метод статистического ансамбля*, суть которого состоит в одновременном рассмотрении большого числа одинаковых систем, различающихся начальными условиями. Это отличие может быть описано затем при помощи понятия плотности вероятности, что и позволяет вычислить требуемые характеристики кратного удара.

Такое многозначное поведение систем с несколькими ударными парами весьма нежелательно на практике: например, оно может привести к потере устойчивости самолета при посадке или зданий при землетрясении. Поэтому было интересно исследовать возможности подавления влияния случайных факторов на результат удара. Было обнаружено⁸, что существуют кинетически независимые ударные пары, для кото-

рых импульсы не зависят от порядка включения, и найдены условия такой независимости. Так, в примере на рис.4 эти условия совпадают с условиями центра удара, а в задаче Бернулли они выражают ортогональность радиусов, проведенных из центра бьющего шара в точки ударного контакта с неподвижными шарами. В принципе независимости ударных пар можно достичь двояко: либо за счет разделения их дополнительными устройствами типа рессор, либо за счет надлежащего выбора геометрических и механических параметров системы.

Представленные здесь результаты исследования проблемы удара в системах твердых тел следует рассматривать не как завершение пути, а как его развитие в новом направлении. Основной недостаток существующих моделей механического удара состоит в том, что отсутствуют формулы, позволяющие выразить ударный импульс через те или иные физические параметры, такие как модуль Юнга, коэффициент Пуассона и т.д. Мы сделали попытку сузить эту брешь с позиций математики и с надеждой ожидаем встречного шага от физиков.

Работа выполнялась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 93-013-17228 и 96-01-01440).

⁸ Он же. // Там же. 1995. Т.59. Вып.6. С.930—946.

Кусочки Солнца «навынос»

Б.П.Филиппов



Борис Петрович Филиппов, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией солнечной активности Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН. Научные интересы связаны с исследованием механизмов нестационарных процессов в атмосфере Солнца. Публиковался в «Природе».

13 МАРТА 1989 г. в середине ночи на главном контрольном пульте Квебекской гидроэлектрической компании в Монреале внезапно замигала сигнальная лампочка: возникли неполадки на одной из главных линий электропередач от гидростанции на реке Ла Гранд (север провинции Квебек) к Монреалу. Автоматический регулятор отключил линию из-за внезапной перегрузки, а вслед за этим — один за другим остальные генераторы компании. Волна отключений прокатилась по всей энергосистеме. Изумленный персонал лишь беспомощно взирал на пульт, где множество лампочек мигали, как на новогодней елке. Менее чем за полторы минуты огромная провинция с шестимиллионным населением погрузилась во мрак. Причина была не в неумелых действиях диспетчеров и не в ошибках проекта системы. Причиной было... Солнце.

Современные энергосистемы чрезвычайно протяженны и запутанны. Они охватывают своими сетями целые континенты. Внезапные вариации магнитного поля Земли, называемые геомагнитными бурями, индуцируют в длинных линиях электропередач сильные дополнительные токи, которые выводят из строя оборудование подстанций. Причина же магнитных бурь — во взаимодействии земной магнитосферы с облаками замагниченной плазмы, выбрасываемой Солнцем в межпланетное пространство. Частицы высоких энергий этой плазмы воздействуют на электронные устройства космических аппаратов, иногда полностью парализуя их работу. По этой причине 26 ноября 1982 г. прекратили действовать радиометры на спутнике «GEOS-4», а 21 января 1994 г. перестали функционировать два канадских спутника связи.

Таким образом, солнечные «плевки» далеко не безобидны для жителей Земли, и следовало бы с ними разбираться. Раз уж увернуться у нас возможности нет, то по крайней мере хорошо бы знать, когда их можно ожидать, чтобы вовремя принять необходимые меры предосторожности, как-то «прикрыться».

В КОЛЫБЕЛИ МАГНИТНЫХ БУРЬ

Звезды в обыденных человеческих масштабах — неизменные, неподвижные, вечные. Наша ближайшая родная

звезда — Солнце — тоже светит стабильно и ровно, к нашему общему, как говорится, удовольствию. Мерно гудит в его недрах термоядерная печь, и долгие миллионы лет пробиваются фотоны к поверхности светила, чтобы потом стремительно унести в межзвездную черноту. Приповерхностные слои Солнца, подогреваемые изнутри, немного бурлят, но эта спокойная стационарная конвекция вносит лишь небольшую рябь, проявляясь в ячеистой, грануляционной, структуре излучающей поверхности Солнца — фотосферы. Конвекция, впрочем, только одна из «составных частей» дей-



Спокойный солнечный протуберанец как он виден в линии водорода H_{α} . (Наблюдения солнечной обсерватории Big Bear в 1970 г.)

ствующей в недрах Солнца гигантской динамомшины, которая преобразует монотонную жизнь звезды, вырабатывая удивительную переменчивую субстанцию — магнитное поле.

В отличие от Земли, где магнитное поле, несмотря на случающиеся бури, довольно регулярно и поэтому стабильно и исправно служит целям навигации, магнитное поле Солнца сплошь состоит из аномалий, которые к тому же короткоживущи и изменчивы. Эти аномалии, называемые активными областями, сосредоточены в основном в зоне тропических, по земным меркам, гелиофизических широт, причем каждые 11 лет они начинают появляться сначала на широтах около 40° , а затем их рождение происходит все ближе и ближе к экватору. Хорошо развитые активные области содержат пятна — относительно темные участки фотосферы, где сконцентрированы наиболее сильные магнитные поля (до 4 кГс). Генерация магнитного поля происходит глубоко под фотосферой, но долго находится там силовые трубки не могут. Вследствие участия магнитного давления в общем гидростатическом равновесии плазма внутри магнитной трубки с сильным полем менее плотная и подвержена воздействию архимедовой силы (так называемая магнитная плавучесть). Поднявшись в верхние слои атмосферы Солнца — хромосферу и корону, магнитные поля служат источником энергии для внезапных и бурных процессов, связанных с перестройкой поля.

Если наблюдать Солнце в монохроматическом свете, например — линии водорода H_α , первое, что бросается в глаза, — это прилепившиеся к правильному круглому диску довольно аморфные выступы — протуберанцы. Часто продолжение выступа тянется по диску в виде узкой темной полосы — волокна. Протуберанцы представляют собой облака сравнительно холодной плотной плазмы (параметры которой близки к хромосферным), находящиеся в короне, в сотни раз более горячей и более разреженной. Высота протуберанцев над хромосферой обычно составля-

ет около 30 тыс. км или $\sim 0.2 R_\odot$. Спокойные протуберанцы — относительно устойчивые структуры, которые сохраняются в течение многих месяцев.

В отличие от земных облаков, свободно парящих в атмосфере, протуберанцы гораздо тяжелее окружающей среды и должны были бы упасть, если бы их не поддерживала иная, не гидростатическая, сила. Наиболее вероятный кандидат — электродинамическая сила. Высокопроводящая плазма протуберанца может покоиться в «гамаке» магнитных силовых линий, препятствующих стеканию вещества в хромосферу. Впервые такую модель равновесия протуберанцев предложил Д. Мензел¹ в 1951 г., а Р. Киппенхан и А. Шлютер² в 1957 г. разработали модель, на многие годы ставшую классической и общепризнанной, несмотря на очевидные противоречия, которые она не в силах разрешить. Главное из них в том, что для устойчивого равновесия силовые линии, выходящие в корону из фотосферы и вновь в нее возвращающиеся, должны вблизи протуберанца быть вогнутыми, а не выпуклыми, т.е. создавать удобный «гамак», а не скользкий «бугор». Представить себе подобное поле можно, но трудно ожидать, что такие хитрые конструкции встречаются на Солнце столь же часто, как и волокна.

Время от времени отдельные протуберанцы вдруг теряют равновесие, ускоренно поднимаются вверх и уносятся прочь от Солнца. Такие протуберанцы называют эруптивными. Эрупции (извержения) начинаются внезапно, без какого-либо заметного внешнего воздействия. Очень быстро протуберанец приобретает скорость в сотни километров в секунду. Часть вещества, разогнавшаяся до скорости убегания (~ 600 км/с), уже не возвращается на Солнце. Фотосферные же магнитные поля не обнаруживают в это время значительных и быстрых изменений. Трудно по-

¹ Menzel D.H. // Proc. Conf. of Dynamics of Ionised Media. London, 1951.

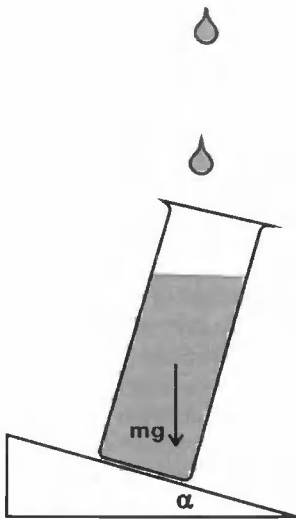
² Kippenhahn R., Schluter A. // Zeitschr. Astrophys. 1957. Bd.43. S.36—62.

нять, как можно «вытряхнуть» протуберанец из «гамака», не «встрянув» его как следует за края.

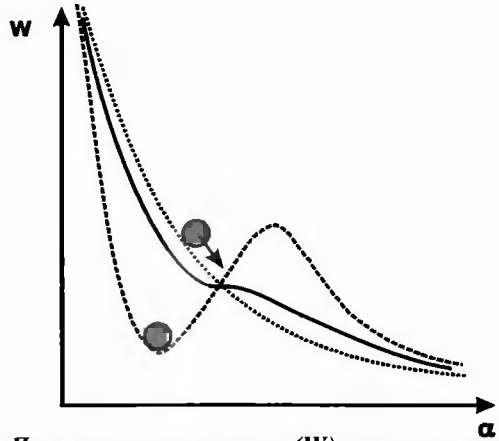
Альтернативную модель равновесия протуберанцев предложили в 1974 г. М.Куперус и М.Рааду³. Они предположили, что вдоль волокна течет сильный электрический ток, и учли, что этот ток должен отталкиваться от поверхности высокопроводящей фотосферы. Протуберанец как бы лежит на магнитной подушке, создаваемой собственным током. На основе развития этой модели удалось понять, почему волокна взлетают как бы сами по себе.

«КАТАСТРОФЫ В ОБЛАКАХ»

Если в высокую банку, стоящую немного наклонно, по каплям наливать воду, устойчивость ее равновесия будет падать по мере повышения уровня воды. Когда линия отвеса из центра тяжести приблизится к краю доньшка, равновесие станет неустойчивым и после очередной маленькой капли банка опроки-



Стоящая на наклонной плоскости и наполняющаяся водой банка — пример системы, в которой может развиваться катастрофический процесс.

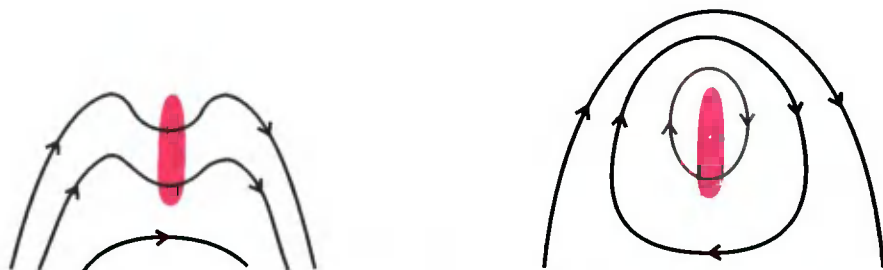


Потенциальная энергия (W) системы, изображенной на рис. 2, при трех различных уровнях воды в банке. Глубина потенциальной ямы уменьшается при приближении вертикальной проекции центра тяжести к краю доньшка.

нется и вода из нее выльется наружу. Произойдет «катастрофа». С математической точки зрения система обладает значительной нелинейностью и малые изменения параметров приводят к большим изменениям ее состояния. Кривая зависимости потенциальной энергии от наклона банки имеет ямку до тех пор, пока вертикальная проекция центра тяжести находится в пределах доньшка. При приближении к краю глубина ямки уменьшается, и остается лишь небольшой уступчик, который сглаживается при выходе точки проекции за пределы основания.

Примерно так, вероятно, развиваются эрупции протуберанцев. Только все поставлено «с ног на голову» и кончается не падением, а взлетом последнего. Магнитное поле, источники которого расположены под поверхностью фотосферы, в модели Куперуса—Рааду не поддерживает ток волокна, а наоборот, стремится прижать его к фотосфере. Но высокая проводимость и инерционность плотной фотосферы не позволяют магнитному полю волокна проникнуть под ее поверхность. В результате возникают поверхностные индукционные токи, поле которых в короне эквивалентно полю

³ Kuperus M., Raadu M.A. // Astron. Astrophys. 1974. V.31. P.189—193.



Конфигурация магнитных силовых линий в окрестностях волокна в моделях Киппенхана—Шлютера (слева) и Куперуса—Рааду.

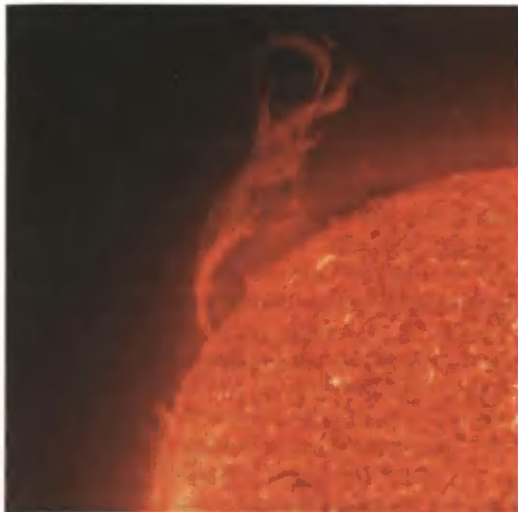
зеркального отражения тока волокна, только с противоположным направлением. Равновесие с силой отталкивания от индуцированных токов устойчиво, если внешнее поле убывает с высотой медленнее, чем поле зеркального тока. Смещение волокна вверх приводит в этом случае к большему уменьшению силы отталкивания и, следовательно, к возникновению результирующей силы, направленной вниз, к положению равновесия. Смещение вниз в большей степени усиливает отталкивание, что вновь дает возвращающую силу.

В ходе эволюции волокна ток в нем может меняться по различным причинам. Чем больше ток, протекающий в волокне, тем выше положение равновесия над фотосферой. Из-за большой величины одного из линейных размеров — длины (а отдельные волокна тянутся почти через весь видимый диск Солнца) магнитное поле волокна убывает довольно медленно, обратно пропорционально удалению от него $\sim 1/r$. Масштаб неоднородностей фонового поля бывает меньшим, он определяется размером конвективных ячеек, выносящих поле на поверхность. На некоторой высоте фоновое поле начинает уменьшаться быстрее, чем $1/r$, и равновесие перестает быть устойчивым. Потеря равновесия может происходить вследствие медленного, плавного роста тока волокна или изменений фонового поля, но динамика волокна после начала катастрофического процесса уже не определяется этими изменениями, а зависит от свойств системы. В частности,

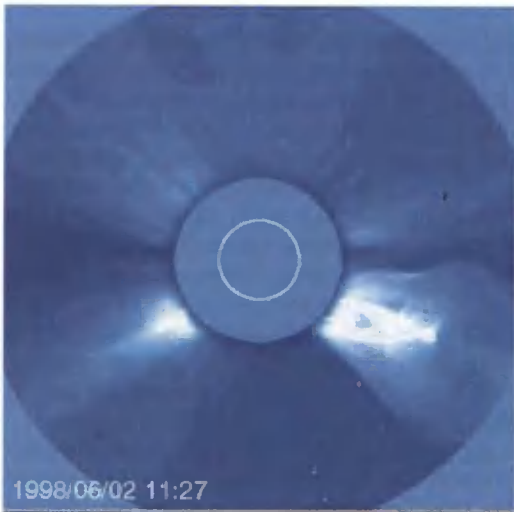
магнитные силы притяжения и отталкивания могут на несколько порядков величины превосходить гравитационную силу. После потери равновесия даже небольшой дисбаланс магнитных сил вызовет очень бурную эрупцию волокна. Ускорение волокна может во много раз превосходить ускорение свободного падения у поверхности Солнца⁴ ($\sim 270 \text{ м/с}^2$).

Обычный сценарий развития явления таков: средняя часть волокна внезапно начинает подниматься вверх, тогда как концы его остаются неподвижными. На диске Солнца это хорошо заметно по доплеровским смещениям профили линии, в которой ведется наблюдение. Волокно, расположенное вблизи края диска, очень скоро поднимается над лимбом ярким протуберанцем, имеющим форму неровной арки. При хорошем пространственном разрешении часто можно видеть, что у арки есть тонкая структура из отдельных нитей или прядей, закрученных в жгут, как в канате. Если, как обычно, плазменные неоднородности вытягиваются вдоль магнитного поля, то это свидетельствует о протекании электрического тока вдоль оси волокна. Концы арки остаются «укорененными» на Солнце, что, вероятно, говорит о замыкании тока в нижних плотных слоях атмосферы. Из-за растягивания арки и увеличения ее поперечного сечения плотность вещества в ней по-

⁴ Молоденский М.М., Филиппов Б.П. Магнитные поля активных областей Солнца. М., 1992.



Фрагмент изображения Солнца, полученного 14 сентября 1997 г. ультрафиолетовым телескопом спутника SOHO в линии ионизованного гелия с эруптивным протуберанцем над лимбом.



Корональный выброс вещества, зарегистрированный внезатменным коронографом спутника SOHO 2 июня 1998 г. Слева внизу — обычный корональный стример, не меняющий своего вида в течение многих дней. Справа внизу — динамичный выброс, центральная яркая петля которого представляет собой остатки взорвавшегося волокна.

стоянно уменьшается. Кроме того, часть вещества, особенно на поздней стадии эрупции, стекает вниз, вдоль «привязанных» к поверхности концов арки. Вследствие этих причин яркость протуберанца быстро уменьшается по мере его подъема, и редко удается проследить за ним в наземный телескоп до высоты, большей половины радиуса Солнца. До сравнительно недавних пор о дальнейшей судьбе протуберанца можно было строить лишь предположения. Например, если скорость подъема выше скорости гравитационного убегания, вероятнее всего он распрощается с Солнцем навсегда. Новые данные о дальнейшей судьбе «беглецов» стали поступать по мере развития техники наблюдений с борта космических аппаратов.

ПОРЫВЫ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Корона открывается взору наблюдателя, находящегося на поверхности Земли, лишь раз или два в году во время полного солнечного затмения.

Причем только счастливицы, оказавшиеся в нужный момент в нужном месте, где пробегает полная тень Луны, размером в поперечнике около сотни километров, имеют возможность увидеть, как внезапно померкшее дневное светило демонстрирует свой царственный венец. Тень Луны мчится по поверхности со скоростью реактивного самолета, и поэтому зрелище длится всего несколько минут. Яркость фотосферы в миллион раз выше яркости короны. Как только первый лучик фотосферы прорвется сквозь ущелье лунных гор, волшебная картина погаснет.

Француз Бернар Лио еще в 30-е годы решил, что негоже ученым мужам гоняться за капризной тенью, и создал свою, искусственную, луну. Сложный, очень тщательно изготовленный телескоп он назвал внезатменным коронографом. Однако успех был лишь частичным — только в условиях высокогорья и при благоприятной погоде удавалось отделить излучение короны от рассеянного фотосферного света. Свечение

неба оставалось главным препятствием. Космос открыл новые возможности. Небо там совершенно черное, и нужно было лишь построить портативный прибор с очень малым инструментальным рассеянием. Задача, конечно, непростая, если иметь в виду перепад яркости в шесть порядков величины, но технически выполнимая. Один из первых орбитальных коронографов работал на американской космической обсерватории «Skylab», а наиболее совершенные приборы были установлены на аппарате SOHO, о котором еще пойдет речь.

Когда стали наблюдать корону постоянно, а не короткими урывками, сразу же обнаружили, что она не только меняет свою общую форму с ходом цикла солнечной активности (11 лет), но в ней время от времени происходят быстрые драматические изменения прямо на глазах исследователя. Их первоначально называли транзиентами, как что-то мимолетное и неосоздаемое. Позднее стало ясно, что большая часть этих изменений связана с выбросами вещества из нижних слоев, и утвердился термин «корональные выбросы вещества» («coronal mass ejections»). В короне, хотя она и достаточно стационарна, не выполняются точно условия гидростатического равновесия, поэтому она постоянно расширяется в межпланетное пространство. Образующиеся потоки плазмы называются солнечным ветром. Замкнутые магнитные поля, т.е. поля, силовые линии которых имеют вид петель, начинающихся и заканчивающихся на поверхности, препятствуют истечению вещества, действуют как магнитные ловушки. В таких областях плотность коронального вещества повышена и возникает наиболее заметная и протяженная структура в короне — шлемовидный стример, или корональный луч. Верхняя часть его вытянута радиально и может быть прослежена до десятков радиусов Солнца. Стримеры дают начало наиболее плотной, но медленной части солнечного ветра. В нижней части стримера под корональными арками обычно располагается спокойный протуберанец.

Там, где силовые линии поднимаются очень высоко над поверхностью, а это прежде всего области вблизи полюсов Солнца, плазма имеет возможность свободно расширяться вдоль силовых линий. Здесь формируется высокоскоростная часть ветра. Эти области свободного истечения называют корональными дырами из-за пониженной яркости в мягком рентгеновском излучении. Успешная миссия американского аппарата «Ulysses», пролетевшего по траектории над полюсами Солнца, дала очень много сведений о высокоскоростных потоках солнечного ветра.

Корональные выбросы создают самую переменчивую и трудно предсказуемую часть потока плазмы, которую можно назвать порывами ветра. Даже в минимуме солнечной активности, когда отсутствуют пятна и не бывает вспышек, корональные выбросы отнюдь не редки, а, например, в текущем году достаточно высокой активности, коронографы SOHO регистрировали иногда по несколько выбросов за сутки.

Наблюдаемая форма выбросов бывает сложна и разнообразна. Разреженность короны обуславливает малую оптическую толщину имеющихся образований. Все структуры по пути луча зрения накладываются друг на друга, и совсем не просто выявить их истинную геометрию. И все же наиболее типичный выброс имеет три основные составные части: внешнюю петлю или оболочку, внутри которой располагается темная область пониженной плотности — корональная полость, а в ее центре находится самая яркая и плотная часть — ядро. Во многих событиях ясно видно, что ядро представляет собой остатки эруптивного протуберанца. Все части выброса движутся с возрастающей скоростью, причем внешняя часть — заметно быстрее центральной. Предпочтительное место «вылета» — шлемовидный стример, хотя на поздней стадии объем, охваченный возмущением, огромен даже по сравнению с Солнцем. Отголоски события, начавшегося на одной его стороне, бывают видны на противоположной.

КОРОНАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ И ПРОТУБЕРАНЦЫ

Тесная связь корональных выбросов с эруптивными протуберанцами, очевидная в отдельных событиях, подтверждается статистикой по обширному массиву данных. Ни с одним другим проявлением активности выбросы не имеют столь высокого коэффициента корреляции. Магнитное поле, по-видимому, играет и здесь ключевую роль. Вряд ли что-то еще способно «возмутить» в короткое время плазму в гигантском объеме. Поля токов, которые протекают в волокнах, вполне способны справиться с подобной задачей. Не будучи слишком тесно связанными с плотной фотосферой, они обладают достаточной подвижностью и изменчивостью. Вследствие нелинейных свойств равновесия плавная постепенная эволюция может прерваться внезапной катастрофой, которая проявляется в эрупции волокна. Магнитная энергия, запасенная током, достаточна для приведения в движение выброса огромной массы, механизм ее трансформации в кинетическую энергию — недиссипативный и не встречает трудностей, связанных с высокой проводимостью солнечной плазмы.

Силовые линии магнитного поля волокна в виде спиралей обвивают пологую дугу, протянувшуюся под аркадой фонового поля. Самые высокие петли аркады сильно вытягиваются у вершины и переходят в корональный луч. Область спиральных линий внутри аркады вокруг волокна хотя и является хорошей ловушкой, но слабо связана с нижними слоями. Плазма может втекать в нее только через торцы, укорененные в фотосфере. Считается, что это одна из главных причин пониженной плотности короны вокруг волокна⁵. При эрупции весь жгут спиральных линий начинает подниматься, увлекая за собой вещество протуберанца. Что же произойдет в окружающей короне?

Есть основания сомневаться в том, что протуберанец — «двигатель» коронального выброса, поскольку фронтальная часть последнего движется быстрее протуберанца⁶. Дескать, как телега может катиться быстрее лошади? Кроме того, не всегда яркий плотный протуберанец виден внутри корональных выбросов вещества. Вероятно, эти сомнения могут быть разрешены, если помнить, что главный хозяин положения в короне — магнитное поле. Оно вынуждает плазму перемещаться вместе с силовыми линиями. Это свойство называют вмороженностью магнитного поля в плазму.

При движении прямолинейного тока все силовые линии его магнитного поля движутся с одинаковой скоростью: ни одна не обгоняет источник поля, и ни одна не отстает. Но в нашей модели фигурирует еще зеркальный ток. Его поле приводит к отставанию силовых линий под волокном и опережению над волокном. Скорость перемещения силовых линий над волокном растет по мере удаления от него. Более высокие линии опережают более низкие, так что расстояние между двумя силовыми линиями увеличивается со временем. Поскольку плазма «приклеена» к силовым линиям, ее плотность будет постоянно уменьшаться: если бы над волокном и не было полости, она все равно образовалась бы в процессе эрупции. Размеры полости все так же определяются протяженностью области, где доминирует поле тока волокна. Граница этой области и есть фронтальная часть выброса, его оболочка. Вблизи нее собирается плазма, «выметенная» из полости⁷.

В балансе сил, действующих на протуберанец, его вес — фактор второстепенный. Главное действующее лицо здесь — ток или связанный с ним жгут магнитных силовых линий. Он может быть нагружен веществом в большей

⁶ Hundhausen A.J. // Scientific Highlights of the Solar Maximum Mission / Eds K.T. Strong, J.L.R. Saba and B.M. Haisch. Berlin, 1994.

⁷ Filippov B.P. // Astron. Astrophys. 1996. V.313. P.277—284.

⁵ Low B.C. // Solar Phys. 1996. V.167. P.217—265.

или меньшей степени: протуберанец может оказаться как плотным, так и весьма разреженным, но это почти никак не влияет на эволюцию жгута. Можно себе представить эрупцию практически пустой трубки, и в этом случае в структуре коронального выброса, конечно, будет отсутствовать яркое ядро.

Магнитная структура жгута, отчетливо проявляющаяся в протуберанцах и волокнах, сохраняется не только в короне, но и на огромном удалении от Солнца. Космические зонды регистрируют в межпланетном пространстве облака плазмы с магнитным полем, обладающим спиральностью, причем именно того вида, что наблюдалась в соответствующем эруптивном протуберанце.

ШТОРМОВЫЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Время распространения возмущения от Солнца до Земли — трое-четверо суток. Если замечено появление коронального выброса, в запасе есть время подготовиться к началу геомагнитной бури и принять необходимые меры предосторожности. К сожалению, внезатменные коронографы видят только лимбовые явления, т.е. распространяющиеся не в сторону Земли, а в боковых направлениях. Центральная часть закрыта затмевающим диском, «искусственной луной». Лишь иногда выброс, движущийся на наблюдателя, регистрируется как диффузное усиление яркости по всему лимбу, называемое гало. Для отслеживания геоэффективных выбросов необходимо расположить несколько коронографов не вблизи Земли или на линии Солнце—Земля, а сбоку. Сейчас разрабатываются проекты «Стерео» и «Система», которые предусматривают размещение на орбите Земли нескольких космических обсерваторий, далеко

разнесенных друг от друга. Это позволит осуществлять мониторинг всей поверхности Солнца и, в частности, наблюдать с боковых позиций выбросы, следующие в направлении Земли.

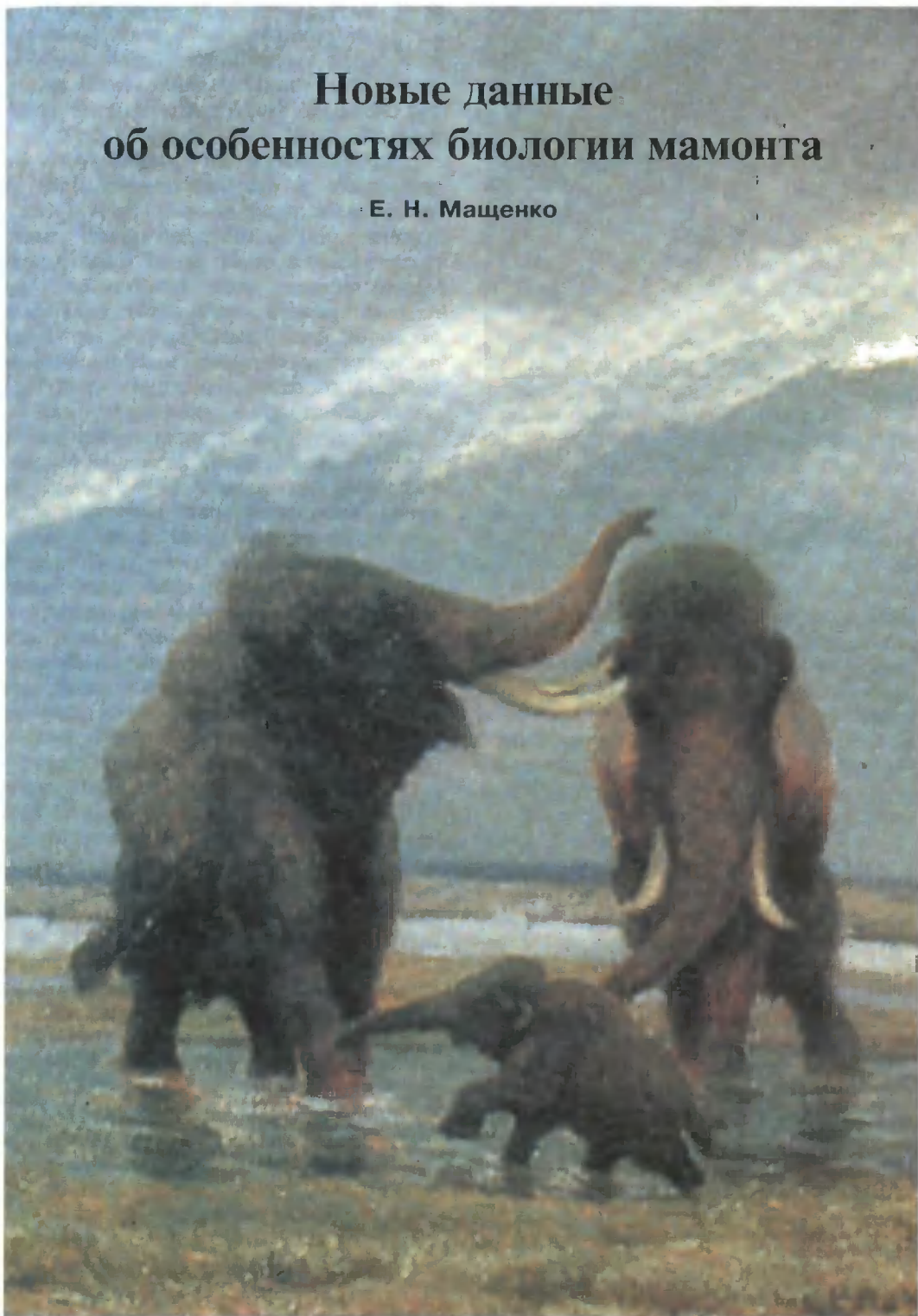
Можно также выслать «разведчика» в направлении к Солнцу, с тем чтобы он регистрировал появление межпланетного облака и сообщал о грядущей буре. Есть орбита искусственного спутника Земли с периодом обращения, равным году, находясь на которой аппарат все время не покидает линию Солнце—Земля. Именно в этом месте, называемом точкой Лагранжа, которая удалена от Земли на расстояние около полутора миллионов километров, располагается космическая обсерватория SOHO. Частицы, регистрируемые ею, достигают Земли примерно через 3 ч, и этого времени вполне достаточно для краткосрочного оповещения землян о предстоящей космической погоде.

Наконец, можно прогнозировать появления выбросов, исходя из физического механизма их возникновения. Магнитные жгуты, если они заполнены веществом, в линии H_{α} видны как волокна. По степени закрученности жгутов, их высоте над фотосферой уверенно оценивается запас их устойчивости и предрасположенность к эрупции. Подъем волокна или эруптивный протуберанец наверняка повлечет за собой и корональный выброс. Корональные структуры, наблюдаемые в ультрафиолетовом и мягком рентгеновском излучении, также отображают корональные токи и их динамику.

Человечество осознало, что космическая погода оказывает заметное влияние на нашу жизнь, и скоро ее прогноз станет таким же необходимым и привычным, как обещание дождя или солнечного дня в вечернем выпуске новостей.

Новые данные об особенностях биологии мамонта

Е. Н. Машенко





Евгений Николаевич Мащенко, кандидат биологических наук, научный сотрудник Палеонтологического института РАН. Область научных интересов — происхождение и филогения млекопитающих, в частности индивидуальное развитие и биология мамонта.

П О ПОПУЛЯРНОСТИ с мамонтом (*Mammuthus primigenius*) могут сравниться, пожалуй, лишь динозавры. С древних времен об этих гигантах складывались легенды, место которым есть и в наши дни. По одной из версий, современное название мамонта происходит от финских корней: *maa* — земля и *mutt* — крот. Остатки этого крупного млекопитающего часто залегают близко к поверхности земли, возможно поэтому родилось поверье, будто это существо живет под землей и погибает, едва явившись на свет. Вряд ли убедительно в наши дни выглядит и давно устоявшаяся версия о том, что мамонта истребил человек.

На огромных пространствах Евразии и Северной Америки жизнь человека позднего палеолита (50—10 тыс. лет назад) была тесно переплетена с жизнью крупных млекопитающих, среди которых мамонт занимал особое, уникальное место. Выяснением особенностей их сосуществования и причин вымирания мамонта (в конце ледниковой эпохи) занимаются ученые разных специальностей — археологи и палеонтологи, палеогеографы и палеоботаники.

Безусловно, свидетельств связей человека с гигантскими млекопитающими предостаточно. По многочисленным открытиям археологов известно, что человек использовал (заметим, и использует по сей день) кости и бивни мамонтов для изготовления орудий, оружия, построек жилищ и т.д. Однако до сих пор не ясно, были эти связи прямыми и укладывались в простую схему охотник — жертва или — более сложными и включали другие аспекты взаимодействия, аналогов которым мы не встречаем у охотничьих племен недавнего прошлого.

Огромное влияние на формирование взглядов многих отечественных и зарубежных исследователей мамонтов и мамонтовой фауны сыграли работы нашего современника, выдающегося палеонтолога Н.К.Верещагина. Любопытней-

ному читателю хорошо известны научно-популярные книги этого автора о мамонтах и мамонтовой фауне, которые издаются не только на русском, но и на английском, и даже японском языках¹.

Использование в последнее время новых подходов в комплексных исследованиях археологических памятников дало возможность иначе взглянуть на факты, которые ранее не принимались во внимание либо трактовались неверно. Так, накопленные зоологами, этологами и экологами наблюдения за жизнью современных слонов в условиях национальных парков Африки и Азии позволили экстраполировать их на мамонтов и переосмыслить уже известные факты в биологии вымершего гиганта², а также выявить достаточно много сходства в жизни этих млекопитающих.

Интересные и совершенно неожиданные данные были получены в результате многолетней работы ученых (археологов, геологов и палеонтологов) под руководством директора Института археологии и этнографии СО РАН академика А.П.Деревянко на позднепалеолитической стоянке Шестаково, где автор этих строк работал с 1993 г.

Стоянка расположена на правом высоком (до 37 м) берегу р.Кии (левый приток Чулыма), в 500 м ниже по течению от с.Шестакова Чебулинского р-на Кемеровской обл. Необыкновенно живописный Шестаковский яр сложен мезозойскими разноцветными песчаниками и глинами. Только относительно небольшая по мощности верхняя часть яра (11—12 м) сложена позднеплейстоценовыми желтоватыми лессами и лессовидными суглинками. Река образует здесь излучину и, протекая вдоль яра, продолжает его размывать.

Часть высокого берега, где расположена стоянка, и примыкающие к ней территории общей площадью около 0.5 км², находится в естественной кот-

ловине. Она образовалась в результате гигантского тектонического сброса, осложненного оползнем. Этот оползень имеет форму полуовала и направлен в сторону речной долины, ширина которой в районе Шестакова превышает 20 км. События, приведшие к формированию котловины, произошли скорее всего больше 1.5 млн лет назад. Со стороны речной долины образовался полукруглый вал из-за вздыбливания деформирующихся при сползании слоев осадочных пород. Долина при этом имела относительно высокие южный и северный склоны и более пологие и низкие восточный и западный.

Шестаковский яр привлекал внимание местных жителей еще в конце прошлого века. Прославилось Шестаково благодаря находкам костей млекопитающих позднеплейстоценовой эпохи. Из-за многолетнего разрушения берега большое количество археологических материалов вымывалось на поверхность вместе с множеством костей, среди которых преобладали остатки мамонтов. На южном склоне долины, ближе к реке, располагалась стоянка позднепалеолитического человека. Первые сообщения о находках в Шестакове следов стоянки человека были получены после проведения здесь в 70-е годы разведывательных работ под руководством академика А.П.Окладникова.

В конце плейстоцена в котловине существовали особые геоморфологические условия и гидродинамический режим. Этот период (24—14 тыс. лет назад) характеризовался относительно неустойчивым климатом, когда стадии значительного похолодания сменялись чуть менее холодными, но более влажными эпохами. Из-за преобладавших в те времена северных ветров именно южная часть котловины засыпалась лесосовой пылью, которая смывалась дождями и талыми водами, превращалась в лессовидные суглинки, слой за слоем покрывающие дно и склоны долины. Эти отложения и сохранили для нас большое количество костей мамонта вместе с остатками охотничьего лагеря древнего человека. Кроме того, талая и дож-

¹ См. напр.: Верещагин Н.К. Отчего вымерли мамонты. Л., 1979; Он же. Записки палеонтолога. Л., 1981.

² Haynes G. Mammoths, mastodons and elephants. Cambridge, 1991.



Раскопки 1998 г. позднепалеолитической стоянки человека на высоком (более 30 м) берегу р.Киш.



Излучина р.Киш в полукилометре выше по течению от места раскопок стоянки и копловины, к которой приурочено естественное скопление костей мамонта.



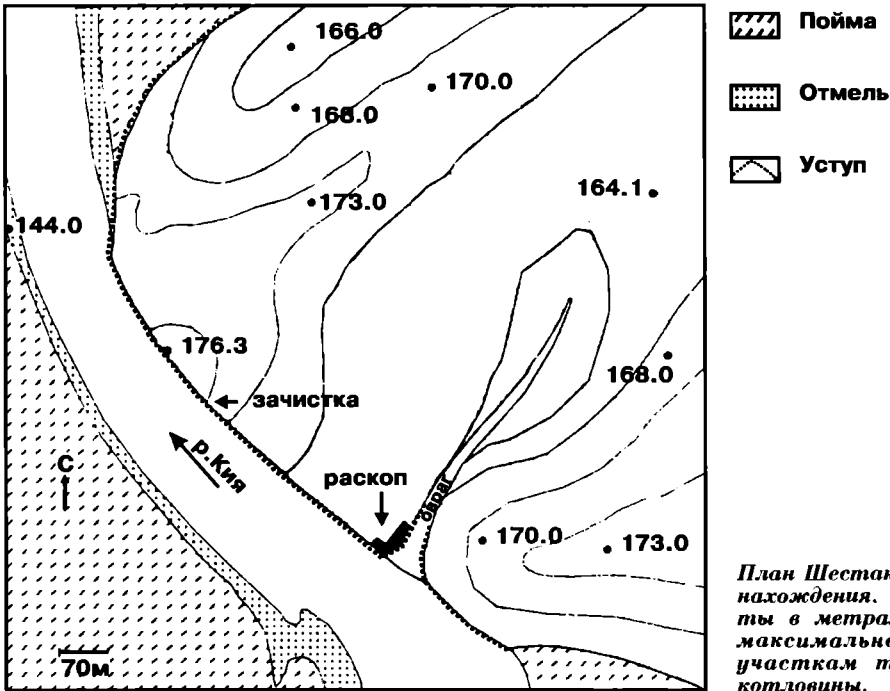
Вид на котловину вблизи Шестакова (с южной стороны). На заднем плане — высокий, относительно крутой склон, от которого около 1.5 млн лет назад оторвался оползень. Южный склон (с него производилась съемка) относительно пологий, повышающийся постепенно. На обращенной к реке стороне балки, которая прорезала в более позднее время котловину, около стоянки видна экспедиционная машина археологического отряда.

девая вода размывала и вскрытые оползнем слои пород мезозойского возраста, обнажившиеся вдоль разорванных сбросом бортов котловины. Год за годом эти перемытые водой осадки накапливались на ее дне, где в результате разлома водоупорных слоев и выхода на поверхность грунтовых вод образовалось заболоченное озерцо. Постоянное увлажнение, видимо, благоприятствовало росту более обильной растительности на дне котловины, чем на окружающих участках. Среди пыльцев растений, сохранившейся в слоях этого возраста, преобладают виды, растущие на болотах или прибрежных участках. Пыльца древесных холодолюбивых пород (ели и сосны) скорее всего попала сюда из других мест.

Условия накопления осадков позднелайстоценового возраста в котловине, расположение слоев относи-

тельно друг друга и относительно слоев, содержащих культурные остатки и кости ископаемых млекопитающих, указывают на две особенности. Первая — ритмичное чередование лессовидных (переносимых ветром и вторично перемываемых водой частиц пыли) и делювиальных отложений, сформированных после перемыывания пыли в самой котловине. Вторая — тесная связь, а часто и совместное залегание палеонтологических и культурных остатков.

По мере проведения раскопок причины скопления костей мамонтов и других крупных млекопитающих в котловине и на месте стоянки людей позднего палеолита стали постепенно проясняться. Многолетняя совместная работа специалистов разных областей знаний позволила, как части мозаики, сложить разрозненные отрывочные данные в



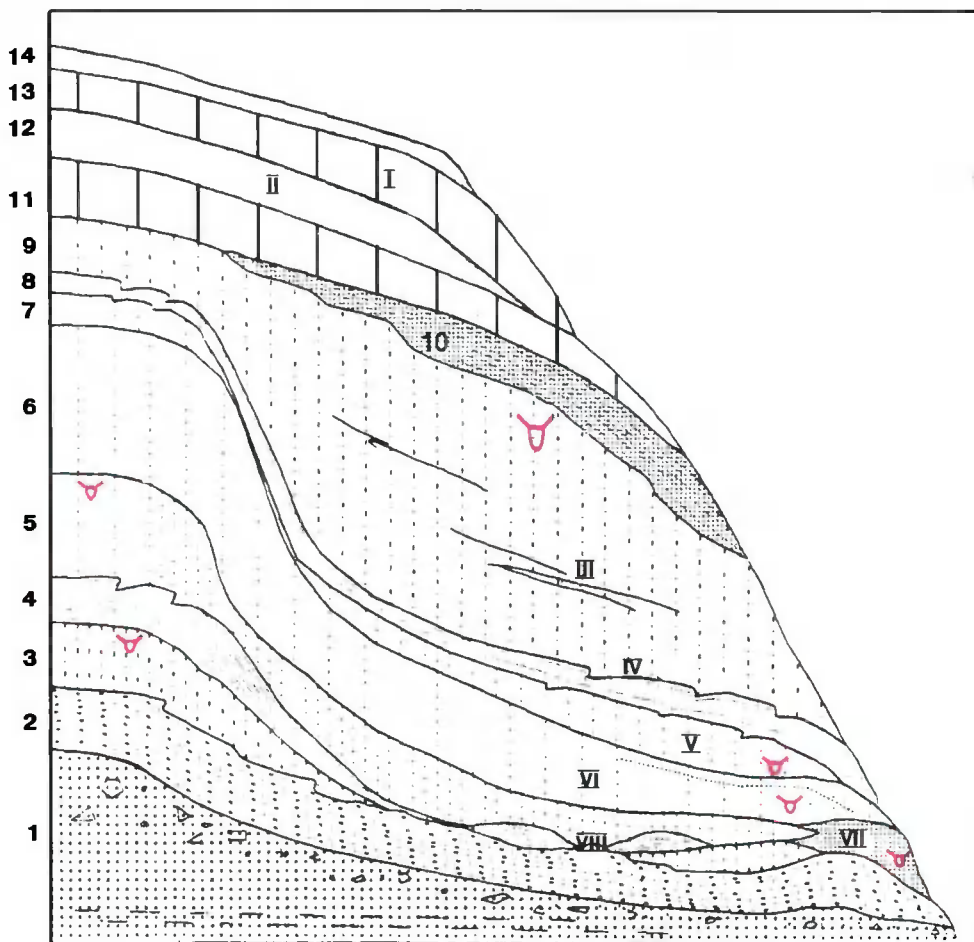
План Шестаковского местонахождения. Указаны высоты в метрах, отвечающие максимально опущенным участкам тектонической котловины.

единую картину. Порой это напоминало работу криминалистов, поскольку не очень обильные поначалу факты приходилось иногда дополнять и соединять с помощью логических построений.

Археологи выделяют в Шестакове несколько культурных горизонтов, сформировавшихся в разное время. Было установлено, что появление здесь первых скоплений костей мамонтов относится к началу каргинского похолодания (стадии внутри последнего вюрмского оледенения, которая началась более 20 тыс. лет назад). Однако, судя по радиоуглеродным датировкам, человек посещал котловину после того, как здесь уже скопилось какое-то количество костей. Из-за относительной малочисленности и невыразительности археологических материалов, добытых из большинства культурных горизонтов, на первых порах трудно было судить об укладе жизни местного древнего населения или особенностях его хозяйственной деятельности; удалось лишь установить, что люди здесь появлялись в разное время и очень ненадолго. Посещения эти про-

исходили, видимо, в теплое время года, так как не обнаружено ни очагов, ни следов жилых площадок. Кроме того, найденные здесь же остатки некоторых промысловых животных принадлежали молодым особям, едва достигшим годовалого возраста. При сезонном рождении детенышей (весна или начало лета) их гибель могла произойти только в теплый период года.

Всего в Шестакове обнаружены остатки 11 видов млекопитающих «мамонтового фаунистического комплекса», в том числе: мамонта (4,5 тыс. фрагментов, или более 90% всех собранных костей), северного оленя, плейстоценовой лошади, бизона, шерстистого носорога, волка, песца и зайца. Эти виды были хорошо приспособлены к холодному климату конца плейстоцена и широко распространены в Северном полушарии. На территории стоянки остатки млекопитающих представлены в основном мелкими обломками. На других участках котловины удавалось найти целые кости и даже черепа. Анализ самых мелких обломков костей и кост-



Разрез отложений плейстоценового возраста в Шестакове, на участке археологических раскопок. Разные по составу и структуре слои указывают на изменения условий их формирования в конце плейстоцена, что в первую очередь связано с климатом. Арабскими цифрами в левой части рисунка обозначены: мезозойские глины с включением крупных камней (1); отложения плейстоцена — делювиальные суглинки (2), суглинки (3), делювий из песков и глин (4), лёссы (5); отложения сартанской эпохи — лёссы, перемытые водой и смешанные с глиной (6), суглинки (7), делювиальные супеси различного цвета (8), плотные суглинки серо-коричневого цвета (9), делювий из грубых песков и супесей (10), плотный лёссовидный суглинок (11); голоценовые отложения — погрёбённые почвы (сильно гумусированные — 12 и почти песчаные — 13), современный слой (14). Культурные остатки и кости млекопитающих (показано цветом) содержатся в нескольких слоях и не образуют единой толщи, что указывает на перерывы во времени их образования. Римскими цифрами обозначены: слои с находками различных каменных орудий эпохи неолита (I, II); два разновозрастных культурных горизонта, содержащих обработанные кости и камни (III, IV); один из основных слоев, в котором совместно залегают палеонтологические и культурные остатки (VI); культурный горизонт, одна часть которого обнажилась в результате естественных геологических событий на самом краю балки (VII), а другая — переотложилась выше по разрезу (V), самый древний горизонт с единичными находками каменных орудий (VIII).



Участок раскопа Шестаковской палеолитической стоянки. Видны несколько костей мамонта: на переднем плане — фрагмент альвеолы, на заднем — мелкие кости стопы и позвонок взрослого мамонта. Длина линейки 1 м.

ного угля показал, что в качестве топлива использовались в основном крупные кости мамонтов. Кости, принадлежащие другим видам животных, как правило, не имеют следов воздействия огня, но на них есть следы резания и раскалывания — очевидные признаки «кухонной» обработки. Среди поврежденных человеком костей мамонта почти нет фрагментов плечевых, локтевых, лучевых, бедренных, берцовых, тазовых костей, лопатки, костей черепа и нижней челюсти, но много ребер, позвонков, костей запястья и плюсны, пальцевых фаланг, зубов и бивней, т. е. остатков тех частей туш, которые имели невысокую пищевую ценность. Не было смысла приносить их с места забоя животного на стоянку. Нет следов и разделки туш мамонтов, которые, как правило, есть на костях других млекопитающих, найденных в Шестакове. Известно, что куль-

турные традиции племен Западной и Восточной Европы в позднем плейстоцене были тесно связаны с использованием костей мамонта для изготовления орудий и других целей. Сейчас установлено, что многие стоянки древнего человека располагались вблизи или на месте естественных «кладбищ» животных. Одно из подтверждений тому — наличие на месте стоянки довольно большого количества (до 18—20%) остатков детенышей мамонта. В Шестакове также относительно большую часть составляют кости мамонят. Как ни странно, здесь пока не обнаружено ни одного свидетельства резьбы на бивне — характерного атрибута стоянок того времени в Восточной Европе. Напоминающие узор насечки и царапины встречаются только на ребрах мамонтов. Изделия из кости в Шестакове представлены единственной небольшой антропоморфной фигуркой из плотного основания крупного зуба мамонта и многочисленными фрагментами игл, отщепами из трубчатых костей и бивня, а также обломками костей со следами резки и скобления. По некоторым фрагментам можно догадаться, что бивни



Неповрежденное ребро и мелкие кости стопы взрослого мамонта на одном из участков раскопа. Длина линейки 40 см.

раскалывали на пластины, назначение которых пока не до конца понятно. Однако по технике исполнения это напоминает скалывание пластин с нуклеусов при изготовлении каменных орудий. Любопытно, что неспециализированное использование такого ценного сырья, как бивень, в Шестакове соседствует с ювелирной обработкой каменного материала и виртуозной ретушью на орудиях, часть которых типологически относятся к микролитам. Каменные или костяные орудия на Шестаковской стоянке не несут никаких черт специализации в охоте на мамонта и не дают сколь угодно значимой информации об особенностях уклада жизни населения.

Итак, сейчас, когда стали очевидны различия между составом и характером повреждений на остатках мамонтов и других видов млекопитающих, можно предположить, что деятельность человека в образовании скопления костей

мамонта имела второстепенное значение и заключалась во вторичном перемещении костей по территории местонахождения и стоянки. Видимо, происходила выборочная утилизация крупных костей скелета и бивней, которые раскалывались или сжигались. Мелкие кости стопы, ребра и позвонки использовались меньше, либо не использовались вовсе; они оставались на месте гибели животного. Все это приводит к мысли, что стоянка в Шестакове расположена непосредственно на одном из участков естественного скопления костей мамонта. Люди приходили сюда для их сбора, жили здесь непродолжительное время и охотились на случайно забредших на водопой животных. Что же могло послужить причиной скопления большого числа костей мамонта на относительно небольшом участке внутри тектонической котловины Шестаково, если человек к гибели мамонтов здесь непричастен?

Видовое разнообразие и обилие остатков крупных млекопитающих на разных, удаленных от стоянки участках местонахождения, указывает на их постепенное накопление. Животные при-

ходили в котловину в течение многих лет, и часть из них здесь и погибала. Год за годом костей в котловине становилось все больше и больше. Причем остатки шерстистого носорога или северного оленя встречаются здесь очень редко, тогда как мамонта — преобладают. Ясно, что котловина значительно больше привлекала именно мамонтов, которые посещали ее чаще, чем другие животные. Кости мамонтов из Шестакова имеют разную степень сохранности. Примерно у половины собранного материала есть следы выветривания на тех частях, которые долго находились на открытом воздухе (обращенная вниз поверхность сохраняется всегда лучше). Немало костей повреждено корнями растений, а есть и такие, которые пострадали при промерзании почвы. Все кости промысловых видов млекопитающих на территории стоянки сохранились примерно одинаково.

Кости взрослых мамонтов и детенышей, самцов и самок лежат вперемешку и на территории стоянки, и на других участках местонахождения. Среди погибших животных есть все возрастные группы — от очень старых особей до детенышей. Был обнаружен даже фрагмент скелета эмбриона мамонта, включающий 29 целых костей и их фрагментов³. Эта уникальная находка пока не имеет аналогов, хотя отдельные кости эмбрионов мамонта были найдены на других позднепалеолитических стоянках Русской равнины и Восточной Европы. Только с нескольких, ограниченных по площади участков «нашей» стоянки были собраны остатки как минимум 17 мамонтов. Среди них особое место занимает очень крупный самец высотой не менее 330 см (расчет производили по длине изолированных длинных костей конечностей) и массой, видимо, более 6 т. На другом участке был обнаружен бивень диаметром более 16 см. Столь крупные размеры тела не типичны для мамонтов, которые жили в позднем плейстоцене. Обыч-

но, судя по остаткам мамонтов, обнаруженным на других местонахождениях, максимальная высота самцов не превышала 280—290 см, а самок еще меньше — около 230—260 см.

В Шестакове приблизительно в равном соотношении представлены остатки самцов и самок, а детенышей — несколько меньше. Интересно, что примерно в том же соотношении погибают вблизи постоянных водоемов-водопоев современные африканские слоны. Скорее всего это свидетельствует о сходных механизмах формирования скопления костей мамонтов в Шестакове и слонов на обследованных в Африке водопоях.

И на территории стоянки, и вокруг нее крайне редко можно найти кости, которые лежали бы в анатомическом положении. Единственными находками такого рода были три туловищных и 18 хвостовых позвонков взрослого мамонта (обычно в хвосте бывает не меньше 18 позвонков). На исследованной территории в расположении всех остальных костей не наблюдалось какой-либо закономерности, например той, которая возникает при перемещении костей водными потоками. При этом обычно происходит характерная сортировка костей в зависимости от их массы и размера, они как правило имеют окатанную форму. С костями мамонтов, собранными в Шестаковской тектонической котловине, видимо, этого не случилось.

Большинство известных массовых костных скоплений животных плейстоценового периода образовалось именно благодаря захоронению в речных или озерных отложениях. Водные потоки сносят трупы или отдельные кости животных, а речные или озерные осадки надежно сохраняют их от дальнейшего разрушения. Иногда образование местонахождений остатков позвоночных, особенно млекопитающих, связаны с различными типами естественных природных ловушек⁴. Шестаково, по геологическим и археологическим данным, не соответствует ни одному из известных типов. Здесь отсут-

³ Подробнее см.: Машенко Е.Н. Фрагмент скелета эмбриона мамонта с сибирской позднепалеолитической стоянки // Природа. 1993. №11. С.121.

⁴ Верещагин Н.К. Записки палеонтолога.

ствуют отложения реки или старицы, нет свидетельств существования природной ловушки мамонтов, подобной песчаной яме местонахождения в Хот-Спрингс⁵ (США), или битумным ловушкам местонахождения Бинагады (Азербайджан). Значит, накопление в относительно небольшой тектонической котловине костей крупных позвоночных, и прежде всего мамонта, должно быть вызвано какими-то другими причинами.

Объяснение удалось найти, вновь обратившись к исследованиям зоологов, которые ведут многолетние наблюдения за жизнью современных африканских слонов⁶. Установлено, что кости слонов, погибших возле источников воды во время сильной засухи постепенно выветриваются, находясь на открытом воздухе, и под палящим солнцем, погребаются под осадками, продолжают разрушаться под действием корней растений и смешиваются с костями ранее погибших животных. Все эти процессы происходят непосредственно на месте гибели слонов.

Обнаружив много общего в характере повреждений и в структуре залегания костей мамонтов в Шестакове и африканских слонов в местах их естественной гибели, попытаемся продолжить аналогию. Во время кочевок мамонты периодически посещали Шестаковскую котловину, по каким-то причинам некоторые из них здесь погибли, как гибнут слоны вокруг водопоев. Скорее всего это — слабые, больные или старые животные, среди которых могли быть и самцы, и самки, и их детеныши. Что же привлекало мамонтов в Шестакове?

Известно, что распространение современных слонов территориально привязано к местам, где есть источники воды, пищи и выходы минеральных веществ, необходимых для поддержания

химического баланса организма животных. Поэтому, наиболее вероятной причиной регулярного посещения мамонтов тектонической котловины может быть наличие здесь выходов минеральных солей⁷. Все это было в полной мере подтверждено химическим анализом формирующих дно тектонической котловины песков и глин мезозойского возраста. Вскрытые разломом, они в течение длительного времени перемывались и переоткладывались на дне котловины, что повышало концентрацию минеральных веществ. Интересно, что вода, используемая из современных колодцев в деревне Шестаково, слабо соленая и сильно минерализована, поскольку водоносные горизонты связаны с содержащими соли и сильно минерализованными слоями древних осадочных пород.

Современные слоны, как и другие крупные млекопитающие, нуждаются в целом ряде неорганических соединений, включающих прежде всего Na, K, Ca, Mg, Cl, P, Fe. Существует прямая зависимость между размерами растительной пищи и их потребностью в минеральных веществах (более крупные нуждаются в них острее, чем мелкие). Одним из главных соединений, необходимых всем растительной пищи, считается NaCl, но, как показывают наблюдения, для современных слонов в Восточной Африке не менее важны соли K, Ca и Mg. Между прочим, эти сведения и знание того, что набор минеральных веществ и микроэлементов в почве в каждом случае неповторим, использовала местная полиция, чтобы определять районы, где незаконно добывалась слоновая кость. Таким образом, благодаря химическому анализу конфискованных партий слоновой кости властям удалось остановить незаконный отстрел слонов на некоторых охраняемых территориях в Центральной и Восточной Африке.

⁵ Agenbroad L.D. The mammoth population of the Hot Springs Site and associated megafauna // *Megafauna and Man: The Discovery of America's Heartland*. Hot Springs / Eds L.D. Agenbroad, J.D. Mead, L. Nelson. South Dakota, 1990. V.1. P.5—32.

⁶ Haynes G. Ibidem.

⁷ Впервые привязанность древних млекопитающих к источникам минеральных веществ была установлена в местонахождении остатков позднеллейстоценовых американских мастодонтов (*Mammuth americanum*) и мамонтов на территории штата Мичиган (США), которое оказалось локализовано вблизи природных источников NaCl.



Взрослый африканский слон хоботом и бивнями раскапывает и поедает почву, богатую минеральными веществами (Shoshani J. et al. The Illustrated Enciclopedia of Elephants. N.-Y., 1991.).

Источники минералов не во всех районах одинаково доступны. Климат и особенности ландшафта в значительной степени сказываются на геохимических циклах и обороте минералов. В районах с умеренным и холодным климатом для млекопитающих отмечено явление мине-

рального голода. Оно обусловлено тем, что в почвах и водах современных тундры и тайги заметно снижена щелочность, особенно в весенний период⁸. Са, Mg, Na легко выщелачиваются из почв и коры выветривания гумидных областей, чем и объясняется дефицит этих элементов в тайге и тундре. Учитывая палеогеографические особенности плейстоцена (раз-

⁸ Барабаш-Никифоров И.И., Формозов А.Н. Териология. М., 1963.

витие зон с многолетней мерзлотой), можно с большой долей вероятности говорить о сезонной нехватке в минеральных веществах у крупных млекопитающих. В тектонической котловине около Шестакова снос продуктов выветривания пород мезозойского возраста поверхностными и тальными водами в понижения рельефа, а также близкое залегание грунтовых вод вызвали образование источника минеральных солей, который посещали группы мамонтов в течение длительного времени.

Подстилающие плейстоценовые отложения породы мезозойского возраста сильно карбонатизированы, что, вероятно, стало результатом остаточной засоленности прибрежно-морского бассейна в раннем мелу. Практически все типы пород этого возраста в Шестакове содержат CaCO_3 . Более того, в отложениях нередко встречаются кристаллики кальцита. Содержание Ca, Mg и Na в этих породах больше, чем в обычных почвах (кальция — в семь, магния — в четыре, натрия — в полтора раза). Поэтому можно предположить, что источник минеральных солей в Шестакове содержал соединения, богатые именно кальцием и магнием.

* * *

В конце плейстоцена высокие склоны котловины и ее дно состояли из вскрытых разломом и оползнем красных и бурых глин и серых песчаников мезозойского возраста. Дно котловины представляло собой небольшое заболоченное озерцо, заполненное илом и полужидкой глиной, снесенной в него со склонов котловины. Благодаря испарению воды почва вокруг озера была покрыта налетом солей. Более пологая часть котловины, обращенная в сторону речной долины, запорошена лессовой пылью, покрывающей растительность,

которая особенно пышно разрасталась вокруг самого озера. Временами сильный ветер приносил тучи пыли, закрывающей солнце и засыпающей все вокруг. Группы мамонтов, приходя к озеру, поедали почву и жидкую грязь на его берегах. Возможно, спуск к местам выхода солей в самой котловине был затруднен и некоторые ослабевшие мамонты, спустившись вниз, оставались там, не имея сил дальше следовать за своей группой. Видимо, обогащенная солями почва дна котловины была доступна для мамонтов только в теплое время года. Сильное увлажнение внутри котловины способствовало промерзанию почвы на большую глубину. Об этом свидетельствуют разнообразные криогенные нарушения лессовых отложений. По некоторым из них можно судить о том, что замерзание почвы было периодическим, сезонным.

Пространственное и временное наложение культурных и фаунистических слоев в толщах плейстоценовых осадков характерно для многих регионов Евразии. Возможно, это объясняется приуроченностью стоянок к местонахождениям костей — палеолитический человек зависел от крупных млекопитающих, которые были для него непосредственным источником пищи. Эта связь впервые выявлена на стоянках Русской равнины, но для территории Сибири она до настоящего времени не была столь ясной и очевидной. Получив данные из Шестакова, можно увереннее говорить об определенной общности в укладе жизни человека позднего палеолита в некоторых районах Европы и Сибири.

Работа выполнялась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 9615-98-0689) и PalSIRP (Международного фонда палеонтологических исследований).

Соболиное озеро

Т.М.Сковитина, А.А.Щетников

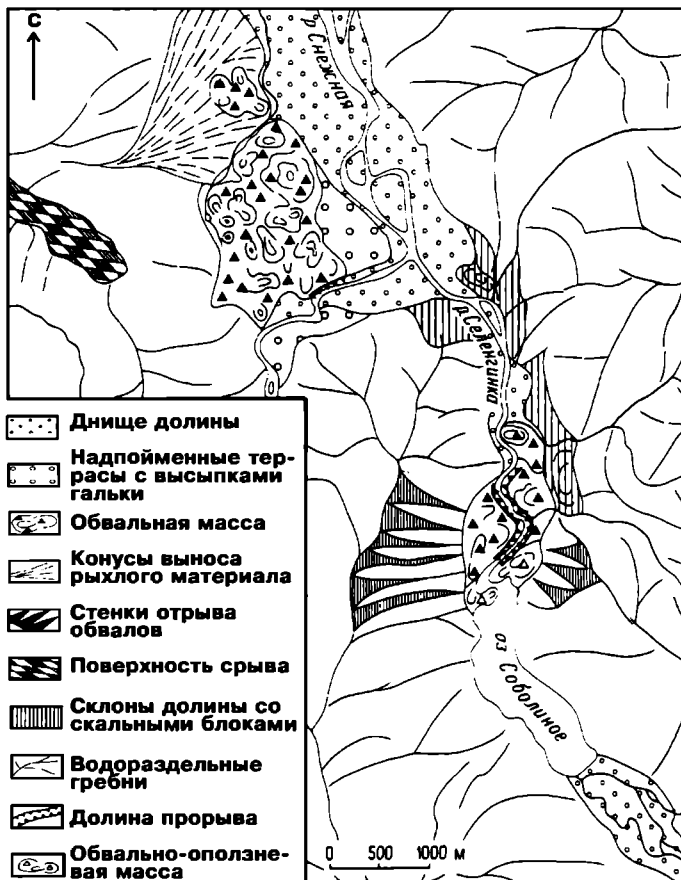
Иркутск

В ВОСТОЧНОЙ Сибири, вблизи южного берега Байкала, в хребте Хамар-Дабан, расположено горное оз.Соболиное, во все времена года притягивающее к себе водных и пеших туристов. Какой-то необъяснимый природный его магнетизм заставляет людей покидать берега самого Байкала и преодолевать десятки километров труднопроходимых троп. Человек во все времена испытывал непроходимый интерес ко всякого рода природным катаклизмам и местам их проявления, а оз.Соболиное как раз и относится к разряду таких мест. Его история тесно связана с крупными природными катастрофами, подобными тем, что создали, например, оз.Сарез на Памире или оз.Рица на Кавказе.

Расположено Соболиное озеро на абсолютной высоте 640 м, в долине Селенгинки, правого притока р.Снежной (в 4 км выше ее устья). Его площадь¹ составляет 1.1 км², глубина — около 50 м, а объем водной массы превышает 10 млн м³.

В геологическом строении района принимают участие хлорит-серицитовые и хлорит-серицит-биотитовые сланцы. В зонах высокого метаморфизма — гранат-биотитовые, силлиманит-гранат-биотитовые и андалузит-ставролитовые гнейсы с прослоями мрамора

© Т.М.Сковитина, А.А.Щетников
¹ Галкин В.И. Снос обломочного материала в озеро Байкал // Донные отложения Байкала. М., 1970. С.16—28.



Геоморфологическая схема района оз.Соболиного.

ров хангар-ульской серии докембрия.

Окружают озеро массивные, с выпуклыми склонами горы, абсолютная высота которых достигает 1824 м. В их вершинном поясе на высотах 1300—1400 м видны единичные кары (нишеобразные углубления, когда-то занятые ледником), иногда группирующиеся в небольшие (1200 м в диаметре) цирки, дающие нача-

ло коротким трогам. Преобладающей же ледниковая морфоскульптура становится далее к югу, к осевой части хребта, где горы уже поднимаются до 2200 м.

Река Селенгинка заложена в широкой, грабенообразной долине с высотой бортов до 1 км. Начинается она в месте слияния двух рек — Зун-Селенгинки и Барун-Селенгинки (образующих, собственно, саму р.Селенгинку)

— и протягивается примерно на 10 км. По морфологии днища долину можно разделить на три участка. Первый, верхний участок, протяженностью около 4 км, заканчивается в месте впадения Селенгинки в озеро. Река в пределах этого участка блуждает по широкой (300—400 м) и плоской равнине, разбиваясь на рукава и протоки. На втором участке расположено собственно оз. Соболиное. Его протяженность составляет в настоящее время чуть более 2 км, а ширина (практически одинаковая по всей длине) — 500 м. Селенгинка в месте впадения в озеро сформировала широкую авандельту, которая хорошо дешифрируется по аэрофотоснимкам. Погружается она в глубь озера сравнительно медленно, из-за чего южная часть водоема мелководна, что в целом для него не типично. Береговая линия практически не затронута абразией, и довольно крутые (30—35°) склоны долины, на правом борту зачастую скалистые, резко уходят под воду, не образуя уступов.

Днище третьего, нижнего участка долины Селенгинки завалено обрушившимися с бортов каменными блоками, мощность которых превышает 100 м, а суммарный объем достигает 3 млн м³. Сейчас обвальную массу прорезает узкая долина глубиной 2—25 м, днище которой загромождено крупными (до 80 м³) глыбами. В местах их скопления русло реки приобретает сильно порожистый характер. А в 70 м ниже озера в результате такого скопления образовался живописный пятиметровый водопад. Кроме Селенгинки в размытые обвала принимают участие два правых ее притока, сильно видоизменившие изначальный облик правобережной части обвальной плотины.

Система грабенообразных долин Снежной и Селенгинки заложена в зоне сочленения двух структурных элементов хребта Хамар-Дабан — Снежинского глыбового поднятия и свода Западного Хамар-Дабана. К этой надразломной зоне тяготеют многочисленные нарушения сбросового характера. С проявлением сейсмической активности в этом районе и связанная смещения крупных объемов горных пород с бортов долины Селенгинки в ее приустьевом участке, создавшие 100-метровую обвальную плотину, выше которой и сформировалось Соболиное озеро².

Такое катастрофическое смещение горных пород в днище долины происходило дважды: первый раз в виде крупного обвала, второй — скального оползня-обвала. Несмотря на несопоставимость масштабов проявления этих событий (площадь обвальной массы составляет около 1.3 км², а оползня-обвала — лишь 0.2 км²), они сыграли равноценную роль в создании и развитии озера.

Обвал возник в результате срыва крупного объема горных пород с приводораздельной части левобережья Селенгинки. В склоне здесь хорошо сохранились две сопряженные конусообразные ниши, за которыми прослеживается путь переноса обвальной массы — система резко выделяющихся на общем фоне склона широких, слившихся желобов. Достигнув узкого днища, каменные глыбы ударились о противоположный борт и на несколько сотен метров сместились вниз по долине, застыв в виде хаотичных буг-

ров, валов и западин неправильных очертаний.

Оползень-обвал сошел с правого борта Селенгинки как раз в том месте, где находилась дамба, образованная предыдущим обвалом. Надвинувшись на плотину, он нарастил ее еще на 15—20 м.

Склоны борта долины здесь имеют сложную блоковую структуру, а слагающие их породы несут следы сильных тектонических нарушений. Обособленные скальные громады на склонах иногда приобретают специфические формы: блоки как бы отделяются от междуречных массивов и нависают над долиной.

Участок отрыва оползня-обвала представляет собой правильный амфитеатр с высокой стеной около 150 и шириной около 300 м. От его основания, расположенного на высоте 20—25 м над уровнем озера, до противоположного борта долины протягивается языкообразный каменный шлейф, который хорошо выделяется на фоне поросшей лесом, частично задернованной и уплотненной обвальной массы. На слагающих его крупных глыбах, со средними размерами 3—4 м³, лишь изредка виднеются куртины кедрового стланика и единичные низкорослые ели. Для этой обвально-оползневой структуры характерны чашеобразные ниши в ее тыловой и фронтальной частях. Первая имеет диаметр около 50 м при глубине 5—6 м, вторая же более внушительна — 200 м в диаметре и глубиной 20 м. При заполнении ванны Соболиного озера эта чаша была также затоплена. Сейчас она представляет собой что-то вроде небольшого коллектора, через который проходит вода из озера.

² Хромовских В.С. Сейсмогеология южного Прибайкалья. М., 1965.



Соболиное озеро в месте прорыва плотины. Вид с востока.

Здесь и далее фото авторов



Долина прорыва обвальной перемычки. Вид с юга.



Сбросоввал на левобережье р.Снежной в месте впадения в нее Селезигинки. На переднем плане фрагмент обвальнй массы с коническими скальными ядрами, на заднем — поверхность срыва горной вершины.



Один из останцов обтекания в притечесвой части долины р.Снежной.

Рассматривая катастрофические события в районе Соболиного озера, кроме обвала и оползня-обвала, нельзя не упомянуть еще одно, более впечатляющее — грандиозный обвал на левобережье р.Снежной в месте впадения в нее Селенгинки, возникший в результате срыва одной из вершин водораздельного хребта. Этот обвал произошел на некотором удалении от озера и напрямую не влиял на ход его истории. Однако своим существованием он дополняет общую картину природной обстановки в этом районе и подтверждает тенденцию развития здесь опасных геоморфологических процессов.

Как все природные образования, озера проходят определенные стадии развития: юность, зрелость и старость. Однажды возникнув и преодолев сложный путь, они в конце концов исчезают³.

Есть много примеров озер-призраков, которые формируются за счет временной подпруды речных потоков, происходящей при землетрясениях, высоких паводках, селевых потоках и др. Так, при землетрясении 8 марта 1829 г. с эпицентром в Тункинской долине (юго-западный фланг Байкальской рифтовой зоны) у с.Туран обвалилась огромная часть скалы, и на некоторое время р.Иркут была подпруджена⁴. Наблюдаются также следы значительного стеснения русел обвальными массами на р.Ихэ-Ухгунь в Тункинской же долине, у выхода р.Апсат из гор в Чарскую впадину (северо-восточная часть Байкальской рифтовой зоны).

Селевые потоки, широко распространенные в горах, окружающих Байкал, создают недолго живущие озера, но, помимо этого, уничтожают или значительно уменьшают их. По мнению В.И.Галкина, оз.Соболиное было дважды частично спущено и сокращено в размерах. Прорывы сопровождались катастрофическими селями, следы которых мы отмечаем вплоть до слияния Селенгинки со Снежной. Большие глыбы и валуны до 3 м в поперечнике хаотично навалены в днище долины, зачастую создавая значительные стеснения русла Селенгинки. Галкин описал глыбу с 6-метровым основанием и весом более 200 т, лежащую в 200 м от железнодорожной станции Выдрино. Такая исполинская глыба вряд ли была принесена из обвальной перемычки, особенно если учесть, что расстояние, которое она должна преодолеть, достигает почти 16 км, а уклон русла Снежной на этом участке приближается к 0.004. Скорее всего она была вывучена из левобережной части Снежной, на выходе ее из гор. Здесь, почти посредине долины, возвышаются два конусообразных останца высотой до 180 м. При катастрофическом потоке они, безусловно, оказывались «в центре событий», испытывая на себе всю силу бушующей стихии.

На современном этапе нельзя исключить дальнейшего развития оз.Соболиного. Причины для этого вполне достаточно. Во-первых, периодически повторяющиеся землетрясения в пределах южного Байкала (например, семибалльное землетрясение 1902 г.). Во-вторых, большая среднегодовая норма осадков в Прибайкалье (до 1300 мм в горах). В-третьих, повторяющиеся с завидным постоянством бур-

ные паводки с особенно высоким уровнем на Селенгинке и Снежной. Эти факторы вместе могут спровоцировать очередную прорыв обвальной плотины, последствия которого необходимо учитывать для обеспечения безопасности жизни людей и сохранности инженерно-строительных сооружений в близлежащих селениях⁵.

Соболиное — яркий пример плотинно-обвальных озер, и оно далеко не единственное в Байкальской рифтовой зоне. Известны оз.Ангараган в Северо-Муйском хребте, озера в верховьях р.Шумилихи в Баргузинском хребте, небольшое сезонное озеро в долине Озерко в Приморском хребте.

Подобные озера встречаются во многих горных системах: оз.Шива в северо-восточной части Афганистана, оз.Абрау на Черноморском побережье, оз.Яшиль-Куль (ныне спущенное) в Алайском хребте, оз.Гаалан-Гаар в горах Иранской провинции и многие другие⁶. Плотинные озера обвального типа в пределах Байкальской рифтовой зоны отличаются от них лишь своими размерами, местами формирования и возрастом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Гранты 96-05-64765, 97-05-64352.

³ Ефремов Ю.В. В стране горных озер. Краснодар, 1991.

⁴ Голенецкий С.И. Землетрясения в Иркутске. Иркутск, 1997. С.52—55.

⁵ Кульчицкий А.А., Сковитина Т.М., Уфимцев Г.Ф. // География и природные ресурсы. 1997. №1. С.61—65.

⁶ См., напр.: Никонов А.А. Озеро Шива в Афганистане // Природа. 1968. №4. С.102—105.

В первую декаду октября 1998 г. озоновая дыра над Антарктикой достигла рекордных со времени ее обнаружения размеров — свыше 27 тыс. км² (что больше, например, территории США).

По мнению метеоролога Дж.Шанклина (L.Shanklin; Британское управление антарктических исследований), это было связано с развитием Эль Ниньо: его возникновение усиливает воронкообразное движение холодных воздушных масс, которые ежегодно формируются над Антарктидой. В весенний для Южного полушария период 1998 г. центральная часть этой воронки охладилась больше, чем обычно, — примерно на 4°С; ее температура достигла -86°С. Это создало идеальные условия для образования полярной стратосферной облачности: поступавшие сюда антропогенные¹ соединения хлора и брома активно разрушали озон, порождая гигантскую дыру в озоносфере.

New Scientist. 1998. V.160. №2125. P.5 (Великобритания).

В апреле 2000 г. по полной программе начнет работать один из крупнейших в мире оптических телескопов, принадлежащий Японской национальной астрономической обсерватории. Инструмент, расположенный на горе Мауна-Кеа на о.Гавайи, получил имя Субару — так по-японски называется звездное скопление Плеяды.

Субару работает в инфракрасной части спектра и обладает самым большим цельным зеркалом (8.2 м в

¹ См. также: Естественные причины возникновения озоновой дыры // Природа. 1998. №6. С.107—108.

диаметре), что позволяет использовать его для изучения наиболее удаленных окраин Вселенной.

Nature. 1999. V.397. №6718. P.30 (Великобритания).

Группа экспертов по научным аспектам защиты морской среды при Всемирной метеорологической организации ООН опубликовала отчет, посвященный основным источникам загрязнения открытых акваторий Мирового океана. В документе сообщается, что загрязняющие моря вещества, такие как азот, фосфор, тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк, медь и ртуть), а также долгоживущая органика (ДДТ и полихлорбифенилы) попадают в водную среду в значительной мере с атмосферными осадками.

Эти выводы справедливы и для прибрежных вод и полузакрытых морей (Средиземное, Северное, Балтийское). Так, в Чесапикский залив (Атлантический океан), на берегах которого расположены Вашингтонский и Балтиморский мегаполисы, из атмосферы поступает 31% свинца, 27% цинка, 12% кадмия, 82% алюминия и 39% азота. Этим же путем в Северное море попадает 48% полициклических ароматических углеводородов и 93% полихлорбифенилов.

World Climate News. 1998. №12. P.11 (Швейцария).

На северо-востоке Китая, около города Бэйпяо, находится огромное «кладбище» ископаемых организмов — динозавров, птиц, растений. Однако на этих бесценных для палеонтологов остатках жители окрестных деревень делают свой бизнес: варварски

расхищая эти свидетельства прошлого и лишая их геологического и палеонтологического контекста, они продают их не только заезжим специалистам, но и любителям раритетов, а то и просто перекупщикам-спекулянтам.

В начале 1999 г. специальным постановлением правительства КНР был создан заповедник площадью 46 км². Его охрана возложена на местных жителей, которые, как полагают, опасаясь потерять неплохо оплачиваемое место, превратятся в надежных сторожей.

По мнению Ф.Карри (Ph.Curtie; Тайррелловский палеонтологический музей, Драмхеллер, провинция Альберта, Канада), единственный недостаток такого решения в том, что площадь заповедника мала; на примыкающих территориях тоже возможны интересные находки, которые не должны попадать в руки случайных людей.

New Scientist. 1999. V.161. №2168. P.19 (Великобритания).

Деревянный причал древнеримского порта обнаружен при археологических раскопках в низменной части современного испанского порта Ирун (43°40' с.ш., 01°48' з.д.). Ранее археологи уже находили здесь развалины строений, датированные 50—150 гг. н.э. Заболоченная низина способствовала консервации деревянных конструкций причала. Предметы, собранные в его округе (керамика, черепки глиняной посуды, монеты) позволяют утверждать, что в свое время порт был важным торговым центром, возможно третьим по значению после тех, на месте которых сейчас расположены Лондон и Бордо.

La Recherche. 1999. №321. P.25 (Франция).

Аполлоновка совсем не синяя синица

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции РАН им.АН.Северцова

Москва

МАЙСКИЙ дождик, всю ночь напролет нежно шептавший что-то молодой листве, к утру изнемог от неги и тихо умер. Тонкие березки на краю заболоченного леса немного погрузили о нем в предрасветной хмари, роняя на прошлогодний опад и свежую зелень болотного крупнотравья редкие капли-слезинки, но быстро утешились, обласканные утренним ветерком.

Солнце еще не встало, но уже чувствовалось по бледной зорьке, когда самец длиннохвостой синицы, или аполлоновки (*Acredula caudata*), окончательно вынырнул из полузабытья весенней ночи. Его подруга еще спала в теплом, закрытом гнезде, плотно посаженном мягким сероватым яйцом в развилке ствола полузасохшей ольхи, чахнувшей на самом краю болота. Ольху покрывали седые лишайники, точно такие же, как на внешних стенках гнезда, и оттого заметить его, даже вблизи, было совсем непросто.

Синички жили вместе третий год, срок по птичьему времени немалый. Всю прошлую осень и зиму они кочевали в общей стае с синицами, поползнями и пищухами, оживляя своими голосами уснувший лес, но ранней весной облюбовали нынешнее место для гнезда. За неделю до конца мая самочка села насиживать крохотные яички, белые, в красноватых крапин-



Гнездо в развилке.

Здесь и далее фото автора

ках, нежно опекаемая своим заботливым супругом. Изредка она вылезала наружу, и тогда они вместе сновали в залитых солнечным плеском ивняках, длиннохвостыми, пушистыми, розовато-коричневыми с черным, шариками, наслаждаясь близостью и полнотой жизни.

А жизнь текла своим порядком. Весна незаметно выросла в лето. Голые крошкитенцы начали освобождаться от тесноты яичной тюрьмы под утро, на Троицу. Уже к вечеру следующего дня появился девятый, последний и самый слабый. Прожил он всего одну ночь. Зато осталь-



Аполлоновка у гнезда.

ные, быстро освоившись с праздником жизни, заявили о себе неумным аппетитом. Неугомимые родители с утра до вечера искали для них корм — личинок и мошек. Их легкие, пушистые длиннохвостые силуэты то и дело возникали на краткий миг, чтобы, тут же исчезнув, появиться рядом в другом месте — то в кронах березок, то в куртинах ивняков, вертясь в карусели вечного движения жизни.

Отдых наступал только в синих сумерках и длился недолго — летние ночи коротки. А подрастающие птенцы просыпались рано, до рассвета, неугомонно ворочаясь и толкаясь, устремляясь повыше к выходу — окну в большой мир, для них еще враждебный и незнакомый. От их постоянной возни гнездо раздалось и местами потерлось до того,

что из дырочек торчали темные хвосты синичат.

За неделю до вылета птенцов случилось несчастье. Самка перепелятника опередила синичку-мату всего лишь на миг, мелькнув в ее сознании серой тенью, навсегда погасившей свет в глазах пичуги. Секунду спустя она уносила ее в сырой ельник, судорожно сжав в нервных когтистых лапах крошечное тельце с бесильно упавшей на грудь головкой и капелькой крови на клюве.

Теперь отцу семейства приходилось работать за двоих. Хорошо еще корма хватало, стояли теплые июньские дни, и комариной мелочи было вдоволь.

В окрестных сырых лесах доспевала сизой поволокой черника, когда птенцы покинули наконец гнездо, окунувшись с головой в океан внешней жизни. Какое-то время они еще целиком за-

висели от овдовевшего отца, но к середине июля освоили искусство выживания, не раз спасаясь в чаще ивняков от серого бандита перепелятника и назойливо-наглых ворон.

Лето быстро катилось к осени. Семейство иволг, живших в березняке, по соседству, однажды под вечер тронулось в путь, растаяв золотистой стайкой в темнеющей синеве закатного неба.

Пришла пора расстаться с детьми, разлетевшимися кто куда. Изредка отец видел их мельком, кочуя по местам, где прошла его жизнь с погибшей подругой. Какая-то непонятная, но властная сила удерживала его здесь, мешая покинуть родное болото.

Маялся он не долго, отправившись вскоре в лапах луны вслед своей подруге в страну, из которой нет возврата.

«Высокие плато» и рифты Западной Антарктиды

Г.Б.Удинцев



Глеб Борисович Удинцев, член-корреспондент РАН, заведует лабораторией геоморфологии и тектоники дна океанов Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского. Занимается изучением рельефа и строения дна океана. Участник многочисленных океанских экспедиций. Неоднократно печатался в «Природе».

УКРЫТАЯ ледовым панцирем, далекая от нас Антарктида все еще таит в себе множество загадок. С одной из них мы столкнулись во время работ 1994/95 и 1997/98 гг. в Российско-Германской антарктической экспедиции¹. И кажется, нам удалось ее решить. Но об этом немного позже, а сначала о том, как эта экспедиция возникла.

ВЗАИМОВЫГОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В 1994 г. в Западной Антарктике начинались работы по Германскому антарктическому геодезическому проекту², задачей которого было проведение геокинематического мониторинга. Так называют многократно повторяющиеся наблюдения за изменением географического положения опорных точек, характеризующим движением крупных литосферных блоков и плит.

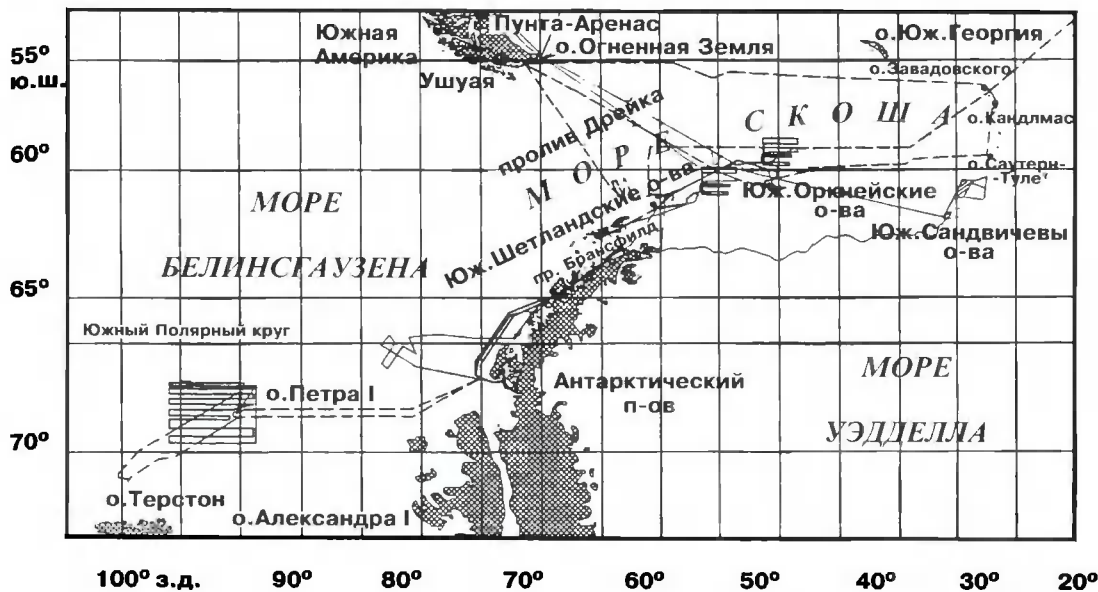
Геодезические пункты этого проекта должны были войти в более широкую сеть международных станций, организованных на берегах Антарктиды и окружающих ее материков, а также на некоторых океанских островах.

Часть немецких геодезических станций должна была устанавливаться с помощью ледокола «Полярштерн» — судна Института полярных и морских исследований им.А.Вегенера. «Полярштерн» ежегодно совершает рейсы в море Уэдделла к германской антарктической станции «Неймайер» на берегу Земли Королевы Мод. Однако чтобы не отвлекать ледокол от района его основных работ, где он действительно необходим,

© Г.Б.Удинцев

¹ Галимов Э.М., Удинцев Г.Б., Шенке Г.В., Шёне Т. // Вестн. РАН. 1999. Т.69. №2. С.13—21.

² The Geodetic Antarctic Project GAP95. German Contributions to the SCAR 95 Epoch Campaign / Ed. R.Dietrich. München, 1996; Bonneville A., Pearlman M. // EOS. 1998. V.79. №52. P.633—634.



Маршруты научно-исследовательского судна «Академик Борис Петров» в 1994/95 и 1997/98 гг.

требовалось еще одно судно, способное работать среди плавающих льдов сравнительно небольшой толщины.

По инициативе немецкой стороны им стало научно-исследовательское судно Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН «Академик Борис Петров», способное работать в ледовых условиях и при этом оборудованное для выполнения геофизических, геологических и геохимических исследований. Этому событию предшествовали научные контакты между немецкими и российскими учеными. Они же послужили основой нового российско-германского проекта «Геодинамика Западной Антарктики», который предполагал совместное проведение геодезических и морских геологических работ, так как их результаты могли бы способствовать геодинамической интерпретации данных геокинематического мониторинга.

Нашему судну предстояло транспортировать немецких геодезистов с их оборудованием к местам, где было на-

мечено создать опорные геодезические станции. На переходах мы планировали проводить морскую геофизическую съемку; кроме того, на тех структурах морского дна, которые считались ключевыми для понимания причин и следствий движений литосферных блоков, намечались детальные полигонные исследования. Эти структуры предполагалось выявить в результате осуществления геокинематического мониторинга.

Руководство экспедицией было поручено автору этой статьи. Участие в ней стало для меня осуществлением давней мечты. (В 1955 г. я уже собирался в Антарктиду, но вместо «Оби», доставлявшей советских полярников на далекий материк, в силу обстоятельств попал на «Витязь» и проплавал на нем в Тихом океане не один год.) Соручководителями экспедиций с немецкой стороны были в 21-м и 29-м рейсах «Петрова» геофизики Г.Шенке и Т.Шёне.

БРЕМЕРХАФЕН — АНТАРКТИДА

Оба рейса начинались в Бремерхафене, где находится Институт полярных и морских исследований ФРГ, с погрузки оборудования геодезических станций, комплекса жизнеобеспечения наблюдателей (палатки, питание, одеж-



«Академик Борис Петров» подходит к берегам Антарктического п-ова.

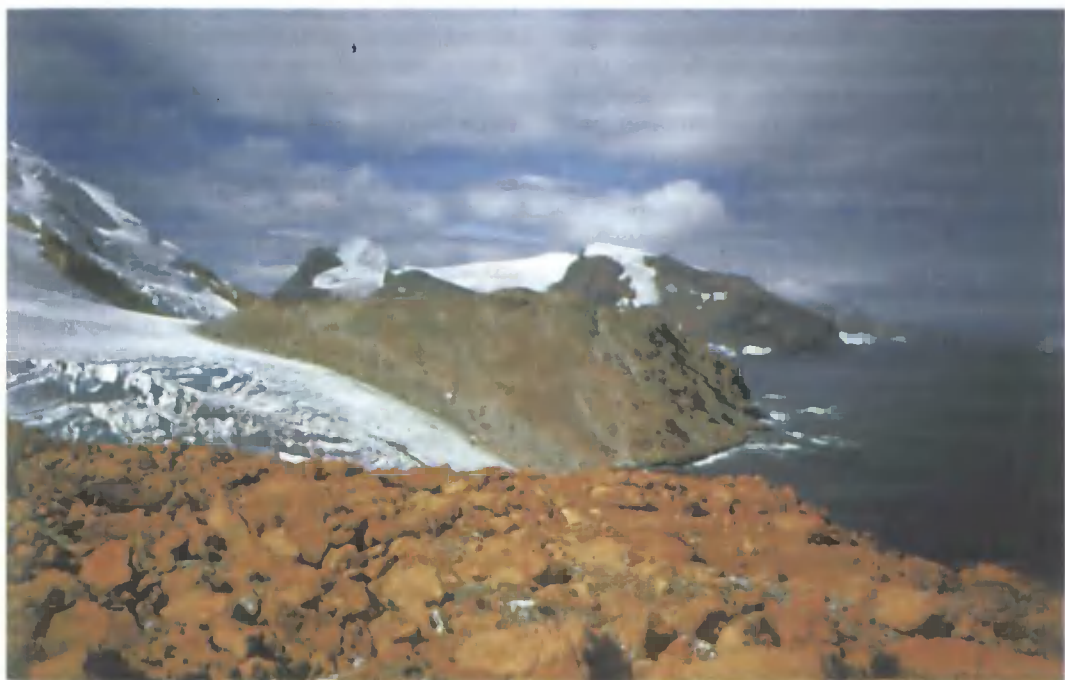
Здесь и далее фото автора



Высадка на о.Сигни.



Вертолет перевозит наблюдателей и грузы на берег.



Остров Рожнова — пример диапира континентальной мантии.

да, инструменты и т.п.) и вертолета с мобильным ангаром для него. (На нашем судне специально для этих экспедиций была построена вертолетная площадка.) Затем судно выходило в море и совершало переход в ближайший к району работ порт Южной Америки. В 21-м рейсе таким портом для «Петрова» был Пунта-Аренас на берегу Патагонии в восточной части Магелланова пролива, а в 29-м — Ушуая на берегу Огненной Земли в проливе Бигля. В этих портах на судно прибывала германская группа ученых, отсюда же она и улетала после окончания геодезических работ. Руководители германского проекта считали невыгодным платить своим наблюдателям во время перехода в Антарктику морем, предпочитая обойтись более дешевым перелетом туда и обратно.

В первую экспедицию мы отправились из Бремерхафена 4 декабря 1994 г. На выходе в океан из пролива Ла-Манш нас встретил жестокий пятидневный шторм. Океан стал стихать, когда спустились в более низкие широты. Плавание долгое, но столько интересных новых наблюдений на пути, что время проходит быстро. Под нами проплывали записываемые на лентах приборов подводные хребты, вулканические горы, древние плато, грандиозные разломы океанского дна.

Входим в теплые воды, и днем из-под форштевня вспархивают, сверкая на солнце блестящими, словно стрекозиными, крыльями летучие рыбы. Однажды, выйдя утром на палубу, я заметил, что белые стенки судовых надстроек внезапно порозовели — это восточный ветер наваял красноватую пыль пустыни Сахары.

И вот уже экватор. Вечерами стремительно ныряет в морскую гладь, слегка расплывшаяся, словно от удара о нее, багровый солнечный шар, и вспыхивают яркие звезды, среди которых находишь заветное созвездие Южного Креста, верный признак перехода в Южное полушарие, и таинственные туманности Магеллановых Облаков.

К исходу месячного плавания мы приближаемся к берегам с детства зна-

комой по «Детям капитана Гранта» Патагонии. Входить в Магелланов пролив из Атлантики лоция рекомендует во время прилива. Поэтому ждем его начала — в тот день пришлось ждать до трех часов ночи. Судя по описаниям совсем не старой лоции, низменные берега Патагонии плохо видны ночью, и мореплавателю нужно внимательно искать неяркие огни входных маяков. Но выйдя на палубу, поражаюсь морем ярких огней впереди нас. Это десятки, а может быть, даже сотня факелов горящего газа на морских буровых платформах богатого нефтью и газом шельфа — «нефтяная лихорадка» Магелланова пролива!

Промчавшись по нему с приливным течением, входим в порт Пунта-Аренас, принимаем на борт прилетевших сюда немецких ученых и снова — на юг. Пересекаем пролив Дрейка, и на нашем пути — Южные Оркнейские о-ва.

ПЕРВАЯ ВЫСАДКА

Первую геодезическую станцию следовало основать на одном из островов этой группы — о.Сигни, вблизи британской антарктической станции с таким же названием.

Сначала нужно было подыскать надежный скальный выступ фундамента, чтобы установить четыре репера. Это оказалось не так-то просто — горные породы в Антарктике подвержены интенсивному морозному разрушению и дробятся на крупные блоки. Зато открылась возможность собрать коллекцию пород Антарктических о-вов и Антарктического п-ова. Их горы относят к системе так называемых Антарктанд — связующего звена между Андами Южной Америки и Трансантарктическими горами Западной Антарктиды.

Присматриваясь к скальным выступам и попутно собирая образцы горных пород, мы обследовали большую часть острова. При этом старались не беспокоить населяющих остров многочисленных пингвинов и тюленей.

Наконец, выбрали подходящее место и начали перетаскивать на него бесчисленные тяжеленные тюки и

сундуки с оборудованием, доставленные на остров с судна вертолетом. В выбранном месте пробурили в скале по четыре шпура для установки реперов: один основной — в центре треугольника и три вспомогательных — по углам. На реперах установили тарелки-антенны для приема сигналов геодезических спутников. Приемно-регистрирующая аппаратура разместилась в палатке, наблюдателя, по договоренности с начальником британской станции «Сигни», определили на жительство в один из станционных домиков (впрочем, за 100 долл. в день). Так делали в тех случаях, когда геодезические пункты создавались вблизи постоянных антарктических станций — чилийских, аргентинских, американской. Западная Антарктида — это относительно обжитой район, но «квартиры» и коммунальные услуги здесь не дешевле.

Когда же станции предстояло открывать в необитаемых местах, приходилось устраивать быт наблюдателей самим. Например, на о.Рожнова (Гибс) для двух девушек, которым предстояло провести там целый месяц, на высоком скалистом мысу поставили лагерь из трех палаток — для жилья, аппаратуры и кухни, тут же расположили склад продуктов и топлива для движка с электрогенератором и обогревателей. Общались с наблюдателями через телефонную спутниковую систему связи. Так же были устроены геодезические станции на мысах Ноттер-Пойнт и Пунта-Спринг на побережье Антарктического п-ова.

Всего во время экспедиции 21-го рейса «Петрова» на островах и на Антарктическом п-ове были основаны 11 геодезических станций, в 29-м рейсе к ним добавили новые пункты.

НА ПЕРЕХОДАХ

На переходах между геодезическими пунктами мы вели эхолотную съемку и, следуя проливом Брансфилд, отделяющим Южно-Шетландские о-ва от Антарктического п-ова, наблюдали поперечные разломы на шельфе. Они пересекают рифтовый грабен пролива и с шельфа

Антарктиды переходят на островной шельф. Узкий и глубокий желоб пролива прижимается к подножию островного цоколя. Поскольку трещины по обе стороны рифтового желоба совпадали, возникла мысль, что рифт наложен на существовавшие ранее разломы. Обращало на себя внимание и то, что разделенные ими участки шельфа ступеньками поднимались вдоль пролива в юго-западном направлении. Позднее нам в руки попали опубликованные американскими и испанскими исследователями чрезвычайно подробные карты пролива Брансфилд, и мы убедились, что они также обратили на это внимание³.

После сравнительно низменных островов и невысокой северной оконечности Антарктического п-ова высота гор по мере движения на юго-запад стала стремительно нарастать. Так, горы о-вов Смоленск (Ливингстон) и Березина (Гринвич) поднимались уже до 1500—3000 м, и амплитуда рельефа от двухтысячных глубин дна рифтового желоба, прижимающегося к подножию островного цоколя, до стремительно взрывающихся над морем пиков скалистых гор достигала 5000 м.

Все более заметными становились и проявления вулканической активности. Уже на входе в пролив Брансфилд мы встретили первый потухший вулкан — о.Бриджмен, а за ним на дне пролива эхолот «высмотрел» еще несколько вулканов. И наконец, близ выхода из пролива расположен действующий вулкан — о.Тейля (Десепшн). В его кальдере ведет узкий проход между грозными обрывами скал (настоящие Сцилла и Харибда). За этим вулканом рифтовый желоб пролива выклинивается, и наш путь лежит по сравнительно мелководному проливу Жерлаша к антарктической станции США Палмер на о.Анверс, далее проливом Грандидье — к британской станции «Ротера» на о.Аделаиды. А там уже рукой подать до самой южной в экспедиции 1994—1995 гг. геоде-

³ Lawer L.A. et al. // GSA Today. 1996. V.6. №11. P.1—6; Gracia E. et al. // Mar. Geophys. Res. 1996. V.18. P.429—448.



Лагерь наблюдателей на неприступном мысу о.Рожнова.



Геофизики на мысу Ноттер-Пойнт.



Широкое поле плавучих льдов закрывает подходы к мысу Нунта-Спринг (Антарктический п-ов).



Ледник у станции «Сан-Мартин». Здесь рождаются айсберги.

зической станции близ аргентинской базы «Сан-Мартин», на Берегу Фальера Антарктического п-ова, близ залива Нени-Фьорд.

Поразительно красивы его берега. Крутые склоны гор сложены пластами пород, цвет которых — от глубоких черных тонов до зеленых и ярко красных на южном мысу залива. Голубые обрывы ледников обступают станцию «Сан-Мартин», и плавучие ледяные поля с небольшими айсбергами протягиваются из глубины Нени-Фьорда в широкий залив Маргерит, выход из которого отмечает высокая скалистая пирамида — о.Пуркуа Па.

В ПОИСКАХ СЛЕДОВ СУБДУКЦИИ

Здесь начиналась наша основная работа. По представлениям геологов Британской антарктической службы, уже много лет ведущих исследования Западной Антарктики и опубликовавших ее геологические и тектонические карты, вдоль северо-западного склона Южно-Шетландских о-вов существует зона субдукции, где ложе пролива Дрейка, так называемая литосферная плита Феникс, пододвигается под плиту Западной Антарктиды. Морфоструктурное отражение субдукции, по мнению многих авторов, — глубокий Южно-Шетландский желоб⁴. Нас же интересовало, существуют ли признаки продолжения этого желоба к юго-западу, что могло бы служить признаком возможной субдукции и в южной части Антарктического п-ова. Ведь движение океанской литосферной плиты от рифтовой зоны Южно-Тихоокеанского поднятия в юго-восточном направлении должно было бы вызывать ее поддвижение под Антарктическую плиту.

С этой целью мы пересекли широкий и переуглубленный, как это типично для областей покровного оле-

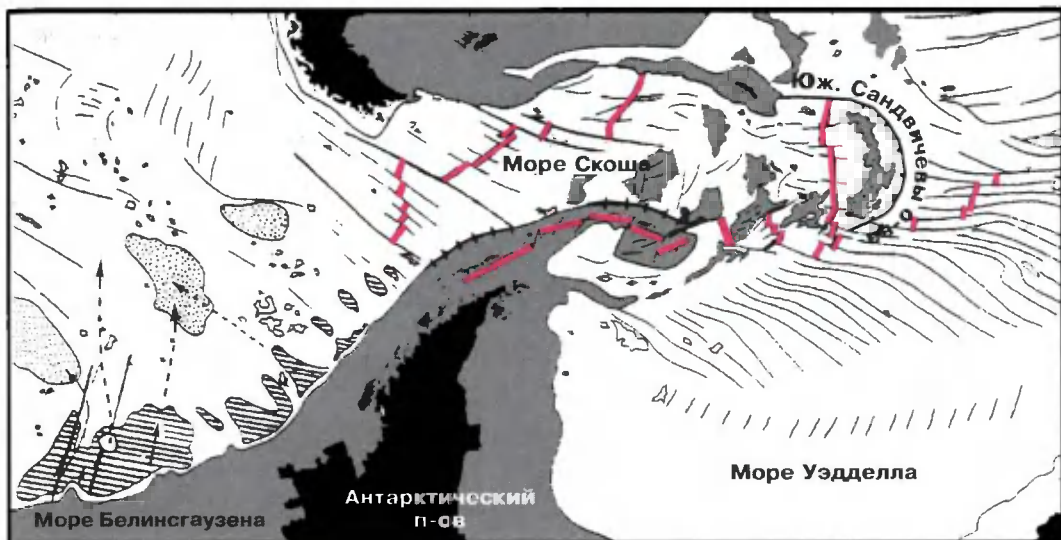
денения, шельф Антарктического п-ова против о.Аделаиды, и вышли, миновав край шельфа, на континентальный склон моря Беллинсгаузена. Следуя промерными галсами поперек континентального склона, мы обнаружили, что верхняя его часть полого спускается до глубин около 3200 м, а ниже лежит почти горизонтальная ступень — пологий выступ шириной около 40 миль, с асимметричным профилем. Юго-западный край его приподнят и ограничен относительно крутым спуском, тогда как в северо-восточном и северо-западном направлениях его поверхность плавно спускается к ложу океана. Скорее всего это аккумулятивное тело, сформированное оползнями и суспензионными потоками. Мы не обнаружили здесь ни признаков продолжения Южно-Шетландского желоба, ни следов деформаций осадочного чехла, которые можно считать следствием субдукции. Поэтому было решено прекратить эту работу и идти на северо-восток, где находятся интересные для понимания геодинамики структуры морского дна.



ВНЕДРЯЮЩИЕСЯ РИФТЫ

Таковыми нам представлялись мало изученные к тому времени образования, возникшие там, где рифтогенный Американо-Антарктический хребет утыкается в восточную оконечность хребта Южный Скоша. Поднявшись на северо-восток вдоль Антарктического п-ова и следуя к востоку через котловину Пауэлл в северной части моря Уэдделла, мы вышли в этот район.

Проведенные здесь детальные полигонные исследования рельефа дна позволили получить сложную картину того, что хотелось бы назвать трудными, но настойчивыми попытками рифта внедриться в пределы континентального массива хребта Южный Скоша. В самом деле, свойственная рифту система разломов и рифтовых ущелий здесь троекратно внедряется в массив хребта, каждый раз смещаясь понемногу к западу и вместе с тем к югу от перво-

⁴ Баркер П.Ф. Море Скоша. Рельеф дна, линейные магнитные аномалии, сейсмичность // Междунар. геол.-геофиз. атлас Атлантического океана / Под ред. Г.Б.Удинцева. М., 1989—1990. С.60—61.



	абиссальные равнины		русла суспензионных потоков
	дрифты - аккумулятивные гребни		рифты
	желоба субдукции		разломы
	желоба-грабены		континентальные массивы и микроконтиненты
	подводные горы		ложе океана

Морфоструктура Западной Антарктики.

начального направления⁵. Далее к западу от нашего полигона массив хребта Южный Скоша раздроблен на несколько микроконтинентальных блоков, разделяемых глубокими желобами-грабенами. Эта часть хребта изучена еще недостаточно, и трудно решить, какие из желобов — рифты (вероятно, зачаточные ввиду не очень интенсивной сейсмической активности), а какие — трансформные разломы. Но следом за этой мозаикой блоков находится крупный микроконтинент Южно-Оркнейских о-вов, на котором наши коллеги из института «Севморгео» обнаружили очередную ячейку рифта⁶.

Позднее, после завершения месячного периода наблюдений и эвакуации геодезических станций, мы продолжили детальные исследования рельефа хребта Южный Скоша к западу от Южно-Оркнейского микроконтинента и получили яркую картину рифтового ущелья, рассекающего массив хребта, плоские, срезанные абразией гребни которого находятся сейчас на глубинах примерно 1000 м. Дно же ущелья лежит на глубинах близких к 3600 м, но в самой западной его части, на пересечении с косо-секущим трансформным разломом в котловине, глубина достигает 5300 м. Следующая к западу ячейка рифта смещена к югу, а еще дальше к западу, опять со смещением к югу, начинается крупное звено рифта пролива Брансфилд. Все эти ячейки рифтов сейсмически активны и представляются нам

⁵ Удинцев Г.Б., Шенке Г.В., Кольцова А.В., Князев А.Б. // Океанология. 1998. Т.38. №8. С.901—910.

⁶ Кавун М.М., Винниковская О.С. // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1993. Т.68. Вып.6. С.83—95.



Бухта Анворд. Подходы к плато Форбидден.



Обрывы плато Форбидден.



Пролетая над плато Форбиден на вертолете, мы видели вдали плато Фостер.



Пингвины на о. Порт-Локрой. Вдали — пунатак, выступ фундамента, обтекаемый льдом.

звеньями рифтовой цепочки, протягивающейся к западу из района внедрения рифта Американско-Антарктического хребта, начавшегося близ южной оконечности Южно-Сандвичевой островной дуги.

Принято считать, что желоба-грабены вдоль хребта Южный Скоша отвечают зоне правостороннего сдвига, связанного со смещением плиты ложа моря Скоша к востоку⁷. Нам же кажется более вероятным, что эти желоба представляют собой цепочку рифтовых ячеек. По-видимому, происходит внедрение рифта от рифтогенной системы Американско-Антарктического хребта в западном направлении, вплоть до вулкана о. Десепшн, а может быть, и далее.

Известно, что рифтовые структуры протягиваются в Антарктиде в системе Трансантарктических гор от Земли Виктории, огибая море Росса, через горы Королевы Мод к горам Элсуорта, но, видимо, не смыкаются с рифтами Антарктического п-ова. Предполагается, что развитие этой рифтовой системы в восточном направлении блокировано мантийным воздыманием (плюмом)⁸. Можно думать, что развитие встречной системы рифтов из пролива Брансфилд приведет к соединению этих двух рифтовых цепочек.

Во второй половине февраля мы снова пошли на юг, «собирая» наблюдателей. И наконец, направились к южному окончанию станционной цепочки — станции «Сан-Мартин».

На этом переходе погода нам благоприятствовала. Небо большей частью было чисто, и хотя над морем часто стоял туман, над его пеленой были видны сияющие на солнце белоснежные вершины гор островов и Антарктического п-ова. Нельзя было не обратить внимание на необычайно четко вырисовывавшиеся плоские ступени так называемых «высоких плато» Антарктического п-ова, легко различимые и на топогра-

фических картах Британской антарктической службы.

ПОЛЕТ НАД ПЛАТО

Эти плато образуют как бы лестницу, каскад ступеней, начинающийся на юго-западе плато Форбиден (2300 м). Последовательно понижаясь в северо-восточном направлении, за ним следуют плато Фостер (2100 м), Херберт (2000 м), Детройт (1500 м), Луи-Филипп (1260—1370 м), Лаклавер (1030 м). Завершает каскад плато на вершине о. Д'Юрвилль (300 м), лежащего в нескольких милях от северо-восточной оконечности Антарктического п-ова.

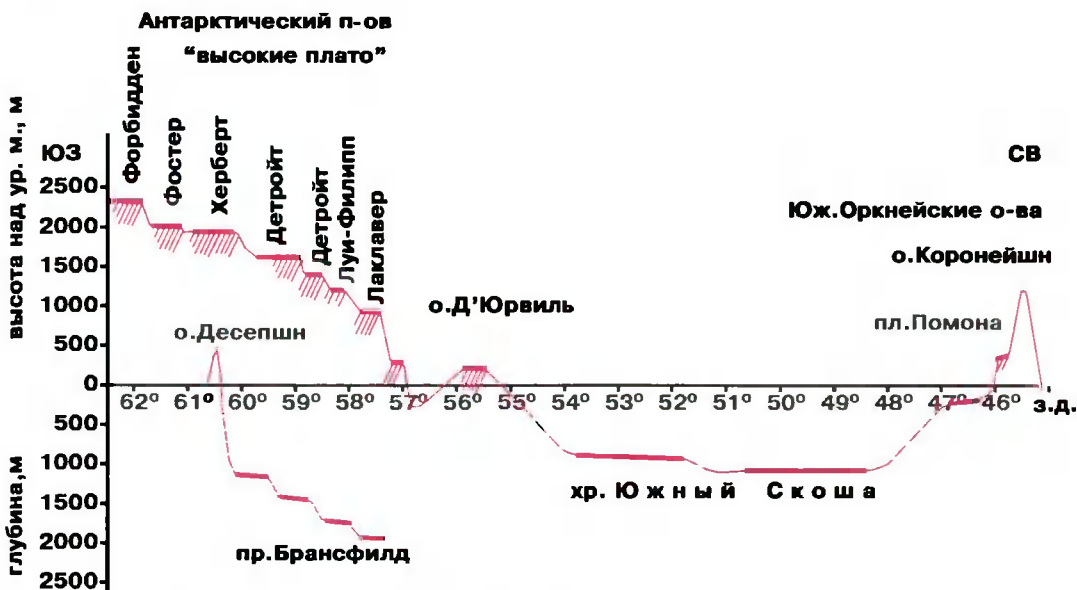
Из обсуждений с немецкими коллегами, побывавшими здесь ранее, получалось, что самое простое объяснение происхождения плоских поверхностей плато — это заравнивание неровностей их прежнего рельефа шапкой снега и льдов. Допускалось также, что эти плато — фрагменты древнего пенеплена, обширной поверхности эрозионно-аккумулятивного выравнивания континента Антарктиды в доледниковую эпоху. Все это было не слишком убедительно.

Во время посещения британской антарктической станции «Ротера» на о. Аделаиды мы встретились с руководителем геологического отдела Британской антарктической службы Томсоном и стали расспрашивать его о происхождении заинтересовавших нас плато. Тогда (1995 г.) таких данных у английских геологов еще не было из-за труднодоступности плато. Однако в ближайшем будущем англичане намечали сделать сейсмическое профилирование ледового покрова некоторых плато, чтобы получить представления об их подледном рельефе.

Мы обсудили с Г. Шенке возможность обследования одного из этих плато с помощью нашего вертолета. Следует сказать, что такой полет с подъемом на 1500—2500 м, да еще в сложных погодных условиях, показался поначалу несколько рискованным. К счастью, это

⁷ Dalziel I.W.D. // Episodes. 1984, V.7, №3, P.8—13.

⁸ Behrendt J.C. et al. The West Antarctic Rift System: A Review of Geophysical Investigations // Contributions to Antarctic Research II. Antarctic Research Series. 1991. V.53. P.67—112.



Каскад «высоких плато» Антарктического п-ова и подводного хребта Южный Скоша.

не очень смутило пилота Ю.Бюхнера. Бывший летчик-истребитель ВВС ГДР, в совершенстве владевший управлением МиГа, он за штурвалом легонького вертолета не раз демонстрировал высокое мастерство пилотажа, стремительно бросая свою «стрекозу» вверх и вниз.

Оставалось «поймать» погоду с хорошей видимостью в те дни, когда будем вблизи таинственных высоких плато. От станции «Ротера» мы двинулись на восток проливом Неймайера. Погода была не очень благоприятной для нашего предприятия. Дул сильный ветер, с юга в пролив втекал густой туман, и довольно плотные слоистые облака то и дело заволакивали величественные горы восточного берега о.Анверс.

Из пролива Неймайера мы вышли в пролив Жерлаша и приблизились к бухте Андворд, где особенно близко к берегу лежит высокое плато Форбидден.

И вот удача! Облака вдруг куда-то ушли, и перед нами открылась перспектива его ослепительно сияющей на солнце снежной шапки. Стало ясно — надо вылетать немедленно. Мы взлетели примерно в 18.30, было еще совсем

светло, хотя полярное солнце уже снижалось. Зато облачность в это время над побережьем совсем растаяла и видимость была изумительной — воздух казался прозрачным, как хрусталь. Летим, набирая высоту над спокойной, зеркальной гладью воды. Под нами много плавучих льдов и айсбергов — в идеально прозрачной воде я впервые увидел их глубокие подводные «корни» (с палубы судна их рассмотреть почти невозможно). В вершине бухты справа к морю спускался ледник Бегшоу, слева — Мозер. Поверхность ледников вся в глубоких трещинах, словно спины чудовищных ящеров. Уступы гор вокруг нас — почти отвесные, и в обнажениях отчетливо выделяются наклонно падающие слои древних осадочных пород.

Поднявшись вверх над крутыми склонами и выйдя к окраине плато, мы увидели, как обнажающаяся на обрыве из-под льда плоская абразионная поверхность, перекрытая горизонтально лежащим слоем льда и снегов, срезает наклонные слои горных пород. Местами, следуя изгибу склонов, между горными отрогами края подледной поверхности плато понижались, и по этим понижениям сползали ледниковые язы-

ки. Там же, где плоская подледная поверхность обрывалась крутым уступом, лед не стекал, сохраняя горизонтальное залегание. В подножьях скальных уступов виднелись каменные осыпи. На высоте 2300 м вертолет понесся над снежной равниной, кое-где прорезанной узкими трещинами. Мы пересекли плато Форбидден в его наиболее узком месте, где на восточный склон Антарктического п-ова стекает ледник Уолленд. Отсюда хорошо был виден столь же четко обозначенный, как и на западе, край подледной поверхности плато, срезающий наклонные пласты горных пород. В десятке миль к северо-востоку, в чистой от облаков и туманов дали просматривался абсолютно горизонтальный край плато Фостер. До него было еще далеко, и хотя соблазнительно подлететь поближе, пилот многозначительно махнул рукой в сторону наплывающего с востока облачного поля. Надо было поворачивать назад.

На судне, в замкнутом пространстве каюты, долго не проходило восторженное ощущение прикосновения к тайнам высоких плато. Загадка их происхождения начинала понемногу разгадываться.

КАК ОБРАЗОВАЛИСЬ ПЛАТО?

Плато — это древние абразионные поверхности, срезанные морскими волнами в те давние эпохи геологической истории, когда вершины гор Антарктического п-ова находились на уровне моря. Но как они поднялись так высоко и почему образовалась вся «лестница»? На переходе к станции «О'Хиггинс», что в северной части Антарктического п-ова, и к Южно-Оркнейским о-вам, к началу полигона на хребте Южный Скоша, было время обдумать эти вопросы. Вспомнились упоминавшиеся мною выше погруженные абразионные поверхности подводного хребта Южный Скоша и «ступеньки» шельфа Антарктического п-ова в проливе Брансфилд. Выстраивалась протяженная цепочка таких поверхностей, поднимающихся на большую

высоту в головной части цепочки внедряющихся рифтов и погружающихся в хвостовой.

Думается, это должно соответствовать поднятию коровых блоков над наиболее нагретым и разуплотненным мантийным плюмом к юго-западу от пролива Брансфилд и в его западной части, в районе вулкана Десепшн, и быстрому обрушению коровых блоков из-за остывания диапира в восточной части пролива. Еще значительней оказалось погружение плоской вершинной поверхности хребта Южный Скоша, лежащей теперь на глубинах около 1000 м, в районе между Южно-Шетландскими и Южно-Оркнейскими о-вами.

Построенная нами картина казалась мне достаточно ясной. Жаль только, что у нас маловато было наблюдений над морфоструктурой других «высоких плато». Кроме того, смущал вопрос о роли в погружениях восточной части островов и Антарктического п-ова глубокого Южно-Шетландского желоба. Но времени для его исследований и продолжения работ не оставалось. Была закончена эвакуация геодезических станций, и надо было возвращаться. Короткий визит в Пунта-Аренас, прощание с германской группой, и снова дальний переход через всю Атлантику. А потом было обсуждение результатов экспедиции в Институте им.А.Вегенера в Бремерхафене, куда наше судно зашло для выгрузки вертолета и геодезического оснащения. И домой, в Калининград.

СНОВА В АНТАРКТИКЕ

Два года мы обрабатывали собранные материалы и готовились ко второй экспедиции. 3 декабря 1997 г. наше судно вновь вышло из Бремерхафена. К обычным попутным измерениям глубин на переходе до Ушуаи добавились гравиметрические исследования. В Ушуаю на этот раз прибыли не только немецкие геодезисты, но и директор нашего института Э.М.Галимов вместе с приглашенной им французенкой, историком

М.Шатене дю Траверсе. У нее была особая миссия — правнучатая племянница Российского министра военно-морского флота И.И.Траверсе, инициатора организации первой русской антарктической экспедиции Ф.Ф.Беллинсгаузена и М.П.Лазарева, она намеревалась установить памятный знак с бронзовой мемориальной доской на о.Завадовского, первом из островов, открытых этой экспедицией в Антарктике.

Работы опять начались с расстановки геодезических станций. Однако в этот раз ледовые условия в Антарктике оказались более тяжелыми. В Тихом океане произошел необычайно мощный выброс теплых вод из района Филиппинского моря в его восточную часть — так называемое Эль Ниньо. Всколыхнулась вся водная масса океанов и атмосферы, а в Антарктике кромка плавучих льдов выдвинулась далеко на север. С этим экспедиция столкнулась в самом же начале работ, когда льды не подпустили суда (наше и английское) к о.Сигни ближе, чем на 15 миль. Но у нас был свой вертолет, а у англичан — не было. Целую неделю пришлось вырывать коллег.

Сплошные поля льдов не позволили подойти к о.Терстон в море Беллинсгаузена ближе 50 миль. Операция с вертолетом казалась небезопасной, так что от установки геодезической станции на этом острове пришлось отказаться. Почти сплошной покров льда на о.Петра I не позволил и там основать лагерь для геодезистов, и мы ограничились здесь установкой автоматической станции.

Полигонная съемка тоже была нелегкой из-за сильного шторма, накотившего с запада — с просторов Тихого океана. Несмотря на эти трудности, работы в море Беллинсгаузена были успешными и позволили получить дополнительные данные. В морфоструктуре и глубинном строении дна отсутствовали какие-либо признаки пододвигания океанической плиты под литосферный массив Антарктиды. Исследованные нами разломы Беллинсгаузена и

Петра I—Жерлаша, судя по структуре гравитационного поля, переходят из океана на континент. Химический состав расположенных на этих разломах вулканических образований гор сходен с составом вулканитов Земли Элсуорта в Западной Антарктиде. Не свидетельствует ли это о том, что существует северное продолжение плиты Западной Антарктиды, погруженное в океанские глубины котловины Беллинсгаузена?

В конце февраля наступало время эвакуации наших геодезических станций и еще двух, установленных «Полярштерном». Авария вертолета не позволила ему снять автоматическую станцию с о.Южный Туле и наблюдателей со станции на о.Кандлемас. С этой целью мы совершили переход на восток через всю котловину моря Скоша, обходя с севера ледяные поля, поднявшиеся из моря Уэдделла.

На о.Завадовского с трудом удалось перебросить за несколько полетов не только геодезистов, но и моряков, с энтузиазмом взявшихся изготовить из подручных материалов и установить памятник с бронзовой доской, привезенной М.Шатене. В Париже эта доска была освящена представителем Московской патриархии митрополитом Гурием. Над памятником был поднят Андреевский флаг русского флота, М.Шатене, капитан И.Второв и Т.Шёне сказали несколько торжественных слов об отважных моряках — открывателях Антарктиды. После окончания короткого, но очень торжественного для всех нас митинга Андреевский флаг был спущен — остров ныне принадлежит Великобритании. Вертолет унес нас обратно на судно, и только пингвины остались бессменными стражами скромного памятника. Мы ушли после этого к Огненной Земле, в Ушуае расстались с нашими немецкими коллегами и М.Шатене и вернулись в южную часть пролива Дрейка и моря Скоша.

Несколько пересечений Южно-Шетландского желоба породили у нас глубокие сомнения в его субдукционной природе. Оказалось, что желоб в качестве седиментационной ловушки для осадоч-

ного материала, сбрасываемого с острого склона и образующего верхнюю свиту осадочного чехла, существует лишь сравнительно недавно. Положение основных масс аккумулятивного тела нижней свиты чехла к северо-западу от желоба должно свидетельствовать о том, что в качестве седиментационной ловушки в период формирования этой свиты он еще не существовал. Думается, что впоследствии образование желоба было сопряжено с опусканием коровых блоков в хвостовой части внедряющегося рифта пролива Брансфилд и согласуется с выводами о динамике морфоструктуры «высоких плато» Антарктического п-ова.

Исследования подводной возвышенности Пири в восточной части моря Скоша завершили геолого-геофизические работы 29-го рейса. Полигонная съемка выявила здесь мощное осадочное покрытие и глыбовую структуру фундамента, сложенного, как показали наша драгировка и предшествующие опробования экспедиций Института океанологии, метаморфическими породами палеозоя—мезозоя⁹. Таким образом, в этой части моря мы имеем дело

с раздробленным на микроконтинентальные фрагменты поясом, связывавшим Южный и Северный хребты Скоша, а в более общем плане — Западную Антарктиду с Южной Америкой. Западная часть этого пояса в проливе Дрейка и северо-западной части моря Скоша сформировалась скорее всего над локальным мантийным плюмом в условиях регионального растяжения между Южной Америкой и Западной Антарктидой. Предварительные результаты геокинематического мониторинга свидетельствуют о реальности такого растяжения, происходящего со скоростью, превосходящей предполагаемую скорость спрединга в этом рифте. Подтверждается и расширение желоба во внедряющемся рифте пролива Брансфилд.

Так закончилась вторая стадия наших исследований в Западной Антарктике. От успеха разработки и обобщения собранных нами материалов зависит возможность их продолжения.

⁹Силантьев С.А. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1983. №1. С.17—28.

ОБЪЯВЛЕНИЯ

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Подписывайтесь на «Природу» в редакции журнала! Это обойдется вам намного дешевле. Цена льготной подписки (в редакции) на I полугодие 2000 г. — 30 руб. за номер или 180 руб. за полугодие. Иногородние могут выслать деньги за подписку (до 15 ноября) почтовым переводом, добавив стоимость пересылки шести бандеролей весом 200 г.

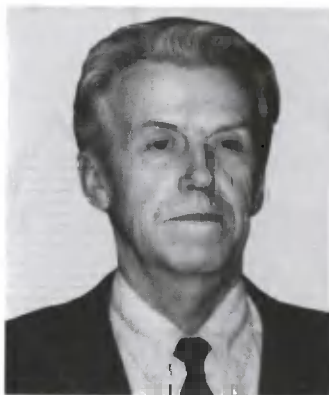
Наш адрес: 117049, Москва, Мароновский пер., 26, «Природа», Александровой Ирине Филипповне (тел. 095-238-24-56).

Если вы намерены подписаться на почте, ищите сведения о «Природе» в Объединенном каталоге «Подписка-2000», т.1, с.151. Базовая цена подписки 78 руб. за номер или 468 руб. за полугодие.



Сотворены силами небесными...

В.Л.Масайтис



Виктор Людвигович Масайтис, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом петрологии Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П.Карпинского, заслуженный деятель науки РФ. Область научных интересов — геология и петрология изверженных и ударных пород. Награжден медалью Барришгера.

КИМБЕРЛИТЫ и лампроиты, застывшие из глубинной магмы и залегающие в форме вулканических жерловин, — пока единственные в мире коренные промышленные источники алмазов. Они представляют также большой научный интерес, поскольку несут информацию о процессах в недрах нашей планеты¹, где кристаллизовались алмазы в условиях высоких давлений (до 60—70 кбар) и температур (около 1800°С). Последние десятилетия ознаменовались не только выявлением таких пород во многих регионах мира, в том числе в Восточной Сибири и на севере Русской равнины, но и неожиданным обнаружением новых, ранее не известных генетических типов коренных алмазоносных пород. К их числу относятся и некоторые горные породы, встречающиеся в отдельных круговых и кольцевых геологических структурах, которые до недавнего времени считались загадочными. Лишь в течение последних трех-четырёх десятков лет природа их была выяснена — оказалось, что их образование связано с выпадением на Землю крупных метеоритов, астероидов и комет. Имפקтные структуры, первоначально представлявшие собой округлые впадины, окаймленные валами и похожие на кратеры, усеивающие поверхности твердых тел Солнечной системы, впоследствии были видоизменены эрозией или захоронены под толщами осадочных пород. Такие структуры, утратившие первичную форму кратеров, называют астроблемами — звездными ранами. Сейчас на земной поверхности уже найдено более 150 подобных объектов, и число их множит-

© В.Л.Масайтис

¹Примечание редактора. См.: Богатиков О.А., Кононова В.А. Магматическое окно в глубины Земли // Природа. 1999. №5. С.12—17.



Импактные структуры (астроблемы) мира. Астроблемы с алмазосодержащими импактитами отмечены крестиком.

ся с каждым годом. Залегающие в них породы возникли при чудовищных по своей мощности космических взрывах (в частности, испытали импульсное сжатие до 500—600 кбар и более) и обладают четко выраженными признаками ударно-волновых преобразований породообразующих минералов, включая их аморфизацию, переход в фазы высокого давления или даже плавление. При этом из различных местных горных пород получают даже сплошные массы застывшего расплава.

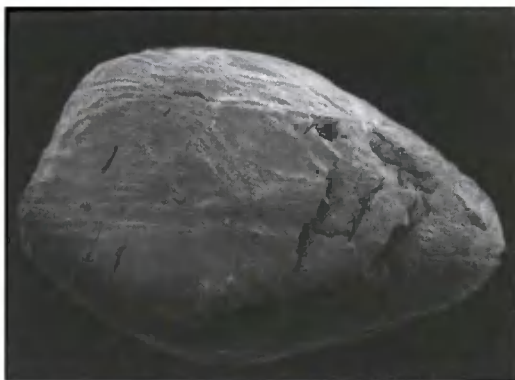
В качестве фаз высокого давления природные импактные алмазы образуются наряду с такими минералами, как коэзит и стишовит, представляющими собой высокоплотные модификации кварца. Впервые на Земле подобные алмазы были найдены в метеоритах еще в конце про-

шлого века. Например, вблизи Аризонского кратера, возникшего при падении железного метеорита. Углеродистое вещество здесь первоначально было составной частью ударившего космического тела. Первые импактные алмазы непосредственно в земных породах, испытавших ударно-волновые превращения, были обнаружены в начале 70-х годов на севере Восточной Сибири в Попигайской астроблеме, принадлежащей к числу крупнейших на Земле. Они представляют собой продукт перехода графита местных пород в фазы высокого давления и наследуют многие его особенности: шестиугольные пластинчатые формы, элементы двойникования на поверхности зерен, изотопный состав углерода и др. От сверкающих своими гранями прозрачных кимберлитовых алмазов отличаются желтой, бурой и черной окраской, поликристаллической внутренней структурой, составленной ориентированными микрокристаллами кубической и, возможно, гексагональной (лонсдейлит) фаз, в поперечнике около 10^{-5} см. Подобная структура обуславливает аномальные оп-

Аризонский метеоритный кратер.

тические свойства, в частности двулучепреломление. Размеры таких импактных поликристаллических агрегатов иногда достигают сантиметра. Они обладают значительной термостойкостью и высокой твердостью, иногда превосходящей твердость кимберлитовых алмазов. На сегодняшний день аналогичные алмазы обнаружены в породах десяти астроблем на территориях России, Украины, Германии, Канады, Финляндии.

Алмазоносные импактиты в Попи-гайской астроблеме были открыты геологами ВСЕГЕИ — Всероссийского научно-исследовательского геологического института. Эти породы и содержащиеся в них алмазы детально изучались ими в течение многих лет, в том числе в рамках широкой программы поисково-разведоч-



Импактный алмаз наследует пластинчатую форму графитового кристалла-предшественника, однако несколько округлен за счет коррозии в расплаве. Длина зерна 1,6 мм.

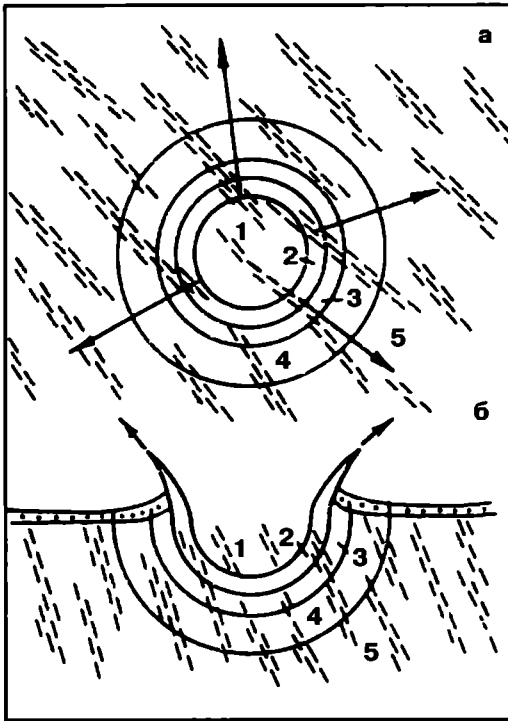


Схема концентрических зон ударного преобразования, наложенных на гнейсы с неравномерным распределением графита (показан штриховкой): а — план, б — разрез. Точками отмечены осадочные толщи. Цифрами обозначены зоны: 1 — испарения и полного плавления, 2 — частичного плавления и эффективного перехода графита в алмаз, 3 — пластических деформаций, 4 — дробления и трещинообразования, 5 — ненарушенных пород. Стрелки показывают положение радиальных струй выбросов, обогащенных алмазами.

ных и других работ, осуществлявшихся специализированной Полярной экспедицией. Геологические исследования ударной структуры проводились под моим научным руководством. Полученные при этом обширные материалы не были надлежащим образом обобщены и в основ-

ной своей части не опубликованы. Некоторые вопросы оставались недостаточно изученными. Целью работы, основные выводы которой освещены в статье, являлась систематизация различных, преимущественно генетических, аспектов ударной алмазности Попигайской астроблемы, дополнительный анализ состава и условий залегания развитых в ней импактитов, реконструкция процессов преобразования углеродсодержащих первичных пород и закономерностей распределения фаз углерода в конечных продуктах такого преобразования². Обобщить все эти данные было необходимо еще и потому, что вопросам алмазности кимберлитов и близких к ним пород посвящены без преувеличения десятки тысяч исследований и соответствующих публикаций на многих языках мира. Но впервые открытые на территории России алмазносные импактиты и особенности их генезиса по существу не были описаны в научной литературе. Следует заметить, что отсутствие или недостаточное распространение современных знаний о заключающих импактные алмазы породах приводит в ряде случаев к появлению умозрительных и противоречивых гипотез об их образовании.

ПОПИГАЙСКИЙ МЕТЕОРИТНЫЙ КРАТЕР

Кратко напомним об основных геологических особенностях Попигайской астроблемы, находящейся на северо-восточном склоне Анабарского кристаллического щита и возникшей 35.7 млн лет тому назад при ударе астероида, имевшего в поперечнике несколько километров. Докембрийские гнейсы и другие метаморфические породы перекрыты здесь километровой толщей песчаников, сланцев, известняков, доломитов и пр., преимущественно палеозойских осадочных пород, полого погружающихся к северо-востоку. Астроблема хорошо видна на космических снимках. Диаметр ее составляет 100 км, а в центральной части находится округлое понижение в рельефе, занятое болотистой тундрой с многочисленными озерами. На полукольцевых грядах в его

² Публикация результатов поддержана грантами РФФИ. Работа издана в форме монографии: Масайтис В.Л. (ред.), Мащак М.С., Райхлин А.И., Селивановская Т.В., Шафрановский Г.И. Алмазносные импактиты Попигайской астроблемы. СПб, 1998. Кроме того, часть полученных данных нашла отражение в статьях, подготовленных совместно с другими исследователями.

западной части, а также на берегах многочисленных рек и ручьев выступают заполняющие древний кратер импактные горные породы и брекчии. Первые образованы полностью или частично продуктами закалки или кристаллизации импактного расплава. Они подразделяются на массивные, напоминающие застывшую лаву тагамиты и сходные по облику с вулканическими туфами зювиты, которые насыщены стекловатыми бомбами и частицами стекла. Те и другие включают обломки разнообразных местных пород и их минералов, а по валовому химическому составу близко соответствуют гнейсам. Импактные же брекчии — это хаотические нагромождения крупных (до нескольких десятков и сотен метров) глыб, обломков различных осадочных и кристаллических (преимущественно гнейсов) пород. Они как бы сцементированы мелкими фрагментами того же материала. Обломки пород и минералов в брекчиях и импактиках обычно несут характерные признаки ударно-волновых преобразований и плавления при высоких температурах, легко выявляемые под микроскопом.

Геологическая съемка, бурение, геофизические исследования показали, что раздробленное гнейсовое дно астроблемы имеет сложный рельеф. Оно частично выступает на поверхность в виде кольцевого поднятия, которое окружает центральную впадину, а само как бы обрамлено кольцевым желобом. Впадина и желоб заполнены импактитами и брекчиями, залегающими в форме чередующихся линзообразных и пластообразных тел. Общая мощность их достигает 1.5—2 км. Во внешней кольцевой зоне вокруг желоба наблюдаются многочисленные разломы, надвиги, мелкие складки пород, постепенно затухающие при удалении от астроблемы. Выбросы из кратера — скопления огромных глыб различных пород и бомб импактного расплава — встречаются за его пределами на расстоянии до 70 км от центра. Концентрически-кольцевое расположение структурных элементов астроблемы сближает ее с многокольцевыми ударными бассейнами на поверхностях других планет.

Главная составная часть зювитов и тагамитов — застывший расплав — имеет общий объем около 1750 км³. Основные массы переплавленного материала находятся в юго-западной части астроблемы, причем распределение в нем импактных алмазов отличается рядом особенностей. Импактиты с повышенными их концентрациями располагаются как бы в виде отдельных лучей, расходящихся из центра астроблемы. Алмазами обогащены верхние и нижние краевые части пластовых тел тагамитов. Оказалось также, что состав импактитов связан с их алмазоносностью рядом закономерных соотношений.

Каким же образом возникло такое специфическое распределение импактитов и заключенных в них алмазов и чем обусловлена связь состава пород с содержанием в них этих минералов?

УДАРНОЕ КРАТЕРООБРАЗОВАНИЕ И ИМПАКТНЫЕ АЛМАЗЫ

Необходимо кратко напомнить о некоторых положениях теории импактного кратерообразования. Они, если опустить некоторые детали, включают следующие быстро сменяющие друг друга стадии:

— контакта и сжатия, в течение которой ударившее космическое тело тормозится в толще горных пород, охваченных, как и это тело, радиально распространяющейся и постепенно затухающей ударной волной. При этом вещество ударника и частично местные породы подвергаются испарению;

— экскавации и выброса преобразованного материала горных пород и возникновения транзитного (переходного) кратера;

— модификации, когда транзитный кратер меняет свои формы в результате восстановления равновесия при движениях дна и бортов и заполняется сдвинутыми и выброшенными массами раздробленного и переплавленного материала.

Возникновение импактитов начинается с плавления пород после прохождения ударной волны и завершается при



Алмазосный тагамит с многочисленными обломками ударно-преобразованных гнейсов и их минералов. Попигайская астроблема, керн скважины.

охлаждении образованных расплавом (или с его участием) геологических тел. Физико-химические системы, в рамках которых реализуется широкий спектр частных процессов преобразования вещества исходных горных пород (в том числе углеродистого), а также его перемещения при выбросе, осаждения из взрывного облака и охлаждения, в целом являются открытыми. На первых двух стадиях эти процессы характеризуются крайней неравновесностью, резкими кинетическими изменениями, а в первой, кроме того, — быстрым нарастанием энтропии и энтальпии в результате полученного энергетического импульса. На заключительной стадии в связи с охлаждением и частичной кристаллизацией расплава возрастает структурная упорядоченность масс пород, падает их теплосодержание. В рамках такого подхода можно попытаться реконструировать и Попигайское импактное событие.

При прохождении ударной волны в породах возникают приблизительно полусферические концентрические, постепенно переходящие друг в друга зоны испа-

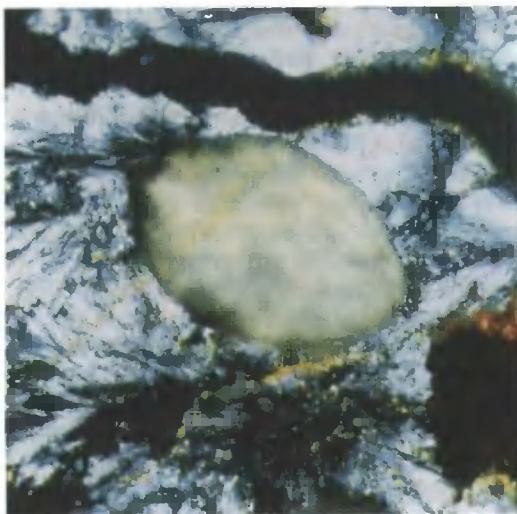
рения, плавления, дробления и трещинообразования. Нижний предел давления твердофазного перехода графита и соответственно положение внешней границы концентрической полусферической зоны частичного плавления, где возможен такой переход и существование алмазов, определяется их первым появлением в ударно-преобразованных графитсодержащих гнейсах. Внутренняя граница этой зоны как бы очерчивается кривой температуры, при которой импактный алмаз еще устойчив и не подвергается быстрой графитизации или окислению. Найденные в импактитах включения гнейсов, где одновременно присутствуют обе фазы углерода — исходные кристаллы графита и возникшие за их счет так называемые параморфозы алмаза (т.е. зерна, имеющие унаследованные от графита кристаллографические формы), — служат своеобразным геобарометром нижнего предела перехода, который осуществлялся в течение долей секунды. Внутренняя структура возникших при этом импактных алмазов отражает динамику твердофазного перехода и обнаруживает чрезвычайно высокую плотность линейно-плоскостных



Импактные брекчии, состоящие из глыб различных осадочных и кристаллических пород и перекрытые останцом пластового тела тагамитов. Попигайская астроблема.

дефектов (до 10^{27} в см^3). Нельзя исключить предположение, что гексагональная высокоплотная фаза (лонсдейлит) не существует в них в виде самостоятельных микрокристаллов, как считалось ранее, а соответствующие рентгенометрические характеристики, указывающие на ее присутствие, — следствие высокой плотности таких дефектов.

Кварц, полевые шпаты и другие минералы гнейсов, о которых идет речь, несут черты преобразований при давлениях не менее 350 кбар, в том числе признаки перекристаллизации. В таких включениях гнейсов алмазы находятся на месте своего возникновения, причем иногда содержание их доходит до тысячи каратов на тонну. Наиболее мелкие их зерна нередко сохраняются даже в шлифах (тонких пластинках породы) и видны под микроскопом. Поскольку алмазы сравнительно быстро выгорают при остающихся после прохождения



Микрофотография ударно-преобразованного гнейса с алмазом около 0.2 мм в поперечнике (в центре). Зерно окружено перекристаллизованным кварцем, полевыми шпатами и другими минералами. Поляризованный свет.

ударной волны высоких температурах 1700—1800°C (подобный расплав возникает при импульсном сжатии свыше 600 кбар), очевидно, что концентрическая зона эффективного перехода и последующего сохранения импактных алмазов заключена между изобарами 600 и 350 кбар, что соответствует ее толщине всего в 2 км. Эта зона как бы наложена на гнейсовый субстрат с неравномерным распределением в нем исходного графита (что характерно для пород Анабарского щита), и повышенные концентрации алмазов возникают как раз там, где первоначально имелись более обильные скопления графитовых чешуек и кристаллов. При полном плавлении гнейсов происходит высвобождение из них алмазов. Последние попадают в расплав, который интенсивно перемещается во время движения. При экскавации радиальный выброс расплава и обломков из рассматриваемой зоны приводит к появлению «лучей» импактитов, обогащенных алмазами, причем как зювитов, так и тагамитов. Во время выброса расплав и обломки различных пород, в том числе слабо преобразованных ударным сжатием, перемешиваются. Часть расплава разбрызгивается в виде бомб и капель. При этом чем больше фрагментов пород присутствует в зювитах (как говорилось выше, они состоят помимо таких фрагментов из бомб и частиц закаленного расплава), тем меньше в них алмазов. Казалось бы, такая же картина должна наблюдаться и в тагамитах, стекловатая или слабо раскристаллизованная матрица которых обычно насыщена обломками пород и минералов. Однако здесь существенное влияние на концентрацию алмазов опять оказывает их неустойчивость при высоких температурах. Поглощение небольших количеств сравнительно холодного обломочного материала вызывает быстрое уменьшение температур расплава — ниже выгорания или графитизации (при недостатке кислорода), что способствует сохранению в нем алмазов. При этом концентрация их в тагамитах остается такой же, как и в исходном расплаве. Но если расплавом захвачено более

20—25% неалмазоносных обломков, явления разубоживания начинают преобладать и содержание алмазов в образующейся породе в целом падает. Неустойчивостью алмазов при длительно сохраняющихся высоких температурах объясняются и некоторые другие черты их распределения в тагамитах. Так, например, тагамиты, застывшие из относительно более высокотемпературных фракций расплава, беднее алмазами, чем те, которые образовались из более холодных. Центральные части крупных пластовых тел, где наблюдаются петрографические признаки их более длительного охлаждения и более полной раскристаллизации, всегда беднее алмазами, чем верхние и нижние быстро застывающие краевые части. Характерно, что алмазы, которые дольше подвергались воздействию высоких температур в расплаве, несут более ярко выраженные черты интенсивной коррозии и графитизации.

Весьма интересной оказалась выявленная специальным анализом четкая положительная корреляция содержания алмазов в импактитах (в целом отражающая содержание в них углерода) и концентраций фосфора. Учитывая облегченный изотопный состав углерода графита и импактных алмазов, что, как известно, характерно для углерода биогенного происхождения, можно допустить первоначальную связь фосфора и углерода в живом веществе (например, примитивных водорослях), при отмирании вошедшем затем в фоссилизованном виде в состав древнейших осадков. Их последующий региональный метаморфизм в глубинах земной коры около 2.5 млрд лет тому назад и превращение в гнейсы привели к тому, что фосфор и углерод образовали самостоятельные минералы — соответственно апатит и графит. Таким образом, возникновение импактных алмазов было как бы предопределено развитием древнейшей биоты...

А что же произошло с веществом астероида — главного виновника катастрофического события? Уже говорилось о том, что оно подверглось полному

испарению при тепловом взрыве, причем пар и некоторые пылевые частицы в дальнейшем рассеялись в атмосфере и за ее пределами. Вместе с тем, незначительная часть испаренного вещества конденсировалась во взрывном облаке на каплях расплава и холодных частицах, которые затем вошли в состав импактитов. Геохимические исследования показали, что последние захватили до 0.5—4.5% метеоритного вещества, отвечающего по составу обыкновенным хондритам. Неравномерное распределение характерных «метеоритных» элементов — никеля, кобальта, хрома, иридия — в крупных телах тагаметов при их однородном, близком к исходным гнейсам составе указывает на то, что захват этого вещества произошел уже после перемешивания расплава в момент выброса.

ПОДВОДЯ ИТОГИ

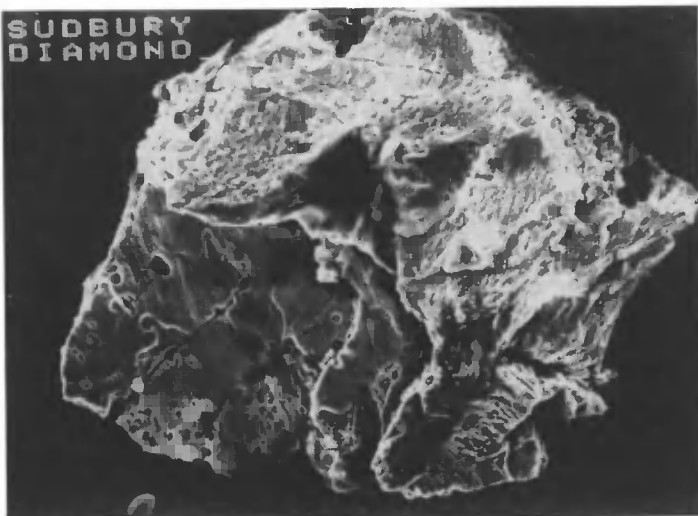
Неравномерное распределение алмазонасных импактитов в Попигайской астроблеме, также как и распределение в них импактных алмазов, может рассматриваться как результат влияния ряда первичных и вторичных факторов. К первичным относятся, с одной стороны, непосредственное воздействие космического тела, вызвавшее образование концентрических зон ударных преобразований в массиве кристаллических пород, с другой стороны — наложение таких преобразований на участки пород с неравномерным распределением графита. Косой удар тела (предполагается, что он был направлен с северо-востока на юго-запад) привел к наблюдаемому асимметричному распределению продуктов плавления. Сочетание этих факторов наряду с радиальным выбросом продуктов преобразования углеродсодержащих пород привело к наблюдаемым лучевым неоднородностям в распределении алмазов в импактитах. Вторичные факторы неравномерного охлаждения обусловили различия в содержании алмазов в импактитах с разной термальной историей.

Не следует забывать при этом, что значительное количество преобразованного материала, в том числе алмазосодержащего, при взрыве было вынесено за пределы возникшего гигантского кратера. Часть продуктов дальнего выброса осела на расстоянии двух-трех его радиусов и в дальнейшем, подвергаясь размыву и переотложению, послужила источником образования россыпей импактных алмазов, находимых сейчас в руслах рек прилегающих районов на расстоянии до 100—150 км. Такому же разрушению подвергались и импактиты, залегавшие внутри кратера, что вело к высвобождению импактных алмазов из заключающих их пород и переносу речными водами. При этом алмазы частично окатывались, наиболее хрупкие зерна разрушались. Такие россыпные импактные алмазы иногда ошибочно принимали за поликристаллические типа карбонадо, встречающиеся в россыпях в Центральной Африке и Южной Америке и происхождение которых пока не установлено.

Материал, вынесенный взрывным облаком далеко за пределы возникшего кратера и представленный частицами пыли, был затем рассеян на значительной площади земной поверхности. Интересны находки мелкого ударно-метаморфизованного кварца в тонком прослое глины среди морских осадков эоцена в районе Массиньяно (Италия). Ученые из Германии и США показали, что время образования этого прослоя в точности соответствует времени попигайского события — 35.7 млн лет назад. Не исключено, что в аналогичных прослоях, заключенных в толщах пород соответствующего возраста и отстоящих на многие тысячи километров от кратера, могут быть найдены мельчайшие частицы импактных алмазов. Их легко идентифицировать с попигайскими по характерной, установленной для последних геохимической метке — положительной европиевой аномалии.

Для возникновения импактных алмазов необходимо наличие в месте удара космического тела каких-либо графитсодержащих или углесодержащих пород, а такие породы развиты на

Интенсивно корродированный импактный алмаз из зювитов астроблемы Садбери. Поперечник зерна — 0,2 мм.



земной суше сравнительно широко. Следовательно, вероятность обнаружения этого минерала во многих импактных структурах в разных регионах мира достаточно велика. Наиболее интересна сделанная нами совместно с канадскими исследователями находка подобных импактных алмазов в зювитах одной из древнейших (1850 млн лет) и крупнейших на земной суше (200 км) астроблемы Садбери на Канадском щите. Все это показывает, что алмазоносные импактиты возникали уже на ранних этапах развития земной коры и что их образование повторялось впоследствии в подходящих обстановках неоднократно. Очевидны принципиальные отличия условий образования импактных алмазов от условий образования алмазов, рожденных в мантии Земли и вынесенных кимберлитами к ее поверхности.

* * *

Импактное взаимодействие — один из фундаментальных геологических процессов на твердых планетных телах Солнечной системы. Понимание его роли в породо- и структурообразовании в земной коре, а также его воздействие на глобальные биотические и другие явления пришло в геологию лишь в последней трети XX в. В настоящее время результаты разносторонних исследований импактных структур на Земле и условий их образования интегрированы в общемировую систему естественнонаучных знаний. Важный элемент этих исследований — выяснение условий возникновения алмазоносных импактитов, которые значительно расширяют спектр представлений о минерагенической роли ударных процессов как на Земле, так и на других космических телах.

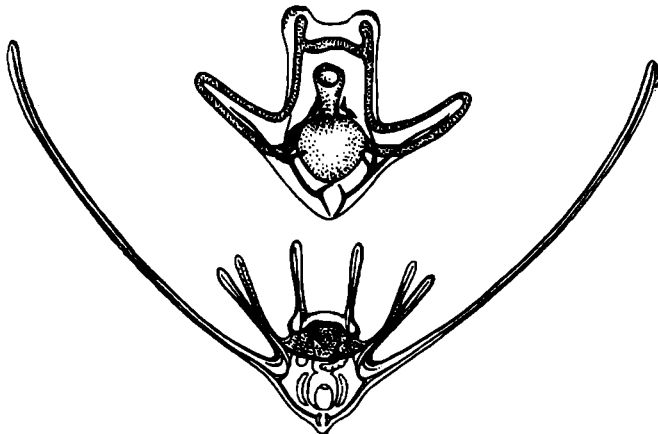
Личинка змеехвостки сама себя клонирует

К.Н.Несис,

доктор биологических наук
Москва

КЛОНИРОВАНИЕ — модное слово. Оно ассоциируется с высоколобыми учеными, колдующими в своих лабораториях над хитрыми приборами. На самом деле клонированием занимаются миллионы людей, только не знают, что это так называется, как мольтеровский Журден не знал, что всю жизнь говорит прозой. Срежьте ветку ивы, поставьте в воду, а когда она пустит корешки — прикопайте в землю. Вы клонировали иву! Размножение клубники усами, картошки глазками — тоже клонирование. Многие сорта культурных растений — бессемянные и размножаются только клонами. Потому что клонирование — это вегетативное размножение, дающее генетически точную копию материнского растения.

И не только растения. Простейшие, губки, кораллы, актинии, мшанки, многие черви и даже столь высоко стоящие в системе организмов животные, как оболочники (принадлежат к тому же типу хордовых, что и мы с вами), размножаются почкованием, а некоторые — делением и образуют обширные поселения — клоны, состоящие из генетически идентичных особей. Если у вас есть плантация устриц и на нее напали морские звезды — не рубите звезд на кусочки: из каждого куска (если только у него сохранилась часть середины с участком нервного кольца) вырастет новая морская



Ранняя (сверху) и поздняя личинка офиуры Ophiopholis aculeata. У ранней личинки две пары рук, у поздней — четыре, причем заднебоковые руки чрезвычайно длинные (Касьянов В.Л. и др. Личинки морских двусторчатых моллюсков и иглокожих. М., 1983. Жизнь животных. Т.2. М., 1988).

звезда, и вместо одного вредителя вы получите несколько. Корневая поросль, отводки, почкование, деление — все это клонирование. Позвоночные не почкуются, мы все-таки не на Тау Кита, но клонирование известно и у них: это партеногенез, девственное размножение. Так воспроизводятся серебряный карась и некоторые кавказские скальные ящерицы.

В самом по себе клонировании, как мы видим, нет ничего особенного. Но есть совершенно необычные способы клонирования. Один из них — самоклонирование у личинки колючей офиуры (*Ophiopholis aculeata*), одного из самых массовых обитателей наших северных и дальневосточных морей.

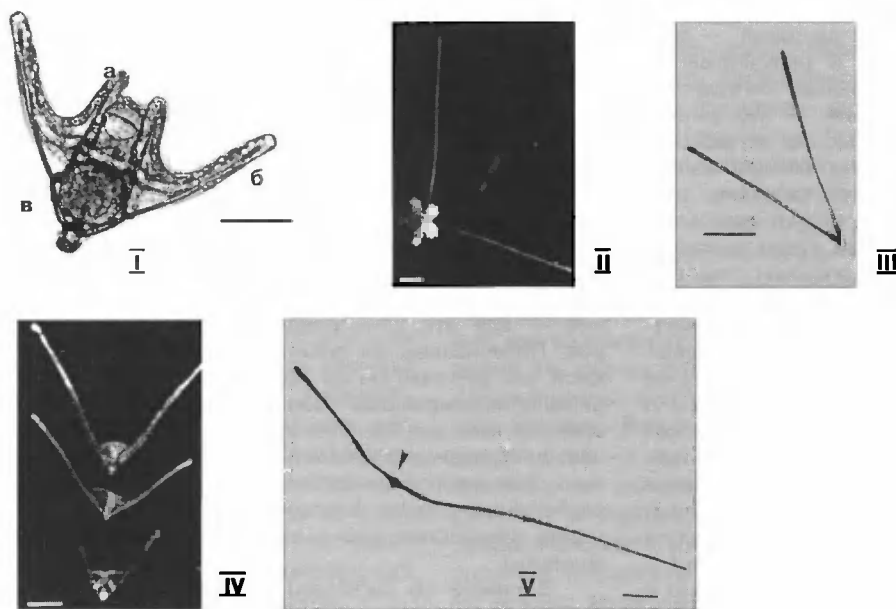
Офиуры, или в переводе с латыни змеехвостки, — донные иглокожие животные, родственницы морских звезд. У обычной офиуры маленькое округлое или пятиугольное тело и пять длинных и гибких членистых рук. Руки хрупкие и легко обламываются, за что по-английски офиур называют brittle stars — хрупкозвезды. Тело и руки усажены чешуйками, шипиками и иглами, а снизу в два ряда идут коротенькие ножки, великое множество. Живут офиуры на дне, на камнях, песке или зарываются в ил. Всеядны, могут есть мясо, собирать со дна детрит или отфильтровывать из толщи воды всякую съедобную мелочь. Большая часть офиур имеет в развитии стадию пелаги-

ческой личинки, но многие живородящи или вынашивают потомство на себе.

Колючая офиура — чрезвычайно широко распространенный вид, обитает почти по всей Арктике и в северных частях Атлантического (на юг до района Нью-Йорка и Ла-Манша) и Тихого (до Японии и Калифорнии) океанов на глубинах от уреза воды до 200 м. Это красивое животное красного, пурпурного или почти белого цвета, часто с разноцветными кольцами, пятнами и разводами. Диаметр диска до 2 см. Офиура — обычная пища трески, пикши, разных камбал и множества других рыб.

Личинка офиуры — офиоплутеус — похожа на заостренную книзу треугольную призму с отходящими от нее тонкими выростами-руками, которые помогают ей «парить» в толще воды. У ранней личинки две пары коротких рук (передне- и заднебоковые), у поздней, 10-дневной, — четыре (добавляются околоротовые и заднеспинные). Каждая рука имеет скелет, длинную узкую известковую палочку, окруженную тонким слоем прозрачной студенистой ткани. Скелетные палочки — крохотные перфорированные «балки», одновременно легкие и прочные. Руки неподвижны и жестко соединены

с телом, но все тело и руки личинки покрыты ресничным эпителием, который служит для движения и питания. Реснички гонят воду, отбирают из нее микроскопические водоросли, затем личинка облепляет микроводоросли слизью и транспортирует их ко рту. Постепенно в нижнем углу треугольника, вблизи места, где помещается желудок, начинается формирование маленькой офиуры, с пятиугольным диском и крохотными — два-три членика — руками. Студенистое тело личинки с тремя парами рук отмирает, и маленькая офиура висит в воде, как на парашюте, на последней



Самоклонирование у личинок офиур: I — первичная ранняя личинка-офиоплутеус колючей офиуры (а — переднебоковые руки, б — заднебоковые руки, в — желудок); II — молодая колючая офиура, «подвешенная» на оставшихся от личинки заднебоковых руках; III — заднебоковые руки после отделения осевшей на дно молодой офиуры; IV — три стадии (сверху вниз) развития вторичной личинки из заднебоковых рук, оставшихся после отделения первичной личинки; обратите внимание на уменьшение длины рук; V — заднебоковые руки вторичной личинки *Orfiopluteus orulentus* после отделения второй молодой офиуры, место расположения которой показано стрелкой; правая и левая рука разной длины из-за неравномерного рассасывания их скелетных палочек (Balsler E.J., 1998).

паре длиннейших к этому времени заднебоковых рук. Найдя подходящее место для оседания на дно, офиурка отделяется от «парашюта» и начинает вести взрослый образ жизни, а последний остаток личиночного тела, V-образная пара ножек, вскоре тоже отмирает. Так считали до недавнего времени. Оказалось — не отмирает, по крайней мере не всегда и не обязательно.

Еще в 1921 г. классик науки об иглокожих животных, датский зоолог Т.Мортенсен обнаружил в планктоне вод Вест-Индии странную личинку офиуры. Он назвал ее *Ophiopluteus opulentus* — производящая, творящая. По его мнению, то была пара заднебоковых рук, которые не погибли после отделения молодой офиурки, а регенерировали новую личинку. Словом, — бесполое размножение у личинок, клонирование. Предположение Мортенсена было сразу же объявлено неправдоподобным и впоследствии забыто. И все-таки классик был прав! Доказала это Э.Бальзер из Уэслианского университета (Блумингтон, Иллинойс, США). Она работала с родившимися в лаборатории личинками колючей офиуры, взрослых особей которых ловили в океане у берегов штата Вашингтон, а также с личинками неидентифицированного вида офиур, собранными в планктоне у берегов Флориды (вероятно, они принадлежали к тому же виду *O. opulentus*, с которым имел дело Т.Мортенсен)¹.

¹ Balser E.J. // Biol. Bull. 1998. V.194. №1. P.187—193.

Оказалось, что длинные заднебоковые руки действительно не погибают после того, как от них отделилась и осела на дно сформировавшаяся молодая офиура. Это V-образное соединение двух длинных скелетных палочек, окруженных студенистой тканью, продолжает жить и регенерирует все части тела, имевшиеся у личинки. Разумеется, отделившиеся руки в первое время не способны ловить фитопланктон. Но одевающая их прозрачная эпителиальная ткань преобразуется и частично переваривается собственными клетками, ее вещество и энергия трансформируются в новую личинку. На изученных Бальзером препаратах видно, как покровные ткани, которые окружают отделившиеся руки, сначала претерпевают обратную дифференциацию, почти до стадии оплодотворенного яйца, а затем начинают новый цикл развития. За первые сутки формируется первичный рот с зачатком кишки, потом полость тела, желудок, кишка, руки и все, что полагается. На пятые сутки возникает совершенно нормальная личинка-офиоплутеус, а затем и новая молодая офиурка. Она точно так же отделяется от рук и оседает на дно, а руки могут пойти по третьему кругу — до тех пор, пока условия среды позволяют им существовать в планктоне и пока хватит их длины: ведь в ходе превращения отделившихся от молодой офиуры рук в новую, вторичную личинку длина рук уменьшается на 40%. Правда, они остаются значительно длин-

нее коротких ручек первичной ранней личинки, но это даже полезно: чем длиннее руки, тем труднее хищнику проглотить личинку! Такой же цикл развития свойствен и личинкам офиуры из вод Флориды.

В результате каждая личинка дает не одну, а двух-трех молодых офиур, генетически идентичных, как однойцовые близнецы. Возможно, этот необычный способ личиночного размножения и является причиной широкого распространения и чрезвычайно высокой численности колючей офиуры.

Впрочем, он необычен для офиур, но не для других иглокожих. Американские ученые И.Бош, Р.Ривкин, С.Александр и У.Джекль² наблюдали у личинок морских звезд из Гольфстрима и Саргассова моря три способа бесполого размножения: почкование, отрыв кончиков рук, отрыв кусочков околоушных лопастей. Во всех случаях оторвавшиеся кусочки или почки регенерировали личинок нормального вида (бипиннарий или брахиолярий — так называются личинки морских звезд). Правда, дальнейшая судьба этих личинок не прослежена, так как получить полный цикл развития в аквариумах не удалось, однако нет сомнений, что и здесь мы наблюдаем адаптацию животных к расселению и воспроизводству собственных генотипов.

² Bosch I., Rivkin R.B., Alexander S.P. // Nature. 1989. V.337. №6203. P.169—170; Jaeckle W.B. // Biol. Bull. 1994. V.186. №1. P.62—71.

Зачем клещам пластроп?

А.Б.Шатров



Андрей Борисович Шатров, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории паразитологии Зоологического института РАН. Область научных интересов — сравнительная и функциональная морфология, индивидуальное развитие и эволюция членистоногих, в том числе клещей, особенности их паразитизма на позвоночных и беспозвоночных животных.

ИНТЕРЕСНЕЙШИЕ из паукообразных — краснотелковые клещи семейства *Trombiculidae*, о которых пойдет речь, принадлежат к огромному по численности и разнообразию отряду акариформных клещей (*Acariformes*). Несмотря на название, краснотелки вовсе не красные, а светлые, беловатые, поскольку полностью лишены пигментации. Она им ни к чему, так как большую часть жизни они проводят в почве и почвенной подстилке и лишь на стадии личинки ненадолго выходят на поверхность для того, чтобы вдоволь напиться кровью животных. Те же красные клещики, которые часто встречаются на поверхности почвы в садах и огородах в весенне-летний сезон, принадлежат к другому, хотя и близкородственному, семейству сухопутных акариформных клещей (*Trombidiidae*). Красноватый цвет личинкам краснотелок придают окрашенные крохотные (размер самой личинки — 200—250 мкм) парные глаза и просвечивающий сквозь покровы эмбриональный желток, который некоторое время сохраняется в их слепо замкнутом кишечнике.

Сложный жизненный цикл этих членистоногих включает чередующиеся между собой активные и покоящиеся стадии. Так, личинке предшествует покоящаяся предличинка, а из трех половозрелых нимфальных стадий (прото-, дейто- и тритонимфы) активна только дейтонимфа. Венчает всю эту «конструкцию» индивидуального развития долгоживущие (до трех лет) половозрелые особи длиной до 2—3 мм. Можно сказать, что это — единственный столь яркий эволюционный пример ухода в почву и ее освоения среди клещей, а возможно и других членистоногих.

Нет ничего удивительного в том, что личинки — обитающие на поверхности земли паразиты позвоночных животных (в том числе человека) — уже давно и хорошо известны зоологам, а сведения об образе жизни дейтонимф и взрослых клещей — слепых и вовсе незаметных обитателей глубоких почвенных горизонтов — еще очень мало. Ведь для того, чтобы найти хотя бы одного взрослого клеща, как верно заметил чешский исследователь краснетелок Милан Даниэль, нужно перелопатить буквально кубометры грунта. Проще и реальнее получить достоверную информацию о краснетелковых клещах в условиях лаборатории, наблюдая за выведенными из питавшихся личинок особями.

Рассмотрим только одну из важных особенностей биологии краснетелок, связанную с их дыханием и водным обменом, причем сосредоточим свое внимание на дейтонимфах, и особенно на долгоживущих взрослых клещах. Надо сказать, что в полной мере представление об этих процессах сложилось у нас после длительных наблюдений за кле-

щами в лаборатории, размышлений и различного рода сопоставлений. Здесь нам как раз и пригодилось понятие о пластроне. Но об этом чуть позже.

Итак, поместив своих подопечных в чашки Петри на субстрат из активированного угля и гипса, мы заметили, что они чрезвычайно любят забираться во всякие мелкие углубления и протискиваться через узкие щели в субстрате. Ясно, что, обитая в микрорасщелинах, эти членистоногие должны быть как-то защищены от повреждений почвенными частицами. Эту функцию у дейтонимф и взрослых клещей выполняет особый тип опушения — так называемая «неотрихия». Плотный слой из множества длинных туловищных волосков при движении животного эластично прогибается и служит своеобразным буфером между частицами субстрата и покровной тканью клещей, спасая тем самым насекомого от механических травм. Но этим функции неотрихии не ограничиваются.

Известно, что у большинства краснетелок отсутствуют трахеи, и дышат они всей поверхностью тела. Периоди-



*Взрослый клещ дальневосточного вида *Leptotrombidium orientale* в лабораторной культуре на субстрате из гипса и активированного угля. Съемка произведена посредством светового бинокулярного микроскопа и микрофотонасадки. Увел. 25.*



*Взрослый клещ массового восточноевропейского вида *Hirsutiella zachvatkini*. Съемка сделана в растровом электронном микроскопе. Несмотря на соответствующую обработку, клещ немного сморщился, а длинные волоски спинной стороны тела слегка разошлись. Увел. 90.*

ческие затопления участков почвы (сезонными паводками, дождями и др.) были бы губительны для многих мелких почвенных насекомых, в том числе и клещей, если бы они не были к этому приспособлены. Дейтонимфам и взрослым краснотелкам с подобными неприятностями помогает справиться все та же неотрихия: регулярный слой туловищных волосков способствует несмачиваемости покровов и сохранению постоянного слоя воздуха у поверхности кутикулы. Именно посредством покровного эпителия и его самого верхнего неклеточного кутикулярного слоя обеспечивается, в отсутствие трахей, газообмен этих клещей с внешней средой. Поэтому в физиологическом отношении для реализации процессов дыхания и испарения влаги из организма, осуществляемых через покровы, важен не только химический состав кутикулы, но и способность удерживать слой воздуха у ее поверхности. Последнее достигается за счет интенсивного опущения тела, а также ячеистого строения самих покровов, т.е. в большей степени структурно, чем химически. А это как раз и соответствует общему представлению о причинах несмачиваемости покровов у членистоногих. Действительно, дейтонимфы и взрослые краснотелки, как бы их ни старались утопить, совершенно не смачиваются водой и моментально всплывают на поверхность, так как вокруг них образуется флотационный пузырь. Но и это еще далеко не все.

Выяснилось, что обитание во влажных условиях почвы и почвенной подстилки с неизбежностью вызывает у краснотелок, как и других им подобных животных, повышение транспирации, т.е. испарения влаги из организма, что может привести к высыханию и гибели насекомого. Как же этого избежать? Вот и еще одно из адаптивных свойств неотрихии, за счет которого происходит значительное увеличение реальных размеров клещей, а правильнее сказать — площади поверхности их тела.

Для чего же это нужно? Оказывается, эта, не такая уж и существенная на первый взгляд особенность обеспе-

чивает относительно невысокое соотношение поверхности тела к его объему. Последнее же, как показано на других членистоногих животных, крайне важно, поскольку способствует дополнительной консервации воды в теле клещей, что препятствовало бы их быстрому высыханию, окажись они вдруг на открытой поверхности земли. Этому благоприятствует также наличие концентрированных, практически сухих экскреторных продуктов, что широко используется и другими членистоногими для удержания необходимой влаги в организме.

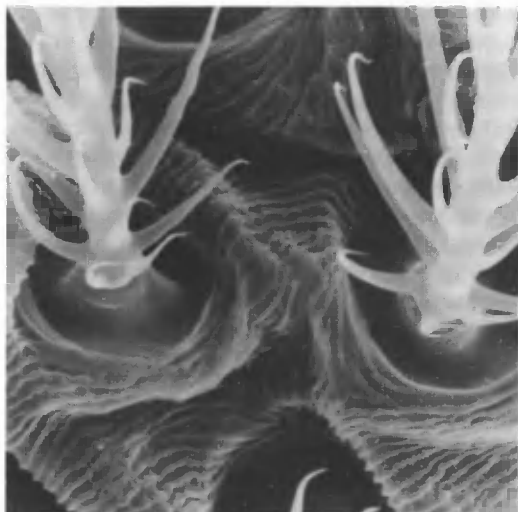
Теперь как раз и пришло время выяснить, что такое пластрон и для чего он предназначен. Изначально это — вовсе не биологический термин, а портновский и с французского переводится как туго накрахмаленная грудь мужской верхней сорочки, которую следует носить под открытым жилетом при фраке или смокинге. Пластрон с его структурной жесткостью и одновременно легкостью видимо понравился зоологам в качестве фигурального обозначения газовых жабр у полуводных и водных членистоногих, способных постоянно удерживать у своих покровов некоторый воздушный объем. У краснотелковых клещей плотное опущение из волосков образует, как мы уже отмечали, нечто вроде пуховика, но со своими специфическими задачами и функциями. А главная из них — тот постоянный объем воздуха, который как раз и создается благодаря регулярно расположенным волоскам. Отвечают ли они структуре и функциям пластрона?

В наиболее общем виде под пластроном в зоологии и энтомологии, согласно представлениям английского исследователя Х.Э.Хинтона, подразумевают слой газа постоянного объема и большой водно-воздушной поверхности, которая служит для обеспечения функции дыхания¹. Для существования этой воздушной пленки необходимы прежде всего длинные плотно расположенные

¹ Hinton H.E. Spiracular gills // *Adv. Insect Physiol.* 1968. V.5. P.65—162.

гидрофобные волоски или же иные сходно действующие структуры, которые бы могли обеспечить протяженную водно-воздушную поверхность и способствовать поддержанию постоянного объема захватываемого газа. При этом необходимо различать пластрон и собственно органы дыхания (дыхальцевые, или воздушные, жабры и трахеи) — понятия, которые иногда нечетко разграничивают. Главная задача пластрона — удерживать определенный объем респираторного воздуха, тогда как с помощью жабр и трахей животное дышит, т.е. осуществляется физиологически направленный перенос кислорода к тканям организма. Таким образом, типичный пластрон насекомых, как явствует из его определения, обеспечивает поступление необходимого количества кислорода, диффундирующего через его водно-воздушную поверхность, к специализированным органам дыхания. Понятно, что в большинстве случаев этот процесс осуществляется в водной среде, а у наземных членистоногих он происходит в условиях периодических затоплений каких-либо участков территории или же в иных подобных ситуациях. В воздушной же среде пластрон, как предполагается, препятствует потере влаги организмом, что также немаловажно.

Туловищные волоски (кстати, механорецепторные по своей физиологической природе) краснотелок снабжены длинными боковыми бородками с загibaющимися концами и образуют плотный и регулярный покров. При соприкосновении с жидкостями подобная структура образует большой краевой угол и, как следствие, обуславливает несмачиваемость покровов клещей, что прекрасно прослеживается при их содержании в лаборатории. В физиологическом отношении такое состояние покровной ткани обеспечивает эффективное кожное дыхание в неблагоприятных условиях среды. Таким образом, как мы выяснили, а ясно это стало далеко не с самого начала работы с клещами, покров из длинных гидрофобных волосков удовлетворяет классическому понятию пластрона и выполняет огромную функ-



Микрофотография участка покровов, сделанная в растровом электронном микроскопе. Видны складки с гребнями, которые заполняют всю площадь покровов между основаниями волосков спинной стороны тела взрослого клеща. Увел. 4200.

циональную роль на протяжении длительной индивидуальной жизни взрослых краснотелковых клещей в почве.

Наблюдая за живыми клещами в лаборатории и экстраполируя полученные данные на их возможное поведение в природе, мы выяснили, что мягкие покровы дейтонимф и взрослых краснотелок выполняют три разнонаправленные физиологические функции: во-первых, респирацию, или дыхание, т.е. поглощение и активный транспорт кислорода через кутикулу к нижележащим тканям; во-вторых, транспирацию, или испарение и отдачу избытка воды, поглощенной при питании (кстати, в их рацион входят яйца членистоногих), а также в условиях низкой влажности; и в-третьих, сорбцию, или поглощение водяных паров из окружающего воздуха в условиях, когда относительная влажность выше определенного порогового значения. При низкой влажности на открытом воздухе происходит потеря воды организмом, высыхание и неизбежная гибель клещей (чему в лаборатории препятствуют плотно закрытые емкости с высокой относительной влажностью). Можно полагать, что у

взрослых краснотелковых клещей, как и у других почвенных членистоногих, уровень транспирации высокий, а сорбции — активного, требующего больших затрат энергии процесса, — наоборот, низкий. Уровень респирации, как еще в 50-х годах предположили английские исследователи Э.Б.Эдни и Дж.О.Спенсер, связан с влажностью воздуха и, следовательно, поступлением воды внутрь организма. Так, в частности, у мокриц уровень потребления кислорода в сухом воздухе ниже, чем во влажном². Поэтому для краснотелок, как и для других почвенных организмов, обитание во влажной воздушной среде вдвойне необходимо: и для удовлетворительного водного баланса, и для эффективного кожного дыхания. Поскольку кожное дыхание осуществляется у краснотелок всей поверхностью тела, то и аппарат пластрона развит у них чрезвычайно сильно. Развитый пластрон, представляющий, однако, особые кутикулярные образования, выражен и у других широко известных почвенных обитателей — ногохвосток (*Collembola*). Он предохраняет этих мелких первично бескрылых почвенных насекомых (у многих из них, как и у краснотелок, нет трахей) во время дождей, обеспечивая им полноценное дыхание. У имеющих трахеи насекомых и клещей пластрон в основном ограничен стигмами (дыхальцами — отверстиями, которыми открывается на поверхности тела трахея).

Какие же структуры покровов у краснотелок осуществляют процесс дыхания? По-видимому, респирация и активный транспорт кислорода у дейтонимф и взрослых клещей происходит в расположенных между волосками складках покровов, которые образованы гребневидной губчатой кутикулой и подстилающими ее клетками. В целом, эти складки, занимающие значительную поверхность тела, могут рассматриваться как реальные воздушные жабры, избирательно поглощающие и транспортирующие кислород. Отсюда следует, что



Микрофотография газовой жабры взрослого клеща, сделанная в просвечивающем электронном микроскопе. Видны гребневидная кутикула на складке покровов и крупная интракутикулярная клетка под кутикулой. Увел. 18000.

морфологически разнородные структуры — сформированный длинными гидроробными волосками пластрон и воздушные жабры — функционально объединены в единый неразрывный комплекс. Аналоги подобного рода структур, видимо, существуют и у других групп клещей, но все они еще нуждаются в точной морфологической и физиологической оценке. Однако, если пластрон у многих насекомых (в частности, пластрон дыхательных жабр куколок некоторых двукрылых и жуков) эффективно осуществляет респираторную функцию только в водной среде, то у нимф и взрослых краснотелок пластрон и воздушные жабры призваны обеспечивать функцию дыхания постоянно. В этом проявляется как структурная, так и физиологическая разница подобных об-

² Edney E.B., Spencer J.O. Cutaneous respiration in woodlice // J. Exp. Biol. 1955. V.32. №2. P.256—269.

разований у насекомых и лишенных трахей краснотелок.

Полагая, что уровень респирации у мелких членистоногих прямо пропорционален их живой массе, а площадь пластрона, как считал Хинтон, должна соответствовать объему респираторной ткани, относительно крупные дейтонимфы и взрослые краснотелковые клещи, имеющие развитый пластрон и большую площадь водно-воздушной поверхности, должны обладать и выраженной респираторной тканью. Ее роль, очевидно, с успехом выполняют чрезвычайно крупные так называемые «интраэпителиальные» клетки, подстилающие кутикулу на большей части тела клещей. На электронных фотографиях эти клетки нередко выглядят пустыми но, по всей вероятности, они заполнены жидкостью. Происхождение ее двояко и является следствием как направленной сорбции водяных паров из окружающей влажной воздушной среды через кутикулу, так и поступления метаболической воды от внутренних органов путем ее реадсорбции из пищевого субстрата и экскреторных веществ. Именно поступлением воды из средней кишки и наполнением ею интраэпителиальных клеток можно объяснить некоторое расправление покровов и увеличение объема тела клещей — с началом их питания в лаборатории после вылупления. Из всего этого следует очень важный вывод о том, что голодные особи менее устойчивы к высыханию, чем уже напитавшиеся. Впрочем, избыточное питание также вредно для клещей. Нередко у нимф можно наблюдать капельки прозрачной желтоватой жидкости, выступающей на покровах между волосками, — результат выведения из организма избытка метаболической воды. Физиологическая роль рассмотренного состояния покровов в жизнедеятельности клещей огромна. Прежде всего благодаря этому обеспечивается консервация большого объема воды в целях предотвращения быстрой потери влаги организмом при неадекватных условиях среды, растворение и перенос к внутренним органам кислорода, поступающего посредством респирации через кутикулу, а также формирование необходимой при

линьке экзувиальной жидкости. Интраэпителиальные клетки принимают непосредственное участие в регуляции водного обмена организма клещей с окружающей атмосферой: в сухой атмосфере испарение влаги с поверхности компенсируется поступлением воды к этим клеткам от внутренних органов, а при высокой влажности атмосферы интраэпителиальные клетки, а вместе с ними и весь организм клеща, наоборот, пополняются водой из воздуха. Равновесная влажность всех этих процессов у многих обитателей почвы и подстилки, по-видимому, очень высока и превышает 90%. Несомненно, неотрихия — многофункциональное и, по-видимому, достаточно древнее эволюционное приобретение краснотелковых клещей. Она имеет огромное самостоятельное физиологическое значение, так как обеспечивает клещам возможность успешного существования в условиях среды их обитания — почвы — на протяжении длительного исторического периода. При этом значительно повышается и адаптивный потенциал данной группы клещей. Плотное опущение из волосков, формирующее аппарат пластрона, и чрезвычайно специфическая организация самих мягких покровов вступают в тесное функциональное взаимодействие, и это — единственно возможное и необходимое условие для поддержания физиологической потребности в дыхании, а также водном обмене, особенно при неблагоприятных условиях среды. Можно сказать, что краснотелковые клещи, в частности дейтонимфы и взрослые формы, в максимальной степени развивают данную структурную особенность, с наибольшей эффективностью используя заключенные в ней физиологические резервы.

Из этого краткого и весьма схематичного описания только одной из сторон биологии определенной группы клещей видно, какие подчас сложные и многофакторные механизмы использует природа в целях обеспечения и поддержания эффективной жизнедеятельности организмов.

Работа проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 97-04-48977.

Звездный час Филиппа Вениаминовича Бассина

О.Р.Арнольд,

кандидат психологических наук
Москва

НАША публика, которая теперь знает имена не только Зигмунда Фрейда, но и его последователей, присутствует на сеансах гипноза по телевизору и частенько предпочитает лечиться не у психиатров или психотерапевтов, а у психоаналитиков. Между тем профессор Филипп Вениаминович Бассин (1905—1992), невропатолог, крупнейший отечественный специалист в области бессознательного психического, член-корреспондент Берлинской академии психоанализа (это в те-то мрачные 80-е годы!) сумел в самых что ни на есть советских условиях, при мощном идеологическом давлении и цензуре, совершить своего рода подвиг и добиться невозможного. Он собрал чуть ли не всех ученых, занимающихся проблемами бессознательного, под одной крышей (Тбилисского дворца шахмат) — от враждовавших между собой психоаналитиков разных толков до чистых психофизиологов, от величин мирового значения, таких как легендарный лингвист Роман Якобсон, в свое время — футурист и друг Маяковского, до студентов и аспирантов, только-только вступающих в науку.

Давайте мысленно вернемся в те годы. Конец 70-х. Расцвет застоя. Пришедшая на начало десятилетия эпоха разрядки, когда дверь чуть приоткрылась и на советскую интеллигенцию пах-



Филипп Вениаминович Бассин. Фото из семейного архива. Публикуется впервые.

нуло свободным ветром с запада, закончилась; занавес снова стал непроницаемо железным, и все гайки закручены туго-туго. Естественно, в первую очередь это коснулось гуманитарных наук, которые считались идеологическими. А психологии в нашей стране вообще не везло — мало того, что ее в свое время разгромили как генетику, она к тому же все время оставалась под бдительным надзором партии и правительства. Психология как наука долго не могла оправиться и снова стать на ноги.

В начале семидесятых я заканчивала кафедру физиологии высшей нервной деятельности биофака МГУ. Программа обучения на старших курсах была состав-

лена весьма своеобразно. Например, почему-то в течение года мы проходили психиатрию; читали ее нам прекрасно, так что когда я через несколько лет пришла работать с суицидальными пациентами в кризисный стационар, я чувствовала себя гораздо увереннее, чем выпускники психфака. Был у нас и курс нейропсихологии, который читали сам Александр Романович Лурия и его ученики. А вот просто психологии, общей психологии — не было, как будто она не существовала в природе.

И это отнюдь не случайность. Недаром Лурия, который, кстати, начинал свою научную карьеру как психоаналитик, создал нейропсихологию, науку очень нуж-

ную, но скорее прикладную, чтобы все-таки иметь возможность заниматься любимым делом. Психология допускалась в качестве вспомогательного предмета, но не как наука о душе, о которой советский человек, стрелит до мозга костей и строитель коммунизма, и не помышлял.

Медицинская психология, служанка медицины, имела право на существование. Инженерная психология должна была обслуживать конструкторов. Педагогическая — со скрипом, но кое-как принималась. Но психология бессознательного? Это уже опасно! Ведь, согласно учению Фрейда, бессознательное — это неконтролируемая стихия, с которой не может справиться сам его обладатель, не то что указующий перст партии.

В те времена лучше всего жилось тем, кто «колебался вместе с линией партии и правительством», людям абсолютно конформным, не имеющим своего собственного мнения. Кстати, патопсихологи выделяют такой тип личности — конформный, который согласно классификации самого П.Б.Ганнушкина, назывался «конституционально-глупым».

И это было очень серьезно. Позже, работая в кризисном стационаре, я пыталась объяснить своим пациентам, которые с огромным трудом справлялись с жизнью и которым часто умереть было легче, чем жить, что такое психологическая защита. Я хотела, чтобы они осознали, чем мы с ними будем заниматься. «Понимаете, — говорила я, — личность вынуждена защищаться от общества, которое на нее давит, причем давит любое общество — и капиталистическое, и социалистическое».

Кое-кто понимал мои слова по-своему, и на меня писали доносы, обвиняя в антисоветской пропаганде.

Теперь трудно себе представить, что работы Фрейда и Юнга тогда не только не издавались, но и в библиотеках выдавались только по специальному разрешению, получить которое было очень сложно. Профессионалы знакомились с их трудами (как и с работами других «крамольных» авторов) в основном по еле читаемым ксероксам, которые переходили из рук в руки. Впрочем, это было вполне в советском стиле — ругать то, что не читал, но знаешь, что это плохо. Это касалось не только Пастернака. Так, на своем родном факультете я узнала, что крупнейший этолог, лауреат Нобелевской премии Конрад Лоренц — идеолог войны, потому что он доказывает, что агрессивность присуща природе человека. Естественно, и тогда я этому не поверила, но только прочитав уже в наши дни его книгу «Агрессия», поняла, как можно передернуть факты, чтобы получить полностью противоположный результат.

Вот, например, на каком анекдотичном уровне проходило знакомство студентов с Фрейдом на моей родной кафедре. Однажды на лекции по основам павловского учения о высшей нервной деятельности наш любимый профессор долго рассматривал голые коленки мои и двух моих подруг, которые дерзко светились перед самым его носом; видно, они выбивали его из колеи, потому что он вдруг завел речь о моде:

— Просто удивительно, насколько у нас мода отстает от западной. Например, на Западе уже давно носят

макси, а у нас все еще мини. Точно так же там о Фрейде уже успели забыть, а у нас только-только поднимают его на щит. Ну и что есть в этом Фрейде? Он утверждает, что все вещи, которые мы видим во сне, являются символами чего-то сексуального.

Вот такое представление об учении Фрейда мы вынесли из университетского курса. Знакомство с Филиппом Вениаминовичем Бассиным открыло передо мной новый мир. Он принадлежал к вымершей ныне старой профессорской гвардии — интеллигент до мозга костей, деликатный, мягкий в обращении, внимательный, с прекрасными манерами, необыкновенно обаятельный. Он был тем редким экземпляром человеческой породы, особенно необычным в кругах советской научной элиты, в котором незаурядный творческий ум и талант сочетались с редкими человеческими качествами, в первую очередь — порядочностью, верностью людям и идеям, стойкостью. Забывая про себя, он бросался на защиту талантливых ученых, которых травили, и не очень впоследствии удивлялся, когда ему отвечали черной неблагодарностью. Причем защищал он опальных «со знанием дела», прибегая к марксистской терминологии и одурманивая ею противника. Именно так он провел дискуссию с рьяными сторонниками павловских идей, защищая от их нападок Н.А.-Бернштейна, которого сам Норберт Винер в частном разговоре с Бассиным назвал своим предшественником (так, во всяком случае, я запомнила слова Филиппа Вениаминовича).

Собственно говоря, благодаря этой черте его



Организаторы и участники Тбилисского симпозиума по бессознательному. Слева направо: Ф.В.Бассин, Г.Аммон (Германия), В.С.Ротенберг, А.Е.Шерозия.

характера мы с ним в 1973 г. и познакомились. Тогда я была аспиранткой Нины Александровны Аладжаловой, которую незадолго до того выжили из Института высшей нервной деятельности, попутно чуть не доведя до инфаркта. Нельзя сказать, чтобы Нина Александровна была ангелом — как у всех выдающихся ученых, у нее был непростой характер, но предательство своих сотрудников она переживала очень тяжело, к тому же ее буквально выбросили на улицу. Филипп Вениаминович приютил Аладжалову вместе с ее очень громоздкой аппаратурой. Прямо в его кабинете в Институте неврологии мы с ним рука об руку и работали — он писал свои труды за письменным столом, а мы рядом ставили опыты. С прибором невозможно было справиться в

одиночку, да еще испытуемый сидел в кресле с электродами на голове, естественно, мы переговаривались, шумели, что-то падало, что-то выходило из строя, самописец брызгал во все стороны разноцветными чернилами — словом, сейчас, задним числом, я просто удивляюсь, как он мог в таких условиях думать и писать! А он ведь не делал нам замечаний, хотя, конечно, мешали мы ему страшно.

Непросто писать о любимом учителе, который во многом определил твой жизненный путь. Естественно, я к нему пристрастна, хотя Бассин относился ко мне гораздо лучше, чем я того заслуживала. В то время он читал лекции для вечерников на психфаке университета, они начинались очень поздно. На них всегда собиралось много народа: это

была практически единственная возможность познакомиться с его учением о бессознательном! Увы, я была тогда юной и легкомысленной и в начале нередко их прогуливала. А потом перестала — ведь на следующий день после пропущенной лекции Филипп Вениаминович повторял ее для меня одной, сгоравшей от стыда! Лектор он был прекрасный.

Сам он из-за идеологических нападков из психологии ушел в медицину, докторская диссертация его была посвящена электроэнцефалографии. Но все его научные интересы были сосредоточены на проблемах бессознательного, он написал на эту тему три книги, но только одна из них, «Проблема бессознательного», переведенная на пять языков, издана в Советском



Очередное интервью.

Союзе (1968), две другие — только за рубежом. Я не буду сейчас оценивать его научное творчество — это сделали без меня люди куда более компетентные. Хочу только сказать, что некоторые молодые психологи, с которыми мне пришлось беседовать, искренне считали его чуть ли не мракобесом, отвергающим Фрейда с позиций павловского учения — мой любимый профессор настолько владел эзоповым языком, был таким искусным дипломатом, что смог одурачить не только ограниченных цензоров от науки, но даже неискушенных психологов! Новому поколению ученых, которые уже давно, по английскому выражению, называют лопату лопатой, это понять еще труднее, как и не понять этого многим западным специалистам по бессоз-

нательному. Впрочем, об этом позже. Не обращая внимания на происки противников, Бассин вместе с М.Г.Ярошевским задумал первое в послевоенные годы издание Фрейда на русском языке. Пробивая его выход в свет, они упирали на то, что в ранних работах Фрейд выступает как чистый физиолог! Увы, эта книга появилась уже тогда, когда наши читатели получили широкий доступ к работам ранее запретных авторов.

Его личное отношение к Фрейду? «Фрейд так же устарел, как и Павлов!» — говорил он мне — и умудрился издать в СССР труды неофрейдистов, последователей Лакана. И конечно, под маской — книга называлась «Марксистская критика психоанализа».

Хотя, надо сказать, к психоанализу как к психотерапевтической технике Бассин относился не слишком благосклонно. Сам он много занимался проблемами пси-

хологической защиты и считал, что разрушать старую, пусть патологическую, защиту надо очень осторожно — ведь до того момента, пока душа не выработает новую, человек «голенький», и это очень опасно. Впрочем, то же самое относится почти ко всем психотерапевтическим методикам — и я всегда впоследствии, уже работая психотерапевтом, об этом помнила и на своем опыте убедилась в его правоте. К сожалению, сейчас всякий недоучившийся студент, прослушав месячный курс «психоанализа», может назвать себя «психоаналитиком» и заняться частной практикой — и горе несчастным его пациентам!

Главным детищем Филиппа Вениаминовича стал Международный симпозиум по проблемам бессознательного (Тбилиси, 1979), подготовка и выпуск в свет трех огромных томов материалов к симпозиуму (1978).



Новому поколению психологов все интересно.

Все тома вышли под общей редакцией А.С.Прангишвили, А.Е.Шерозия и Ф.В.Бассина. Как распределялись роли редакторов? Академик Прангишвили был в Грузии очень большой величиной и пробивал идею симпозиума в верхах (Бассин делал то же самое в Москве). Шерозия занимался непосредственно организацией симпозиума (и организация была просто блестящей!). Но львиная доля работы выпала на долю Филиппа Вениаминовича: он собирал материалы, редактировал их, вел переписку с авторами, писал предисловия к разделам. Очень многое из того, что опубликовано в этих томах им в соавторстве, написано им самим. Это вообще было в его стиле — он всегда охотно включал в свои труды соавторов,

а свои идеи дарил окружающим безвозмездно. Например, он ни разу не согласился, чтобы мы с Аладжаловой включили его имя в число наших соавторов, хотя очень активно участвовал в обсуждении результатов наших экспериментов. Кстати, в наших с Ниной Александровной научных спорах он нередко выступал в качестве арбитра. И это тоже для него характерно — он считал, что такие споры между аспиранткой и профессором вполне могут иметь место.

Работа по организации симпозиума велась много лет. Наконец, все было готово: сначала в издательстве «Мецниереба» вышли в свет его материалы, а потом состоялся и сам симпозиум. Почему именно в Грузии? Во-первых, советская Грузия при Эдуарде Шеварднадзе была заповедником либерализма — там было возможно то, что ни при каких условиях не проходило в других республиках Союза. А во-вторых,

национальная гордость грузин — труды Узнадзе и его школы по теории установки — вписывалась в бассинскую концепцию бессознательно-го. Иногда отношение грузин к родной концепции казалось на взгляд хладнокровных северян чересчур эмоциональным — так, гостеприимные хозяева прямо в аэропорту «похитили» А.Г.Асмолова, тогда молодого доцента МГУ, чья кандидатская диссертация была посвящена проблеме установок, и так усердно его угощали, что симпозиум чуть не остался без ученого секретаря круглого стола...

Но вот, наконец, все мыслимые и немыслимые препятствия, которые ставили организаторам власти, были успешно преодолены, и начали съезжаться участники. Конечно, и тут устраивались мелкие пакости — например, у Леона Шертока, мировой знаменитости, таможенники отобрали в аэропорту все привезенные из

Франции сувениры. Но симпозиум состоялся!

Дирекция Института психологии АН СССР сделала все, чтобы советские психологи на симпозиуме не присутствовали: экстренно в Ленинграде организовали какое-то совещание по инженерной, идеологически выверенной, психологии, на которое были откомандированы почти все сотрудники. Многие молодые психологи и студенты психфака ехали или летели в Тбилиси за свой счет. На железнодорожном вокзале их встречал плакат: «Всемирный Конгресс по бессознательному!»

Я не буду сейчас останавливаться на ходе симпозиума. Это событие давно уже вошло в историю психологии, хотя тогда у нас его замалчивали всеми возможными способами, а его организаторов травили. Это стоило жизни Аполлону Епифановичу Шерозия, человеку очень эмоциональному и ранимому (многие участники и гости симпозиума помнят, как дрогнул его голос во время заключительной речи, а на глаза навернулись слезы). Он умер молодым — не выдержало сердце. Здесь я хочу рассказать только о некоторых эпизодах, непосредственной свидетельницей которых я была.

Итак, красавец Тбилиси, великолепный Дворец шахмат, летняя жара. И многоликая и многоязыкая толпа психоаналитиков, гипнологов, физиологов. Кого тут только не было! Выделялись французы — их было очень много, они держались наиболее раскованно и шумно. Француженки, все как одна, невзирая на возраст, в легкомысленных летних платьях. Как они контрастировали с нашими скромно, если не

Вениаминович, который был в центре всего, вел заседания и решал все возникавшие по ходу дела проблемы, находил время ими восхищаться. Он прекрасно говорил по-французски — мне он рассказывал, что выучил этот язык в юности в Харькове, когда влюбился в дочь французского консула.

Надо сказать, что женщины Филиппа Вениаминовича обожали, несмотря на возраст, а он всегда восхищался всем прекрасным, в том числе и женской красотой. При этом он был настоящим рыцарем по отношению к своей жене; так, в Тбилиси, несмотря на почти круглосуточную занятость, он каждый день находил время, чтобы позвонить Агнессе Владимировне, а если ему почему-либо это не удавалось, то на переговорный пункт отправлялась я. В последние годы он много болел и плохо себя чувствовал, но всегда больше беспокоился о здоровье жены, чем о своем собственном.

Ему нравилось общество красивых, умных и раскованных француженок. Но вот однажды он завел со мной такой разговор:

— Сегодня ночью ко мне в номер пришла Катрин Клеман! Она пришла не одна, с ней был еще один из членов французской делегации. Они мне заявили, что если завтра (т.е. уже сегодня) им не разрешат провести свободную дискуссию вне программы, то на следующий день во всех французских газетах появится заявление, начинающееся со слов: «Мы горячо сочувствуем политзаключенным в советских психиатрических больницах!»

Это была провокация. С первого взгляда было видно, что нашим гостям абсолютно плевать на объявленных

сумасшедшими диссидентов (кстати, в Тбилиси приехало очень мало психиатров, а те, кто присутствовал, никак не были связаны с карательной психиатрией), им просто нужен был скандал. Программа симпозиума утверждалась на самом верху, на уровне ЦК КПСС, все согласовывалось с многочисленными высокопоставленными кураторами и было расписано заранее; французы были об этом прекрасно осведомлены. Все летело в тартарары. И Филипп Вениаминович совершил невозможное — он добился разрешения на проведение свободной дискуссии. Спасибо симпозиуму именно то, что должно было его погубить — дефицит времени. Ночью Бассину каким-то образом удалось связаться с Шеварднадзе, и тот дал разрешение. Если бы в запасе был еще один день, то пришлось бы просить разрешение у Москвы, и все было бы потеряно.

Дискуссию объявили вне программы — и ничего не произошло, скандал так и не состоялся. Организаторы свободной дискуссии, казалось, сами были страшно удивлены и не слишком к ней подготовились. После этого случая я поняла, что иностранные коммунисты ничуть не лучше наших, если не хуже. Кстати, уже после симпозиума Катрин Клеман преподнесла Бассину еще один неприятный сюрприз. Она написала в газете «Монд», что он, этот «старый крокодил сталинской эпохи (le vieille crocodile de l'époque stalinienne), железной рукой вел конгресс». Филипп Вениаминович очень обиделся, Клеман прислала письмо с неискренними объяснениями — она, якобы, сделала ему комплимент. Потом ее за что-то выгнали из компартии — и я, грешным делом, была рада...

Насколько достойнее вели себя ученые с «буржуазными» взглядами! Они-то отлично понимали трудности организаторов и всеми силами способствовали успеху симпозиума. Вспоминаю эпизод, когда Леон Шертук усмирил одного рыжего психоаналитика-анархиста — тот вел себя чересчур шумно и крикливо, почти провокационно, и организаторы с нашей стороны попросили принять меры... Шертук принял меры — он серьезно поговорил с анархистом... Как протекал разговор и какие меры были приняты, не имею представления, но бунтарь притих.

После симпозиума западная желтая пресса обвинила тех ученых, которые принимали большое участие в организации симпозиума — Леона Шертuka и Гюнтера Аммона, — в том, что они продались большевикам. Оба подали в суд на газеты и выиграли процессы по делу о диффамации, получив большую компенсацию.

И конечно, рассказывая о Тбилисском симпозиуме,

нельзя не вспомнить о знаменитой оговорке. Это было во время общей дискуссии. Аудитория была переполнена. Среди прочих выступала Екатерина Васильевна Шорохова, тогда заместитель директора Института психологии Академии наук, которую дирекция института вместе с другим идеологически проверенным кадром — П.Н.Шихиревым — послала на симпозиум, чтобы она «бдила». Кто-то сказал про Шорохову, что политики ее считают ученым, а ученые — политиком. Выглядела Екатерина Васильевна как типичная партийная дама тех лет и толкала она психоаналитикам речь как на партийном собрании: бессознательное, конечно, важно, но сознание — важнее! (Ну конечно, какое может быть бессознательное у советского человека!) А закончила она свое выступление тем, что, перечисляя различные проблемы, с которыми имеют дело психологи: религиозные, моральные и т.п., — вместо слова «социальные» произнесла «сексуальные»! И

подумать только, что это совалось с уст человека, который по должности своей должен был отрицать существование не только бессознательного, но тем паче сексуального, а либидо взяло и вылезло!

Аудитория грохнула. Синхронисты передали ее слова в точности на всех трех языках (синхронный перевод был блестящий). Студенты Тбилисского университета, сидевшие во всех проходах, легли на пол. Говорят, Вадиму Петровскому, автору интереснейших работ по риску, от смеха стало плохо. А ученые, сидевшие на сцене за круглым столом, чуть не попадали под этот самый стол. Филипп Вениаминович все-таки удержал в руках микрофон, но от улыбки, при всей его выдержке, даже он не смог удержаться...

В жизни любого человека бывают звездные часы. Думаю, для Филиппа Вениаминовича таким звездным мигом были дни Тбилисского симпозиума. И я рада, что была тому свидетельницей.

P.S. Организаторы симпозиума горячо обсуждали вопрос о выборе эмблемы своего форума и остановились на «Стрельце» — миниатюре XI в., традиционном элементе графики древних грузинских рукописей. Вот что писал Ф.В.Бассин о трактовке этого рисунка: «Он не поддается однозначному истолкованию. По поводу его символического значения можно строить лишь догадки. Не представлена ли в нем идея двух противостоящих и одновременно неразрывно связанных начал в природе человека? Как истолковать очень своеобразную его деталь: отсутствие стрелы при натянутой тетиве лука? Не явля-



ется ли это отсутствие указанием на невозможность для «Стрельца» поразить противостоящее ему начало, ибо такое поражение означало бы гибель их обоих как питаемых одним и тем же телом и, следовательно, в каком-то

смысле содружественных? Может быть, отсутствие стрелы — лишь выражение того, что противоборство здесь происходит не с помощью материальных орудий? Не подчеркивает ли, наконец, выступающее в рисунке резкое отличие человеческого от анимального различие функций, специфических для разных начал в природе человека? Во всех этих случаях перед нами одновременно и противоборство, и содружество, и неразрывность связей, и различие ролей, т.е. диалектика, столь характерная для сложнейшего взаимоотношения в психике человека проявлений сознания и бессознательного».

- 106** **NB** Глубоководный моллюск размножается по приказу.
Несис К.Н.
- 107** Магнетар взорвался
Открыта сверхновая,
наша соседка
- 108** Леониды вреда не причинили,
но ученых огорчили
Уточняется внутренняя структура
Каллисто и Европы
- 109** Новая наука: экзогляциология
Морские суда оставляют следы
в небе
- 110** Звуковые запрещенные зоны
- 111** Нанокomпьютер из пробирки
Можно ли «слышать» язык
жестов?
- 112** Минздрав США в последний раз
предупреждает... **Жарков Д.**
- 113** Пейте чай! Лучше — зеленый
Дискуссия о балансе GO_2
продолжается
- 114** Стартовый комплекс вытесняет
морских птиц
Кто больше вредит природе?
- 115** Тектонические процессы в архее
Первая радарная карта
Антарктиды
- 116** Январь 1999-го: землетрясений
мало, жертв много
О механизме извержения
гейзеров
- 117** Неистовствует вулкан Колима
Климат Европы: взгляд
на предстоящую половину века
- 118** К 200-летию изучения мамонта.
Мащенко Е.Н.

- 106** **NB** Deep-Sea Mollusc Reproduces
Itself by Order.
Nesis K.N.
- 107** Magnetar Exploded
A Supernova, Our Neighbor,
Discovered
- 108** Leonides Did No Harm But Upset
Scientists
Internal Structure of Callisto
and Europa Is Being Clarified
- 109** Exoglaciology: A New Science
Marine Vessels Leaving Traces
in the Sky
- 110** Sonic Forbidden Zones
- 111** Nanocomputer from a Test-tube
Can the Language of Gestures
Be Heard?
- 112** General Surgeon Warns for the Last
Time... **Zharkov D.**
- 113** Have Tea! Green Tea Is
Recommended
Debate on CO_2 Balance Continues
- 114** Start-up Complex Squeezes
out Marine Birds
Who Does Nature More Harm?
- 115** Tectonic Processes in the Archean
First Radar Map
of Antarctica
- 116** January 1999: Few Earthquakes,
Many Victims
On the Mechanism
of Geyser Eruption
- 117** Kolima Volcano Raging
Europe's Climate: A Look at the
First Half of the 21st Century
- 118** On the 200th Anniversary
of Mammoth Research.
Mashchenko E.N.

Nota bene

Зоология

Глубоководный моллюск размножается по приказу

Калиптогены — гигантские белые двусторчатые моллюски — обычный компонент населения глубоководных гидротермальных излияний и холодных высачиваний, богатых сероводородом. В их жабрах живут симбиотические бактерии, окисляющие сероводород и потребляющие его энергию, этими же бактериями и продуктами их жизнедеятельности калиптогены питаются. Другого источника пищи им не надо.

Один из видов калиптоген, *Calyplogena soyozae*, обитает на холодных высачиваниях у южного побережья Японии — на склонах залива Сагами. Колонию этих моллюсков в несколько тысяч особей изучали японские ученые из Отдела глубоководных исследований Японского центра морской науки и технологии в Йокосуке и Кагосимского университета¹. На дне у о. Хацусима (глубина 1175 м) они установили видеомониторы и датчики температуры, солености, давления, скорости и направления течений, теплового потока от дна, сейсмичности и другую аппаратуру.

Калиптогены раздельнополы. Спермии и яйца выбрасываются прямо в воду, из яйца вылупляется пелагическая личинка. Животных с таким типом размножения в океане — тысячи видов, на мелководьях — подавляющее большинство. Для них критически важно синхронизировать вымет половых продуктов самцами и самками. У мелководных обитателей сигналом к вымету может быть любое достаточно регулярно

повторяющееся изменение окружающих условий: солнечной и лунной освещенности (суточный ритм), давления воды (приливный ритм), температуры, солености, количества и качества пищи (сезонные ритмы) и т.п. Но что может быть сигналом для глубоководного животного, обитающего в полной темноте, в стабильных условиях и не нуждающегося во внешнем источнике питания?

За полтора года непрерывного мониторинга (декабрь 1993 — июнь 1995) нерест моллюсков наблюдали семь

раз. Он неизменно начинался непосредственно (в пределах часа) после повышения температуры воды всего на 0.15—0.20°C. Первыми начинали нерест самцы, за ними с задержкой в пределах 10 мин — самки (облачка спермы и яиц были прекрасно видны на экране подводного телевизора).

Чтобы проверить, служит ли повышение температуры сигналом к нересту, поставили опыт. В полушаровидный купол из оргстекла диаметром 23 см вмонтировали галогенную лампу, термометр и насос для сбора проб воды и опустили с подводного аппарата «Синкай 2000» на колонию калиптоген. Под куполом оказалось около десятка моллюсков, бок о бок торчавших из грунта. Когда осела муть, включили лампу — температура сразу подскочила с нормальных для такой глуби-

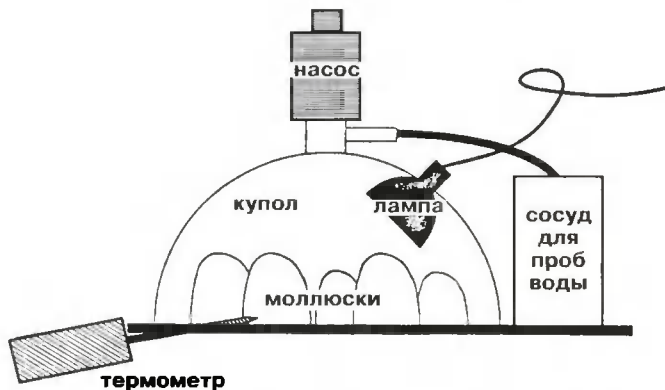


Схема экспериментальной установки для стимуляции нереста глубоководных моллюсков *Calyplogena soyozae*.



Гигантские белые моллюски в естественной обитавке на дне залива Сагами (глубина 1175 м).

¹ Fujiwara Y., Tsukahara J., Hashimoto J., Fujikura K. // Deep-Sea Research I. 1998. V.45. №11. P.1881—1889; Van Dover C.L. // Nature. 1999. V.397. №6716. P.205—207.

ны 2.8 до 5.0—5.5°C. И через 5 мин начался нерест! За 70 мин наблюдения зафиксировали 11 актов вымета (некоторые моллюски нерестились неоднократно), каждый длился около минуты. Первыми начинали самцы (вода под куполом была заполнена спермой), причем одновременно нерест шел и у моллюсков снаружи купола, в радиусе полуметра, но только вниз по течению, куда попадала нагретая вода из-под купола. Значит, сигналом к началу нереста была именно температура, а не свет! Самцы реагировали непосредственно на температуру, а самки — либо на появление спермы, либо тоже на температуру, но с небольшой задержкой.

Причина повышения температуры воды в естественных условиях неясна (температура высачивающегося раствора стабильна). Скорее всего это подводные землетрясения или донные штормы, перемешивающие придонную воду с более теплой, лежащей выше. Для моллюсков эти события, разумеется, непредсказуемы, так что им необходимо круглый год иметь некоторый запас зрелых, готовых к немедленному вымету спермиев и яиц. Пусть это энергетически невыгодно, зато — полная гарантия синхронности нереста и успешного оплодотворения!

Согласно подводным и аквариумным наблюдениям, спермии и яйца у калиптоген имеют нейтральную плавучесть. Значит, личинки тоже не всплывают и не опускаются на дно, а дрейфуют с придонными течениями. Это позволяет калиптогенам быстро осваивать новообразовавшиеся излияния и высачивания и восстанавливать погибшие от подводных оползней популяции.

Стимуляция нереста путем повышения температуры воды — стандартный прием в аквакультуре мелководных моллюсков, но на глубоководных этот метод опробован впервые. Однако для обитателей гидротермальных излияний, в отличие от фауны холодных высачиваний, ключе-

вым сигналом вряд ли может быть повышение температуры — там она слишком высока и сильно колеблется. Для них, скорее всего, ключом является изменение направления придонных течений и давления воды в приливном ритме.

© **К.Н.Несис**,
доктор биологических наук
Москва

Астрофизика

Магнетар взорвался

27 августа 1998 г. на Землю обрушился сверхмощный поток гамма- и рентгеновского излучения, который даже вызвал «зашкаливание» приборов нескольких искусственных спутников. Анализ наземных и космических данных показал, что это было следствием взрыва звезды SGR 1900+14, находящейся в созвездии Орла, в 20 тыс. световых лет от нас.

Волну излучения зарегистрировали приборы семи космических аппаратов, включая предназначенный для изучения астероидов «NEAR», проходивший в это время вблизи орбиты Марса, и «Ulysses», исследующий Солнце и сближавшийся тогда с орбитой Юпитера.

Звезда SGR 1900+14 представляет собой магнетар — нейтронную звезду с магнитным полем более мощным, чем любой известный науке объект во Вселенной. Хотя существование магнетаров было теоретически предсказано еще в 1992 г., инструментально первый из них был открыт лишь в начале 1998-го.

Магнитное поле магнетара по интенсивности может в 10^{15} раз превосходить земное. Временами такое поле прорывает тонкую твердую кору звезды, причем выделяется колоссальное количество энергии. Она-то и была зарегистрирована рентгеновскими и гамма-детекторами, расположенными по всему земному шару.

Nature. 1999. V.395. №6702. P.529 (Великобритания).

Астрономия

Открыта сверхновая, наша соседка

Как известно, массивные звезды завершают свое существование мощным взрывом, порождающим яркую сверхновую звезду. При этом образуются гигантские облака раскаленного газа, которые наблюдаются еще несколько тысячелетий. Сейчас астрономам известно уже около 200 остатков сверхновых в нашей Галактике, сам же такой взрыв в Млечном Пути люди в последний раз наблюдали в 1604 г.

Но вот недавно еще одно скопление раскаленных газов, возникшее при рождении сверхновой, было открыто сотрудниками Института внеземной физики им.Макса Планка под руководством Б.Ашенбаха (B.Aschenbach; Гархинг, Бавария, Германия). Они воспользовались данными приборов германо-американского спутника «ROSAT», которые регистрируют рентгеновское излучение в области неба, по диаметру равной приблизительно четырем полным Лунам.

Обработку этой информации наряду с сотрудниками Ашенбаха независимо провели их коллеги по институту, возглавляемые А.Иудиным (A.Iyudin). Установлено, что новый объект — действительно остаток взрыва «престарелой» звезды. Температура газовой облака превышает 3×10^8 K.

Ученые считают, что излучение от взрыва дошло до нас в начале XIV в., всего около 680 лет назад, а расстояние до сверхновой составляет 600 световых лет, что по астрономическим меркам — совсем рядом. Ближе к Земле взрывов сверхновых еще никто не обнаруживал.

Это событие должно было выглядеть весьма величественно: вспышка могла превзойти по яркости любую звезду или планету. Так почему же она не зарегистрирована ни в каких исторических хрониках? Возможно, ее закрывали густые облака косми-

ческой пыли или же взрыв произошел слишком низко над горизонтом, чтобы быть замеченным даже астрономами Китая и Японии. Впрочем, что касается Китая, то событие по времени совпадает с пробелом в хрониках этой страны, захваченной в ту пору монголами.

Nature. 1999. V.396. №6707. P.141—142 (Великобритания).

Астрономия

Леониды вреда не причинили, но ученых огорчили

Сближение Земли с кометой Темпеля—Туттля, ежегодно сопровождающееся метеорным потоком Леонид¹, ожидалось осенью 1998 г. с особым интересом. Астрономам (профессионалам и любителям) столкновение планеты с массой «падающих звезд» обещало принести немало новой научной информации, участники же различных экспериментов в космосе опасались за сохранность искусственных спутников и космических кораблей, вряд ли способных без ущерба перенести такие столкновения.

Как и предсказывалось, событие произошло в середине ноября, но — к лучшему или худшему — не достигло той интенсивности, которую прогнозировали многие специалисты, и было менее впечатляющим, чем в 1966 г., когда небо над всей Северной Америкой осветилось тысячами одновременно вторгающихся в атмосферу и сгорающих метеоров (в период максимума — до 150 тыс. в час).

Наибольший эффект ожидался над Азией, и НАСА США направило в Японию самолет-лабораторию для наблюдения потока Леонид. В момент предсказанного пика над южным японским о.Окинава было зарегистрировано от 200 до

300 метеоров в час. Это намного меньше, чем предполагали, но в 20 раз больше среднего числа для обычного звездного дождя Леонид.

Неточным оказалось и время события. Наблюдения на Канарских о-вах с помощью британского Телескопа им. Исаака Ньютона показали, что максимум вторжения небесных тел в воздушное пространство Земли (когда их число было всего от 1 до 2 тыс. в час) пришелся примерно на 5 ч утра по Гринвичу 17 ноября, т.е. на 16 ч раньше, чем прогнозировалось.

Зато довольна американская компания «Орбитал Сайенсез» из штата Вирджиния: ни один из ее 30 спутников связи не пострадал. Вашингтонский консорциум «Иридиум», владеющий вдвое большим числом коммуникационных ИСЗ, тоже вышел сухим из воды, как и любимый астрономами всего мира Космический телескоп им.Хаббла. Никак не коснулось это событие и второго по величине в мире искусственного космического объекта — нашей станции «Мир».

Чем объясняется подобная «скромность» потока Леонид в 1998 г., ученым еще предстоит выяснить.

New Scientist. 1998. V.160. №2162. P.20 (Великобритания).

Планетология

Уточняется внутренняя структура Каллисто и Европы

С тех пор как в декабре 1995 г. автоматическая межпланетная станция «Галилео» оказалась в системе Юпитера, она неоднократно совершала пролет мимо его крупного спутника Каллисто. Наибольшее их сближение, в сентябре 1997 г., позволило собрать интересную информацию, обработку которой ныне завершил Дж.Андерсон, Ю.Л.Лау и Л.Сьорген (J.Anderson, E.L.Lau, L.Sjorgen; Лаборатория реак-

тивного движения НАСА, Пасадена, Калифорния) совместно с Дж.Шубертом (G.Schubert; Университет штата Калифорния, Лос-Анджелес).

До сих пор считалось, что породы, слагающие тело Каллисто, почти недифференцированы. Теперь же можно полагать, что ее недра далеко не однородны: по-видимому, каменные породы и лед в значительной степени разделены, причем по мере приближения к центру небесного тела доля льда уменьшается.

Если принять, что ядро Каллисто состоит из смеси металлов с камнями, то его радиус несколько меньше 25% радиуса всего спутника: чисто ледяная кора в толщину не превышает 350 км, а между ядром и корой находится смесь камней со льдом. Впрочем, процессы дифференциации на Каллисто пока не зашли столь же далеко, как на остальных крупных (галилеевых) спутниках Юпитера. Так, тело Ганимеда довольно отчетливо разделяется на металлическое ядро, силикатную (каменистую) мантию и богатую льдом внешнюю оболочку; Ио обладает металлическим ядром и каменной мантией, а льда там нет.

По мнению исследователей, эти различия объясняются следующим: Ио, Ганимед и Европа располагаются ближе к Юпитеру, чем Каллисто, и подвергаются значительно более мощному гравитационному воздействию планеты-гиганта. Постоянно сменяющиеся друг друга приливное сжатие и растяжение этих небесных тел приводят к их разогреву, что способствует дифференциации пород в зависимости от их плотности. Водяной лед, силикаты и металл постепенно занимают соответствующие им отдельные места в теле близких к планете спутников. Но на более далекой Каллисто, подверженной меньшему гравитационному разогреву, этот процесс продвинулся не столь сильно.

Новые данные получены и о Европе. Раньше считалось,

¹ См.: Следите за Леонидами! // Природа. 1996. №10. С.111.

что ее недра хорошо дифференцированы: металлическое ядро плотно окружено силикатной мантией, а она в свою очередь — жидкой водяной оболочкой и ледяной корой. Недавняя информация, собранная «Галилео» при пролете на высоте всего 205 км над спутником, заставляет несколько «обновить» этот взгляд. Установлено, что металлическое ядро Европы очень велико (может достигать половины радиуса спутника), а водно-ледяная оболочка в толщину имеет всего 80—170 км (наиболее вероятная толщина около 100 км).

Итак, новые сведения о Каллисто позволяют предположить, что этот спутник возник в иных обстоятельствах и развивался иначе, чем Ио, Европа и Ганимед.

Jet Propulsion Laboratory Release. 4 June 1998; Science. 1998. V.280. №5369. P.1573 (США).

Планетология

Новая наука: экзогляциология

Существование льда и снега на Луне и некоторых далеких от Земли планетах и их спутниках — факт уже доказанный. Но от его констатации до всестороннего изучения оледенений, чем занимаются гляциологи на Земле, еще огромная дистанция.

Ныне по договоренности с НАСА сотрудники Университета штата Колорадо в Боулдере приступили во главе с гляциологом Э.Нолин (A.Nolin) к исследованию данных о полярных шапках Марса. Речь идет о большом количестве изображений Красной планеты, ее отражающей способности и показаний лазерного альтиметра (высотомера), которые были переданы на Землю искусственным спутником «Mars Global Surveyor».

Национальному центру по изучению снега и льда в Боулдере, входящему в состав Кооперативного института исследований природной среды

(совместное учреждение Университета штата Колорадо и Национального управления США по изучению океана и атмосферы), на осуществление этого проекта, рассчитанного на три года, НАСА выделяет 225 тыс. долл.

Коллектив Национального центра — головного учреждения проекта — построит модель обеих полярных шапок, соединив информацию в «виртуальное единство», что поможет определить не только их периметры и объемы, но и состав.

Марс — планета в наибольшей степени сходная с Землей. Некогда она, по-видимому, изобиловала влагой, дальнейшая судьба которой пока неясна. Новые исследования должны пролить свет на эту проблему и показать, насколько подобный процесс вероятен на иных планетах. Кроме того, лед, как и на Земле, может послужить отличным «архивом данных» о климате минувших марсианских эпох, их гидрологического цикла, о температурном градиенте и циркуляции атмосферы.

Уже установлено, что полярный ледяной покров на Марсе простирается до более низких широт, чем на Земле, и, следовательно, мерзлые грунты занимают там большую площадь. Присутствие на Марсе углекислого льда и обилие пыли в атмосфере и ледниках — коренные отличия от нашей планеты. Чрезвычайно высокая чувствительность спутниковой камеры и альтиметра позволяют установить процентные соотношения пыли и снега в ледниках, а возможно, и состав других включений в поверхностном слое.

В последнее время стало ясно, что северная полярная шапка Красной планеты состоит в основном из обычной пресной воды, тогда как южная — почти полностью из замерзшего диоксида углерода; причины этих различий необходимо выяснить. На Земле температура льда относительно близка к точке таяния, поэтому здесь он — самый

динамичный элемент поверхностного слоя, зависящий от сезонных изменений его формы, объема и протяженности. Низкие температуры, свойственные Марсу, означают, что его полярные районы претерпевают куда меньшие изменения сезонного характера, однако районы, покрытые изморозью, все же подвластны таким изменениям.

По сути, проект знаменует собой рождение новой отрасли науки — экзогляциологии, перед которой открывается широчайшее поле деятельности на далеких планетах Солнечной системы и их спутниках.

Earth System Monitor. 1999. V.9. №3. P.3 (США).

Физика атмосферы.
Химия атмосферы

Морские суда оставляют следы в небе

Вытянутый конденсационный след самолета в воздухе — привычное зрелище для нашего времени. Менее известен тот открытый 30 лет назад факт, что и морские суда оставляют свой «автограф» в атмосфере.

В последние годы установлено, что такой след возникает в результате взаимодействия твердых частиц, выбрасываемых дизельными двигателями судна, с воздушной средой. При этом возрастает концентрация капель влаги, образующих облака, и одновременно уменьшаются средние размеры капель.

Спутниковые наблюдения с помощью радиометров очень высокого разрешения, выполненные сотрудниками Национального управления США по изучению океана и атмосферы (НОАА), показали, что в итоге усиливается отражающая способность облачного покрова в диапазоне длин волн около 3.7 мкм.

Идеальные условия для получения со спутника изображений этой характерной облач-

ности и района вокруг нее сложились в один из августовских дней, когда тихоокеанское побережье штата Вашингтон (крайний северо-запад США) было покрыто низкими однородными слоистыми облаками. Этим воспользовалась группа специалистов NOAA во главе с Р.Дж.Фереком (R.J.Ferek), с бравшая с борта самолета-лаборатории данные о микрофизике и химии этого явления. На полученном снимке отчетливо были видны две узкие светлые полосы, образованные выбросами двигателей судов-выбросов «Форест Уэйв» и «Аль-Аламира», которые шли в то время через Тихий океан в северо-западном направлении.

Самолет-лаборатория NOAA неоднократно пересекает эти следы на высоте 210 м над ур.м. Выяснилось, что внутри следов происходит сильное возмущение микрофизических свойств облачности: первоначально очень высокая концентрация частиц со временем падает, а капли, которые формируются в присутствии ядер конденсации, становятся примерно в шесть раз более многочисленными и вдвое мельче по сравнению с каплями окружающих облаков. Неожиданным для исследователей оказалось то, что повышенная концентрация сохранялась длительное время.

Отражающие свойства облачности сильно влияют на радиационный бюджет планеты. Они в свою очередь зависят от размеров частиц и их концентрации. Антропогенное загрязнение атмосферы такими веществами, как SO_2 , летучая органика и взвешенные частицы, способствует образованию ядер конденсации и существенно изменяет отражающие свойства облачного покрова.

Следы, оставляемые морскими судами, представляются идеальным объектом для изучения количественных характеристик и корреляции между выбросами судов и состоянием облачности. Такие исследования совершенствуют наше понимание радиационно-

го баланса Земли и различных факторов, влияющих на него.

Journal of Geophysical Research. 1998. V.103. P.23199 (США).

Физика

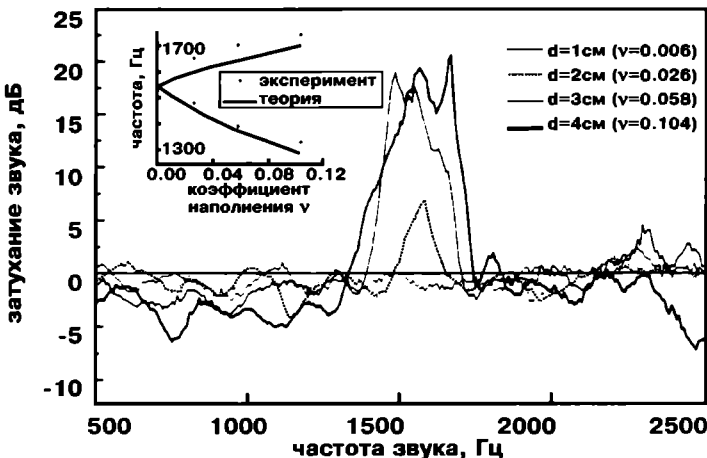
Звуковые запрещенные зоны

В конце 80-х годов на основе прозрачных материалов были созданы образцы, в которых распространение света сопровождалось сильным поглощением в некоторых диапазонах длин волн. Такие структуры получили название фотонных кристаллов. Зоны длин волн, в которых материал теряет прозрачность, — запрещенные фотонные зоны — возникают в оптически прозрачной среде, показатель преломления которой n промодулирован в пространстве. Значительное подавление света наблюдается, когда период модуляции примерно равен длине волны света, а глубина модуляции n достаточно велика¹.

¹ Подробнее см.: Богомолов В.Н., Прокофьев А.В. Фотонные кристаллы // Природа. 1998. №8. С.27—36; Оптический фильтр на основе фотонного кристалла // Там же. С.107—108.

Теория распространения света в фотонных кристаллах может быть применена к другим типам волн, например звуковым. Основным параметром, который определяет ширину фотонной запрещенной зоны, — это отношение диэлектрических проницаемостей рассеивающего и основного компонентов материала; для звуковых волн ее ширина зависит от скорости звука и вариаций плотности материала.

Группа исследователей из Политехнического университета в Валенсии, Мадридского автономного университета, Института материаловедения экспериментально продемонстрировала существование звуковых запрещенных зон в сотовой структуре, состоящей из периодического расположения металлических цилиндров. Роль рассеивателя звуковых волн играл воздух. Исследовались структуры с квадратной и треугольной геометриями. В первом случае постоянная решетки составляла 5.5 и 11 см, во втором — 6.35 и 12.7 см. Коэффициент наполнения структуры v (отношение объема, занимаемого цилиндрами, к общему объему) варьировали от 0.005 до 0.4 путем изменения диаметра цилиндров d . Измерения проводились в безэховой камере размерами 8x6x3 м³.



Спектр поглощения для акустических волн. Зависимость ширины запрещенной зоны от коэффициента наполнения.

Оказалось, что при определенных конфигурациях структуры удается достичь сильного поглощения звуковых волн, идущих во всех направлениях. Так, представленная на рисунке частотная зависимость коэффициента затухания звука для направления [100] (по аналогии с кристаллами) обнаруживает зону сильного затухания вблизи частоты 1.5 кГц. Ее ширина определяется коэффициентом наполнения структуры. Экспериментальные данные подтвердили предварительные теоретические оценки.

Результаты исследований поглощения звука в периодических структурах могут иметь самое широкое применение в акустических фильтрах или звукопоглощающих экранах.

Physical Review Letters. 1998. V.80. №80. P.5325—5328 (США).

Информатика. Техника

Нанокomпьютер из пробирки

Дж.Хит (J.Heath; Калифорнийский университет, Лос-Аламос, США), С.Уильямс и Ф.Кьюкес (S.Williams, Ph.Kuekes; корпорация «Хьюлетт Паккард», Пало-Альто, США) исследуют возможность создания компьютера в химическом растворе. Процессор предполагается собирать путем послойного наращивания активных элементов из атомов и молекул и соединения их токопроводящими углеродными нанотрубками. Авторы полагают, что химический процессор будет сверхминиатюрным (меньше песчинки) и на четыре порядка более экономичным с точки зрения энергопотребления, чем современные чипы. В отличие от последних, структура которых должна быть бездефектной, компьютер на основе химически «выращенных» нанозаэментов может иметь значительное количество нарушенных связей, что не снизит его эффективность.

По архитектуре прототипом нанокomпьютера послужит компьютер Терамак, созданный в середине 90-х годов из дефектных или уже бывших в употреблении компонентов. По оценкам, примерно 220 тыс. его узлов не работали. Однако в этом устройстве, где компоненты многократно дублировали друг друга, количество заменило качество. Специальная программа в течение нескольких дней тестировала оборудование, выявляя дефектные узлы и организуя связь в обход их. В результате такой оптимизации Терамак превысил по быстродействию современные рабочие станции на два порядка.

По мнению Хита, в ближайшие 10 лет современная технология в микроэлектронике достигнет предела своих возможностей. Производство бездефектных суперчипов с миллиардами активных элементов потребует колоссальных экономических затрат. Предлагаемая альтернатива — «выращивание» суперчипов на молекулярном уровне. Безусловно, в этом случае структура суперчипа будет иметь значительное число дефектов, более того, каждый «выращенный» компьютер станет отличаться от своих собратьев. После сборки потребуются длительные процедуры тестирования и оптимизации. В случае обнаружения дефектной структуры конфигурация системы каждый раз будет меняться. Однако за счет многократного резервирования активных элементов такие компьютеры станут не только работоспособными, но и значительно превзойдут своих предшественников по экономическим и техническим характеристикам.

Принцип «количество заменяет качество» можно использовать также при производстве периферийных устройств, например внешней памяти. Если файлы упорядоченно дублируются на дефектных жестких дисках, вероятность возникновения ошибки очень мала.

В настоящее время исследователи пытаются создать демонстрационный компьютер — гибрид, объединяющий нано- и микротехнологии. Как полагает Хит, разработку первого нанокomпьютера можно ожидать в ближайшие несколько лет.

American Vacuum Society meeting in Baltimore, USA. November 1998 (США).

Физиология

Можно ли «слышать» язык жестов?

Язык жестов заменяет глухонемым людям обычную речь, в полной мере передавая всю необходимую информацию и смысловые нюансы. А как он воспринимается на физиологическом уровне? Какие структуры мозга участвуют в восприятии звуковой и жестовой речи? Этот вопрос исследовали Х.Нисимура, К.Хасикава и К.Дой с коллегами (H.Nishimura, K.Hashikava, K.Doi et al.; Осацкий университет, Япония).

Слуховая область мозга, так же как и области, относящиеся к другим органам чувств, состоит из первичной слуховой коры и вторичной (ассоциативной) слуховой зоны. Первая обеспечивает собственно восприятие звуков, вторая отвечает за смысловое восприятие речи. Первичная слуховая кора расположена в височной области, ассоциативная зона — в верхней височной извилине. Ее связи с первичной слуховой корой развиваются, когда ребенок овладевает речью, а полностью формируются к 5—6 годам.

В первом эксперименте испытуемым (людям с врожденной глухотой) показывали снятую на видеопленку последовательность из нескольких «слов» на языке жестов и оценивали активацию коры мозга методом позитронной эмиссионной томографии. Было показано, что при восприятии жестовой речи активируются

как зрительные области коры, так и верхние височные извилины, в особенности левого полушария.

Перед вторым экспериментом в левое внутреннее ухо испытуемого помещали специальное устройство, стимулирующее слуховой нерв, что позволяло абсолютно глухим слышать звуки. Эксперимент проводили в два этапа, предлагая сначала зрительную, а затем и акустическую задачу. Зрительная представляла собой видеоряд жестов, не несущих какой-либо смысловой нагрузки. В акустической задаче испытуемый прослушивал магнитофонную запись слов, воспринимаемую с помощью стимулятора. Оказалось, что при восприятии зрительной задачи активизируется первичная зрительная кора, а при акустической — первичная слуховая кора в правом полушарии. Ни в том, ни в другом случае у испытуемых с врожденной глухотой активация не распространялась на ассоциативные зоны, поскольку ни зрительная, ни слуховая информация для них смысла не несла. В то же время у людей, потерявших слух после овладения речью, активировались в ходе прослушивания слов как первичная, так и вторичная корковые слуховые области.

Подобное явление наблюдается и в других случаях. Так, при чтении слепыми книг, написанных шрифтом Брайля (специальный шрифт, позволяющий читать книги «на ощупь»), активизируется вторичная (но не первичная) зрительная кора, поскольку в этом случае используется тактильная чувствительность, а не зрение. Очевидно, что вторичные (ассоциативные) корковые зоны различных органов чувств обладают гораздо большей пластичностью, чем первичные области.

Таким образом, результаты исследований показали, что у людей с врожденной глухотой вторичная слуховая зона (верхняя височная извилина) несет важную функциональную

нагрузку — обеспечивает восприятие жестовой речи.

Nature. 1999. V.397. №6715. P.116. (Великобритания).

Медицина

Минздрав в последний раз предупреждает...

35 лет назад, в 1964 г., Л.Терри (L.Terry, главный хирург США — так именуется должность министра здравоохранения) официально признал, что курение вызывает рак. Не то чтобы это было неизвестно раньше — но впервые такое заявление прозвучало из уст человека, ответственного за здравоохранение в масштабах целой страны. Развернулась публичная кампания по борьбе с курением, которая, надо признать, многого достигла: в Америке сейчас курить — дурной тон, по крайней мере для мужчин. Разумеется, такое развитие событий никак не устраивало производителей сигарет. Они предприняли ответные шаги: как недавно выяснилось, табачные компании начиная с 70-х годов стали вводить в свою продукцию специальные добавки с целью усилить привыкание потребителей к сигаретам. Когда эти факты получили огласку, разразился скандал, но табачные короли сумели замазать дело.

Опубликованный недавно совместный доклад английского общественного движения «Курение и здоровье», английского Императорского фонда исследования рака и американской Массачусеттской программы контроля за табаком читается прямо как обвинительный акт¹. Доклад основан на документах, которые табачная индустрия была вынуждена открыть в ходе недавних судебных процессов в США.

Как выяснилось, в табачных изделиях разрешено ис-

пользовать более 600 различных добавок, однако их применение никак не регулируется. Состав и пропорции добавок — коммерческая тайна, эта информация недоступна ни национальным правительствам, ни международным органам, и существующее законодательство не дает им права затребовать такие сведения.

Хотя добавки обычно тестируют на токсичность (и на этой основе выдают разрешение к применению), многие их биологические аспекты, в том числе влияние на поведение человека, не изучены. Если добавка делает сигареты более привлекательными для начинающих курильщиков или облегчает продолжение курения, тем самым обществу наносится значительный вред из-за роста числа курильщиков. Сам по себе табачный дым содержит более 4 тыс. соединений, включая известные яды и канцерогены. Добавки, сгорая, привносят еще несколько сотен. Только в странах ЕС каждый год вследствие курения умирает полмиллиона человек, значит, если добавки увеличат число курильщиков всего на один процент, это приведет к тысячам новых смертей.

Все добавки к табачным изделиям можно разделить на несколько классов: увеличивающие содержание фармакологически активного никотина, что дает более ярко выраженный эффект от затяжек и усиливает привыкание; улучшающие вкус дыма — фруктовые, мятные и шоколадные ароматизаторы, которые облегчают первые шаги курильщиков, особенно детей (кстати, ментол, кроме улучшения вкуса, частично анестезирует горло и нёбо, уменьшая рвотные позывы, с которыми так хорошо знакомы делающие свои первые затяжки); расширяющие воздухоносные пути, позволяя дыму проходить глубже в легкие и отдавать в кровь больше никотина, например экстракт какао, содержащий теобромин; маскирующие запах и цвет выдыхаемого дыма, что-

¹ Tobacco additives: cigarette engineering and nicotine addiction. ASH, Imperial Cancer Research Fund. 14 July 1999 (США).

бы лишний раз не раздражать некурящих соседей (разумеется, количество канцерогенов и токсинов в дыме они не снижают, так что соседям просто становится труднее себя пре-охранять).

Первоначально добавки были разрешены применительно к малосмольным сигаретам (именно смолы, а не никотин — главный источник канцерогенов табачного дыма): предполагалось, что они повысят интерес потребителей именно к таким сортам. Однако сейчас добавки идут во все табачные продукты, в том числе и высокосмольные. К тому же малосмольные сигареты себя не оправдали: в основном они используют фильтр специальной конструкции, «разбавляющий» дым воздухом, но одни курящие быстро приучаются (часто подсознательно) держать сигарету таким образом, что воздух не проходит, другие — просто выкуривают больше сигарет.

Авторы доклада предлагают принять новые правила, регулирующие применение добавок к табаку, и прежде всего — запретить использование добавок, для которых не доказана полная безопасность. Причем соответствующие исследования должны оплачивать сами компании. Производители сигарет обязаны рассекретить все добавки перед соответствующими органами, эта информация должна быть доступна любому. Кроме того, требуется указать цель применения той или иной добавки. Некоторые из них в обязательном порядке должны быть обозначены на упаковке.

Все это может показаться совершенной диктатурой, но не следует забывать, что на кону — тысячи человеческих жизней. Вы еще не бросили курить?

Полный текст доклада см.: <http://www.ash.org.uk/papers/additives.html>

© Д.Жарков, доктор философии
Университет штата Нью-Йорк, Стони-Брук, США

Медицина

Пейте чай! Лучше — зеленый

Ранее уже было показано, что потребление чая препятствует росту некоторых типов опухолей у животных, в частности рака легких и пищевода. И. и Р.Као (Y. Cao, R. Cao; Каролинский институт, Стокгольм, Швеция) изучали действие зеленого чая, точнее одного из его компонентов — эпигаллокатехин-3-галлата (ЭГКГ) — на процесс развития кровеносных сосудов.

Авторы исследовали, как ЭГКГ влияет на клетки эндотелия кровеносных сосудов крупного рогатого скота. Развитие клеток предварительно стимулировали с помощью фактора роста фибробластов FGF-2. Обнаружено, что ЭГКГ затормаживает рост именно клеток эндотелия, не влияя на клетки других тканей (например, фибробласты и гладкие мышечные клетки).

В дальнейших работах авторы выяснили, что ЭГКГ воздействует на развитие кровеносных сосудов в целом. При определенных его концентрациях тормозится образование новых кровеносных сосудов в зародышевой оболочке цыпленка, причем появляются участки, совершенно лишенные сосудов.

На последнем этапе изучали влияние зеленого чая на рост новых сосудов в роговице глаза мышей. Развитие сосудов стимулировали введением фактора роста сосудов эндотелия (один из самых мощных факторов роста). Часть мышей получала поилки с обычной водой, а часть — только с зеленым чаем. Оказалось, что зеленый чай достоверно подавляет рост новых сосудов. При этом концентрация ЭГКГ в плазме крови мышей соответствовала тому уровню, который достигается у человека после выпивания 2–3 чашек чая (~500 мкг/л).

Значение полученных данных становится ясно, если вспомнить, что развитие прак-

тически всех опухолей зависит от развития кровеносных сосудов. Авторы считают, что зеленый чай может найти применение и при лечении вызванной диабетом слепоты, которая также связана с чрезмерным развитием кровеносных сосудов.

Nature. 1999. V.398. №6726. P.381 (Великобритания).

Экология

Дискуссия о балансе CO₂ продолжается

По существующим представлениям, сжигание ископаемого топлива и сведение лесов ведут к поступлению в атмосферу гигантских масс CO₂. Однако значительная его часть поглощается океанами и растительностью. Этот баланс весьма неточен, и судьба примерно 2 млрд т CO₂ ежегодно остается невыясненной¹.

Сотрудники американской организации «Консорциум моделирования углерода», возглавляемой С.Пакала (S.Pacala; Принстонский университет, штат Нью-Джерси), взявшись за решение этой проблемы, условно разделили земной шар на четыре региона: Евразию, континенты Южного полушария, Северную Америку — к северу и к югу от 51°с.ш. Модель должна была показать, как атмосферный CO₂ распределяется между этими регионами, с учетом всех известных его крупных источников и поглотителей, а также основных потоков воздушных масс. Полученные оценки сопоставлялись с результатами измерений концентрации CO₂, выполненных между 1988 и 1992 г. в 63 точках земного шара.

К удивлению специалистов, наибольшее количество CO₂ поглощается на террито-

¹ См. также: Гиляров А.М. Первичная продукция и дыхание Амазонии // Природа. 1999. №4. С.104—105.

рии Северной Америки к югу от 51°с.ш.: почти все 1.6 млрд т углекислого газа, выделяющегося на территории США, здесь же и поглощаются. Исследователи полагают, что немалую роль в этом процессе играют сравнительно молодые деревья, посаженные в США на месте лесов, вырубленных в самом конце прошлого и начале этого века, плюс успешные меры предотвращения лесных пожаров.

Оппонентом этой точки зрения выступил С.Шнайдер (S.Schneider; Станфордский университет, штат Калифорния). Он считает, что названные факторы должны быть кратковременными: по мере созревания растений объем выделяемого ими углекислого газа возрастает и начинает превышать количество поглощаемого ими CO_2 . Многие использованные в модели данные оспариваются и другими специалистами, чьи работы показывают, что более значительные массы CO_2 поглощаются тропическими лесами Латинской Америки. К тому же, отмечает Д.Шимел (D.Schimel; Национальный центр атмосферных исследований, Боулдер, штат Колорадо), в модели Пакала использованы данные, относящиеся к периоду, когда интенсивность процессов поглощения CO_2 сильно колебалась. Сами оппоненты затрудняются ответить на вопрос, почему леса Северной Америки поглощают столь значительные массы углекислого газа; они признают также, что данные по Евразии недостаточны для уверенных выводов.

Дискуссия продолжается: ее результаты чрезвычайно важны в условиях, когда специалисты и политики формулируют решения о том, какая страна и в каких масштабах должна принимать дорогостоящие меры по сокращению выбросов в атмосферу веществ, создающих парниковый эффект.

Science. 1998. V.282. №5388. P.439, 442, 456 (США).

Охрана природы

Стартовый комплекс вытесняет морских птиц

На маленьком островке Сомбреро — самом северном в гряде Малых Антильских о-вов — гнездятся тысячи олушей, фрегатов, крачек. Однако над этим царством пернатых нависла серьезная угроза: одна из частных американских аэрокосмических компаний, руководство которой находится в Далласе («Beal Aerospace of Dallas»), планирует разместить там стартовый комплекс для запуска с середины 2000 г. коммерческих спутников.

В 1997 г. эта компания по соглашению с молодым карибским государством Ангилья, в состав которого входит остров, получила эксклюзивное право на пользование островной территорией сроком на 98 лет. В сайте компании в Интернете сообщается, что под стартовый комплекс отводится около 405 км²: на одном конце острова строится цех монтажа космических аппаратов, на другом — стартовая площадка. Эти объекты будут связаны дорогами; кроме того, планируется создание небольшого порта.

В настоящее время на острове нет крыс, кошек и каких-либо других хищников, представляющих опасность для пернатых. Общество орнитологи Карибского бассейна, выступающее против строительства комплекса, заявило, что Вест-Индия уже утратила 90% популяций морских птиц. Между тем на соседствующих с Сомбреро островах не существует мест, пригодных для гнездования колоний.

Wildlife Conservation. Jun./Feb. 1999. V.102. №1. P.11 (США).

Охрана окружающей среды

Кто больше вредит природе?

Всемирный фонд дикой природы опубликовал доклад, содержащий сведения о том,

население какой страны оказывает большее воздействие на состояние окружающей среды. За основные параметры приняты использование важнейших ресурсов (зерновые, морская рыба, древесина, пресные воды), а также величина выброса в атмосферу диоксида углерода в расчете на душу населения.

Как ни странно, на первое место по этим показателям вышла Норвегия: деятельность одного норвежца оказывает на 50% большее давление на природу, чем американца или австралийца; это в четыре раза выше среднего показателя на одного жителя Земли. Главный фактор, ставящий Норвегию в столь незавидное положение, — очень высокий вылов морской рыбы: 250 кг на человека в год, что в 10 раз больше среднего по всему миру. При этом основная ее часть потребляется на откорм лосося, выращиваемого на специализированных фермах. Следом за Норвегией идут другие крупные потребители рыбы — Тайвань, Чили, Сингапур и Дания, а также США, Австралия, Кувейт и Канада.

Советник министерства экологии Норвегии П.Хофсетт (P.Hofseth) обратил внимание на то, что его страна использует для собственных нужд лишь половину древесины, выращенной на своей территории, и это должно учитываться при определении ее роли в ухудшении состояния природной среды. Первое же место в использовании древесины на душу населения (2.3 м³ — почти вчетверо больше среднего) занимает Швеция.

Американец потребляет 692 кг зерна в год — вдвое больше среднего землянина.

Крупнейшими в мире потребителями пресной воды, идущей на орошение хлопковых полей, оказались центральноазиатские республики СНГ, что уже привело к иссушению Аральского моря.

Наименьший вред среде обитания по всем учитываемым параметрам наносит

житель Народной Республики Бангладеш.

В докладе указано, что из трех ведущих экологических систем (лес, морская среда и пресные воды) в наихудшем положении сейчас находится последняя: численность 200 видов позвоночных животных, населяющих водную среду и считающихся индикаторами ее состояния, сократилась на 50%.

Авторы примененной методики расчета — Дж.Лох (J.Loch; Всемирный фонд дикой природы) и А.Мак-Гилливрей (A.MacGillivray; Новый экономический фонд в Лондоне) — признают, что иные параметры привели бы к другим результатам и подчеркивают, что в любом случае принятые экологические индикаторы субъективны.

New Scientist. 1998. V.160. №2154. P.12 (Великобритания).

Геотектоника

Тектонические процессы в архее

Среди специалистов не прекращается дискуссия в том, как развивались тектонические процессы в архейские времена, т.е. более 2.5 млрд лет назад. По мнению одних, — примерно так же, как и сегодня, только быстрее и на сравнительно малых глубинах, поскольку из недр молодой тогда Земли еще шел интенсивный тепловой поток. Оппоненты же полагают, что миллиарды лет назад действовали совсем иные силы.

С оригинальной гипотезой на этот счет выступил Р.Бейли (R.C.Bailey; факультет геологии и физики Торонтского университета, Канада): повышенные по сравнению с современными температуры архейской коры способствовали формированию на достаточно больших глубинах пластичной зоны, что вызывало перетекание материала из континентальных областей в прилегающие океанические бассейны, и процесс этот ес-

тественным образом прекратился в конце архейской эры.

Современная континентальная земная кора на больших глубинах (где температура превышает 350—400°C) считается не хрупкой, а пластичной и вязкой. Можно полагать, что столь же вязкая кора повсеместно присутствовала и в разогретой континентальной материи архея. Если средний геотермальный градиент под континентами тогда превышал 20—30°C на 1 км, то в возникшем при этом пластичном слое материал должен был перетекать с места на место, обеспечивая понижение гравитационной энергии. Подобный процесс в состоянии объяснить многие характерные особенности, отмеченные в геологической летописи архея.

По мнению Бейли, прекращение континентального перетока связано с развитием стабилизирующей кратонизации, т.е. появлением крупных твердых участков земной коры. Именно кратонизацией и завершается архей, причем длительность последней стадии зависит от эволюции как геотермального градиента на суше, так и от глубины соответствующих океанических бассейнов.

Nature. 1999. V.398. №6726. P.413 (Великобритания).

Геофизика

Первая радарная карта Антарктиды

В 80-х годах была принята первая попытка построить карту всей Антарктиды, однако тогдашние техника и методика позволили сделать далеко не полную съемку: космическим датчиком мешали облачный покров и полярная ночь. Лишь к началу 1999 г. поставленная задача была успешно завершена. В осуществлении беспрецедентной операции участвовали несколько научных учреждений: Лаборатория реактивного движения НАСА США (Пасадена,

штат Калифорния), Геофизический институт при Университете штата Аляска в Фэрбенксе, Канадское космическое агентство в Колумбусе, Центр полярных исследований им.Р.Бэрда и др., их координатором была Н.Лабель-Хамер (N.LaBell-Hamer).

В исследовании применялся метод «моментального снимка»: использование радиолокатора с синтетической апертурой, установленного на канадском искусственном спутнике Земли «RADARSAT-1». Съемка проводилась южнополярной весной в сентябре—октябре 1997 г. в течение трех недель. Затем начался процесс обработки и анализа полученных данных и компиляция 5500 отдельных изображений; каждое из них охватывало 100 км² территории ледяного континента, где, как правило, не ступала нога человека. Орбита спутника пролегла на высоте 800 км. Короткий срок съемки позволял быть уверенным в отсутствии существенных изменений топографии местности за это время. Снимок поэтому можно считать моментальным.

В настоящее время в околоземном пространстве находятся пять ИСЗ, несущих радиолокаторы с синтетической апертурой, но все они были ориентированы на регионы Северного полушария. Чтобы изменить орбиту спутника «RADARSAT-1» на антарктическую, канадским специалистам пришлось предпринять ряд сложных маневров. В итоге «взору» спутника предстал не только сам Южный континент, но и омывающие его воды, что позволило установить картину распределения плавучих льдов и айсбергов.

Важно, что Национальное картографическое управление США рассекретило космические снимки Антарктиды, сделанные еще в начале 60-х годов, что дало возможность проследить изменения в ледовой обстановке за три десятилетия.

Geophysical Institute Quarterly. 1998. V.15. №2/3. P.3 (США).

Сейсмология

Январь 1999-го: землетрясений мало, жертв много

В первый месяц 1999 г. земные недра проявляли себя не часто, но сурово. 19 января сейсмологи зарегистрировали толчок в районе о.Новая Ирландия (территория Папуа—Новой Гвинеи). Это событие специалисты относят к типу сложных: вслед за слабой первичной волной через 5 и 10 с отмечены два более мощных удара. При магнитуде $M = 7$ по шкале Рихтера и неглубоком очаге залегания эпицентр землетрясения находился в точке с координатами 4.57° ю.ш., 153.18° в.д., в 100 км к юго-востоку от Рабаула — административного центра о.Новая Британия. Местность населена слабо, так что, несмотря на силу толчков, жертв и серьезных разрушений не было.

К несчастью, этого нельзя сказать о событиях 25 января, развернувшихся в Колумбии, в районе населенных пунктов Армения, Каларса и Перейра, расположенных примерно в 50 км к юго-западу от вулкана Невадо-де-Руис. Землетрясение магнитудой 6.2 унесло не менее 883 человеческих жизней, 3626 человек было ранено и 250 тыс. осталось без крова. Вызванные толчком оползни перекрыли многие дороги, затруднив прибытие спасателей.

Через три дня подземная стихия проявила себя совсем в другой части Америки — около Лисих о-вов в центре Алеутского архипелага (штат Аляска, США). Толчок магнитудой 6.6 сильнее всего сказался на пос.Никольском; ощущался он также в селениях Уналашка, Датч-Харбор и Акутан, но какого-либо серьезного урона не нанес.

Последний день месяца ознаменовался землетрясением магнитудой 5.7, случившимся на востоке Кавказа: в Дагестане были десятки ране-

ных; снесено более 80, а повреждено около 1 тыс. домов.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1999. V.24. №10. P.7 (США).

Сейсмология. Вулканология

О механизме извержения гейзеров

Извергающие кипятком гейзеры — не только одно из впечатляющих природных явлений, но и слабо пока используемая естественная лаборатория для сейсмологов и вулканологов. На примере одного из самых знаменитых гейзеров мира — Старого Служаки, находящегося в Йеллоустонском национальном парке, штат Вайоминг, — механизм их извержения изучали американские ученые С.Кедар и Х.Канамори (S.Kedar, H.Kanamori; Сейсмологическая лаборатория при Калифорнийском технологическом институте, Пасадена, США).

На протяжении многих десятилетий поведение этого гейзера не наблюдается и регистрирует коллектив сотрудников Национального парка, используя не только обычные сейсмометры, термометры, определители давления, оборудование для взятия проб, но и новейшие цифровые сейсмометры, установленные вокруг гейзера, а также опускаемую в него телекамеру и акустические датчики, размещенные в водном столбе под поверхностью.

Гейзер извергается примерно каждый час. При этом систематическим образом изменяется характер вибрации почвы: сразу за очередным выбросом следует период спокойствия, затем колебания в течение приблизительно 10 мин нарастают и, достигнув максимума, остаются на одном уровне до следующего извержения. Усиление вибраций идет не монотонно, а с вариациями, которые от цикла к циклу повторяются. Весь этот процесс ученые сумели воспроизвести на несложной модели.

Сейсмограммы показывают, что вибрации разрешаются дискретными взрывами, продолжающимися по 5 с каждый. Акустические показатели внутри гейзера говорят о том, что эти события начинаются немного раньше, чем поступает соответствующий сейсмический сигнал, в верхней части водной колонны, где они менее длительны (около 0.1 с). Большинство таких событий состоит из 2—3 пульсаций давления, которые хорошо согласуются с теорией возникновения звука при колебаниях газовых пузырьков радиусом около 5 см. По-видимому, подобные пузырьки формируются на глубине, затем поднимаются в более холодные слои (где пары находятся в нестабильном состоянии) и там лопаются.

К удивлению специалистов, в самой водной колонне не обнаружено свидетельств акустического резонанса, который обычно приводит к усилению первоначального звука, так как его эхо многократно отражается от стенок водяной колонки. Именно это играет ведущую роль в большинстве моделей, описывающих вулканические толчки.

При анализе акустики извержений в большинстве случаев проблема нелинейного возбуждения звука игнорируется; изучается лишь явление линейного резонанса в магматическом теле. При создании моделей резонанса существенная трудность — требование достаточно высоких контрастов акустического импеданса между жидкостями и твердым материалом стенки, что позволило бы акустической волне эффективно отражаться и возбуждать заметный резонанс. Его возникновение обычно связывают с наличием многочисленных пузырьков, что в большой степени снижает скорость акустической волны в жидкости, увеличивая контраст импеданса.

Еще большую роль акустический резонанс должен играть в гейзерах, где флюидом является вода, а не расплав-

ленная порода, и обильные пузырьки обнаруживают себя как зрительно (на экране телевизора), так и на слух. Именно отсутствие различного резонанса в случае Старого Служаки и вызывало сомнения в его важной роли при возбуждении вулканических сотрясений. Словом, главным источником звуков и сотрясений, происходящих в гейзере и вокруг него, служат пузырьки, подобные тем, которые заставляяют «петь» закипающий чайник.

Однако сейсмовулканологи обращали внимание не только на гейзеры. Установленные ими цифровые сейсмометры в последние годы работают и на ряде вулканов. Так, на вулканах Семеру (Западная Ява, Индонезия) и Ареналь (Коста-Рика), где ранее исследователи выявили поразительную регулярность как в форме волн, так и в их спектрах, недавно получены записи, которые убедительно показывают наличие эффекта удвоения периодов, что обычно ведет к хаосу в динамике нелинейных осцилляторов.

Все, вместе взятое, указывает, что методика нелинейных исследований, развившаяся в последние два десятилетия, может плодотворно быть применена в изучении вулканических и сейсмических явлений.

Nature. 1998. V.396. №6709. P.311 (Великобритания).

Вулканология

Неистовствует вулкан Колима

В западной части Мексиканского вулканического пояса находится огнедышащая гора Колима (20°с.ш., 104°з.д.) — один из наиболее активных вулканов Северной Америки. Мощное его взрывное извержение отмечалось в 1913 г., когда с горы сошли грязевые потоки. Извергался он в 1961—1962, 1975—1976, 1981—1982, 1991, 1994 гг.; обнаруженные на склонах

крупные лавинные отложения говорят, по свидетельству специалистов, о его активности в эпохи позднего плейстоцена и голоцена.

В первых числах ноября 1998 г. сейсмологи начали регистрировать подземные толчки; вулканический конус на вершине стал менять свои очертания. 20 ноября произошло мощное извержение. Совершившие восхождение сотрудники Колимского университета обнаружили вблизи вершины многочисленные свежие трещины и разломы. Жители близлежащих поселков были эвакуированы. Облет вершины на вертолете позволил наблюдать плотный столб газов над кратером. Подземные толчки продолжались, вызывая повторные лавины и оползни.

К утру 21 ноября растущий новый лавовый купол целиком заполнил старый кратер, через который шло извержение в 1994 г. Затем лава стала переливаться вниз. Потоки раскаленных каменных блоков (иные — до 10 м в поперечнике) и пепла, пульсируя с интервалами 3—5 мин, скатывались по склону вдоль долины р.Барранка-дель-Кордобан. Самый крупный из потоков достиг отметки 2400 м (общая высота горы 3850 м), пройдя более 4 км от кратера.

Толщина лавового потока достигала 20 м при ширине около 100 м. К утру 25 ноября язык опустился до высоты 1900 м над ур.м. Еще два потока лавы продвигались по юго-западному склону горы. Максимальный выброс изверженных пород, отмеченный 26 ноября, превысил 16 тыс. т/сут.

К началу декабря потоки лавы в длину составляли 1000, 1200 и 900 м. К этому времени специалисты пришли к выводу, что извержение не будет взрывным, и разрешили жителям эвакуированных населенных пунктов вернуться в свои дома. Однако растительность была покрыта слоем пепла, достигавшим 50 г/м².

За событиями продолжают следить как сотрудники

местного университета, так и прибывшие сюда специалисты из Геофизического института при Автономном национальном университете в Мехико.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. f998. V.23. №11. P.7 (США).

Климатология

Климат Европы: взгляд на предстоящую половину века

Все еще к нерешенным можно отнести проблему соотношения естественных климатических колебаний и вызванных человеческой деятельностью. Английские исследователи — М.Хелм (M.Hulme; Школа наук о среде при Университете Восточной Англии, Норидж), Н.У.Арнелл (N.W.Arnell; Саутгемптонский университет) и др. — решили взглянуть на эту проблему в масштабе Европы с охватом времени до 2050 г. В качестве главных индикаторов они использовали сток рек и урожайность пшеницы, так как оба эти фактора сильно зависят от температуры и осадков.

В основу контрольной модели были положены многовековые данные, собранные Климатологическим центром им.Хадли в Бракнелле (Метеорологическая служба Великобритании). Из этих данных выбраны семь более или менее представительных 30-летних климатических периодов, которые позволяют оценить естественные вариации природных условий. Пространственная единица определялась наложенной на карту Европы широтно-долготной сеткой с шагом 0.5°. Затем были промоделированы климатические изменения, вызываемые деятельностью человека, и проведено сравнение полученных результатов с естественной изменчивостью климата.

Установлено, что примерно до 2050 г. речной сток в Северной Европе будет систематически возрастать, а в

Южной сокращаться, причем оба явления — в значительной мере на фоне природных климатических изменений. В Центральной и Западной Европе такая динамика будет менее ярко выражена.

Урожайность зерновых в Европе чрезвычайно чувствительна к естественным колебаниям температуры и осадков. Модели показали, что климатические изменения до 2050 г. при любом сценарии естественного развития событий приведут к увеличению урожая пшеницы только в трех северо-европейских странах. Но если учесть, что повышение концентрации CO_2 в атмосфере способно ускорять рост растений, урожай может значительно возрасти во всех 10 странах, относительно которых проводился анализ (Англия, Венгрия, Германия, Испания, Италия, Нидерланды, Румыния, Финляндия, Франция). Правда, насколько реален такой вывод, остается неясным, так как трудно, по признанию авторов, экстраполировать на полевые условия результаты исследований, проведенных главным образом в идеализированных условиях лабораторий.

Nature. 1999. V.397. №6721. P.657—658, 688—689 (Великобритания).

Палеонтология

К 200-летию изучения мамонта

К 200-летию исследования мамонта (*Mammuthus primigenius*, Bluminbach, 1799) была приурочена II Международная конференция, состоявшаяся 16—20 мая 1999 г. в Роттердаме (Нидерланды). Она собрала 96 специалистов из 23 стран (Австрия, Аргентина, Белоруссия, Бельгия, Великобритания, Германия, Греция, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Китай, Мексика, Нидерланды, Норвегия, Польша, Россия, США, Украина, Финляндия, Франция, Че-

хия, Япония). Организационный комитет возглавил директор Музея естественной истории Роттердама, Дж.Рёмер (J.Reumer); большую финансовую поддержку форуму оказали городской муниципалитет, Министерство образования, культуры и науки Нидерландов, а также ряд научных и коммерческих организаций (например, известная голландская транспортная компания «Mammoet Transport»).

Россия традиционно занимает одно из ведущих мест в исследовании мамонта и мамонтовой фауны. Подавляющее большинство уникальных находок (трупов мамонта и гигантских скоплений костей) сделаны на территории нашей страны. Поэтому в научный комитет конференции вошли и российские ученые.

Интенсивная работа на конференции, которая суммировала результаты исследований за последние четыре года, прошедшие со времени I Международной конференции (Санкт-Петербург, октябрь 1995 г.), чередовалась с экскурсиями по типовым местонахождениям млекопитающих позднего плейстоцена в различных провинциях Голландии и полевыми семинарами.

Основная часть докладов была посвящена эволюции и филогении мамонтов и слонов мамонтоидной линии, палеоэкологии и распространению мамонта и мамонтовой фауны в Северной Америке и Евразии, причинам вымирания мамонта и его спутников, взаимодействиям и связям человека позднего палеолита с мамонтом и крупными млекопитающими мамонтовой фауны. Современные исследования заставляют ученых более осторожно говорить о традициях массовой охоты у населения позднего палеолита Евразии и Северной Америки (50—10 тыс. лет назад). Постепенно изменяется точка зрения на взаимоотношения человека и мамонта. Признается, что они были гораздо более сложными, чем простая

связь охотник—жертва.

Следует признать, что центр научных интересов в наши дни сместился в область палеоэкологии. Интенсивно изучаются особенности распространения видов плейстоценовых млекопитающих, пути их миграций в связи с изменениями климата и растительности, определявшими в конце этого периода существование мамонта и его окружения на гигантских пространствах Северного полушария. Тот огромный интерес, который еще 3—4 года назад вызывали работы по изучению ДНК из сохранившихся в вечной мерзлоте трупов плейстоценовых млекопитающих, сейчас заметно снизился из-за отсутствия ожидаемых результатов и невозможности на современном уровне развития этих исследований однозначно интерпретировать полученные данные.

Особое внимание на конференции привлекли доклады о популяциях карликовых форм мамонта на о.Врангеля и о-вах Санта-Роза вблизи Калифорнии: дело в том, что быстрые изменения островных популяций (за несколько тысяч лет) в небольшом масштабе моделируют некоторые аспекты эволюционного процесса, на которые природа в обычных условиях тратит многие тысячи лет. Некоторые черты биологии мамонта удается понять при исследованиях его морфологии, связанной с адаптацией к холодному климату, и сравнивая их с особенностями биологии современных слонов.

В решении конференции подчеркнута необходимость продолжения традиции международных форумов, которые позволяют специалистам из разных стран консолидировать свои усилия и эффективно обмениваться их результатами.

III Международную конференцию намечено провести в Канаде в 2003 г.

© Е.Н.Мащенко,
кандидат биологических наук
Москва

Наука, религия и экология

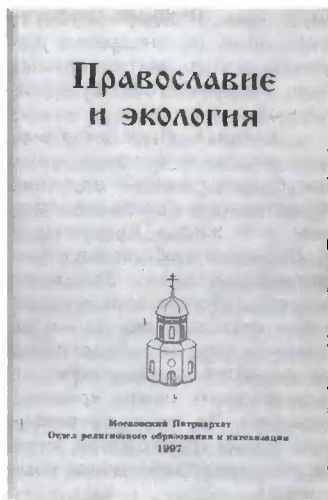
А.К.Скворцов,

доктор биологических наук
Москва

ДО СИХ пор привычными участниками обсуждения проблем экологии наряду с учеными были общественные, политические и административные деятели, журналисты, писатели. И вот перед нами серьезное выступление еще одного участника — Православной Церкви.

Экземпляр книги был передан мне в руки без обратного адреса и без всяких сопутствующих слов, хотя, наверное, все же с молчаливым приглашением как-то откликнуться на нее в «Природе». Но как в нашем естественнонаучном журнале рецензировать книгу, излагающую религиозные представления? Различие между наукой и религией очень велико. Наука добывает свои истины путем исследований и подтверждает (или исправляет) их с помощью критической проверки. Истины веры даются преданием и откровением, укрепляются догматами и традициями. В какой же мере, в каком плане для ученых-естественников может быть интересен и на какой платформе возможен диалог (и сотрудничество) с религиозными конфессиями, в частности с православием? Кажется уместным, прежде чем говорить о самой книге, как-то определиться по этому общему вопросу.

В советское время, когда религия официально рассматривалась в качестве некоего отмирающего пережитка, своего рода социального рудимента, отечественные ученые могли подходить к ней только как к объекту истории или этнографии и не более. Хотя лично многие из них



ПРАВОСЛАВИЕ И ЭКОЛОГИЯ / Пред. ред. кол. игумен Иоанн (Экономцев); Сост. В.Л.Шленов и Л.Г.Петрушина. Московский Патриархат. Отдел религиозного образования и катехизации. 1997. 448 с.

были верующими, а иные за свою религиозность и жестоко пострадали. Но атеизм не возник вместе с коммунистическим режимом, он, конечно, существовал всегда, когда существовала и религия. В частности, в послеренессансной европейской цивилизации атеизм довольно громко заявлял о себе в XVIII в. — «веке Просвещения». Однако особенно воинственным атеизм оказался в XX в. в нашей стране — но здесь же потерпел и самое эффектное поражение. На всем пространстве бывшего СССР на наших глазах с огромной быстротой возрождается религиозность. Как бы ни трактовать и ни толковать это явление, оно — уже факт ис-

тории. И похоже, что церковные деятели действительно правы, когда говорят, что церковь — единственный общественный организм, просуществовавший непрерывно на протяжении десяти веков российской истории.

Без сомнения, возрождению религиозности очень способствует и переживаемое нами в течение последнего десятилетия экономическое, социальное и моральное разорение. Многие люди чувствуют себя не только обнищавшими, но и потерянными, выбитыми из колеи, в перспективе видят темноту и неопределенность. Естественно, они ищут моральную опору. И встречаясь в жизни с господством эгоистических материальных интересов сегодняшнего дня, со всепродажностью, человек тянется к общественно значимым, объединяющим людей, непреходящим и непреходящим ценностям веры, отечественной истории и культуры.

При этом культурное и историческое наследие еще и со своей стороны подводят к религии. На протяжении большей части своего существования российская государственность и русская культура были тесно связаны с православием, введенным в качестве государственной религии князем Владимиром Святославичем в 988 г. Судя по летописному свидетельству, с которым соглашаются и современные исследователи¹, к трудному и ответственному выбору государственной религии Владимир подошел без спешки и чрезвычайно осмыслительно; окончательное решение было им принято, исходя не только

¹ Иванов В.В. О выборе веры в Восточной Европе // Природа. 1988. №12. С.26—38.

из внешнеполитической ориентации Киева на Византию, но и в меньшей степени с учетом обычаев, внутреннего склада и психологии русского народа².

В свою очередь православию, заняв положение основной религиозной конфессии, стало влиять и на государственные дела, и на весь строй народного быта, и на развитие культуры. Первый на Руси центр книжности и первая библиотека были учреждены Ярославом Мудрым около 1037 г. при им же построенном Софийском соборе в Киеве; отсюда взяла начало и система образования на Руси. Первое (или во всяком случае старейшее из дошедших до нас) произведение древнерусской литературы — «Слово о законе и благодати» митрополита Илариона (1049) посвящено защите христианской веры и похвале утвердившим ее князьям Владимиру и Ярославу. И в дальнейшем — не только в литературе Древней Руси, но и в новой русской литературе, с самого ее зарождения в XVIII в., — религиозные мотивы очень сильны³. В русском архитектурном наследии наиболее значительная роль принадлежит храмам. (Живопись Древней Руси — это иконы и фресковые росписи церквей; религиозные мотивы прозвучали достаточ-

² В «Повести временных лет» рассказывается, что Владимир не захотел принять религию, которая запрещает пить спиртное. «Руси есть веселие пить, не можем без того быть», — сказал князь. А ровно через 1000 лет после того, как Владимир отверг «сухой закон», наши руководители попытались такой закон ввести.

³ Лишь несколько самых беглых напоминаний. Ломоносов: «Утреннее размышление о Божьем величестве» и «Вечернее размышление...». Державин: «Бог», Пушкин: «Пророк», «Отцы пустынноики...» Лермонтов: «Пророк», «Ангел». Гоголь и Достоевский — ревностные приверженцы православия. Лев Толстой к концу жизни почти проповедник, хотя и не очень православный. Блок включил Христа в поэму о революционных матросах...

но сильно и в новой живописи — это Александр Иванов, Ге, Врубель, Виктор Васнецов, Нестеров, Корин...). Более поздние продолжатели тоже есть, но они пока не успели получить достаточного признания и известности⁴. Русское церковное пение не сравнимо ни с чем. Наконец русская философия до внедрения диалектического материализма была по преимуществу религиозной.

В «веке Просвещения» зародились и в нашу эпоху приобрели громкое звучание представления, согласно которым вся жизнь человека и человеческого общества определяется наукой. Эти идеи получили обозначение «сциентизм» (лат. *scientia* — наука, знание); они не обязательно связываются с атеизмом, но логически эта связь, конечно, очевидна. На такую организацию жизни (по крайней мере социальной) претендовал коммунизм.

Перспективы атрофирования, исчезновения религии не оправдались. Вряд ли смогут вполне реализоваться и идеи радикального сциентизма. Как бы высоко ученый ни ставил свою науку, он должен уметь видеть реальность. А реальность такова: у человека, кроме его тела, обладающего определенными физическими и биологическими параметрами, есть еще внутренний духовный мир. Его обозначают разное: сознание, разум, рассудок, психика, душа, дух... Синхронические и диахронические коммуникации между внутренними мирами отдельных людей создают духовный мир сообществ, социальных групп, а затем и целых народов, равно как и эпох, наконец, — всего человече-

ства. Тела наших предков — людей минувших поколений — давно истлели, а созданный их духом продолжает существовать. Да и сам их дух, в чем-то меняясь, а в чем-то оставаясь прежним, продолжает жить в нас.

Благодаря способности к рациональному мышлению человеческий дух создал науку, технику, экономику — и при их помощи существенно изменил материальный внешний мир. Но рациональным мышлением содержание человеческого духа далеко не исчерпывается. В нем существуют еще человеческие качества, выражаемые понятиями совести, чести, сочувствия, добра, радости, красоты, веры, надежды, любви... все исчислить невозможно. А также и качества противоположные. И все это — не выдумки, а реальности⁵. Но их нельзя разложить на рациональные элементы. Даже такое качество как мудрость — уже и оно обозначает нечто большее, чем просто

⁵ И реальности вполне объективные! Ведь мысли и чувства другого человека существуют вне меня и независимо от меня, но, общаясь с этим человеком, я могу их в какой-то мере познать. То есть налицо все критерии объективности. Это обстоятельство, самоочевидное с точки зрения простого здравого смысла, тем не менее традиционно затрудняет философов, и они не любят его касаться. Хотя не все. Например, профессор философии Калифорнийского университета Дж.Сирл (Searle J. Minds, brains and science. Cambridge, 1994), обсуждая эту проблему, перечисляет ряд атрибутов внутреннего мира человека: intentions, beliefs, desires, hopes, fears, love, hate, lust, disgust, shame, pride, irritation, amusement... (с.16); перевод читатель легко найдет в словаре. И заключает: «The existence of subjectivity is an objective fact of biology» — «Существование субъективности — это объективный факт биологии» (с.25). В рецензируемой книге один из авторов, Иоанн Шаховской, также отмечает, что «дух — не "идеалистическое" понятие и не абстрактная идея. Это величайшая реальность человечества» (с.203).

⁴ Например, в одном из частных собраний в Петербурге мне довелось видеть волнующую «Богоматерь блокадную» с отсветами взрывов в глазах младенца, написанную в осажденном Ленинграде умершим вскоре от голода художником; увы, я не запомнил его фамилию.

объемистый запас рациональных знаний. И в реальной жизни человека свойства его духа, лежащие вне пределов рационального анализа и воздействия, играют огромную, часто решающую роль. Религиозная вера как раз и коренится в этих свойствах; именно поэтому ее и не смогли одолеть ни всяческие преследования, ни «научный атеизм».

Пример религии позволяет предвидеть, что и попытки искоренения других комплексов духовных ценностей — например, национального самосознания или же идеалов равноправия и социальной справедливости (т.е. «социализма»), наконец, просто стремления к красоте — тоже вряд ли смогут увенчаться успехом. Да ведь и устойчивость существования науки обуславливается не только (или не столько) утилитарными результатами ее использования, но и стремлением человека к познанию мира, к поиску истины, т.е. фактором опять-таки морально-эмоционального порядка.

Итак, и религиозная вера, и наука — обе в равной мере обусловлены свойствами человеческого духа, обе порождены этим духом, обе на протяжении тысячелетий доказали свою укорененность в человеческом обществе. И обе в качестве своей высшей цели заявляют благо человека. Отсюда, очевидно, следует, что серьезный диалог между ними может иметь место только «на равных», на платформе взаимного уважения. Попытки внедрить науку в религию или религию в науку одинаково бессмысленны, поэтому различия в базовых исходных позициях должны оставаться за рамками дискуссии.

Теперь о самой книге. Это своего рода хрестоматия — сборник из 33 статей разных авторов; в большинстве — воспроизведения (целиком или частично) уже ранее, в разное время, появившихся публикаций; несколько статей, по-видимому, публикуются впервые. В качестве вводной

помещена статья Патриарха Алексия II «Бог. Человек. Мир» из «Экологического Вестника» (1990, окт.); за ней идет подборка отрывков «Из творений святых отцов». Дальнейшие статьи расположены в приблизительном соответствии с характером содержания: начиная от самых общих, принципиальных основ христианского взгляда на мир в изложении авторитетных деятелей православия и далее постепенно переходя к более частным и конкретным проблемам современности, обсуждаемым специалистами уже вполне «мирских» профессий.

Кроме самых первых все остальные статьи имеют комментарий, принадлежащие перу составителей сборника В.Л.Шленова и Л.Г.Петрушиной. В них резюмируются основные мысли и вместе с тем проводится определенная расстановка акцентов, подводящая статьи к некоторому общему знаменателю и обеспечивающая единство смыслового и идейного содержания сборника. Для полного единства составители добавили еще и довольно объемистое (19 страниц) послесловие. В итоге, наряду с развернутыми православными взглядами на проблемы экологии, книга имеет и отчетливо выраженный религиозно-учительный характер. Доля материала такого характера значительна, но какие-либо замечания по этому аспекту в нашем журнале неуместны. Другое дело — центральная, заглавная тема книги — экология. Здесь, на мой взгляд, есть о чем поговорить и в «Природе».

По учению Церкви, весь бесконечно разнообразный и вместе с тем удивительно гармоничный мир неживой и живой природы Бог создал до сотворения человека. Как прекрасное Божье творение этот мир имеет самоценность, он и без человека свидетельствует о Божьем величии и славит Творца. Сотворив далее человека, Бог дал ему господство над всеми прочими живыми тварями, дал ему в пользова-

ние весь видимый мир. Но именно в пользование, а не в полную собственность. И вместе с тем возложил на человека ответственность за сохранение этого мира в гармонии и красоте.

Нельзя не заметить, как близко к подобным представлениям подошли позиции современной экологии. Еще в первой половине нашего века слова об ответственности человека за состояние всей нашей планеты, о самодовлеющей ценности природы (особенно живой) если иногда и звучали, то не находили серьезного отклика и ученым миром не воспринимались как насущная и злободневная актуальность; самому понятию «экология» придавалось лишь частное и локальное, далекое от глобальности значение. Сейчас ответственность за судьбы планеты — жгучая тема, обсуждаемая на самых разных уровнях. И хотя обычно речь идет об ответственности не перед Богом, а перед будущими поколениями, от этого, как говорится, не легче.

Точно так же, отправляясь от совсем нерелигиозных исходных позиций, экология подходит к признанию самодовлеющей ценности природы. Мы все более убеждаемся в том, что биосфера представляет собой единую отрегулированную систему, на которой сказывается каждое серьезное локальное нарушение. Стало быть, в оценке каждого конкретного воздействия человека на природу решающим должно быть не то, какие результаты получены здесь и сейчас, а то, как это воздействие соотносится с благополучием всей биосферы. Иными словами, общие интересы биосферы выше отдельных, частных человеческих интересов.

Когда зарождалось движение в защиту живой природы, за сохранение исчезающих видов, нередко в качестве аргумента выдвигался принцип равного права на жизнь всех живых созданий — но он в основном встречал ироническое отношение как некая аб-

страктная сентиментальная идиллия. Однако теперь мы без всякой сентиментальности приходим к этому же принципу: должно сохраняться именно биологическое разнообразие как таковое. Вся история жизни на Земле состояла в расширении этого разнообразия, и сокращать его — значит отбрасывать эту историю вспять. Каждой живой твари принадлежит в биосфере свое собственное конкретное место. Соответственно огульные характеристики, «полезные» или «вредные», в применении к живым существам все более становятся анахронизмами, и попытки полного истребления «вредных» все более заменяются нахождением механизмов регулирования их влияния.

Определенное сближение взглядов науки и Церкви отмечается и в книге. Так, в «Послеловии» составители пишут: «Экологический подход помог по-новому увидеть единство человека и мира, глубже понять их нераздельность и взаимозависимость. Он поднял вопросы об ответственности человека за мир и подвел его к пониманию человеческого греха» (с.436). «Может быть, только экологический подход дает научному сознанию поистине уникальную возможность приблизиться вплотную к собственному религиозной проблематике» (с.433).

Шленов и Петрушина также считают, что «экологический подход поставил на повестку дня вопрос о жизни во всей ее многогранности и целокупности» (с.435). По мнению Церкви, «жизнь сама по себе не может быть охвачена рациональным рассудком и познается только любящим сердцем» (с.429). В свою очередь «благоговение перед жизнью может быть основано только на убеждении в священном характере дара жизни, а эта святость может восходить только к Богу» (с.437). «Без Бога жизни нет и быть не может, а остается "способ существования белковых тел"» (с.342).

В связи с этими суждениями православных авторов интересно напомнить мысли выдающегося представителя естественных наук первой половины уходящего века Л.С.Берга: «Жизнь, воля, душа, абсолютная истина — все это вещи трансцендентные, познания сущности коих наука дать не в состоянии. Откуда и как произошла жизнь, мы не знаем. Сущность жизни столь же мало умопостижима, как и сущность материи, энергии, ощущения, сознания, воли»⁶. Мы, естествоиспытатели конца века, конечно, в большинстве своем веруем в то, что наблюдаемая нами земная жизнь когда-то где-то естественным путем возникла из неживой материи. Но, строго говоря, это гипотеза, прямых доказательств которой — как подчеркнул уже Вернадский — мы не имеем. Не из каких известных нам закономерностей неживой материи необходимость возникновения жизни не вытекает, и принцип *«отпe vivunt e vivo»* («все живое — только из живого») пока полностью сохраняет свою силу. Соответственно мы не в состоянии дать полного и строгого определения жизни с помощью только понятий, относящихся к неживой материи; в рамках этих понятий возможно лишь описывать отдельные частные свойства жизни. Не получается ли, что именно Берг и был прав?

Авторы книги не находят большого различия между марксистским коммунизмом и рыночным капитализмом, поскольку и тот и другой главными в жизни человека, в целях всего человечества считают материальные ценности. В беспрестанной погоне за их умножением общество оскудевает духовно. Охвативший планету экологический кризис и есть прямое следствие этого

духовного оскудения, «искажения нравственной основы изначально данного человеку господства над природой» (с.97, статья Патриарха Алексия II). В определении соотношения духовного и материального ключевой тезис православия — слова Христа, приводимые в Евангелии от Матфея (16:26): «Какая польза человеку, если он приобретет весь мир, а душе своей повредит?»

Привожу несколько высказываний одного из основных авторов книги, игумена Иоанна (Экономцева) относительно экологического кризиса.

«Современная цивилизация, пришедшая с многообещающими лозунгами облегчить и улучшить жизнь человеческую, на деле привела человечество на грань катастрофы. Налицо зловещие процессы, ведущие к его деградации» (с.113). «Этот кризис — непосредственное следствие триумфа материалистического хозяйственно-технического мышления, в основе которого самонадеянность человеческого разума» (с.114). «Экологическая драма наших дней обусловлена не только бездумной производственной деятельностью человека, но также имеет глубокую мировоззренческую подоснову» (с.120—121). «Наука... лишенная этического стержня, становится опасной и уже в значительной степени несет ответственность за нынешнюю драму» (с.134). «Исследователи узорпировали роль Творца, но лишены самого главного — бережного и любовного отношения к жизни» (с.132). Со всем этим (кроме разве последнего тезиса) может согласиться и ученый-атеист.

Сходные мысли принадлежат и другому автору — недавно умершему архиепископу Сан-Францисскому Иоанну (Шаховскому): «Техника одинаково служит добру и злу, и ее прогресс не есть прогресс человечности... И научное достижение, не сопровождаемое равным ему достижением духовной ответственности чело-

⁶ Берг Л.С. Теории эволюции. Пг., 1922; Он же. Номогенез, или эволюция на основе закономерности. Пг., 1922. Цитирую по: Берг Л.С. Труды по теории эволюции. Л., 1977. С.93, 101.

века, будет обращаться в оружие, несущее страдание и гибель» (с.201).

В России в результате наложения на общепланетный экологический кризис еще и затяжного социального создается особенно острая ситуация. Уже упомянутый игумен Иоанн считает, что Россия сейчас переживает «глубочайший за всю ее историю кризис, и даже вырисовывается «угроза вырождения и гибели великого народа, давшего так много человеческой цивилизации» (с.138). В статьях Э.В.Афанасьева и А.М.Курносова приводится много конкретных данных о бедственном состоянии экологии и экономики России.

Как же выходить из кризиса? К.В.Кивва считает, что «люди, деградирующие в духовном и культурном отношении, являются для окружающей среды источником более значительной опасности, чем любые природоразрушающие проекты и техника» (с.306). Быть может, сказано слишком сильно? Однако вот Иоанн (Шаховской): «Никакие социальные программы, политические режимы, общественные порядки или научные достижения, никакой технический прогресс в мире сами по себе не в силах освободить людей от их нелюбви, от их зла, страданий, болезней и смерти» (с.203). Стало быть, все дело в человеке. А.М.Курносов (декан экологического факультета Российского православного университета) в кратком обзоре рассматривает пути спасения, намечаемые учеными. Здесь речь и об известной конференции 1992 г. в Рио-де-Жанейро, и об идеях Вернадского, Тейяра де Шардена, Н.Н.Моисеева, Н.Ф.Реймерса, Ю.А.Косыгина. И также приходит к выводу, что «представляется наиболее перспективным подход к решению проблемы в направлении от индивидуума к человечеству, а не наоборот. Вначале следует спасти отдельного человека, затем нацию (государство), а после человечество и биосфе-

ру» (с.293). Итак, первоочередная задача — спасение (имеется в виду, разумеется, прежде всего духовное, моральное) каждого отдельного человека.

Акцент на «спасении отдельного человека» не означает однако рекомендации всем уходить, подобно старинным подвижникам, на отшельническое жительство в леса и пещеры. Он означает прежде всего необходимость осознания и принятия человеком надлежащей иерархии ценностей, высшую ступень которой занимают ценности духовные, и выше всех — любовь к Богу, а низшие ступени — вещи; обращаясь к высшим ценностям, человек сразу резко снижает свои низшие, вещные потребности. И еще человек должен осознать свою долю ответственности за сохранение природы и за нравственное состояние общества, особенно за воспитание подрастающего поколения. И совместными усилиями люди должны осуществить «радикальную смену век и ориентиров всей нашей цивилизации». Авторы книги единодушны в мнении, что экологический кризис может быть преодолен только на религиозно-нравственной основе.

Немало места отведено в книге критической оценке культурного и морального состояния современного «общества потребления». Доминирующая в нем «масс-культура» характеризуется как бездуховная, лишенная нравственных ориентиров. Она «принципиально уравнивает высокое и низкое, великое и малое, выстраданное годами и придуманное сегодня, святое и продажное». («Послесловие», с.432). Вместо качества подставляется количество, в результате общий уровень получается выравненно низким. Происходящее сейчас огромное расширение информационных потоков тоже имеет серьезную оборотную сторону: непрестанное и настойчивое воздействие информации, стремящейся развлечь и при-

влечь человека, «не дает ему возможности обратиться к глубинам собственной души», и «гибель природного мира также оказывается почти вне поля его внимания, почти незаметна за гримасами и содроганиями «культурно-информационного поля»» (с.432).

Неблагоприятное влияние искусственной и агрессивной среды, «культурно-информационного поля» на внутренний духовный мир человека порождает проблему охраны этого мира, проблему «экологии духа». Специально этой теме посвящена статья С.А.Зайцева об угрозе «виртуальной действительности» — захватывающем человека воображаемом мире телевидения и компьютера. Особенно опасен «виртуальный мир» детям дошкольного возраста, у которых еще формируются структуры мозга. «Можно представить, как будет ущемлен психика ребенка, если его нервная система будет сформирована виртуальной средой» (с.347). Примыкает к теме и статья В.С.Миловатского — размышления о том, какое значение для человеческого духа имеет Слово: языковая культура, созданный столетиями словесный мир, вся «семиосфера» (в понимании Ю.М.Лотмана). «На Руси всегда верили в особую, вещую силу слова. Поэтому в России поэт всегда больше, чем поэт». Да и вообще: «В начале было Слово».

Этические проблемы биомедицинских технологий рассматриваются с точки зрения православия в статье И.В.Силуяновой. Здесь главное внимание, конечно, занимают технологии вмешательства в репродуктивный процесс человека. Долгие века в Европе (и России) господствовала традиция морально-религиозного осуждения аборт и их юридического запрещения. Только в середине XX в. наступила широкая либерализация. Этим открылась дорога использованию абортыванных эмбрионов для «фетальной терапии». Дальше — зачатие и выращивание человеческих эмбрионов

в пробирке (хорошо, если для дальнейшей имплантации в матку, а не для той же «фетальной терапии»). И наконец — уже недалекая возможность клонирования человека.

С чисто биологической точки зрения клонирование не столь уж противоестественно: ведь вегетативное размножение широко распространено в живом мире, да и у человека однойцевые близнецы — тому пример. По сути вегетативным размножением является и партеногенез; среди вышших животных он хорошо известен у ящериц. Но над моральными и юридическими аспектами клонирования еще думать и думать.

С той же биологической точки зрения зародыш (и даже зигота, оплодотворенное яйцо) — это самостоятельный организм, человеческий индивид. Но тут, как ни парадоксально, юридические проблемы — жить или не жить этому индивиду — как будто уже решены. Но моральные — остаются, и вместе с ними остается непоколебимой принципиальная позиция Церкви.

Несколько особняком стоит статья П. В. Флоренского и Т. А. Шутовой «Экологические мифы», весьма интересная и острая. Хотя некоторые заключения авторов и небеспорны, конкретным сообщаемым в ней сведениям вполне можно доверять, тем более что первый автор — компетентный геолог и сейсмолог.

Современный высокий авторитет науки делает возможным появление и широкое рекламирование идей и проектов, прикрытых якобы научной аргументацией, но при квалифицированном рассмотрении оказывающихся несостоятельными, а то и опасными. Часто такие мифические идеи пропагандируются в весьма корыстных целях. Если

поддержать развертывание чего-то крупного — то будет и крупное финансирование, за счет которого можно хорошо погреться. Если, наоборот, организовать борьбу против чего-то под флагом экологической опасности — то можно добыть лавры защитника природы и даже нажить политический капитал.

Хотя реальных возможностей искусственно вызывать землетрясения не существует, после Спитакского в Армении и Джавского в Грузии были запущены мифы о том, что оба «организованы Москвой», в результате была разгромлена закавказская сеть сейсмических станций. Еще миф — об опасности возгорания Черного моря в результате выхода к поверхности глубинного сероводорода. Для превращения этого мифа в экономическую выгоду предлагалось организовать промышленную добычу сероводорода из моря и сжигать его на электростанциях. Во время абхазской войны даже всплывал проект использования черноморского сероводорода в военных целях...

Такого рода примеры (авторы книги приводят еще и другие, не менее пикантные) делают довольно зыбкими позиции движения «зеленых». Имея самые благородные цели, оно в реальности нередко подпадает под влияние корыстных интересов фирм и корпораций, коррумпированных чиновников, а то и спецслужб «дружественных» держав.

Авторы затрагивают еще две категории мифов — уже не экологических, а социальных, — давних, но и теперь еще не совсем забытых, активизирующихся особенно в кризисные периоды истории. К одной из этих категорий относятся мифы о превосходстве, в том или ином плане, и о пре-

имущественных правах какой-либо этнической (или исторической, географической и т.д.) группы населения. Подобные мифы, принесшие человечеству неисчислимы бед, полнотью отвергаются православием. Оно оценивает людей только по их поступкам: добрым или злым. Другая группа — мифы о предсказуемом и «непреодолимо-светлом будущем». Мечты о лучшем будущем, естественно, присущи человеку, но реальные исторические попытки их воплощения в действительность — увы — сопровождались и сопровождаются насилием, а значит, и трагическими результатами.

И авторы заключают: «Только абсолютные ценности, данные в Откровении Божьем, способны дать людям истинные нормы поведения, исключаяющие саму возможность поступков, преступных для будущего». По сути, это и есть заключение ко всей книге.

Закрывая ее, чувствую раздвоение мыслей. Рациональная сторона говорит: да ведь вера в возможность нравственного преображения всех людей — это, пусть очень благородный, но все-таки тоже миф. А не-рациональная тут же возражает, что и она существует у всех людей, и тоже что-нибудь да значит! Искони и врач и священник содействовали: и тот, и другой встречали человека, приходящего в мир, помогали ему в жизни в его горестях и болезнях и провожали — уходящего. Так, может, и в преодолении горестей и болезней природы и общества наши шансы повысятся при сотрудничестве, а не во вражде, двух сторон человеческого духа, представленных наукой и верой, и уход человечества и биосферы в небытие отодвинется в далекое будущее?

Или это тоже миф?

Великая княгиня Елена Павловна

С.Э.Шноль,

доктор биологических наук

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН

Пушино

НЕМЕЦКАЯ принцесса — Фредерика-Шарлотта-Мария — родилась в 1806 г., а в 1823-м стала Великой княгиней Еленой Павловной. Ей принадлежит выдающаяся роль в общественной и культурной жизни России.

Вот пересказанная мною, с небольшими комментариями, справка из Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона.

Великая княгиня Елена Павловна (1806—1873), дочь Вюртембергского принца Павла, воспитывалась в Париже, в пансионе, где подружилась с дочерью графа Вальтера — друга Ж.Кювье, который в праздничные дни брал их к себе. Беседы с Кювье оказали на нее большое влияние. В 1823 г. ее объявили невестой Великому князю Михаилу Павловичу, сына Павла I. Энциклопедически образованная, общительная, она произвела сильное впечатление на высшее общество тех лет.

Благотворительность поглощала большую часть средств Елены Павловны. В 1828 г. по завещанию императрицы Марии Федоровны (вдовы Павла I) она получила в заведование Мариинский и Психиатрический институты. В 1849 г. стала вдовой.

В 1854 г. во время Крымской войны Великая княгиня основала Крестовоздвиженскую общину сестер милосердия и выпустила



Портрет юной принцессы. Миниатюру разыскала Е.Э.Тямина.

воззвание «ко всем русским женщинам, не связанным семейными обязательствами, отправиться в Севастополь во врачебный отряд во главе с Н.И.Пироговым». В феврале 1859 г., до освобождения крестьян, в ее имении была осуществлена «модель» реформы (объявленной 19 февраля 1861 г.).

Елена Павловна также покровительствовала Русскому музыкальному обществу.

В ее дворце открылись первые классы консерватории во главе с А.Г.Рубинштейном.

В последние годы жизни Еленой Павловной овладела мысль о создании научно-лечебного учреждения для практического совершенствования молодых врачей. Мысль эта реализована после ее смерти профессором Э.Э.Эйхвальдом: в Санкт-Петербурге было создано лечебно-благотворительное уч-

реждение — Еленинский клинический институт — с целью научных исследований в области медицины и в качестве базы для совершенствования врачей. В 1894 г. институт передали в ведение Министерства народного просвещения. Там были созданы отделы: хирургический, терапевтический, гинекологический, глазной. Их возглавляли такие выдающиеся профессора, как М.И.Афанасьев, Н.В.Склифосовский и др. Предшественник современных нам институтов усовершенствования врачей после 1891 г. насчитывал до 600 слушателей в год.

В 1873 г. «в ознаменование заслуг Великой княгини Елены Павловны на поприще милосердия, человеческого и просвещения образовано Ведомство учреждений Великой княгини Елены Павловны» в составе училища Св.Елены, Мариинского института, Повивального института с родильным и гинекологическим госпиталями, бесплатной Елизаветинской клинической больницы для малолетних детей, Максимилиановской лечебницы для проходящих, Крестовоздвиженской общины сестер милосердия. Высший надзор за учреждениями ведомства поручался «одной из особ императорского дома по выбору императора».

А вот так о ней пишет А.Ф.Кони¹: «...в Михайловском дворце проживает Великая княгиня Елена Павловна, и как применимы к ней слова, обращенные к Апухтину Екатериной II: «Я больше русскою была, чем многие по крови вам родные». Представительница деятель-

ной любви к людям и жадного стремления к просвещению в мрачное николаевское царствование, она, вопреки вкусам и повадке своего мужа Михаила Павловича, всей душой отдавшегося культуре выправки и военного строя, являлась центром, привлекавшим к себе выдающихся людей в науке, искусстве, литературе... Она проливает в это время вокруг себя самобытный свет среди окружающих безмолвия и тьмы. В то время как ее муж — в сущности добрый человек — ставит на вид командиру одного из гвардейских полков, что солдаты вверенного ему полка шли не в ногу, изображая в опере «Норма» (Беллини) римских воинов, в ее кабинете сходятся знаменитый ученый Бэр, астроном Струве, выдающийся государственный деятель граф Киселев, глубокий мыслитель и филантроп князь Владимир Одоевский, Н.И.Пирогов, Антон Рубинштейн... С последним она вырабатывает планы учреждения Русского музыкального общества и Петербургской консерватории и энергично помогает их осуществлению личными хлопотами и денежными средствами».

Она же с сердечным участием удерживает Пирогова от отъезда из России и привлекает к задуманному ею устройству первой в Европе Крестовоздвиженской общины сестер милосердия, отправляемых потом под руководством знаменитого хирурга в Севастополь...

В ее гостиной собираются и будущие деятели освобождения крестьян во главе с Николаем Милютиным. Она всеми силами содействует отмене крепостного права не только своим влиянием на Александра I,

но и личным почином по отношению к своему обширному имению Карловке².

Поразительно, но именно Елена Павловна спасла для России великого человека — хирурга Пирогова. «В 1847 г. Пирогов был командирован на Кавказ для указания мер по устройству военно-полевой медицины, для помощи раненым и для применения новых хирургических способов в широком масштабе. Он отдался этой задаче с обычным холодным отношением к себе и своим удобствам и с горячей любовью к своему делу. Девять месяцев, проведенных в самых трудных условиях, среди лишений и опасностей, в непрерывном труде, дали ему, вместе с крайней физической усталостью (при осаде и взятии аула Салты ему приходилось по несколько часов проводить, для производства операций, стоя на коленях пред ранеными), богатый опыт в деле обезболевания посредством эфира, впервые примененного им, в замене обезображивающих ампутаций резекциями и т.д. Но когда, в справедливом сознании своих заслуг, он вернулся в Петербург и явился к военному министру князю Чернышеву — его встретил совершенно неожиданный для него, но совершенно в духе времени прием. Этот «дух» требовал доведения равнения фронта и шагистики до пределов почти невероятного обращения человека в машину, на которой на-

¹ Кони А.Ф. Собрание сочинений. Т.7: Петербург. Воспоминания старжила. М., 1969. С.56.

² В Полтавской губернии 12 деревень, принадлежавших Елене Павловне, существовали под общим названием «Карловка». Под руководством Н.А.Милютина было составлено Положение об устройстве Карловского имения, вступившее в силу 21 мая 1859 г. Положение частично освобождало крестьян от крепостной зависимости.

живалось и которую истязало начальство. <...> В отсутствие Пирогова произошла какая-то перемена в «выпусках и петличках», и сиятельный Скалозуб начал с того, что грубо указал ему на несоблюдение формы, и кончил тем, что приказал ему отправиться в Медико-хирургическую академию, где его ожидало объявление строгого выговора, в самой резкой форме, сделанного по приказанию министра. Чаша его терпения переполнилась. Сознание неуважения к самоотверженному служению науке отразилось на натянутых за всю кавказскую работу нервах, они не выдержали, и с ним сделался истерический припадок. Обливаясь слезами и рыдая, он решил выйти в отставку и уехать навсегда на чужбину, где его, конечно, лучше оценили бы. <...> Слух о том, что Чернышев «приструнил» Пирогова, дошел и до Елены Павловны, которая не знала Пирогова лично. Она поручила своей ближайшей помощнице баронессе Раден пригласить его к себе и с молчаливым красноречием нежного участия протянула ему руки. Пирогов был снова доведен до слез, но эти слезы не жгли его, а облегчали... "Великая княгиня возвратила мне бодрость духа, она совершенно успокоила меня и выразила своею любознательностью уважение к знанию, входя в подробности моих занятий на Кавказе, интересуясь результатами анестезаций на поле сражения. Ее обращение со мною заставило меня устыдиться моей минутной слабости и посмотреть на бестактность моего начальника как на своевольную грубость лакея"³.



Портрет позднего времени (наиден Б.А.Соловьевой).

...Через несколько лет Елене Павловне пришлось явиться уже не утешительницей, а вдохновительницей и сотрудницей Пирогова в одном из благороднейших начинаний прошлого столетия.

В 1854 г. Пирогов стремился поехать в Севастополь, «но прошение его тоннуло в канцелярских болотах» — почти четыре месяца не было ответа. Пирогов обратился к Елене Павловне <...> она немедленно пригласила его к себе: «...никогда не видел я Великую княгиню в таком тревожном состоянии духа, как в этот день <...> со слезами на глазах и с разгоревшимся

лицом она несколько раз вскакивала со своего места <...> Она тут же объяснила свой гигантский план основать организованную женскую помощь больным и раненым на поле битвы, предложить мне самому избрать медицинский персонал и взять управление всего дела»⁴.

25 октября 1854 г. был утвержден устав Крестовоздвиженской общины. 5 ноября — молебен, на следующий день — отъезд первого отряда, состоящего из 35 сестер милосердия.

³ Кони А.Ф. Пирогов и школа жизни// Цит. соч. С.206.

⁴ Там же. С.217.

Россия имеет полное право гордиться своим почином. Тут не было обычного заимствования «последнего слова» с Запада — наоборот, Англия первая стала подражать нам. Создание Елены Павловны и Пирогова послужило «прототипом для великого начинания» Анри Дюнана, основателя Общества Красного Креста... И ныне, кроме Крестовоздвиженской, Россия насчитывает еще восемьдесят общин с двумя тысячами сестер⁵.

Великая княгиня была человеком незаурядным. Замечательны ее дела, душевный облик, просвещенность. Неудивительно ее стремление улучшить подготовку российских врачей — это стремление созвучно всему опыту ее жизни. Она задумала создать особый Клинический институт, где лучшие профессора могли бы передавать свои знания и опыт молодым врачам, где можно было

бы сочетать лечебную и научную деятельность с педагогической. Но ей не удалось дожить до реализации этого замысла. В 1873 г. она умерла.

Еленинский клинический институт был организован и открыт в 1885 г. Замысел А.П.Ольденбургского создать Институт экспериментальной медицины без сомнения также связан с идеями и настроениями Елены Павловны, просвещенной части русского общества того времени.

Завершая этот краткий очерк, надо сказать, что для современников Великая княгиня Елена Павловна более всего была известна своей деятельностью по освобождению крестьян. Она собрала вокруг себя энтузиастов отмены рабства. «...Ее подписи нет ни на одном из официальных актов, связанных с освобождением крестьян, но обаятельный образ ее несомненно занимает первостепенное место в истории реформы, которая вся подготовлялась в ее салоне и под ее непосредственным, одушевляющим влиянием».

⁵ Советское правительство в 1929 г. запретило участие сестер милосердия в помощи раненым и больным, лишив страдающих бескорыстной помощи и утешения.

Над номером работали
Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
О.Ф.ЛАЗАРЕВА
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Компьютерный набор
Е.Е.ЖУКОВА

Компьютерная графика
О.Г.ЧЕКИНА

Компьютерная верстка
Д.А.БРАГИН

Перевод
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Л.М.ФЕДОРОВА

Издательство «Наука» РАН

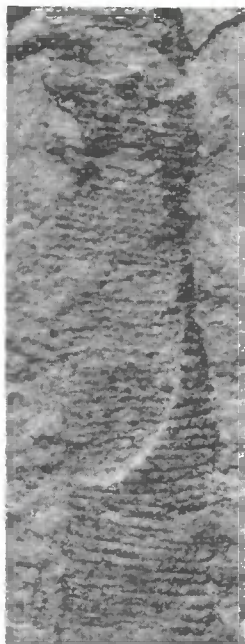
Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 20.09.99
Бумага типографская №1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 2930

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

ПРИРОДА

11⁹⁹



Почти из 45 млрд лет существования нашей планеты 3 млрд лет царствовали микроскопические существа. Видимые глазом животные, похожие на червей, появились, судя по недавним находкам, 1—0.6 млрд лет назад, т.е. раньше, чем эдиакарская фауна, считавшаяся древнейшей. По-видимому, червеобразные организмы и были предками настоящих многоклеточных животных, а эдиакарские, бывшие псевдопаразитами морских экосистем, вымерли, не оставив потомства на Земле.

Бурзин М.Б., Гниловская М.Б. КАКИМИ БЫЛИ ДРЕВНЕЙШИЕ ЖИВОТНЫЕ

