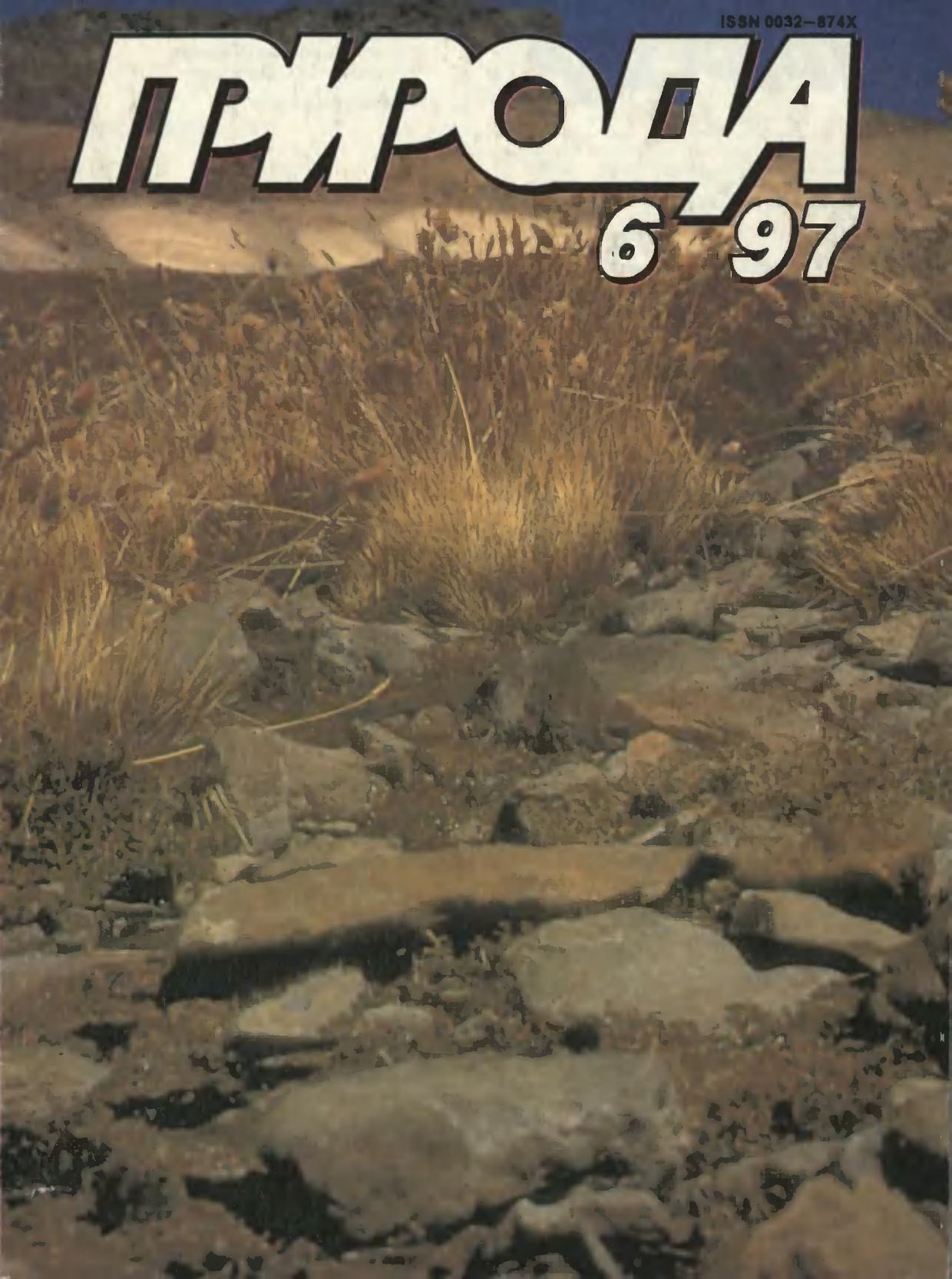


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

6 97



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.Н.АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент РАН Н.А.БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН А.Л.БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А.А.ВЕЛИЧКО (палеогеография), академик АМН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор географических наук Н.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ (география), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), кандидат физико-математических наук Ю.К.ДЖИКАЕВ (ответственный секретарь), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик В.А.ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент РАН Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (общая и техническая химия), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), доктор биологических наук Б.М.МЕДНИКОВ (биология), Н.Д.МОРОЗОВА (научная информация), доктор геолого-минералогических наук Л.Л.ПЕРЧУК (геология), доктор технических наук Д.А.ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН В.А.СИДОРЕНКО (энергетика), академик В.Е.СОКОЛОВ (зоология), академик В.С.СТЕПИН (философия естествознания), академик В.Н.СТРАХОВ (геофизика), Н.В.УЛЬЯНОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), доктор биологических наук М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биология, биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела охраны природы), доктор физико-математических наук А.М.ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ.
Растительность рядом с истоком Амазонки.

Фото Я. Палкевича

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ.
Верховья р.Апачеты. Снимок со спутника «СПОТ» (Франция). См. в номере: Палкевич Я., Ушнурцев С.Н. «Исток Амазонки, 96».



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук,
журнал «Природа», 1997

В НОМЕРЕ

3 Карелин А.А. НОВАЯ ФОРМА ПЕПТИДНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Долгое время были известны только «классические» пептидные регуляторы — парагормоны, нейротрансмиттеры, гормоны. Теперь можно считать доказанным существование новой системы регуляции — на основе пептидного комплекса, который образуется из гемоглобина.

17 Кошляков М.Н. СИНОПТИЧЕСКИЕ ВИХРИ ОТКРЫТОГО ОКЕАНА

Со времени, когда в открытом океане были обнаружены крупные вихри, прошло около 30 лет. Опыт, накопленный при их изучении, неоценим для понимания физической природы Мирового океана.

26 Гришин А.А., Лавровский Э.К., Ленский А.В., Формальский А.М. ДВУНОГИЕ ШАГАЮЩИЕ

Большинство животных перемещается по поверхности с помощью конечностей. Создание устройств, двигающихся подобным образом, — одна из интереснейших научно-технических проблем.

33 Палкевич Я., Ушнурцев С.Н. «ИСТОК АМАЗОНКИ, 96»

Работа международной географической экспедиции в Перуанских Андах в 1996 г. «удлинила» Амазонку на несколько сотен километров.

43 Панкратов С.Г. ОТ КОМПЬЮТЕРНОГО ДИНОЗАВРА — К «БОИНГУ-777»

Последняя модель «Боинга», по некоторым утверждениям, была построена без обдува в трубах, а исключительно с помощью виртуальных прототипов, созданных на графических суперкомпьютерах.

58 ЛЕКТОРИЙ Ярошевский А.А. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Чтобы узнать средний химический состав земной коры, нужно получить оценки распространенности в ней главнейших типов горных пород, определить их состав и, «сложить» земную кору в целом. Но сколь невероятно сложной оказалась эта задача.

67 Голубовский М.Д. ЛИЧНОСТНОЕ ЗНАНИЕ И ПАРАДОКСЫ ИСТОРИИ ГЕНЕТИКИ К 175-летию со дня рождения Менделя

Недавние историко-научные изыскания показали, что убеждения о независимости и одновременности переоткрытия законов Менделя скорее красивый миф, чем объективная реальность.

79 ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ Булавиц В.И. СОЛНЕЧНАЯ ПТИЦА — НАПЕРСНИЦА ЛЕТА

83 РЕЗОНАНС Яблоков А.В., Земский В.М., Михалев Ю.А., Тормосов В.В. НЕЛЕГАЛЬНЫЙ ПРОМЫСЕЛ КИТОВ В ЮЖНОМ ПОЛУШАРИИ

86 Сурдин В.Г. ВЗГЛЯД В ГЛУБЬ ВСЕЛЕННОЙ

88 Виноградова Л.Н. «ХОРОШАЯ» И «ПЛОХАЯ» СМЕРТЬ В СЛАВЯНСКОЙ МИФОЛОГИИ

92 НОВОСТИ НАУКИ КОРОТКО (32)

114 РЕЦЕНЗИИ Скворцов А.К. НАШИ НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРКИ

117 В КОНЦЕ НОМЕРА ФИЗТЕХ: ИГРА В БИСЕР (ОКОНЧАНИЕ)

CONTENTS

3 Karelln A.A.
A NEW FORM OF PEPTIDE REGULATION

Parahormones, neurotransmitters, and hormones are the three classic types of peptide regulators known for a long time. Now a new regulatory system has been shown to exist; this is based on a peptide complex that forms from hemoglobin.

17 Koshlyakov M.N.
SYNOPTIC VORTICES IN THE OPEN OCEAN

It has been some 30 years since large vortices were discovered in the open ocean. The experience derived from their study is invaluable for understanding the physics of the world's oceans.

26 Grishin A.A., Lavrovsky E.K., Lensky A.V., and Formalsky A.M.
BIPEDAL WALKERS

Most animals travel along the surface by means of limbs. Creation of machines moving in this fashion is a very interesting engineering problem.

33 Palkevich Ya. and Ushnurtsev S.N.
AMAZON SOURCE, 96

The work of the International geographical expedition to the Peruvian Andes in 1996 has shown the Amazon River to be a few hundreds kilometers longer.

43 Pankratov S.G.
FROM THE COMPUTER-SIMULATED DINOSAUR TO BOEING-777

The latest Boeing model is believed to have been designed without any wind-tunnel experiments, but solely by using virtual prototypes created on graphics workstations.

58 LECTURES
Yaroshevsky A.A.
CHEMISTRY OF THE EARTH'S CRUST

In order to ascertain the average composition of the crust, one has to estimate the relative abundances of the major rock types, determine their compositions, and calculate the arithmetic mean. Yet how immensely difficult this task has turned out to be!

67 Golubovsky M.D.
PERSONAL KNOWLEDGE AND PARADOXES IN THE HISTORY OF GENETICS
ON THE 175TH ANNIVERSARY OF G.J. MENDEL'S BIRTH

Recent historical investigations indicate that the long-held thesis that Mendel's laws were rediscovered concurrently and independently by Dutch and German researchers is more of a myth than a reality.

79 NOTES AND OBSERVATIONS
Bulavintsev V.I.
ORIOLE: THE FAVOURITE OF SUMMER

83 RESPONSE
Yablokov A.V., Zemsky V.M., Mikhalev Yu.A., and Tomosov V.V.
ILLEGAL WHALING IN THE SOUTHERN HEMISPHERE

86 Surdin V.G.
A LOOK DEEP INTO THE UNIVERSE

88 Vinogradova L.N.
A «GOOD» AND A «BAD» DEATH IN SLAVIC MYTHOLOGY

92 SCIENCE NEWS
IN BRIEF (32)

114 BOOK REVIEWS
Skvortsov A.K.
OUR NATIONAL PARKS

117 END OF ISSUE
PHYSTECH: THE GLASS BEAD GAME (CONCLUDED)

Новая форма пептидной регуляции

А. А. Карелин

*Сущности не следует умножать
без необходимости.*

У. Оккам



Андрей Авенирович Карелин, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института биоорганической химии им. М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН. Область научных интересов — исследование эндогенных биологически активных пептидов.

ИНТЕРЕС к исследованию пептидных регуляторов огромен. И это понятно, поскольку очевидна важнейшая роль, которую, несомненно, играют эндогенные пептиды почти во всех физиологических процессах в организме. Усилиями множества исследователей за 30 лет бурного развития этой научной проблематики из разных источников выделено и идентифицировано несколько тысяч биологически активных пептидов, а пептидный синтез превратился в мощную индустрию. Создано более десятка специализированных научных изданий, где публикуются результаты многочисленных исследований биологических свойств этих молекул.

Что же такое пептидные биорегуляторы? Как правило, это субстанции, которые образуются из специфического белка-предшественника путем дискретного протеолиза, т.е. точечного действия протеолитических ферментов, чаще всего подобных по специфичности трипсину. Считается, что сама исходная белковая молекула имеет только одну функцию — обеспечить конформационную доступность своего структурного участка последовательности, который соответствует собственно пептиду, для действия таких протеаз. Образовавшиеся пептиды накапливаются в пузырьках-везикулах, а затем секреторируются во внеклеточное пространство (это парагормоны) или в синаптическую щель (нейротрансмиттеры), или в кровотоки (гормоны). Сигнальные пептиды достигают эффекторных клеток и связываются с рецепторными молекулами, расположенными на наружной стороне клеточной мембраны. Образование такого лиганд-рецеп-

торного комплекса приводит к конформационным изменениям рецептора, что и служит молекулярной основой для передачи биологического сигнала внутрь клетки. Эффекторная клетка, восприняв сигнал, отвечает в соответствии со своей специфичностью. Таким или приблизительно таким образом реализуется биологическая активность подавляющего большинства сигнальных пептидов, которые можно определить как «классические» пептидные биорегуляторы.

Существуют ли в организме другие пептидные молекулы? До недавнего времени считалось, что существуют — как полупродукты протеолитической деградации функциональных белков, т.е. ферментов, структурных и транспортных белков и т.д. Каждая белковая молекула имеет свой срок жизни, по истечении которого утилизируется до аминокислот, а те в свою очередь используются для построения новых белковых последовательностей или для питания клеток. Представить одномоментный распад большого белка до аминокислот довольно сложно, поэтому логично предположить, что сначала образуются длинные фрагменты, которые укорачиваются и в конце концов распадаются до аминокислот. Все эти процессы совершаются под действием неспецифических протеаз, например тех, что локализованы в лизосомах. Из этого следует, что в ткани существует колоссальный набор пептидов, ожидающих очередного акта протеолиза, чем и исчерпываются их функции. Однако выяснилось, что дело обстоит не так просто.

ВЕЗДЕСУЩИЕ ПЕПТИДЫ ИЗ ГЕМОГЛОБИНА

В 1971 г. А.Шелли, исследуя пептидные релизинг-факторы (вещества, регулирующие секрецию гормонов), выделил несколько пептидов, которые проявляли искомую активность как *in vitro*, так и *in vivo*. Совершенно неожиданно они оказались фрагментами гемоглобина, состоящими из 4—16

аминокислотных остатков. Шелли добросовестно опубликовал эти результаты, а через несколько лет успешно завершил работы по первоначальной проблеме — выделил и охарактеризовал релизинг-фактор лютеинизирующего гормона (LH-RH).

В Японии группа исследователей в 1979—1982-х годах выделила из мозга крупного рогатого скота сначала дипептид, названный киоторфином, а затем и пентапептид — неокиоторфин, в последовательность которого входил киоторфин. Эти пептиды были активны, в частности, вызывали некоторые нейротропные эффекты у животных, но тем не менее не являлись опиоидными пептидами, т.е. веществами, обладающими сходным с морфином действием, на что, судя по названию, надеялись исследователи. Более того, структура пентапептида оказалась идентичной С-концевому фрагменту α -цепи гемоглобина. Правда, столь короткая последовательность слишком мала, чтобы делать однозначные выводы о ее происхождении, но следующие 10 лет поисков другого предшественника с использованием методов геной инженерии не принесли иного результата. Тем не менее оба вещества отнесли к нейропептидам.

И, наконец, в середине 80-х годов В.Брантл после обработки гемоглобина *in vitro* набором протеолитических ферментов выделил два опиоидных пептида, названных геморфинами. Они обладали всеми основными свойствами, характерными для этой группы «классических» пептидных биорегуляторов.

К концу 80-х годов исследования эндогенных пептидов неожиданно стали развиваться сразу по нескольким новым направлениям.

Выделение неизвестных еще биологически активных пептидов — довольно трудоемкий процесс. Например, в начале 70-х годов, чтобы выделить и идентифицировать вещество Р — пептид, содержание которого в исходном материале сравнительно высоко, понадобилось 50 кг бычьего гипоталамуса, а стало быть, довольно

большое стадо животных. От начала исследования до получения чистого активного пептида экспериментатор выполняет по 8—10 последовательных стадий очистки и каждая из них требует отработки условий разделения, а также тестирования биологической активности полученных фракций. В 80-х годах мы занимались выделением новых нейроактивных пептидов, для чего потребовалось девять последовательных стадий разделения исходного материала, а сама работа заняла около восьми лет.

Исторически сложилось так, что несколько давно начатых исследований были завершены почти одновременно — в начале 90-х годов, причем в основном в Советском Союзе. И все они, по странному совпадению, привели к идентификации большой группы эндогенных фрагментов гемоглобина, обладающих самыми разными биологическими свойствами.

С 1968 г. под руководством Р.В.Петрова (лаборатория А.А.Михайловой) изучались миелопептиды — пептидные продукты, секретируемые клетками костного мозга свиньи. Эти вещества обладают иммуномодулирующей активностью, т.е. способствуют усилению иммунитета. На основе природной смеси миелопептидов был создан лекарственный препарат «Миелопид». Несмотря на трудности, связанные прежде всего с малыми количествами пептидного материала, удалось выделить и структурно охарактеризовать некоторые активные компоненты. Они оказались фрагментами α - и β -цепей гемоглобина.

В Ереване, в Институте биохимии, под руководством А.А.Галояна проводились работы по изучению пептидов гипоталамуса. В качестве модели для определения биологической активности выделяемых соединений использовался тест на коронаро-констрикторную активность (способность вещества влиять на сокращение препаратов кровеносных сосудов). В результате было идентифицировано около 10 новых 5—10-членных пептидов, также оказавшихся фрагментами гемоглобина.

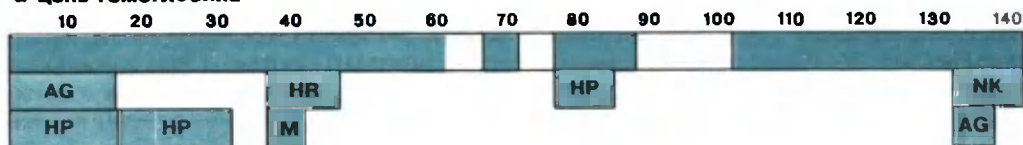
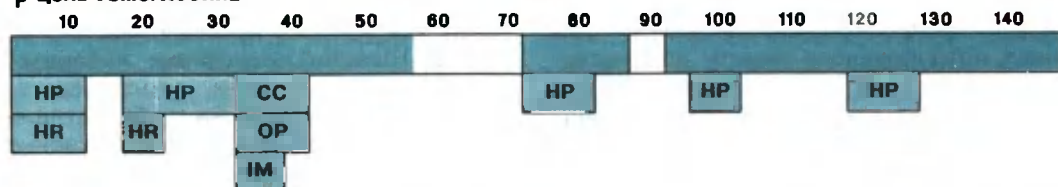
В нашем институте исследовался препарат «Гемалин», созданный на основе экстракта костного мозга крупного рогатого скота. (Этот препарат восстанавливает кроветворные функции после воздействия радиации или цитостатиков.) Было выделено более 15 активных пептидов и, что уже не удивительно, они оказались фрагментами все того же гемоглобина.

В Швеции сотрудники лаборатории Ф.Ниберга изучали геморфины — фрагменты гемоглобина, обладающие опиоидными свойствами. Собственно геморфины не были найдены в организме, но в самых разных тканях, в том числе и в спинномозговой жидкости, обнаружены их аналоги — LVV- и VV-геморфины (пептиды, по сравнению с традиционными геморфинами удлиненные как с N-, так и с C-конца последовательности). Почти для 10 таких пептидов была установлена структура и доказаны опиоидные свойства. Самый важный вывод из этих исследований в том, что из гемоглобина непосредственно в организме образуются вещества, обладающие всеми свойствами нейропептидов — наиболее специфической группы «классических» пептидных биорегуляторов. Эти результаты не укладывались в общую картину пептидергической регуляции. Правда, степень взаимодействия этих пептидов с рецепторными молекулами была сравнительно невысока, и потому оставалась вероятность того, что наблюдаемые эффекты не могут реализовываться *in vivo* и следовательно являются артефактами.

В других лабораториях было выделено еще несколько биологически активных фрагментов гемоглобина. В результате, общее число этих пептидов достигло 50—55, а количество обнаруженных у них биологических эффектов — 10—12. Далеко не каждый предшественник «классических» пептидов обладает таким мощным потенциалом!

«ЧЕМ ДАЛЬШЕ В ЛЕС...»

В конце 80-х годов автор этой статьи и Дж.Слеман в США независимо

α-цепь гемоглобина**β-цепь гемоглобина**

Участки последовательности гемоглобина, из которых выделены эндогенные пептиды

Фрагменты гемоглобина с различной биологической активностью:

- HP** гемопозитической
- HR** гормон-высвобождающей
- CC** коронаро-констрикторной
- NK** относящиеся к группе неокситорфина
- IM** иммуномодулирующей
- AG** антигонадоотропной
- OP** опиоидоподобной

Эндогенные биологически активные фрагменты гемоглобина, идентифицированные к настоящему времени. Числами указаны номера аминокислотных остатков в цепях белка.

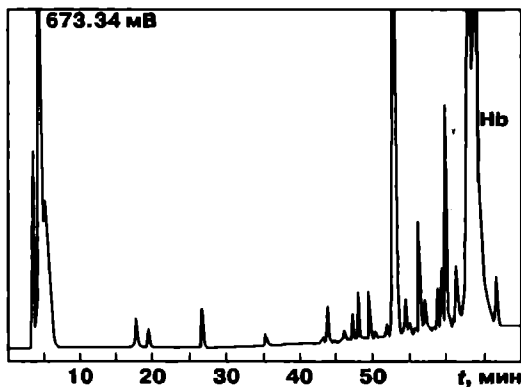
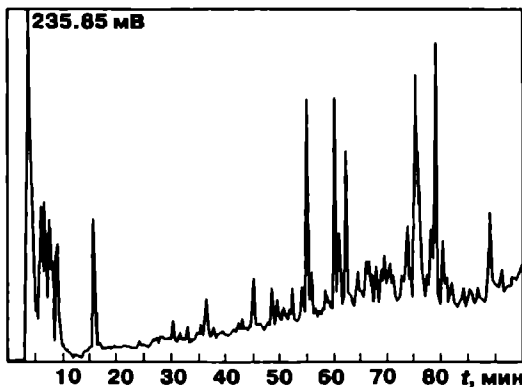
начали систематические исследования пептидных компонентов биологических тканей. Основная исходная идея исследований — проверить, на самом ли деле, как считалось, набор пептидных компонентов в тканях неспецифичен, т.е. действительно ли пептиды являют собой полупродукты элиминирования «отработанных» белков. Для этого пептидный материал экстрагировался из тканей головного мозга крупного рогатого скота в условиях, максимально затрудняющих посмертный протеолиз, но в то же время обеспечивающих минимальную потерю пептидов. После экстракции выделяли низкомолекулярные компоненты, а затем разделяли их обращеннофазной высокоэффективной хроматографией.

Исходя из общепринятых положений,

можно было ожидать, что огромное количество пептидных «огрызков» (а некоторые скептики считали, что их набор значительно превысит 10 тыс. различных веществ) не удастся разделить на индивидуальные компоненты. Но оказалось совсем не так. По нашим данным, количество пептидов, содержание которых превышает 0.1 нмоль в грамме исходной ткани, составляет не 10 тыс., а всего 150—200. По данным Слемана, работавшего с препаратами мозга крысы, число пептидов достигало 800 (причины этих различий выяснились позднее). Но, так или иначе, состав пептидов вполне поддавался анализу, а сама хроматографическая картина стабильно воспроизводилась от эксперимента к эксперименту.

С этого момента направления работы обеих групп разошлись. Американцы, установив структуры нескольких компонентов и убедившись, что это именно пептиды, сосредоточились в основном на сравнительном анализе хроматографических профилей, получаемых в разных экспериментальных условиях. Мы же занялись прежде всего структурными исследованиями. Выделили в чистом виде более 120 веществ (почти 90% пиков, идентифицированных при анализе хроматограмм), установили структуру пептидов и определили их содержание в исходном материале.

Почти все пептиды оказались фрагментами функциональных белков: около 30% были компонентами гемогло-



Хроматограммы низкомолекулярной фракции одного из препаратов мозга крупного рогатого скота (слева) и пептидного набора, полученного из разрушенных эритроцитов человека (справа). Hb — пики, соответствующие цепям гемоглобина. Разделение проведено в градиенте концентрации ацетонитрила методом обращеннофазной хроматографии. Детекция пиков осуществлялась при помощи проточного УФ-детектора при длине волны 226 нм. Данные поглощения представлены в приведенных мВ на шкалу (1800 мВ=2.56 единиц оптической плотности).

бина, около 25% — фрагментами ранее неизвестных белковых молекул. Интересно, что один пептид был очень похож на фрагмент активного центра известного белкового субстрата протеинкиназы с (GAP-43), который участвует в регуляции содержания кальция в клетке. Пока мы разбирались; не допущена ли ошибка в определении аминокислотной последовательности, французские исследователи установили структуру нового белка — нейрогранина. В нем содержался идентифицированный фрагмент. Ошибки не было. Среди пептидов были найдены фрагменты самых разных белков, но далеко не всех, что имеются в ткани, причем из тех, которые служили источниками пептидов, выщеплялись строго ограниченные участки. Заметим, один из пептидов соответствовал фрагменту последовательности предшественника «классического» нейропептида — вещества Р. Из этого следует, что образование пептидов определяется не просто уровнем содержания исходного белка, а подчиняется каким-то иным закономерностям. Набор пептидных компонентов носит регулярный характер — пептиды образуют своеобразные группы. Следовательно, по крайней мере первоначальное расщепление белка имеет определенную специфичность.

Но вернемся к фрагментам ге-

моглобина. Среди них мы нашли упомянутые VV- и LVV-геморфины. И здесь природа преподнесла очередной сюрприз: общее содержание этих пептидов в мозговой ткани составило около 5—10 нмоль/г, т.е. почти в 10^5 раз больше, чем «классических» опиоидов — энкефалинов, эндорфинов и др. Вспомним, что опиоидное действие геморфинов (а параметры взаимодействия их с рецепторами примерно в 10^4 раз хуже, чем у энкефалинов) сочли артефактом. Как известно, взаимодействие с рецепторами — это процесс установления равновесного состояния, а значит, зависит не только от прочности образующегося лиганд-рецепторного комплекса, но и от концентраций обоих компонентов. Выходит, уже неясно, что именно считать артефактом — то ли опиоидные свойства геморфинов, концентрация которых столь высока, то ли вклад в суммарную опиоидную активность «классических» пептидных биорегуляторов. Предположить второе было бы конечно явным преувеличением, но и от биологической роли геморфинов уже просто отмахнуться нельзя.

Уже упомянутые работы по изучению экстракта костного мозга крупного рогатого скота в процессе развития также превратились в систематические

	20	40	60
1	MLTAE E E K A A V T A F W G K V K V D E V G G E A L G R L L V V Y P W T Q R F F E S F G D L S T A D A V M N N P K V K A H G K K V L D S F		
2	VH--P--S--L--N-----		P--G-----GAF
3	VH-S---E--LGL--N-----		N--G-----Q-F
4	VH-SDG--N-ISTA--HAA-----		D---S-S-G-A-----I-F

VH L T P E E K S A V T A L W G K V N V D E V G G E A L G R L L V V Y P W T Q R F

MLTAE E E K A A V T A F W G K V K V D E V G G E A L G R L F E S F G D L S T P D A V . . .

MLTAE E E K A A V T A F W G K V K V D E V G G E A L G L V V Y P W T Q R F

VH L S D G E K N A I S T A W G L V V Y P W T Q R

VH L S D G E K N A I S T A L V V Y P W T Q

MLTAE E E K A A V T A F L V V Y P W T

MLTAE E E K A A V T L V V Y P W

MLTAE E E K A A V L V V Y P

VH L S A E E K E A V G K V K V D E V G G E A L G R L V V Y P W T Q R F

VH L S A E E K E A W G K V K V D E V G G E A V V Y P W T Q R

MLTAE E E K A A W G K V K V D E V G V V Y P W T Q

MLTAE E E K A G K V N V V Y P W T

VH L S A E E K V K V D E V G G E A L G R L V V Y P W

MLTAE D E V G G E A L G R L V Y P W T Q

MLT D E V G G E A L G R V Y P W

L T P E E K S A V T A L E V G G E A L G R L Y P W T Q R F

L T A E E K A E V G G E A L G R

A E E K A A E V G G E A L G

E V G G E A L

G G E

E A L G

A L G

N-концевые участки β -цепи гемоглобинов: крупного рогатого скота (1), человека (2), свиньи (3), суслика (4) и эндогенные фрагменты, образующиеся за счет протеолиза этих участков. Аминокислотная последовательность *N*-концевой части гемоглобина крупного рогатого скота (1) приведена полностью, в остальных (2, 3, 4) представлены только аминокислоты (обозначены цветом), которыми отличаются эти части молекул гемоглобина. Пептиды с доказанной биологической активностью выделены курсивом.

исследования. Было идентифицировано около 70 пептидов, что составило примерно 15—20% от их общего количества в исходном материале. Только три пептида оказались фрагментами других функциональных белков, остальные происходили из гемоглобина.

Итак, к началу 90-х годов число идентифицированных эндогенных фрагментов гемоглобина составляло более

100, причем больше 50 из них проявляли биологическую активность. Возник резонный вопрос: откуда они берутся и как образуются?

КОЛЫБЕЛЬ ГЕМОГЛОБИНОВЫХ ПЕПТИДОВ

Гемоглобин, как известно, в основном локализован в эритроцитах — на внутренней стороне их мембраны. Незначительное количество этого белка находится в растворенном состоянии в плазме крови. В последнее время появились сообщения об экспрессии глобина в клетках некоторых тканей, но основным его источником все-таки остаются эритроциты. Если фрагменты гемоглобина обнаруживаются в разных тканях, то логично поискать их внутри самих эритроцитов.

Мы занялись эритроцитами чело-

века (совместная работа с Гематологическим научным центром РАМН) и установили, что по сравнению с другими препаратами пептидный состав их весьма прост: присутствуют всего 15—20 разных пептидов. Но зато много интересного выяснилось при их структурном анализе. Почти все пептиды были довольно крупными — больше 30 аминокислотных остатков. Здесь уместно вспомнить, что более чем из 50 биологически активных фрагментов гемоглобина только один имеет последовательность в 21 остаток, а в основном их длина не превышает 16 аминокислот. Эту общую картину размерности нарушал лишь наш старый знакомый — пентапептид неокиоторфин. Примечательно, что среди пептидов были два С-концевых фрагмента α -цепи гемоглобина: один содержал последовательность, соответствующую неокиоторфину, а другой не имел ее. Так окончательно было доказано, что многолетние поиски специфического предшественника этого пептида можно закончить, а сам неокиоторфин — исключить из нейропептидов. Но ответ на один вопрос сразу поставил другой: почему в эритроцитах неокиоторфина значительно меньше, чем, например, в препаратах сердца или мозга?

Итак, внутри эритроцитов присутствуют не только исходный белок, но и «вторичные» пептидные предшественники (первичным остается сам гемоглобин), однако биологически активных пептидов там нет. Откуда же они берутся?

Обратимся снова к неокиоторфину. Если он образуется в эритроцитах, но там его содержание ниже, чем в препаратах ткани, значит, должен существовать механизм его выведения из клеток крови. Следовательно, необходимо поискать пептиды в плазме крови. Сказано — сделано, но и здесь оказалось, что все не так просто. Не только фрагментов гемоглобина, но и вообще какого-либо пептидного материала в значимых количествах в плазме не было. Мы решили, что допущена какая-то методическая ошибка, но тут подошла статья Ниберга: шведские исследователи также не обнаружили в плазме

крови даже такой стабильный пептид, как LVV-геморфин-7, который, например, весьма устойчив к интенсивной обработке протеолитическими ферментами *in vitro*.

В качестве модельной системы, которая должна была показать сам факт продукции пептидов эритроцитами, мы выбрали инкубацию клеток в физиологическом растворе. Пришлось сначала отработать условия эксперимента, которые исключали бы гемолиз (разрушение части клеток) и следующее за ним расщепление попавшего в культуральную среду гемоглобина протеолитическими ферментами, если они имеются на поверхности эритроцитов. Проведя стандартный анализ компонентного состава культуральной жидкости, к огромному облегчению мы обнаружили долгожданные пептиды. Результаты структурного анализа отдельных компонентов превзошли все ожидания: из 13 идентифицированных фрагментов гемоглобина для пяти ранее была показана биологическая активность; еще четыре вещества отличались от активных структур на один—два аминокислотных остатка; два пептида вообще не имели аналогов и только два оказались из числа выделенных прежде, но какая-либо активность для них не была установлена.

Так было однозначно доказано: биологически активные пептидные фрагменты гемоглобина интенсивно продуцируются эритроцитами. Следовательно, эти клетки могут считаться полноправной железой внутренней секреции.

Последующие эксперименты подтвердили это. Добавление к культуральной среде глюкозы значительно повышает продукцию пептидов эритроцитами, что указывает на биологическую специфичность этого процесса. Анализ установленных структур и молекулярно-динамическое компьютерное моделирование позволили нам предложить модель поэтапной протеолитической деградации белка. Основная ее идея заключается в специфичности, обусловленной не столько направленностью действия протеолитических ферментов, сколько конформационными особеннос-

тями исходной белковой молекулы («диффузная специфичность»).

Какое же место занимают биологически активные продукты протеолиза гемоглобина в общей картине пептидергической регуляции физиологических процессов?

ПЕПТИДНЫЕ КАРТЫ ТКАНЕЙ

Как уже было сказано, наборы пептидов, выделенных из головного и костного мозга, значительно различаются, но в каждой ткани компоненты одни и те же, если соблюдаются одинаковые условия эксперимента. Правда, мы всегда имели усредненные данные — ведь исходный материал был получен от многих животных. Кроме того, не исключено, что некоторый вклад в пептидный спектр могли давать посмертные изменения тканей, поскольку поступали они из обычного мяскокомбината, где по чисто технологическим причинам невозможно соблюсти одинаковые и достаточно корректные условия их обработки.

Чтобы исключить эти эффекты, мы перешли от тканей крупного рогатого скота к препаратам из мозга крысы. Получение такого материала легко поддается стандартизации и занимает менее минуты.

В совместных с группой сотрудников (под руководством И.П.Ашмарина) биологического факультета МГУ экспериментах была доказана высочайшая степень стабильности пептидного набора: картины разделения низкомолекулярных компонентов, получаемых из мозговой ткани отдельных животных, раз за разом воспроизводились практически полностью. Следовательно, спектр пептидов — это надиндивидуальная характеристика ткани. Иными словами, он одинаков у всех животных, содержащихся в идентичных условиях.

Но не может ли этот набор изменяться? Каковы границы его стабильности?

Мы провели три серии экспериментов, объединенных общим принципом — внешним воздействием на подопытных животных. В двух сериях

опытов крысам вводили фармакологически активные вещества — γ -аминомасляную кислоту и сиднофен (лиганд дофаминовых рецепторов), а в третьей заставляли животных бодрствовать на протяжении 36 и 72 ч, что по сути является сильнейшим стрессорным воздействием.

Полученные результаты обрисовали всю гамму возможных реакций.

Введение γ -аминомасляной кислоты приводило к одинаковым для всех крыс, но незначительным изменениям. Примечательно, что появились новые вещества, из числа которых удалось выделить два коротких пептида. Один из них, по-видимому, был фрагментом иммуноглобулина, а другой... ну, естественно, — гемоглобина. Сиднофен, как и лишение животных сна в течение 36 ч, вызывал значительные изменения набора пептидов, причем индивидуальные у каждой крысы. Возможно, причина этого кроется в особенностях каждого животного.

Пожалуй, самый интересный результат дало 72-часовое лишение сна. Общее количество почти всех основных пептидных компонентов резко уменьшилось, а индивидуальных различий не было вовсе.

Из всех этих результатов напрашивается вывод, что пептидный состав мозга в норме стабилен и одинаков у всех особей вида, но может меняться при внешних воздействиях, отражая индивидуальную реакцию организма, и, следовательно, вовлечен в эту реакцию. Очень сильные воздействия приводят к полному истощению организма и стиранию индивидуальных различий. То же происходит и с набором пептидов мозга. Это несомненно указывает на их некую регуляторную роль в жизненных процессах.

Близкие результаты получили американские исследователи под руководством Слемана. И в их опытах индивидуальный набор пептидов мозга крысы отличался высокой стабильностью. Но кроме того они выявили возрастную закономерность пептидного спектра: количество пептидов уменьшается с возрастом животных. Это

еще раз подтверждает участие пептидных фрагментов в регуляторных процессах, происходящих в мозговой ткани.

Здесь уместно объяснить, почему мы обнаружили в препаратах крупного рогатого скота в 3—5 раз меньше основных пептидов, чем определили американские исследователи в мозге крысы. Вероятно, это следствие жесточайшего стрессорного воздействия, которому подвергаются животные в условиях промышленного получения мясородуктов.

Но вернемся к основной теме. Может, стабильность пептидного набора свойственна исключительно мозговой ткани? Ответ дали новые эксперименты. В них были исследованы индивидуальные наборы пептидов сердца, селезенки и легких крысы, а также разрушенные эритроциты человека и культуральная жидкость, т.е. среда, в которой несколько часов выдерживались эти клетки при 37°C. Оказалось, что и в тканях крысы, и в обоих типах образцов крови человека спектр пептидных фрагментов строго повторялся от опыта к опыту. Более того, в эритроцитах человека как набор пептидов, так и содержание каждого из них не зависели от пола, возраста, группы крови и резус-фактора донора.

Хотя число компонентов в разных тканях может сильно меняться (от нескольких десятков до многих сотен), для каждой ткани это постоянная величина. Следовательно, любая ткань обладает собственной пептидной картой, делающей ее непохожей на другие. Эта карта довольно точна и очень стабильна. Поэтому для обозначения набора пептидов предложен термин «тканеспецифический пептидный комплекс».

ЧАСТЬ ЦЕЛОГО

Итак, мы выяснили, что эндогенные фрагменты протеолиза гемоглобина занимают весьма заметное место среди пептидов, образующих тканеспецифические пептидные комплексы. Как

же соотносится универсальность основной функции гемоглобина — переноса кислорода — с тканеспецифичностью его фрагментов?

Несмотря на то, что первичный источник этих пептидов — эритроциты, состав и содержание гемоглибиновых фрагментов в различных тканях определяется прежде всего спецификой ткани. На это указывает тот факт, что в препаратах костного мозга геморфин-содержащих пептидов почти нет, а в головном мозге они присутствуют в количествах свыше 1 нмоль/г ткани каждый. Если же сравнить содержание фрагментов гемоглобина, то признаки тканеспецифичности их набора будут еще разительнее. Так, в плазме крови геморфин-содержащих пептидов не обнаружено, в то время как в мозге их суммарная концентрация составляет около 10 нмоль/г. В ткани легких крысы неокиоторфина в 4—5 раз больше, чем в эритроцитах, т.е. даже если допустить, что вся легочная ткань состоит из клеток крови, то и в этом случае не будет достигнут детектированный уровень содержания этого вещества.

Таким образом, хотя эритроциты служат универсальным источником гемоглибиновых фрагментов для большинства тканей, набор этих веществ тканеспецифичен. Из этого следует, что фрагменты протеолитической деградации гемоглобина — полноправные компоненты тканеспецифических пептидных комплексов. Справедливость этого подтверждается, если сравнить содержание длинных (больше 30 аминокислотных остатков) пептидов внутри эритроцитов и в мозге. В отличие от коротких фрагментов гемоглобина этих веществ в ткани мозга в 10—50 раз меньше, чем в клетках крови. Но даже и это столь незначительное количество скорее всего отражает присутствие эритроцитов в исходном материале, поскольку препараты мозга могли быть недостаточно тщательно отмыты от крови.

Есть и другой важный вывод, вытекающий из количественных сравнений пептидов в препаратах крови и других тканей: полученные данные можно объяснить только существова-

нием механизмов депонирования — накопления фрагментов протеолитической дегградации гемоглобина.

Можно предположить, что содержание гемоглобиновых пептидов в тканях отражает наложение трех процессов. Вероятно, выделяемые из различных источников длинные фрагменты представляют собой продукты внутриэритроцитарного протеолиза гемоглобина. Что касается менее длинных пептидов, то часть из них депонируется непосредственно после секреции эритроцитами, а другая часть подвергается протеолизу уже в ткани. Поскольку набор пептидов, включающий фрагменты гемоглобина, консервативен и наиндивидуален, можно заключить, что продукты протеолиза этого белка в конкретной ткани являются важной составляющей тканеспецифического пептидного комплекса.

Традиционно пептидную регуляцию воспринимают как высокоспецифическую систему, которая включает особый белок-предшественник, специализированные ферменты и узлокализированные участки секреции. Теперь мы вправе сделать вывод, что для пептидов существуют и иные регуляторные возможности. Эндогенная фрагментация гемоглобина и свойства образующихся продуктов изучены лучше, чем для других функциональных белков (основного белка миелина, иммуноглобулинов, альбуминов, фибриногена и некоторых других). Тем не менее результаты приводят к заключению, что регуляторная роль продуктов эндогенной протеолитической дегградации гемоглобина не исключение, а эритроциты не единственный источник биологически активных пептидов этого типа.

Мы считаем, что такой способ регуляции физиологических процессов в организме связан с изменением общего уровня активности протеолитических ферментов в тканях, а сама регуляция осуществляется за счет колебаний в содержании продуктов этих ферментативных реакций. Совершенно очевидно, что каждая ткань

обладает специфическим набором белков, совокупное действие которого обуславливает ее функционирование, а следовательно, и организма в целом. Белки постоянно синтезируются клетками, выполняют свои функции и затем элиминируются набором протеолитических ферментов.

Можно с уверенностью утверждать, что этот процесс — не хаотический набор протеолитических реакций, направленных исключительно на утилизацию белковых молекул в форме аминокислот. Он представляет собой сложную, но упорядоченную систему взаимодействия расщепляемых белков-субстратов и специфического для каждой ткани набора протеолитических ферментов. Гемоглобин — важнейший компонент этой системы как по количеству исходного материала, так и по спектру активностей пептидных фрагментов.

В результате такого взаимодействия образуется большая группа веществ, особая для каждой ткани. Это и есть тканеспецифический пептидный комплекс, уникальный по составу компонентов и содержанию отдельных пептидов.

В отличие от пептидных сигнальных молекул нервной (нейротрансмиттеры) и эндокринной (гормоны) систем, где фрагменты выщепляются из узкого круга конкретных предшественников (собственная биологическая активность которых не доказана), компоненты тканеспецифического пептидного комплекса могут образовываться из любых белков ткани. Биологическая активность таких пептидов связана с их способностью взаимодействовать с рецепторными молекулами и таким образом модулировать действие высокоспецифичных физиологически активных веществ, т.е. «классических» биорегуляторов. И хотя, как упоминалось, степень связывания пептидов с рецепторами сравнительно невысока, она компенсируется их высоким уровнем содержания.

Известно, что интенсивность протеолиза в ткани, приводящего к формированию тканеспецифического

пептидного комплекса, зависит от такого сравнительно устойчивого параметра, как общее состояние метаболизма. Можно предположить, что этот комплекс регулирует долговременные процессы, т.е. отвечает прежде всего за поддержание в ткани гомеостатического равновесия. (Гомеостаз ткани — это контроль дифференцировки, пролиферации, элиминирования клеток и предупреждения их трансформации.) Это предположение косвенно подтверждается изменением количественного содержания пептидов при некоторых патологиях. Так, мы совместно с группой исследователей (руководитель А.В.Пивник) Гематологического научного центра РАМН выявили в эритроцитах пациентов, страдающих лимфогранулематозом, или болезнью Ходжкина, более чем в 10 раз увеличенное количество некоторых пептидов. Нарушение содержания длинных (больше 25 аминокислотных остатков) фрагментов гемоглобина установила также группа американских ученых под руководством Слемана в препаратах мозжечка человека при болезни Альцгеймера и в гиппокампе крысы при модельной ишемии мозга. Дополним, что еще ранее китайские исследователи обнаружили в первичной культуре карциномы легких человека фрагмент гемоглобина.

При всех клинических и биохимических различиях эти заболевания объединяет изменение тканевого равновесия, т.е. состояния клеток, чем бы оно ни было вызвано: трансформацией клеток (карцинома), их перерождением (болезни Ходжкина и Альцгеймера) или отмиранием (ишемия мозга). Обратим внимание, что болезни Ходжкина и Альцгеймера имеют ярко выраженную возрастную специфичность — ими, в основном, болеют люди до 20—25 лет и старше 60—65 лет соответственно. Это заставляет вспомнить о существовании возрастных изменений в составе тканеспецифических пептидных комплексов. Причинно-следственные связи этого феномена не установлены, но можно предположить, что наблюдаемые изменения либо связаны с защитной реак-

цией организма на патологический процесс, либо отражают (прямо или опосредованно) развивающиеся нарушения каких-либо биохимических механизмов.

УДАЧНАЯ МОДЕЛЬ

Биологическая активность компонентов тканеспецифических пептидных комплексов исследовалась во многих лабораториях. Из 200—250 идентифицированных к настоящему времени пептидных молекул, относящихся к этому классу, наличие биологических эффектов в каких-либо тестах доказано примерно для 50—55. Однако в большинстве случаев не вполне ясно, имеют ли эти эффекты место *in vivo*, как, например, коронаро-констрикторная активность ряда фрагментов гемоглобина. В общем, несмотря на довольно интенсивные исследования биологической активности отдельных пептидов, не установлена возможная биологическая роль тканеспецифических пептидных комплексов в целом. Причина этого — практическая невозможность проведения широких исследований подобного рода для всех или большинства пептидов, составляющих тканеспецифические комплексы: слишком велика стоимость такого проекта.

Значит, необходимо найти универсальную модель, которая отвечала бы нескольким требованиям:

- была наименее специфичной, но максимально соответствовала бы основным эндогенным свойствам исследуемых веществ;

- позволяла бы определять биологическую активность при самой разной концентрации пептидов;

- не требовала бы получения синтетических аналогов пептидов, т.е. позволяла бы использовать то количество фрагментов, которое можно выделить непосредственно из препаратов тканей (примерно 0.5—30 мкг).

По счастливому стечению обстоятельств в нашем институте такая модель была разработана и успешно опробована Е.Ю.Блищенко, правда, для совершенно иных целей. В этой тест-системе *in vitro* определяется

цитолитическая активность веществ — их способность специфически индуцировать гибель трансформированных клеток. Наличие активности отражается в изменении соотношения числа живых и погибших клеток.

Известно, что трансформированные клетки по сравнению с нормальными относительно независимы от внешних факторов, т.е. способны делиться (пролиферировать) вне зависимости от сигнальных молекул, регулирующих пролиферацию и дифференцировку нормальных клеток. Предполагается, что особенности метаболизма трансформированных клеток отражаются в нарушениях реакций на внешние сигналы. Поэтому при воздействии сигнальных молекул такие клетки чаще разрушаются. Цитотоксическими эффектами в отношении трансформированных клеток обладают, например, некоторые пептидные гормоны (Мет-энкефалин, соматостатин и его аналоги, вещество Р и его антагонисты и др.).

С помощью такой тест-системы Блищенко с сотрудниками был проведен цикл исследований, в которых получены следующие результаты:

- выбор линии трансформированных клеток не имеет решающего значения: если вещество активно на одной линии клеток, то, пусть и в меньшей степени, оно будет проявлять активность и в отношении других линий;

- чувствительность метода оказалась на 3—5 порядков выше радиолигандного анализа;

- чтобы получить статистически достоверные результаты, достаточно 250—300 пмоль материала;

- если исходная молекула подвергается химической модификации и за счет этого теряет свою активность, цитолитический эффект вещества тоже исчезает;

- более 40 веществ различной природы с той или иной биологической активностью проявляют цитолитические эффекты;

- из девяти пептидов, не обладающих биологической активностью (случайные аминокислотные последо-

вательности, а также модельные фрагменты рецепторных молекул и белков оболочки вирусов), ни один не вызывал цитолиза.

Имея такую методику, мы и приступили к исследованию свойств компонентов тканеспецифических пептидных комплексов мозга, легких, селезенки и сердца крысы. Низкомолекулярные компоненты были разделены на фракции (из каждой ткани мы получили по 120 фракций, содержащих от одного до пяти разных пептидов), после чего определялась биологическая активность каждой фракции. Выяснилось, что около половины идентифицированных веществ способны в разной степени индуцировать цитолиз. Для 20—25% веществ такая способность твердо не установлена, и только около 30% пептидов полностью неактивны. Поскольку во всех случаях концентрации исследуемых веществ составляли 10^{-6} — 10^{-13} М, можно предположить, что их действие опосредовано через рецепторную мишень.

Итак, большая часть компонентов тканеспецифических пептидных комплексов оказалась биологически активной. Но не могло ли сказаться на результатах возможное присутствие во фракциях незначительной примеси «классических» пептидных (да и не только пептидных) биорегуляторов (их цитотоксический потенциал не вызывает сомнения)? Отражает ли соотношение живых и погибших клеток, которое мы определяли в эксперименте, все возможные изменения в состоянии клеточной культуры? Можно представить, что существуют вещества, которые не убивают клетки, а только меняют скорость пролиферации или, что еще сложнее, одновременно индуцируют и цитолиз, и деление. Эти сомнения мы попытались разрешить, изменив условия эксперимента. Теперь изучались выделенные в чистом виде пептиды, для которых установлена аминокислотная последовательность. Систему тестирования биологической активности мы дополнили еще одним показателем — изменением общего количества клеток в экспериментальном образце.

Эти работы еще продолжают. К настоящему времени изучена биологическая активность около 50 пептидов из перечисленных тканей. И уже имеющиеся результаты подтверждают верность предположений. Только у одного вещества не обнаружено никакой активности. Зато остальные исследованные пептиды демонстрируют полный спектр эффектов: могут одновременно индуцировать и пролиферацию трансформированных клеток, и цитоллиз; некоторые эндогенные фрагменты функциональных белков подавляют деление клеток, не вызывая цитолиза; один пептид, не будучи цитотоксичным, ускоряет пролиферацию, в то время как другой, наоборот, действуя как цитолитик, не влияет на общее количество клеток.

Зависимость биологических эффектов от концентраций пептидов оказалась не менее разнообразной. Наиболее интересно, на наш взгляд, что ряд пептидов меняет направленность действия при разных концентрациях. Так, два фрагмента гемоглобина при концентрации 10^{-6} — 10^{-7} М уменьшают общее количество клеток; если она снижается до 10^{-8} — 10^{-9} М, то практически не влияют на их деление, а при дальнейшем снижении пролиферация стимулируется. Интересно, что содержание этих пептидов в ткани оценивается именно в интервале 10^{-8} — 10^{-9} М, т.е. в норме эти вещества неактивны.

Несмотря на то, что биологическая активность определялась по воздействию на трансформированные клетки, было бы неправильно сводить роль исследуемых пептидов только к потенциальному эндогенному антиопухолевому действию. В тех случаях, когда количества пептидов было достаточно для детального исследования их биологических свойств, то и на препаратах первичных культур нормальных клеток проявлялись те же эффекты, хотя и несколько менее выраженные.

Итак, в экспериментах подтверждается, что основная функция тканеспецифического пептидного комплекса ско-

рее всего — контроль трансформации, пролиферации и элиминирования клеток соответствующей ткани. Примечательно, что действующее начало в данном случае представлено не отдельными компонентами, а множеством пептидов с разнонаправленной активностью. Следовательно, это единая система, которая отражает равновесное состояние функциональных белков тканей, их биологически активных фрагментов и тканеспецифических протеаз.

Как соотносится этот мощный источник пептидных биорегуляторов с известными пептидгормональными регуляторными системами — нервной, эндокринной или параэндокринной? И нужно ли умножать сущности, вводя еще одно понятие?

Если рассмотреть отдельные характеристики классических регуляторных систем, то на первый взгляд отличия незначительны. Собственные функции у предшественников «классических» регуляторных пептидов не установлены, но их нельзя исключить. Специфическое дискретное протеолитическое высщепление активных пептидов не всегда трипсиноподобно, да и дискретность этого процесса довольно условна. Независимо от механизмов секреции пептиды из клеток высвобождаются в обоих случаях. Более того, известные пептидные биорегуляторы — ангиотензин и брадикинин — вообще образуются не в клетках, что и отражено в их названии «тканевые гормоны». И, наконец, как не раз упоминалось, активность компонентов тканеспецифических пептидных комплексов скорее всего реализуется через связывание с рецепторами «классических» регуляторных пептидов.

Несмотря на все сказанное, нам представляется, что любую систему прежде всего характеризует направленность ее действия, или «сфера компетенции». Так, например, некоторые пептиды являются одновременно и нейротрансмиттерами, и гормонами. И те и другие взаимодействуют с рецепторами, но это не значит, что нервную и эндокринную системы можно объединить, хотя никто не

Таблица
Сравнительные характеристики пептидергических регуляторных систем

Параметр	Регуляторная система		
	Нервная	Эндокринная	Тканеспецифический пептидный комплекс
Класс пептида	Нейротрансмиттеры	Гормоны	Фрагменты функциональных белков
Источник	Специфический белковый предшественник		
Способ образования пептида	Дискретное выщепление		
Содержание, пмоль/г ткани	0.001—1.0	0.001—1.0	10—10 ⁴
Способ регуляции действия	Изменение концентрации вещества		
	в синаптической щели	во внеклеточном пространстве	в ткани
Механизм действия	Связывание с рецепторами		
	постсинаптической мембраны	на поверхности клетки	гомологичных гормонов
Константа взаимодействия с рецептором (K _d , нМ)	1—10 ³	0.1—10	102—10 ⁴
Время действия	секунды—минуты	минуты—часы	часы—сутки
Основная биологическая функция	Проведение нервного импульса	Регуляция физиологических процессов по схеме «от организма к ткани»	Поддержание гомеостаза тканей и регуляция физиологических процессов «от ткани к организму»

станет отрицать их глубокое взаимопроникновение. В биологических процессах невозможно провести четкую грань, отделяющую одно явление от другого. Определению подлежат только основные, наиболее характерные черты (таблица).

Постулируемая нами биологическая роль тканеспецифических пептидных комплексов также отражает различия в уровнях и направленности регуляторного действия. Для всех пептидергических систем (нервной, эндокринной, параэндокринной) главная цель — передавать сигнал, выводящий эффекторные клетки, а следовательно, и ткани из состояния равновесия. Эти системы работают в организме, обеспечивая связь отдельных органов и тканей в единое целое. Направленность же общей активности тканеспецифического пептидного комплекса, напротив, заключается в поддержании оптимального состояния конкретной

ткани. Можно представить, что этот пептидный материал работает как «пептидный буфер», смягчая и корректируя сигналы «вышестоящих» регуляторных систем, отбрасывая все лишнее и пропуская действительно необходимое и только в том случае, если состояние ткани это позволяет. Отсюда напрашивается предположение, что система, которая ответственна за целостность отдельной ткани, филогенетически древнее гормональной или нервной, которые поддерживают равновесие между различными органами и тканями, т.е. обеспечивают функционирование организма в целом.

Нам представляется, что вывод о существовании новой системы пептидергической регуляции, ответственной за поддержание гомеостатического состояния тканей высших организмов, достаточно обоснован результатами исследований, проведенных по всему миру за последние 8—10 лет.

Синоптические вихри открытого океана

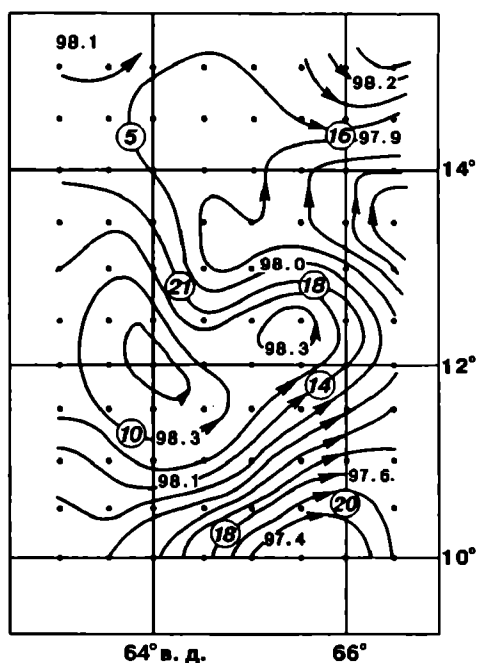
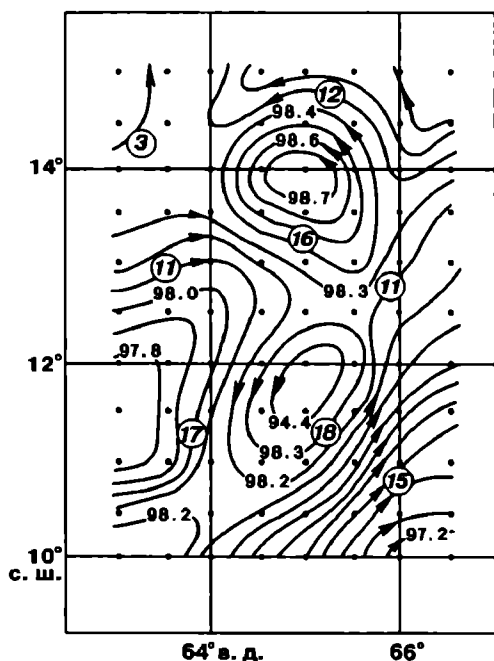
М. Н. Кошляков



Михаил Николаевич Кошляков, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией морских течений Института океанологии им. П. П. Шишова РАН, профессор Московского физико-технического института. Специалист в области экспериментальных исследований -океанской циркуляции. Один из авторов зарегистрированного в 1980 г. открытия синоптических вихрей открытого океана. Лауреат премии им. С. О. Макарова Российской академии наук (1996).

ОТКРЫТИЕ синоптических вихрей открытого океана, сделанное российскими океанологами в 1960—1970-х годах — одно из важнейших событий в истории океанологии. В начале 50-х годов был достаточно хорошо известен весьма специфический вид океанских вихрей — так называемые «ринги» (кольца) Гольфстрима и Куроисио, образующиеся в результате обострения и дальнейшего отрыва меандров (изгибов) этих интенсивных струйных течений. Что же касается всего остального океана, то предположение о существовании в нем очень крупных вихреобразных возмущений поля скорости течения, в чем-то, возможно, схожих с рингами, высказывалось классиками динамической океанологии (В.Б.Штокманом в СССР, К.Г.Россби и Г.Стоммелом в США) преимущественно на основе общих физических соображений и по аналогии с атмосферными циклонами и антициклонами.

Во второй половине 50 — первой половине 60-х годов выполнены первые натурные исследования, в результате которых в глубинах открытого океана зафиксирована изменчивость основных физических характеристик океанской воды с периодами порядка 100 сут. Большой резонанс среди океанологов получили, в частности, результаты измерений глубинных течений поплавками, проведенные Дж.Сваллоу (Великобритания) в 1959—1960 гг. в районе Бермудских о-вов. С их помощью были обнаружены относительно сильные и резко нестационарные течения на глубинах 2 и 4 км, удалось также приблизительно оценить временной и пространственный мас-



Линии тока течения на глубине 150 м: слева — по данным первой (21.01—07.02.67), справа — второй (20.03—06.04.67) гидрологических съемок района «Полигон-67» в Аравийском море. Числа на изалиниях пропорциональны динамическому возмущению давления; в кружках — скорость течения в см/с. Точки — положения гидрологических станций.

штабы (период и длину волны, деленные на 4) возмущений поля скорости, оказавшиеся равными 20 сут. и 100 км. Объем и характер этих наблюдений были, однако, таковы, что определить по ним истинную структуру этих возмущений оказалось невозможным.

Решающее значение в обнаружении синоптических вихрей открытого океана имели длительные наблюдения над морскими и океанскими течениями на полигонах. Начало им было положено советскими океанологом В.Б.Штокманом в Каспийском море еще в 1935 г. В дальнейшем такие полигоны были организованы Штокманом¹ в 1956 г. в Черном море, в Северной Атлантике в 1958 г. и в Аравийском море в 1967 г.

Результатом последнего экспери-

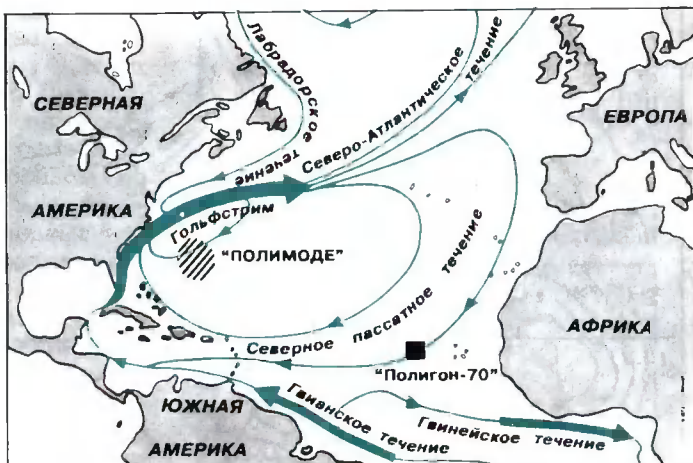
мента, получившего название «Полигон-67» и выполненного специалистами нашего института в сотрудничестве с ВМФ СССР на судах «Витязь» и «Фаддей Беллинсгаузен», стали первые карты течений в поле синоптических вихрей открытого океана². В основу расчета этих карт положены данные двух последовательных гидрологических съемок района полигона. На составленных картах хорошо видны вихри с горизонтальным масштабом (радиусом) около 100 км. Это вполне соответствует представлениям о генерации вихрей из-за бароклинной неустойчивости крупномасштабного течения, т.е. такого рода неустойчивости, при которой источник энергии вихрей — доступная потенциальная энергия крупномасштабного течения. Карты показали также сильную нестационарность поля течений, связанную с взаимодействием вихрей друг с другом и со струями крупномасштабного течения.

Результаты экспедиции в Аравий-

¹ Штокман В.Б., Кошляков М.Н., Озмидов Р.В., Фомин Л.М., Ямпольский А.Д. // Докл. АН СССР. 1969. Т.186. № 5. С.1070—1073.

² Кошляков М.Н., Галеркин Л.И., Чыонг Динь Хиен // Океанология. 1970. Т.10. Вып.5. С.805—814.

Места экспериментов «Полигон-70» и «ПОЛИМОДЕ» в Северной Атлантике на схеме циркуляции вод в верхнем (толщина порядка 1000 м) слое воды.



ском море дали толчок новым исследованиям, их основной задачей должны были стать прямые и продолжительные измерения течений в типичном районе открытого океана. Такие работы позволили бы надежно выявить истинное строение и характер временной изменчивости возмущений океанской циркуляции синоятического масштаба.

«ПОЛИГОН-70»

В 1970 г. к южной окраине Северного пассатного течения в Атлантике вышла новая экспедиция Института океанологии и нескольких других океанографических учреждений СССР, ее научным руководителем стал Л.М.Бреховских³. Основу эксперимента составила поставленная на полгода система из 17 расположенных «крестом» автономных буйковых станций с измерителями течений на десяти горизонтах до глубины 1500 м на каждой станции.

Основной результат «Полигона-70» — детальная съемка⁴ очень хорошо выраженного антициклонического вихря, проходившего через район

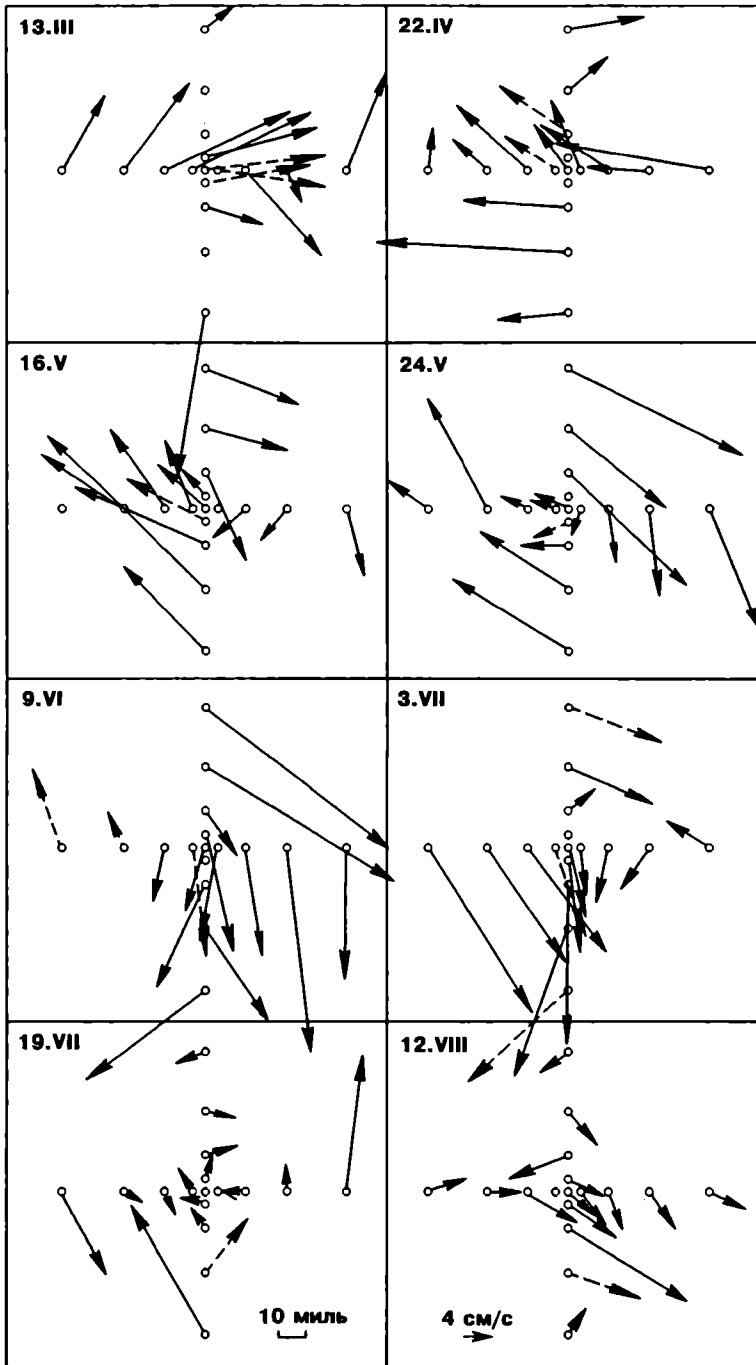
экспедиции в апреле — июле 1970 г. в направлении на запад, с небольшим смещением к югу, со средней скоростью около 5 см/с. Центр вихря 20—25 мая 1970 г. совпал с центром полигона. Вихрь имел эллипсоидную форму с большим и малым размерами (расстояниями от центра вихря до точек с максимальными скоростями течения) около 200 и 100 км. Скорость орбитального движения воды в вихре характеризовалась двумя максимумами по глубине — в верхнем слое океана и в слое 400—500 м. В отдельные моменты времени эти скорости достигали 45 и 35 см/с соответственно. Это более чем на порядок выше скорости направленного на запад — юго-запад фонового Северного пассатного течения. Интерпретация полученных результатов в рамках теории бароклинных волн Россби оказалась вполне успешной⁵. Это означает, что перемещение вихря на запад носило преимущественно волновой характер и было обусловлено совместным эффектом широтного изменения параметра Кориолиса и увлечения воды крупномасштабным Северным пассатным течением.

Помимо основного вихря «Полигона-70» были зафиксированы части еще двух перемещавшихся через полигон вихрей, что свидетельствовало

³ Бреховских Л.М., Кошляков М.Н., Федоров К.Н., Фомин Л.М., Ямпольский А.Д. // Докл. АН СССР. 1971. Т.198. № 6. С.1434—1437.

⁴ Кошляков М.Н., Грачев Ю.М. Среднемасштабные течения на гидрофизическом полигоне в тропической Атлантике // Атлантический гидрофизический «Полигон-70». М., 1974. С.163—180.

⁵ Кошляков М.Н. // Океанология. 1973. Т.13. Вып.5. С.760—765.



Векторы скорости течения на глубине 400 м по данным эксперимента «Полигон-70» в тропической части Северной Атлантики. Кружки — положения автоматических буйковых станций. Штриховые стрелки — векторы скорости, полученные интерполяцией по глубине.

об их «плотной упаковке» и согласовывалось с выводом об их преимущественно волновой природе. Центральная ось основного вихря была наклонена в сторону, обратную направлению его

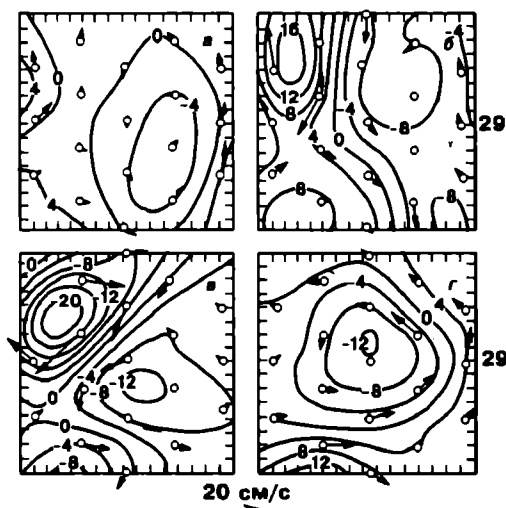
перемещения. Если учитывать близость указанного направления к направлению уменьшавшего скорость с глубиной Северного пассатного течения, можно полагать, что вихри в районе «Полиго-

на-70» возникают из-за бароклинной неустойчивости крупномасштабного течения. Статистический анализ данных эксперимента подтвердил это заключение и позволил оценить плотность потока энергии от крупномасштабного течения к вихрям⁶. Таким образом, во время «Полигона-70» не только впервые проведена прямая долговременная съемка течений в поле синоптических океанских вихрей и выявлены их параметры, но и удалось дать физическую интерпретацию полученных результатов. Все это определило огромное значение результатов «Полигона-70» для развития физической океанологии. По результатам эксперимента было зарегистрировано научное открытие «Явление образования в открытом океане перемещающихся синоптических вихрей» (авторы — Л.М.Бреховских, В.Г.Корт, М.Н.Кошляков и Л.М.Фомин).

ЭКСПЕРИМЕНТ «ПОЛИМОДЕ»

В 1973 г. в Саргассовом море американские океанологи провели эксперимент «MODE» («Mid Ocean Dynamics Experiment»), результаты которого подтвердили и в определенной степени развили представления о структуре и динамике синоптических вихрей открытого океана, полученные в «Полигоне-70». В 1977—1979 гг. в Северной Атлантике был осуществлен крупнейший советско-американский эксперимент «ПОЛИМОДЕ» («Полигон — MODE»).

Наиболее значимой его частью был советский Синоптико-динамический эксперимент (СДЭ), выполненный в 1977—1978 гг. в Саргассовом море в области Противотечения Гольфстрима под руководством А.С.Монина. В эксперименте участвовали 10 научно-исследовательских судов Института океанологии им. П.П.Ширшова АН СССР (ИОАН), Морского гидрофизического института АН УССР и других советских



Векторы скорости и линии тока течения на глубине 700 м на полигоне «ПОЛИМОДЕ» в Саргассовом море 27.11.77 (а), 27.02.78 (б), 20.05.78 (в) и 08.08.78 (г). Центр полигона — в точке 29° с.ш., 70° з.д.; сторона квадрата 288 км.

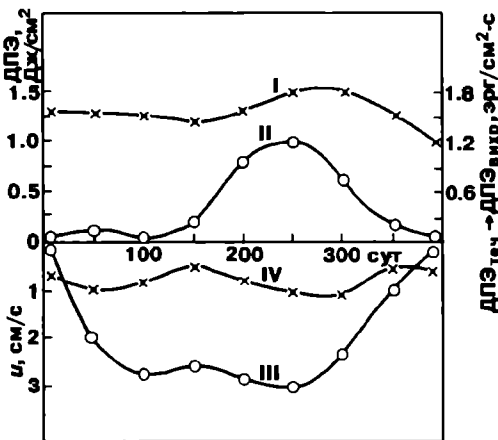
океанологических учреждений. Некоторые из этих судов совершили по два-три рейса в район исследования. Костяк эксперимента составила установленная на год система из 19 автоматических буйковых станций, которые измеряли скорость течений на четырех горизонтах. Кроме того, в это же время было выполнено 58 гидрологических съемок полигона или его частей.

Оптимальное пространственное расположение буйковых и гидрологических станций на полигоне позволило зарегистрировать в общей сложности около 20 перемещавшихся через район полигона вихрей, половина из которых оказалась циклонами (с вращением воды против часовой стрелки), а другая половина — антициклонами с противоположным вращением воды⁷.

Расстояния от центра вихря до точки с максимальной скоростью тече-

⁶ Кошляков М.Н., Яремчук М.И. // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1984. Т.20. № 8. С.749—753.

⁷ Грачев Ю.М., Кошляков М.Н., Михайличенко Ю.Г., Сажина Т.Г., Яремчук М.И. // Океанология. 1984. Т.24. Вып.1. С.5—14.

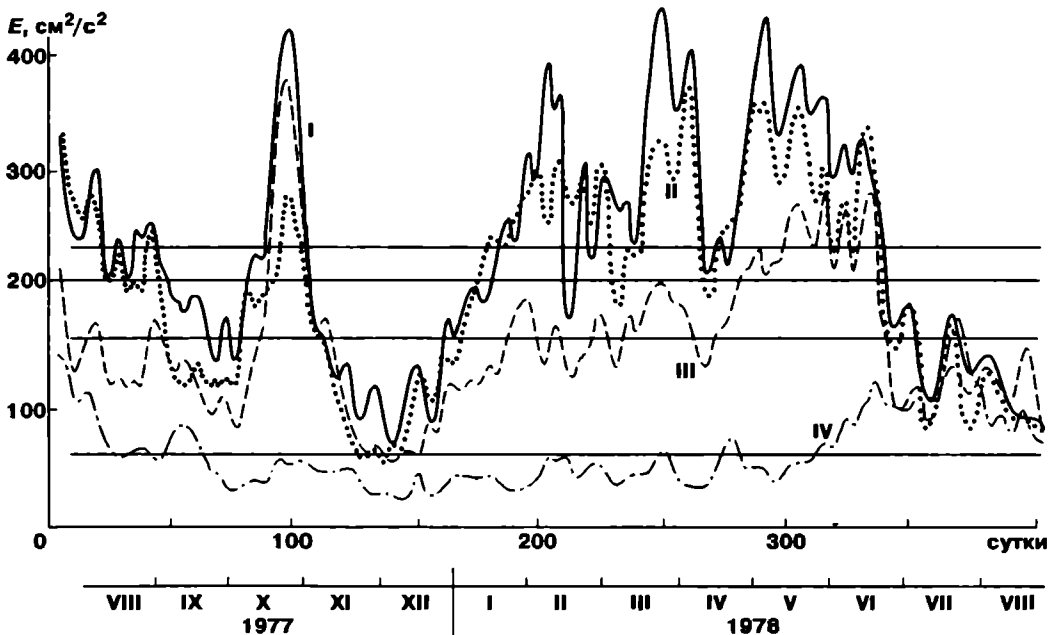


Доступная потенциальная энергия синоптических вихрей (I, шкала слева) и скорость трансформации ДПЭ крупномасштабного течения в ДПЭ вихрей (II, шкала справа); скорость направленного на запад — юго-запад крупномасштабного течения на глубинах 400 м (III) и 1400 м (IV). Нулевые сутки соответствуют 29.07.77, 400-е сутки — 03.09.78. Усреднено по площади полигона СДЭ «ПОЛИМОДЕ», проинтегрировано по слою 550—1100 м и сглажено по времени.

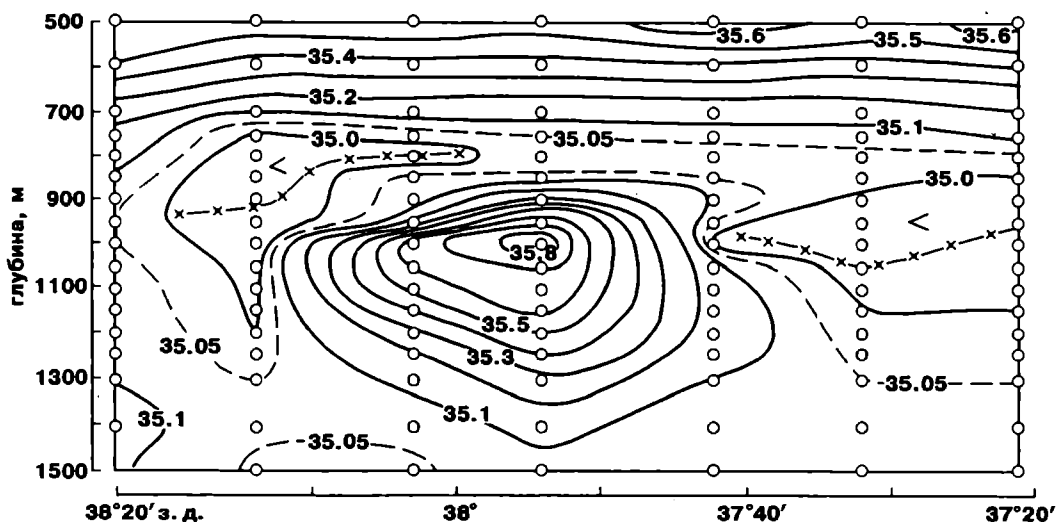
ния в антициклонах составили 70—80 км. В них скорость орбитального движения воды существенно падала с глубиной. При этом в верхнем слое океана (толщиной около 500 м) эта скорость в отдельных случаях достигала 40—45 см/с, а на горизонте 1400 м — 10 см/с.

Аналогичные расстояния в циклонах составили 90—110 км; циклоны, как правило, были более слабыми, чем антициклоны, а скорость орбитального движения воды в них не менялась или незначительно менялась с глубиной. В целом и циклоны, и антициклоны перемещались на запад (генеральное направление) со скоростью от 2 до 10 см/с.

Анализ показал, что для интенсивных вихрей (в основном антициклонов) движение на запад носило преимущественно адвективный характер. Другими словами, вихрь переносил вместе с собой содержащуюся в его ядре воду, что в основном было обусловлено увлекающим действием



Ход по времени усредненной по площади полигона СДЭ «ПОЛИМОДЕ» удельной кинетической энергии синоптических вихрей на глубинах 100 (I), 400 (II), 700 (III) и 1400 м (IV). Показаны также средние за весь период наблюдений значения энергии.



Распределение солёности (в промилле) на разрезе вдоль 20° с.ш. через центр глубинной линзы средиземноморской воды 5–10 июня 1985 г. Кружки — точки измерения температуры и солёности воды, крестики — положение минимума солёности. (По данным эксперимента «Мезополигон» в тропической Атлантике.)

Противотечения Гольфстрима. Перемещение слабых вихрей носило преимущественно волновой характер. Эти вихри могут быть в первом приближении интерпретированы как волны Россби.

В ряде случаев обнаруживалось интенсивное взаимодействие между сильными вихрями. Так, например, в мае 1978 г. была зафиксирована интенсивная передача массы, импульса и энергии от ярко выраженного концентрированного антициклона, занимавшего позицию в юго-восточной части полигона в конце апреля 1978 г., — вначале к струе течения, примыкавшей к этому вихрю с востока, а затем от этой струи к другому антициклону, располагавшемуся во второй половине мая в северо-западной части полигона. Из-за такого рода взаимодействий ни один вихрь, за исключением крупного циклона в июле — августе 1978 г., не прошел через полигон, не изменив существенно образом свои размеры, форму и энергию. В целом наблюдавшееся в этой экспедиции поле вихре-

вых возмущений океанской циркуляции следует, по-видимому, рассматривать как сложную волно-вихревую систему, совмещающую в себе свойства волн Россби и крупномасштабной океанской турбулентности.

Наибольший интерес представляют результаты исследования по данным «ПОЛИМОДЕ» энергетического взаимодействия вихрей и крупномасштабного Противотечения Гольфстрима⁸. Интенсивные вихри генерировались вследствие бароклинной неустойчивости крупномасштабного течения. Обусловленный этим процессом интенсивный перенос энергии от крупномасштабного течения к вихрям в январе — мае 1978 г. сопровождался (со сдвигом по времени около месяца) резким усилением кинетической и доступной потенциальной энергии вихрей в верхнем слое океана толщиной порядка 1000 м с одновременным ослаблением крупномасштабного течения. Как раз в этот период на полигоне наблюдалось несколько особенно сильных антициклонических вихрей с масштабом 70–80 км. Расположение полигона на

⁸ Кошляков М.Н., Грачев Ю.М., Нечаев Д.А., Сажина Т.Г., Яремчук М.И. // Докл. АН СССР. 1984. Т.276. № 2. С.484–488; Кошляков М.Н., Грачев Ю.М., Михайличенко Ю.Г., Сажина Т.Г., Яремчук М.И. // Океанология. 1984. Т.24. Вып.1. С.5–14.

южной периферии Противотечения Гольфстрима определяет то обстоятельство, что из-за его бароклинной неустойчивости в районе исследований должны преимущественно образовываться именно антициклонические вихри указанного масштаба. Области сравнительно слабой циклонической завихренности поля течения, разделявшие сильные антициклонические вихри в указанный период времени, могли быть связаны с излучением волн Россби интенсивными вихрями.

В полном согласии с теорией океанских движений синоптического масштаба⁹ практическое прекращение передачи энергии от крупномасштабного течения к вихрям в районе «ПОЛИМОДЕ» в июне 1978 г. привело к тотальной баротропизации поля вихрей (выравниванию скорости орбитального движения вихрей по глубине) и росту их размеров в полтора-два раза. Можно предположить, что восстановление бароклинного крупномасштабного течения в основном происходит под воздействием поля ветра над Северной Атлантикой, после чего весь цикл эволюции поля вихрей повторяется заново. Полученные на полигоне «ПОЛИМОДЕ» экспериментальные данные о цикличности (по-видимому, годового периода) процесса энергетического взаимодействия крупномасштабного течения и синоптических вихрей можно считать наиболее интересными. В целом результаты «ПОЛИМОДЕ» имели выдающееся значение для большего понимания динамики океанской циркуляции и послужили надежной основой для дальнейших исследований синоптических океанских вихрей.

ИССЛЕДОВАНИЯ 80-Х ГОДОВ

После завершения эксперимента «ПОЛИМОДЕ» и тщательного анализа его данных сотрудники нашего института продолжали активные исследова-

ния океанских вихрей в различных районах Мирового океана. Так, в 1984 г. в рамках программы «Разрезы» была проведена экспедиция в район Гольфстрима, во время которой получены интересные результаты о взаимодействии циклонических рингов Гольфстрима друг с другом и с основной струей Гольфстрима. В 1990 г. экспедицией «Атлантэкс-90» в район разветвления Гольфстрима на Северо-Атлантическое и Азорское течения был зафиксирован процесс отрыва глубокого циклонического меандра Гольфстрима и превращения его в холодный циклонический ринг. Выполненный совместно с Т.Г.Сажинной анализ¹⁰ структуры и динамики ринга показал его рекордную мощность с перепадами температуры и высоты изотермических поверхностей между ядром ринга и его периферией, достигавшими 11°C и 800 м.

В 1982—1983 гг. сотрудники Института океанологии выполнили экспедиционные исследования холодных вихрей, образующихся из-за отрыва циклонических меандров основной струи Антарктического циркумполярного течения, которая совпадает с Южным полярным фронтом, сразу в двух районах Южного океана — к югу от Африки и к югу от Новой Зеландии. В обоих районах обнаружены очень крупные вихри. В ходе этих работ впервые в Южном океане проведены измерения течений в поле синоптических вихрей, а также подробно исследованы их гидрофизико-гидрохимические характеристики. Оказалось, что 70 пар циклонических и антициклонических вихрей, подобных исследованным, могут перенести через Южный полярный фронт тепло, достаточное для компенсации годовой отдачи тепла океаном в атмосферу - в зоне между этим фронтом и Антарктидой¹¹.

В 1985 и 1987 гг. по инициативе

⁹ Миравель А.П., Монин А.С. // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1980. Т.16. № 10. С.1011—1023.

¹⁰ Koshlyakov M.N., Sazhina T.G. // J. of Geophys. Res. 1994. Vol.99. № C7. P.14091—14100.
¹¹ Кошляков М.Н., Грачев Ю.М., Сажина Т.Г., Яремчук М.И. // Океанология. 1985. Т.25. Вып.6. С.885—895.

А.С.Монина были продолжены начатые в экспериментах «Полигон-70» и «ПОЛИМОДЕ» исследования океанских вихрей с помощью долговременных систем из большого количества автоматических буйковых станций с измерителями течений на нескольких горизонтах. Главный результат эксперимента «Мезополигон» (1985) в тропической зоне Северной Атлантики — обнаружение и подробное исследование крупного внутриокеанского вихря, представлявшего собой «линзу» средиземноморских вод¹². Эти воды приносит в Атлантику из Средиземного моря ниже течение Гибралтарского пролива.

Линза имела диаметр 75 км, располагалась в слое от 750 до 1600 м по глубине и характеризовалась очень высокими значениями горизонтальных аномалий температуры и солёности воды в своей центральной части. Температура воды в центре линзы была на 4°C, а солёность на 0.9‰ выше, чем в окружающей ее воде на том же горизонте. Интегральные по объему линзы положительные аномалии тепло- и срлсодержания составляли $1.1 \cdot 10^{18}$ кал и $2.4 \cdot 10^{11}$ кг. Скорость антициклонического орбитального движения воды на глубине 1000 м достигала 30 см/с на расстоянии 15—20 км от центра линзы, а скорость ее поступательного движения на запад — северо-запад в поле более крупного синоптического вихря — около 2.5 км/сутки. Линза наблюда-

лась на расстоянии в 2500 км от Гибралтарского пролива, что свидетельствует о высокой степени устойчивости подобных образований.

В 1987 г. в зоне Субарктического фронта в северо-западной части Тихого океана силами ИОАН и нескольких других советских океанографических институтов был проведен эксперимент «Мегаполигон». Здесь были установлены 177 автоматических буйковых станций на срок около полутора месяцев, измерявших скорости течений на двух-четырех горизонтах. Результаты теоретических и экспериментальных исследований синоптических океанских вихрей, полученные к середине 80-х годов, были обобщены в монографии¹³, выдержавшей два русских и одно английское издание.

В последние годы крупных экспериментов по исследованию океанских вихрей не проводилось ни в нашей стране, ни за рубежом. Основная причина в том, что изучение движений водных масс «переместилось» в область исследования глобальной океанской циркуляции. Однако опыт, накопленный нами за тридцать лет, прошедших с «Полигона-67», когда были составлены первые карты вихрей, неоценим с точки зрения понимания физической природы Мирового океана, занимающего 70% поверхности нашей планеты.

¹² Кошляков М.Н., Пантелеев Г.Г. Термохалинные характеристики линзы средиземноморской воды в тропической зоне Северной Атлантики // Гидрофизические исслед. по программе «Мезополигон». М., 1988. С.46—57.

¹³ Каменкович В.М., Кошляков М.Н., Монин А.С. Синоптические вихри в океане. Л., 1987.

Двуногие шагающие

А. А. Гришин,

кандидат физико-математических наук
Институт проблем передачи информации РАН
Москва

Э. К. Лавровский,

кандидат физико-математических наук

А. В. Ленский,

кандидат физико-математических наук

А. М. Формальский,

доктор физико-математических наук

Институт механики МГУ им. М.В.Ломоносова

КОЛЕСО ИЛИ НОГА?

В глубокой древности был изобретен способ передвижения с помощью колеса — механического средства, аналога которому в живой природе нет. На протяжении многих веков человечество успешно использует этот способ. Единственный объект в естественных условиях, который перемещается путем качения, — шарообразное степное травянистое растение «перекати-поле».

Вместе с тем человек не оставляет попыток повторить природу, создавая устройства, перемещающиеся при помощи конечностей. Интерес к проблеме организации локомоций (перемещений) возник у людей давно и вполне понятен, так как не только сам человек, но и многие животные ходят, бегают, плавают. Разнообразие локомоторных процессов у живых существ, их «обычность» могут создать ложное впечатление, что секреты организации движения «лежат на поверхности». Но это далеко не так, и изучение локомоций имеет давнюю историю. Этой проблемой интересовались еще ученые древности, например Аристотель (IV в. до н.э.). Во времена Возрождения Леонардо да Винчи, а позже Джованни Борелли предпринимали попытки систематического изучения передвижения человека. В первой

половине XIX в. этим же вопросом занимались братья Веберы, а в конце XIX — начале XX в. — Е.Марей, В.Браун и О.Фишер¹. Фундаментальный вклад в изучение ходьбы человека внес Н.А.Бернштейн² — один из основоположников биомеханики.

Конструируя шагающие механизмы, ученые и инженеры стремятся овладеть способом передвижения, который обладает рядом преимуществ по сравнению с колесным. Одно из них состоит в том, что для устройства, снабженного конечностями, требования к трассе значительно ниже, чем для колесного и даже гусеничного экипажа. В то время как для последних нужна непрерывная колея, шагающие объекты используют лишь дискретные участки местности, необходимые для постановки ног, и вследствие этого они лучше приспособлены к условиям бездорожья. Кроме того, большое количество степеней свободы конечностей позволяет обеспечить плавное движение корпуса (платформы) шагающего устройства даже на неровной местности, а значит, создать комфорт-

¹ Weber W., Weber E. *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. Göttingen, 1836; Marey E.I. *Le Mouvement*. Paris, 1894; Braune W., Fischer O. *Der Gang des Menschen*. Bd. I-IV, Leipzig, 1895—1904; Fischer O. *Theoretische Grundlagen für eine Mechanik der lebenden Körper*. Leipzig, 1906.

² Бернштейн Н.Ф. О построении движений. М., 1947; Он же. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.

ные условия для пассажиров или приборов и грузов, находящихся на нем. Однако преимущества такого способа перемещения могут быть реализованы только при наличии развитой системы управления. Между тем управление шагающим устройством — задача чрезвычайно трудная, это связано, в частности, с тем, что подобное устройство обычно имеет большое число степеней свободы.

До появления современных вычислительных машин перспективы создания шагающих аппаратов были весьма неопределенны. Попытки их создания основывались только на теории машин и механизмов. Главная задача, которую решали ученые и инженеры того времени, — разработка механической конструкции ноги, конец которой совершал бы в процессе ходьбы циклическое движение (шаговый цикл). Из работ того времени можно упомянуть проект «стопходящей» машины, предложенный известным русским математиком и механиком П.Л.Чебышёвым³. Современные средства вычислительной техники позволяют синтезировать весьма совершенные системы управления, что открывает новые возможности для разработки шагающих устройств. В последние годы все большее число исследователей привлекает проблема организации передвижения шагающих аппаратов. В значительной части работ, посвященных многоногим средствам передвижения⁴, описываются устройства, локомоции которых организуются путем смены статически устойчивых конфигураций, когда вертикальная проекция центра масс находится внутри площади опоры ног, — в этом случае ходьба происходит в относительно медленном темпе. Управление перемещением таких устройств осуществляется на кинематическом уровне, без учета инерции аппарата.

Издавна внимание людей привлекают уменьшенные копии человека: всевозможные изображения, игрушки, куклы, а в последнее время — двуногие роботы. О них много пишут писатели-фантасты, ими занимаются ученые⁵. Эти устройства интересны в отношении моделирования процесса ходьбы человека, что важно для таких применений, как протезирование конечностей или конструирование экзоскелетов — устройств, имеющих приводы в суставах (плечевых, локтевых, тазобедренных и т.д.); будучи надетым на человека, как скафандр, экзоскелет может увеличить развиваемые усилия. В энергетическом плане эти механизмы, по-видимому, более экономичны нежели многоногие (из-за меньшего числа конечностей), но сложнее в управлении, поскольку труднее организовать их передвижение с помощью статически устойчивых конфигураций. При ходьбе человека статическая устойчивость отсутствует на протяжении значительной части шагового цикла⁶, поэтому, в частности, локомоции двуногих объектов приходится описывать динамическими уравнениями. Заметим, что роботы-игрушки обычно имеют стопы больших размеров, жестко скрепленные с голенью или с фиксирующими упорами, — это позволяет им ходить почти в статическом режиме. Изучаемые нами двуногие аппараты имеют «точечные» стопы, т.е. наша работа касается более сложного случая, когда поддержание равновесия аппарата возможно только в процессе его движения. Устойчивость, достигаемую в процессе движения, можно назвать *динамической*. Описываемые здесь исследования лежат также в русле изучения проблемы управления неустойчивыми механическими системами.

³ Научное наследие П.Л.Чебышёва. Вып. 2. Теория механизмов. М.; Л., 1945.

⁴ См., например: Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф. Механика и управление движением автоматического шагающего аппарата. М., 1984.

⁵ См., например: Белецкий В.В. Двуногая ходьба. М., 1984; Формальский А.М. Перемещение антропоморфных механизмов. М., 1982.

⁶ Гурфинкель В.С., Фомин С.В. Биомеханические основы построения движения // Некоторые вопросы механики роботов и биомеханики / Под ред. Е.А.Девянина и А.В.Ленского. М., 1978. С.3—8.

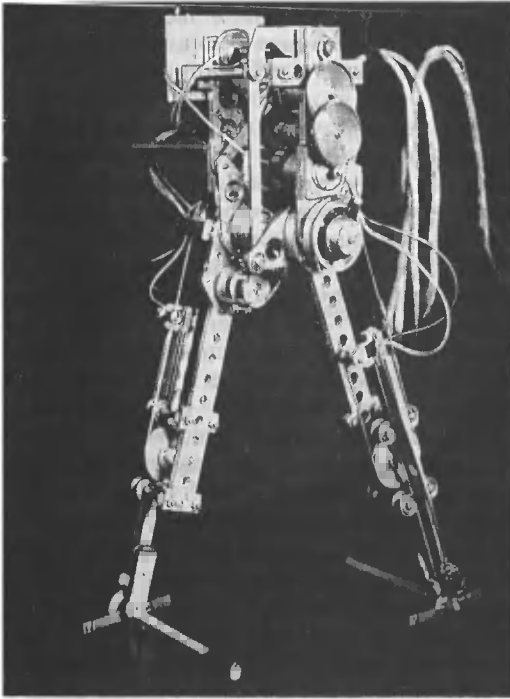


Рис.1. Механизм с телескопическими ногами.

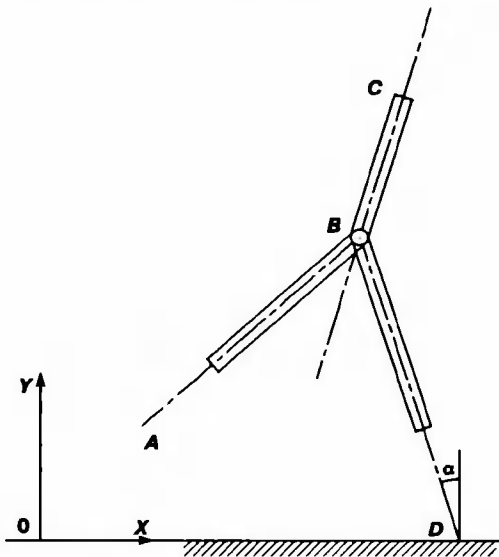


Рис.2. Кинематическая схема механизма с телескопическими ногами: вид сбоку. α — угол между вертикалью и линией, соединяющей точку опоры с центром тазобедренного сустава, близким к положению центра масс аппарата.

УПРАВЛЕНИЕ ШАГАЮЩИМ АППАРАТОМ

Механическая конструкция аппаратов. В Институте механики МГУ им.М.В.Ломоносова созданы два двуногих робота⁷. Один из них снабжен телескопическими ногами, тогда как второй, антропоморфный, имеет коленные суставы. Масса каждого составляет ~ 7.5 кг, а высота — ~ 0.75 м.

Аппарат с телескопическими ногами (рис.1) состоит из корпуса и двух ног, каждая из которых содержит бедро и голень; последняя может перемещаться при помощи троса по направляющим вдоль бедра, изменяя тем самым длину ноги. Ноги оканчиваются стопами, вытянутыми в поперечном направлении; при этом возможные движения механизма ограничены только сагиттальной (продольной) плоскостью. Стопы в этой плоскости имеют точечный контакт с опорой и являются пассивными, неуправляемыми.

В конструкцию аппарата введены дополнительные кинематические связи. Во-первых, голени ног соединены между собой, так что сумма их длин сохраняется постоянной: удлинение одной ноги сопровождается таким же укорочением другой. Во-вторых, с помощью специального антипаралелограммного механизма ось корпуса аппарата все время удерживается на продолжении биссектрисы угла, образованного ногами. Благодаря этим связям для управления аппаратом достаточно двух двигателей: для изменения длины ног (двигатель телескопирования) и угла между ними (двигатель маха). На рис. 2 показана схема механизма в сагиттальной плоскости XY (плоскости чертежа) в фазе опоры на одну ногу. Здесь BC — корпус

⁷ Гришин А.А., Житомирский С.В., Ленский А.В., Формальский А.М. // Изв. АН СССР. Сер. «Техн. кибернетика». 1991. № 2. С.205—216; Grishin A.A., Formal'sky A.M., Lensky A.V., Zhitomirsky S.V. // Int. J. of Robotics Research. 1994. V.13. № 2. P.137—147; the same authors // Proc. of 9th World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms. Italy, Politecnico di Milano, 1995. V.3. P.2308—2312.

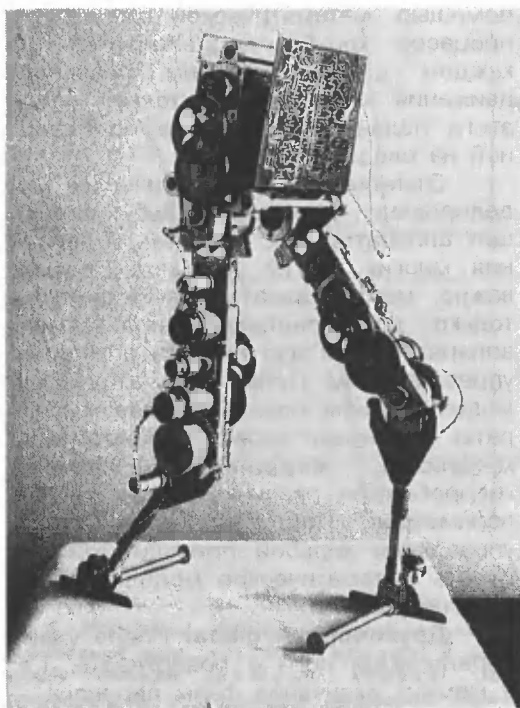


Рис.3. Двуногий антропоморфный механизм.

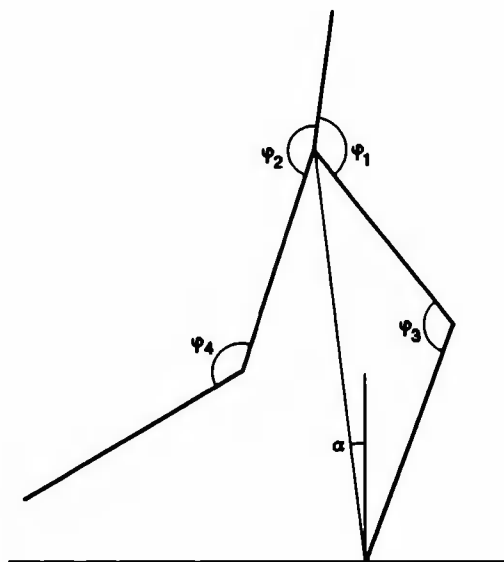


Рис.4. Кинематическая схема двуножного антропоморфного аппарата: вид сбоку. φ_1 — φ_4 — углы между звеньями механизма.

аппарата, а BA и BD — ноги. Наличие первой из описанных связей означает, что $BA + BD = H = \text{const}$. Для нашего механизма $H \approx 1$ м.

Антропоморфный механизм (рис.3) также состоит из корпуса и двух ног, бедро и голень каждой соединяются коленным суставом. Конструкция стоп такая же, как у механизма с телескопическими ногами. Аппарат снабжен четырьмя электродвигателями мощностью ~ 15 Вт: два управляют движением тазобедренных суставов и два — коленных. На рис. 4 показана схема механизма в фазе опоры на одну ногу.

Сенсорная система каждого из аппаратов содержит потенциометры и тахогенераторы. Они позволяют измерять линейное и (или) угловое перемещение звеньев аппарата друг относительно друга и скорость такого перемещения, а также их угол наклона к опорной поверхности, на которой находится нога. Голени механизмов оснащены силоизмерительными датчиками (датчиками усилий) для оценки силы реакции опоры. Для управления роботами используются следующие системы — как аналоговые, так и цифровые. Во время ходьбы на эти системы задаются программные значения перемещений и их скоростей для каждой из управляемых степеней подвижности. С заданными величинами сравниваются соответствующие измеренные значения. Напряжение, подаваемое на каждый двигатель, линейно зависит от разности между программным и измеренным значениями перемещения и скорости. При этом удается добиться того, чтобы изменение во времени конфигураций механизма было близко к программному. Таким образом, задача управления сводится к построению программных траекторий, т.е. тех или иных временных зависимостей перемещения и скорости во всех управляемых степенях подвижности.

Построение номинального режима. Одноопорной фазой или фазой переноса называется движение двуножного объекта, при котором одна из ног

находится на опорной поверхности, т.е. в опоре, а другая переносится. При двухопорной фазе, или фазе двойной опоры, обе ноги контактируют с опорной поверхностью. Номинальный режим ходьбы двуногого механизма строится в виде периодической последовательности чередующихся одно- и двухопорной фаз. Для одноопорной фазы зависимости межзвенных углов антропоморфного аппарата φ_i , где $i = 1, 2, 3, 4$ (см. рис. 4), от времени отыскиваются в виде полиномов с неизвестными коэффициентами. Степени полиномов равны четырем или пяти. Для нахождения коэффициентов полиномов задаются межзвенные углы и скорости их изменения в начале и конце одноопорной фазы, а также конфигурация механизма в некоторый промежуточный момент времени, например в середине одноопорной фазы. С помощью математической модели, включающей дифференциальные уравнения движения аппарата в сагиттальной плоскости, проверяется, удовлетворяет ли построенная траектория движения необходимым требованиям: не задевает ли переносимая нога за поверхность, не теряют ли опорные ноги контакта с поверхностью, не проскальзывают ли они, выполняются ли ограничения на управляющие напряжения и т.д.

Одноопорный режим движения определяет крайние условия для двухопорной фазы. Номинальный режим в этой фазе можно построить, задавая угол наклона корпуса аппарата, вид траектории движения тазобедренного сустава и скорость его движения в горизонтальном направлении, которую обычно принимаем постоянной. Аналогичным образом строится номинальная траектория для аппарата с телескопическими ногами.

Номинальный режим — желаемый режим ходьбы. Однако, как показывает наш опыт, использование номинальной траектории в качестве программной не позволяет нейтрализовать возмущения, возникающие при ходьбе, и аппарат падает. Поэтому номинальная траектория, вычисленная предварительно с

помощью математической модели, в процессе ходьбы корректируется на каждом шаге с учетом реального движения механизма и только после этого подается в качестве программной на следящие системы.

Отметим, что математическое моделирование процесса ходьбы шагающих аппаратов, как, впрочем, и движения многих других устройств, весьма важно, можно сказать, необходимо не только для конструирования самого аппарата, но и для синтеза алгоритма управления им. Путем математического моделирования можно заранее «проиграть» различные варианты конструкции механизма, алгоритмы управления, «попробовать» различные значения его параметров. При разработке закона управления ходьбой приходится чередовать математическое моделирование с экспериментом.

Двухопорная фаза. После удара переносимой ноги о поверхность, т.е. в момент окончания фазы переноса — одноопорной фазы, начинается фаза опоры на обе ноги — двухопорная. В начале двухопорного движения скорость аппарата может существенно отличаться от номинальной, ее значение зависит от трудно предсказуемых условий удара. Если разность между программной и реальной скоростями велика, одна из ног может потерять контакт с опорой. Такая незапланированная потеря контакта приводит, как правило, к падению аппарата. Измерение сил реакции опоры в обеих ногах, которое осуществляется с помощью датчиков усилий, вмонтированных в голени ног, и использование измеренных значений в системе управления механизмом позволяют избежать подобной ситуации. Если сила реакции в какой-либо ноге становится меньше некоторого порога, то алгоритм управления изменяет желаемую (номинальную) скорость движения, увеличивая нагрузку на ногу, которой угрожает потеря контакта с опорой. Если силы реакции опоры достаточно велики в обеих ногах, то алгоритм управления вычисляет программную траекторию на основе номинального значения скорос-

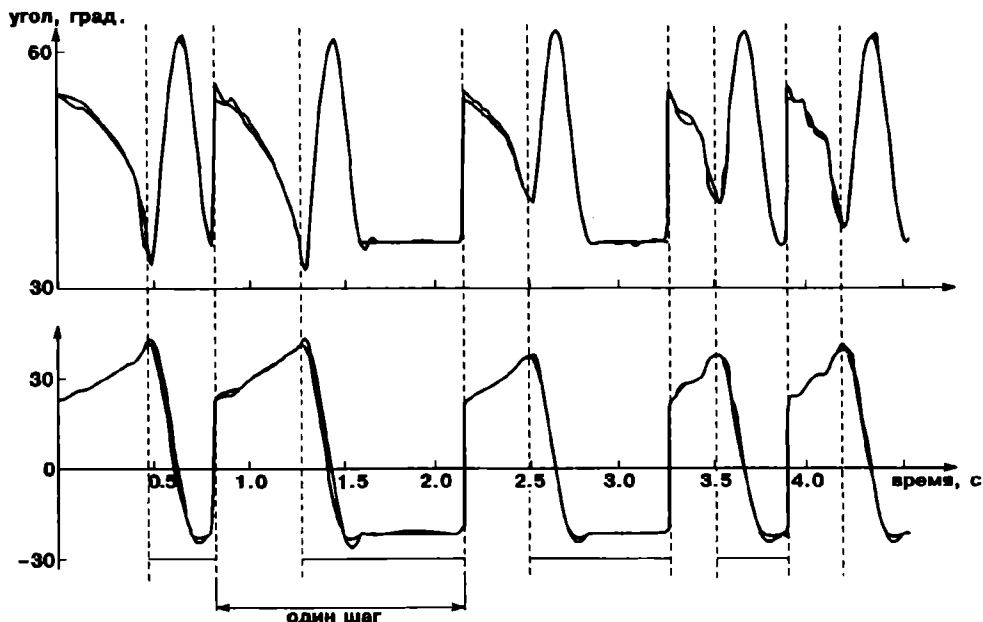


Рис.5. Временные зависимости угла в колене переносимой ноги (верхняя кривая) и угла между бедрами (нижняя кривая) для антропоморфного шагающего механизма. Горизонтальные отрезки внизу рисунка отмечают одноопорную фазу движения.

ти. Таким образом, система управления стремится к тому, чтобы ни одна из ног аппарата в двухопорной фазе не теряла контакта с опорной поверхностью, и в то же время стабилизирует скорость движения механизма.

Условие перехода в одноопорную фазу. Двухопорная фаза продолжается до тех пор, пока алгоритм управления не решает начать перенос ноги, находящейся сзади. Исследование математической модели показывает, что изменение угла α может быть описано с достаточной точностью уравнением движения свободного перевернутого маятника. Тем самым движение механизма с точечными стопами как единого целого вокруг точки опоры подобно движению такого маятника, поэтому оно неустойчиво и слабо управляемо. Влиять на него можно, задавая начальные условия по углу $\alpha(T_0)$ и угловой скорости $\dot{\alpha}(T_0)$, т.е. выбирая момент T_0 перехода из

фазы двойной опоры в одноопорную (фазу переноса).

Начальные условия определяют, пройдет механизм в своем движении вперед вертикальное положение или упадет назад, а также задают длительность фазы переноса. Эта фаза, с одной стороны, должна быть как можно короче, чтобы неустойчивость одноопорного движения сказывалась в меньшей степени, с другой стороны — достаточно длительной, чтобы робот успел вынести переносимую ногу вперед. Алгоритм осуществляет выбор момента T_0 на основе измерения угла α и скорости его изменения (его производной). Перенос ноги начинается при определенном соотношении между этими величинами.

Программа одноопорной фазы выполняется до тех пор, пока силоизмерительный датчик переносимой ноги не зафиксирует удар о поверхность опоры. В этот момент начинается двухопорная фаза очередного цикла.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

На рис. 5 представлены результаты одного из экспериментов с антропоморфным механизмом. Приведены также соответствующие про-

граммные значения. В этом эксперименте аппарат начал движение из состояния покоя, сделал восемь шагов (восемь переносов ноги) и остановился. На рисунке показаны первые пять шагов. Как можно видеть, измеренные значения углов близки к программным, что говорит о хорошем качестве следящей системы. Ходьба обоих механизмов снята на видеопленку.

Мы предполагаем продолжить работу над совершенствованием антропоморфного механизма и алгоритма управления им.

Несмотря на длительную историю конструирования шагающих роботов, состояние исследований по управлению двуногими механизмами можно оценивать лишь как начало пути. Это относится в равной степени как к представленным здесь исследованиям, так и к другим, описанным в литературе. Движения современных шагающих

механизмов столь же мало напоминают ходьбу человека, сколь попытки скольжения по льду новичка — танец профессионалов.

К настоящему времени продемонстрирована возможность технического решения задачи динамической стабилизации положения тела при ходьбе, но многие проблемы пока не решены, например: организация ходьбы по неровной поверхности, взаимодействие рук, корпуса и ног при выполнении манипуляций, без чего двуногий робот остается не более чем лабораторным макетом. Предстоит еще «научить» его двигаться надежно, уверенно, экономично и изящно, как это делают живые существа, рожденные природой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Международного научного фонда (грант M71 000) и РФФИ (гранты 93-013-16321 и 96-01-01443).

КОРОТКО

●
Входящий в систему Метеослужбы США Национальный центр по изучению ураганов (Корал-Гейблс, штат Флорида) опубликовал трижды в неделю на протяжении 21 года карты динамики Гольфстрима. Этой бесплатной информацией пользовалось около 10 тыс. океанографов, биологов моря, участников разных научных экспедиций, спасательных команд, гражданских и военных мореплавателей, яхтсменов и экипажей судов, занимающихся очисткой океана. Однако в связи с сокращением ассигнований, выделяемых Кон-

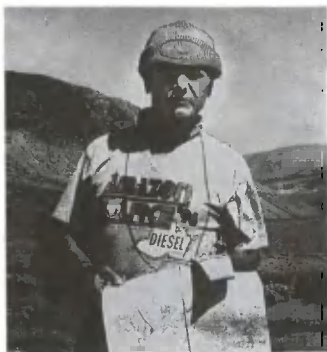
грессом США Метеослужбе страны, теперь деятельность центра прекращена. Правда, пользователям будут по-прежнему передаваться (и даже поступят в Интернет), первичные, необработанные космические снимки, находящиеся в распоряжении Национального управления США по изучению океана и атмосферы. Однако их интерпретация затруднена. Например, в случае плотной облачности границы Гольфстрима на изображениях размыты; особенно существенные ошибки возможны в зимний период, когда температурный градиент у внешнего края шельфа

штата Северная Каролина часто принимают за границу течения. По мнению многих океанологов и метеорологов, решение Конгресса не даст никакой экономии средств, так как государственные учреждения будут вынуждены отныне покупать карты динамики Гольфстрима у частных компаний (по 50 долл. за единицу), к тому же эти карты могут оказаться менее надежными, чем те, что составлялись опытными специалистами до сих пор.

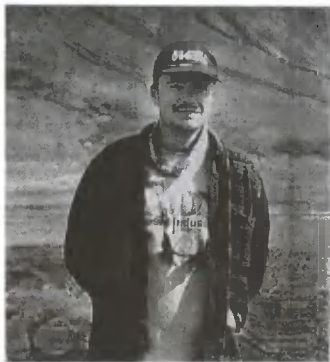
New Scientist. 1996. V. 152. № 2053. P.11 (Великобритания).

«Исток Амазонки, 96»

Я. Палкевич, С. Н. Ушнурцев



Яцек Палкевич, итальянский журналист, автор многих книг, профессиональный путешественник. Экспедиции Палкевича работали в Африке, Азии, Северной и Южной Америке, Европе. Основал первую в Европе школу выживания. Действительный член Королевского географического общества Великобритании, Клуба исследователей США, Русского географического общества. Организатор и участник экспедиции «Исток Амазонки, 96».



Сергей Николаевич Ушнурцев, кандидат географических наук, гляциолог. До последнего времени работал в Институте географии РАН, где занимался проблемами горного оледенения. Участвовал в многочисленных экспедициях на Таймыре, Дальнем Востоке, Кавказе, в горах Тянь-Шаня. Участник экспедиции «Исток Амазонки, 96».

ПОЖАЛУЙ, название нашей небольшой международной географической экспедиции в верховьях великой Амазонки в перуанских Андах как нельзя лучше отражает состояние проблемы поиска истока самой полноводной реки мира. Результаты работы позволили «удлиннить» Амазонку почти на 400 км, и таким образом эта река оказалась и самой протяженной на Земле.

Можно ли считать это открытием? Наверное, учитывая уровень проведенных исследований... Не считая традиционных приборов, например гидрологических регистраторов, мы работали со спутниковым навигатором, который способен мгновенно «выдать» координаты конкретной точки с точностью до секунд, а ее высоту — до метра. Московская фирма «Эконикс» оснастила нас прибором для исследований химического состава и электропроводности воды. Между тем не следует забывать, что попыток открыть исток великой реки было предпринято немало.

Например, р.Мараньон, считавшаяся в XVI в. главным рукавом Амазонки, была описана в 1700 г. иезуитом С.Фритцем. Во второй половине XIX в. ее изучал итальянский естествоиспытатель А.Райлонд. Анализируя эти исследования, основатель Инженерной школы в Лиме поляк Э.Хабич определил исток р.Мараньон на высоте 5700 м над ур.м. Река берет начало во множестве озер, которые наполняются водами тающих вечных снегов, покрывающих вершину Ярупа в кордильере (хребте) Раура.

В 1934 г. полковник Ж.Диандерас, после топографических съемок на юге Перу в кордильере Хила, на заседании Перуанского географического общества

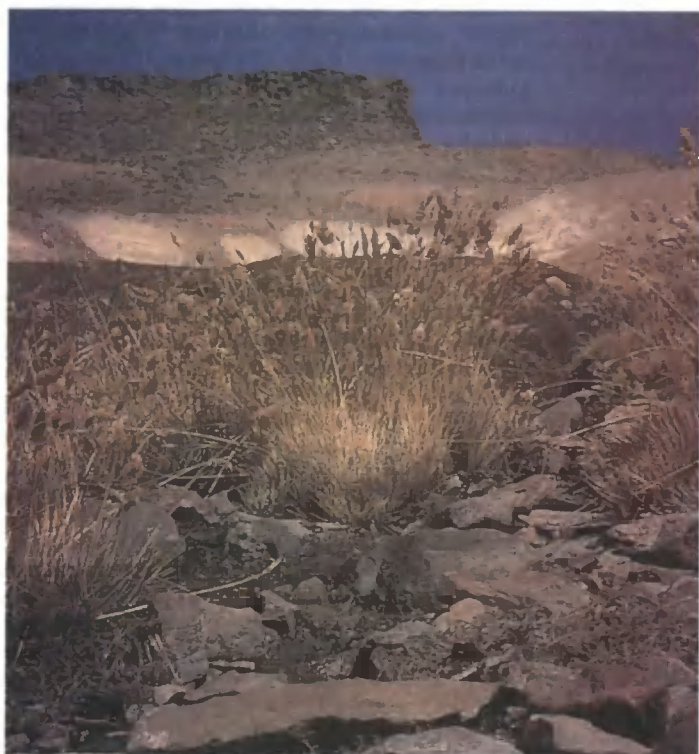


Здесь, в высокогорной пустыне на высоте около 5500 м над ур.м., находится исток Амазонки.

Здесь и далее фото Я.Палкевича

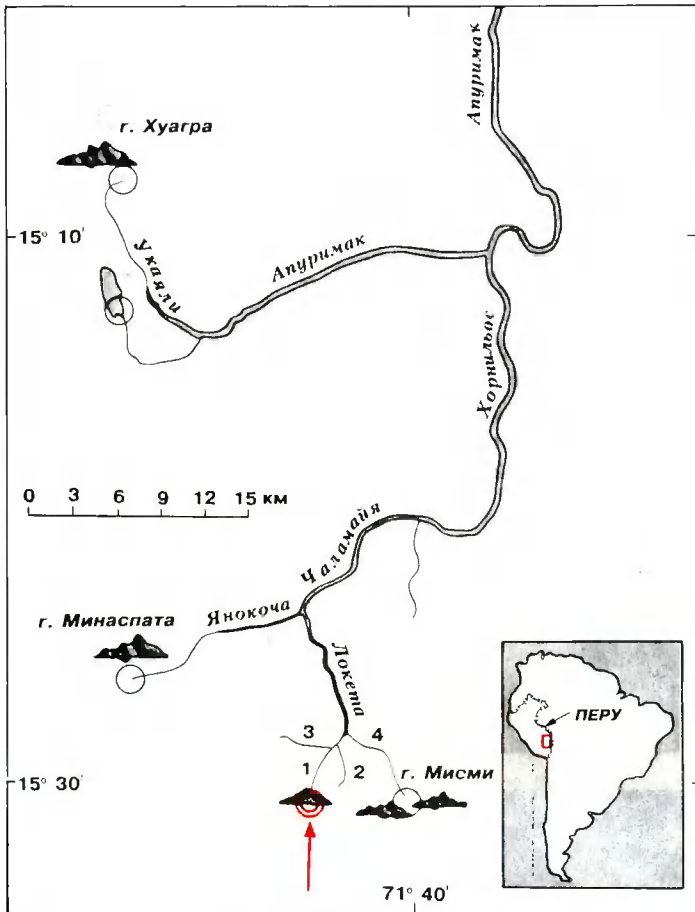
Характерная растительность рядом с истоком.

Участники экспедиции в базовом лагере, над которым поднят флаг Перуанского географического общества.



*→
Бескрайние джунгли нижнего течения Амазонки.*





Гидрографическая сеть верховьев Амазонки (на врезке внизу квадратом обозначен район работы экспедиции «Исток Амазонки, 96». Цифрами отмечены: Алачета (1), Силанка (2), Каканса (3), Каруасанта (4). Истоки рек показаны кружками, исток Амазонки — цветным кружком со стрелкой.

заявил, что главный приток Амазонки — р. Укаяли, хотя воды в ней в три раза меньше, чем в Мараньоне. Укаяли начинается на горе Хуагра на высоте 5239 м над ур.м. В начале 50-х и в 1968 г. это открытие подтвердили француз М. Перрен и американцы Ф. и Э. Шрайдер. Годом позже журналист Н. Ашешов и бывший десантник Дж. Ридвей, исследовавшие источник Янокоча на склоне горы Минаспата, посчитали именно это место истинным истоком Укаяли, а значит, и Амазонки. Но в вышедшей в 1969 г. книге «Общая география Перу» ее автор К. Пенагеррера дель Агвила высказал предположение, что исток реки находится на горе Мисми, расположенной на юге Перу на высоте 5597 м.

Наконец, в 1971 г. состоялась известная экспедиция, проходившая под эгидой журнала «National Geo-

graphic» и Международной геодезической организации, в которой приняли участие американский фотограф Л. Макинтайр, английский альпинист Р. Брэдшоу и перуанский географ В. Тупе. Они должны были исследовать удаленный от устья Амазонки ручей Каруасанта, также «претендовавший» на звание истинного истока Укаяли. Экспедиция установила, что вода в ручей попадает из небольшого озера на склоне горы Чокекораро, которую ошибочно называют Мисми. Это место в двух километрах западнее указанного Пенагеррерой. Данное предположение вскоре стало наиболее популярным и вошло в географические справочники. Однако и в открытии Макинтайра было немало спорного. К тому же прошло уже двадцать пять лет...

В экспедиции «Исток Амазон-

ки, 96» приняли участие восемь человек. Кроме авторов статьи — семидесятилетний адмирал Гильермо Ф.Гайг, бывший министр перуанского ВМФ и автор монографии «Реки перуанской Амазонки», член правительства Москвы Р.М.Хайрутдинова — гидролога, остальные участники — специалисты Университета Лимы и департамента гидрографии перуанского ВМФ. Экспедиции предшествовал тщательный анализ имеющихся данных. Напомним сначала самые общие.

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ИСТОК РЕКИ?

Амазонка протекает через огромную низменность, обильно и равномерно увлажняемую. Отсюда ее полноводность. Средний расход воды в приустьевой части — 120, максимальный — 145 тыс. м³/сек, минимальный 63 тыс. м³/сек, а годовой объем стока равен 3160 км³. По величине бассейна — 7050 тыс. км² — Амазонка не имеет себе равных в мире.

Вывод, что истоком Амазонки следует считать ручей Каруасанта, вызывает немало возражений. Во-первых, в этом водосборном бассейне имеются другие водотоки, превосходящие ручей по длине и площади водосбора, а также по величине объема стока. Во-вторых, после окончания влажного летнего периода снежный покров в верховьях бассейна сходит со склонов и, таким образом, временные водотоки, имеющие снеговое питание, пересыхают.

В классической гидрологии суши истоком реки может считаться один из ручьев или две реки, соединяющиеся в водоток более крупного, чем каждая из них, размера. В первом случае исток до некоторой степени трудно определить. Здесь возможны допущения: иногда началом реки можно считать начало той или иной из сливающихся рек или же полагать, что истоком крупной реки служит место слияния двух меньших. Такой выбор обычно определяется исторически сложившимися представлениями и традициями.

Существует ряд вполне опреде-

ленных гидрометрических показателей, по которым тому или иному ручью отдается предпочтение при выборе истинного истока. В первую очередь, это величина объема стока в месте слияния ручьев, между которыми выбирают исток. Другая важная характеристика — модуль стока, т.е. количество воды, стекающее с единицы площади водосбора. Таким образом, учитывается не столько абсолютная площадь водосбора, сколько гидрологическая активность бассейна. Кроме этих критериев существуют и геоморфологические. Как правило, притоки впадают в главную реку, имея на приосевом участке и в среднем течении больший уклон, чем главная река. И, наконец, следующий критерий — это структурная предопределенность главной долины.

И вот наша экспедиция закладывает базовый лагерь — он располагается на высоте 4800 м над ур.м., в 200 км от оз.Титикака. Блестит на солнце ручеек, едва верится, что через тысячи километров он станет могучей рекой.

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЕРХОВЬЕВ БАСЕЙНА

Водный поток, который дает начало Амазонке, имеет ряд сменяющих друг друга названий: Локета — Чаламайю — Хорнильос и, наконец, — Апуримак. Гидрографическая схема верховьев отличается большой сложностью. Для более точного выделения границ бассейнов отдельных притоков наша экспедиция «Исток Амазонки, 96» провела дешифровку космических снимков, сделанных со спутника «СПОТ» (Франция) и научно-орбитального комплекса «Салют» (Россия) в ближнем инфракрасном диапазоне. Участок реки, известный под названием Локета, начинается после слияния отдельных водотоков из четырех водосборных бассейнов.

Если обратиться к анализу этой гидрографической схемы, то очевидно, что основная река Локета берет начало от слияния рек Каканса и



Река Апачета недалеко от истока. На заднем плане — вулкан Мисми.

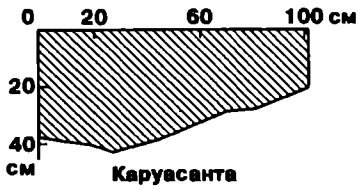
→
Викунья (дикая лама) — обительница пустынь перуанских Анд.

Арета — растение в высокогорных Андах, используется как топливо.

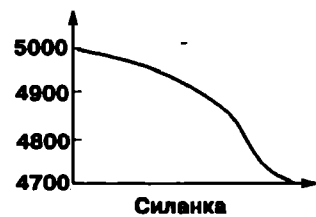
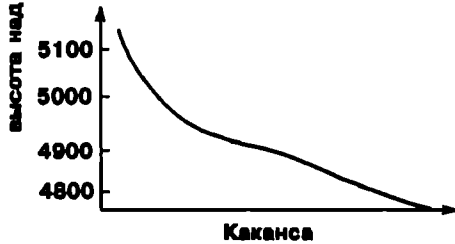
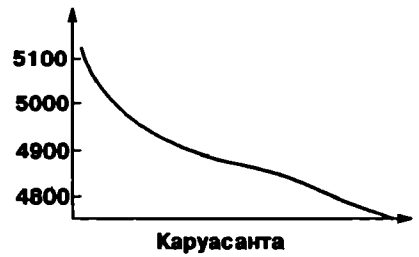
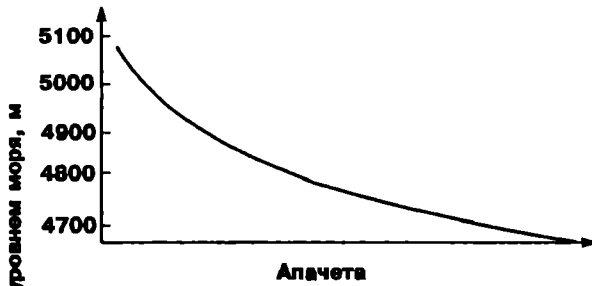
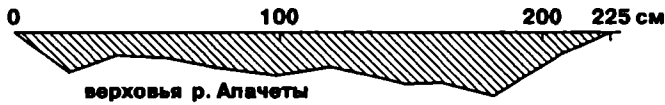
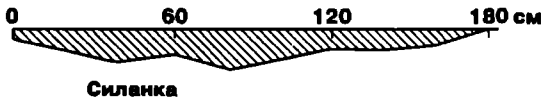
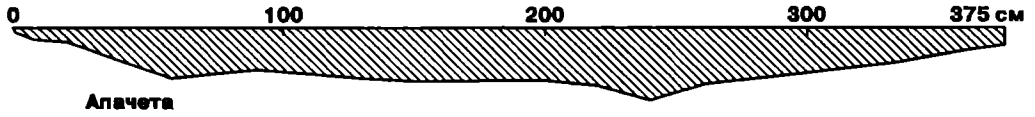
Кухня в базовом лагере. Мы здесь пользуемся традиционным топливом — кизяком диких лам.







Поперечные профили русел рек в местах замыкающих створов.



1 км

Продольные профили долины основных рек бассейна Локета.

Результаты гидрометрических измерений в верховьях реки Локета

Река	Площадь поперечного сечения, м ²	Средняя скорость водного потока, м/сек	Расход воды, м ³ /сек	Модуль стока, м ³ /сек/км ²
Каканса	0.08	0.50	0.04	0.004
Апачета	2.14	1.80	0.96	0.065
Силанка	0.16	0.57	0.09	0.006
Каруасанта	0.34	0.24	0.08	0.004

Апачета. Ниже по течению река принимает справа два притока — Силанку и Каруасанту. Таким образом, суммарная площадь трех водосборных бассейнов выше впадения ручья существенно больше — примерно вдвое, чем площадь бассейна самой Каруасанты.

Теперь о величине объема стока. Гидрологические наблюдения были проведены нами 13—14 июля 1996 г., т.е. в середине сухого периода, когда склоны полностью свободны от сезонного снежного покрова, а временные водотоки отсутствуют.

Мы измеряли расходы воды во всех основных водотоках верховья бассейна Локета. Они проводились в течение двух дней в 11 час местного времени. Площадь живого сечения водотоков вычислялась по глубине и ширине, скорость течения воды измерялась при помощи гидрологической вертушки на тех же вертикальных профилях, где измеряли глубину водотока. Точность измерения расхода воды составляла 0.01 м³/сек. Результаты гидрометрических измерений представлены в таблице.

Добавим, что расход воды определялся в устьевых частях рек, в месте их слияния с расположенными ниже по течению. Ширина Какансы здесь — 1.3 м, площадь ее водосборного бассейна в месте расположения замыкающего створа — 8.8 км². Эти цифры составили соответственно у Апачеты — 3.75 м, 14.8 км²; Силанке — 1.8 м, 14.1 км²; Каруасанты — 1 м, 19.6 км².

Все четыре водотока расположены в непосредственной близости друг от друга и находятся в зоне влияния

одних и тех же синоптических процессов. В результате можно утверждать, что они имеют сходный режим формирования стока и, таким образом, измеренные расходы воды — вполне представительные характеристики объема стока. Из анализа полученных данных следует, что в гидрологическом отношении основным является бассейн Апачеты. Величина расхода воды здесь в шесть с лишним раз больше, чем в Каруасанте. Превышение водности почти на порядок не оставляет сомнений, что ручей — правый приток, а не правая составляющая Локеты.

Теперь о модуле стока. В этой величине учитывается не только общий объем стока, но и гидрологическая активность бассейна. Как показывают полученные данные, модуль стока, а следовательно, и годовой объем стока в бассейне Апачеты в 10 раз больше, чем в других бассейнах верховьев Локеты. Таким образом, именно Апачета — основной исток Локеты и соответственно всей Амазонки.

Постоянный водоток в бассейне Апачеты начинается на склоне горы Кевича на высоте 5170 м над ур.м. Географические координаты данной точки: 15°31'05" с.ш., 71°45'55" в.д. Апачета питается не ледниковыми водами, как было принято считать ранее, а за счет таяния льдистых многолетнемерзлых пород. В месте появления постоянного водотока ширина русла составила 2.25 м, площадь поперечного сечения русла — 0.3 м², а скорость водного потока — 0.47 м/сек. Средний расход воды во время наблюдений составил 0.14 м³/сек.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Еще раз напомним, что при определении истинного истока реки учитывается так называемая структурная (тектоническая) предопределенность главной долины. Заметим, что у Каруасанты нет структурного продолжения долины в юго-восточном направлении, несмотря на то, что ручей течет через молодой тектонический массив, занимающий здесь главный водораздел. В то же время прослеживая вверх по течению структурную линию, которую разрабатывает своей глубинной и боковой эрозией Апачета, мы обнаруживаем по Тихоокеанскому склону главного водораздела долину близкого простиранья. Таким образом, из всех возможных истоков Амазонки Апачета и здесь получает приоритет. Та ослабленная зона, которую разрабатывает эта река, наиболее четко организована: она расчленяет Андийскую горную страну на отрезке южного Перу.

И, наконец как правило, притоки впадают в главную реку, имея на приосевом участке и в среднем течении большой уклон, чем главная река. Мы построили продольные профили долин основных рек бассейна Локеты. Долина Какансы, которая сливается с Апачетой, имеет гораздо больший угол наклона долины. В среднем течении большой уклон и у

долины Каруасанты, чем у Апачеты, к тому же здесь обнаруживается устьевой уступ — еще один признак неразработанности русла. Продольный профиль русла Силанки не вызывает сомнений в том, что эта речка — приток Апачеты. В то же время профиль долины самой Апачеты имеет плавный характер, свойственный на участке верховьев главной реки.

Итак, Амазонка начинается с Апачеты. Теперь приведем суммарную длину этой великой реки. В Институте космических исследований в Сан-Хосе до Кампос (Бразилия) подсчитали, что от истока р.Апачеты до устья она составляет 7100 км, т.е. на 400 км превышает суммарную длину Нила.

Мы намеренно в этой статье абстрагируемся от сенсационных утверждений о новом географическом открытии — каждому новому знанию свое время. Отметим только, что работать на пятикилометровой высоте, где горная болезнь («сорге») не дает возможности расслабиться, поверьте — не легко. Но пустынная местность вокруг истока Амазонки по-своему привлекательна. Вдали — цепь неприступных Анд, рядом «сталактиты» мертвого ледника, скудная растительность и чистейшая вода в прозрачной речке. Недалеко древняя столица Перу — Куско, Тихий океан всего в 200 км, а вода, которую мы видим, живой лентой пробежит к Атлантике тысячи километров.

От компьютерного динозавра — к «Боингу-777»

С. Г. Панкратов



Сергей Григорьевич Панкратов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора научно-технической фирмы «Лазинвест», разрабатывающей медицинскую лазерную технику. Выпускник кафедры теоретической физики МИФИ (1970). Область научных интересов — взаимодействие лазерного и корпускулярного излучения с веществом. Публиковался в нашем журнале.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ФАКИРЫ

Облако жирной грязи, мгновенно вздыбившееся над опрокинутым и раздавленным джипом, с обжигающей наглядностью показало, что ожидало бы пассажиров, если бы раздраженный самим их существованием восьмитонный тираннозавр (*Tyrannosaurus rex*) и в самом деле столкнулся бы с современным человеком. К счастью для нас, довольно самонадеянно называющих себя *Homo sapiens*, эта сцена расправы — всего-навсего один из кадров знаменитого фильма «Парк юрского периода», который, помимо детской зрелищности и энергичной насыщенности невероятными событиями, оказался замечателен еще и тем, что поставил много вопросов перед учеными.

Например, как в действительности выглядела нога тираннозавра, люто растоптавшая автомобиль? Каких размеров были связки, мышцы, убийственная стопа? Традиционные реконструкции таинственно сгинувших животных, хотя и были замечательным достижением палеонтологов, все же оставались во многом интуитивными, и оценить с их помощью точность ответов оказалось не просто — ведь исследователи располагали только костями ископаемых чудовищ. Фактически оставался лишь один путь: ответы можно было найти только путем расчетов.

За вычисления с целью установить структуру и динамику динозавров взялась группа зоологов из Вашингтонского университета, возглавляемая

Т.Дэниелом. Эта группа специалистов считается одной из ведущих в США по вычислительной биомеханике — новой и все более впечатляющей научной дисциплине. Так что голливудские кинофабриканты не случайно обратились со своими вопросами именно в Вашингтонский университет.

Казалось, что Голливуд мог все, даже имитировать высадку астронавтов на Луну. Но была одна вещь, которая оставалась недостижимой для могущественной киноимперии, — это измерения. Измерить что-либо — значит получить набор чисел, количественно характеризующий измеряемый объект, в данном случае представленный движущейся плоской копией на экране. Именно измерения, как известно, отличают точную науку от всего остального, выделяя ее в совершенно особую категорию человеческой деятельности. Голливуд, разумеется, с его условными киногероями и карнавальными символами традиционно далек от науки — своего рода антинаучный центр. Герои голливудских лент (построенных, однако, по вполне четким правилам — по модульному принципу, подобно компьютерным кодам) рыдали на экране, бегали, стреляли друг в друга, но если бы обожающие их массы захотели бы с приемлемой точностью что-нибудь измерить по движущейся картинке — скажем, рост героя или объем бюста кинозвезды — одним словом, получить число, им пришлось бы обратиться к другим источникам. Ведь киноизображение фактически представляет собой весьма искаженную модель, сжатую в одном направлении — по глубине, и лишь ее довольно изощренная количественная реконструкция может воссоздать истинно трехмерную копию объекта.

Почему же тогда люди вполне удовлетворяются плоскими кинокопиями? Или, другими словами, почему для адекватного восприятия объемной сцены достаточно воспроизвести одно, в крайнем случае несколько стандартных плоских изображений? Дело в том, что человеческий глаз, образно говоря, знает физику лучше, чем все

остальные участки мозга. Действительно, существует много физических методов определения пространственных координат различных объектов — например, рентгеновская, звуковая, сейсмическая, ЯМР, эмиссионная позитронная томография, голографическая интерферометрия, измерения с помощью радара, лидара и сонара. Однако до недавних пор только глаз был способен моментально (как говорят, в реальном времени, т.е. в темпе поступления информации) восстанавливать пространственные координаты объекта по одной лишь фотографии — правда, с учетом впитанных с детства знаний о природе объекта, его особенностях и свойствах. Сегодня аналогичные задачи с высокой точностью решают графические суперкомпьютеры и рабочие станции (workstations) — как раз такие, без которых невозможно было бы ни создать фильмы со спецэффектами и виртуальными героями, ни исследовать динамику доисторических чудовищ.

Именно благодаря столь замечательным свойствам глаза зрительские критерии того, что киноспециалисты и впрямь создали реалистическую модель какого-либо существа, до сих пор не были отчетливо выражены. Однако проблема достоверности киноизображений, как ни странно, оказалась далеко не праздною при производстве кинокартин типа «Парк юрского периода» (и аналогичных, более поздних), и только количественная биомеханика с традиционной для научного подхода и непривычной для гуманитариев измерительной идеологией могла попытаться на них ответить. Но вот что самое необычное: попутно специалисты по биомеханике получили новые результаты, помогающие лучше понять, как работают части тела живых существ и вообще как действует эволюция. Более того, вскоре выяснилось, что ничем, казалось бы, не примечательный контракт между крупным заказчиком — Голливудом — и одним из многочисленных университетов привел к целому вееру новых направлений в физико-математической биологии, медицине и даже в компью-

терных технологиях, причем вся эта деятельность не только не затухает после выхода какого-нибудь очередного кинокомпьютерного фантазма, но, наоборот, развивается.

Интересно, что в отечественной научной среде отношение к голливудским компьютерным достижениям не слишком одобрительное. Вот характерная для нас установка: компьютеры несколько не способствуют творчеству, они лишь помогают красиво представлять результаты, полученные путем настоящего — т.е. не компьютерного — творческого поиска. К тому же компьютерные технологии, согласно устоявшемуся мнению, всегда были сугубо прикладными, да и зародились они, как известно, в жутковатых недрах спешных военных программ по созданию ядерного оружия. А тут все наоборот: люди с удовольствием моделируют не новую конструкцию боеголовки, а всего-навсего строение тела давно сгинувшего чудовища. Интересно, однако, что побочные результаты, своего рода отходы столь несерьезного моделирования оказались не менее значимыми, чем пресловутый «спин-оф» (spin-off) от многих военных программ.

ВЫЖИВЕТ ЛИ МАЛЬЧИК С ПАЛЬЧИК?

Прежде всего удалось подтвердить — уже на уровне моделирования, — что именно физические закономерности накладывают наиболее серьезные ограничения на морфогенез и функционирование особей.

Примеры физических ограничений в биологии часто бывают довольно очевидны, однако их точные числовые границы (формфакторы) устанавливаются для каждого вида с помощью компьютерного моделирования, подобного проделанному зоологами Вашингтонского университета. Вот некоторые из таких «очевидных» ограничений. Почему, скажем, теплокровные животные, в частности млекопитающие, не могут быть такими же маленькими, как насекомые? Ответ легко напрашивается: потому что тогда животным не хватало бы массы, чтобы сохранять достаточно тепла для

поддержания постоянной температуры тела. Действительно, теплоотдача во внешнюю среду пропорциональна поверхности тела D^2 , т.е. квадрату размеров животного D , а масса — кубу D^3 . (Это, кстати, означает, что никакие гномы и тролли, мальчики с пальчики не могли бы существовать в природе дольше некоторого весьма малого по человеческим масштабам отрезка времени, к тому же быстро сокращающегося с уменьшением размеров существ.) Такого типа рассуждения обычно называют соображениями подобия, они просты, но нередко приводят к весьма нетривиальным выводам и поэтому постоянно используются в физике, особенно в механике сплошных сред. Для конкретной топологии тела, соответствующей данному виду, точное ограничение размеров «снизу» получается путем использования истинно трехмерных математических моделей с развитой графикой.

Точно так же, почему млекопитающие должны есть периодически, а не сразу и помногу, как большинство пресмыкающихся? Ответ опять-таки диктуется физическими соображениями: млекопитающие, у которых температура тела находится в очень узком коридоре допустимых значений, не могут слишком интенсивно поглощать пищу — обильная теплоотдача может привести их к смерти.

А насколько большими могут быть земные великаны? Оказывается, наземные существа могут достигать лишь таких размеров, пока заключенную в их пределах массу еще удается эффективно охлаждать и пока сила тяжести еще не препятствует перемещению этой массы. Конкуренция этих двух процессов — неравновесного термодинамического и простого механического — устанавливает ограничение «сверху» на масштабы наземных животных. Любопытно, что скорость бега животного по ровному месту (т.е. в пренебрежении вертикальным смещением центра масс) практически не зависит от его размеров. Действительно, мощность, развиваемая бегущим со скоростью v животным с характерным размером D , пропорциональна



Современный подход, основанный на трехмерном интерактивном моделировании, позволяет в течение считанных минут перебирать сценарии геофизической разведки, изменять, редактировать и добавлять данные, а также погружать в сконструированную геологическую среду виртуальные трехмерные объекты. Модель последовательно уточняется при поступлении новой информации.

поверхности его тела D^2 (поскольку теплоотдача пропорциональна поверхности, а при почти постоянном КПД мышц полезная мощность и теплоотдача одинаково зависят от поверхности). Сила же сопротивления воздуха пропорциональна v^2 и D^2 , поэтому мощность, затрачиваемая на преодоление этой силы, пропорциональна v^3 и тоже D^2 , откуда видно, что скорость практически не зависит от размеров.

И в самом деле, скорость бега лошади, собаки, зайца и даже человека (на короткой дистанции, пока не уменьшается КПД мышц) — не просто одного порядка, а примерно одинакова. Но вот для бега по пересеченной местности приходится преодолевать в

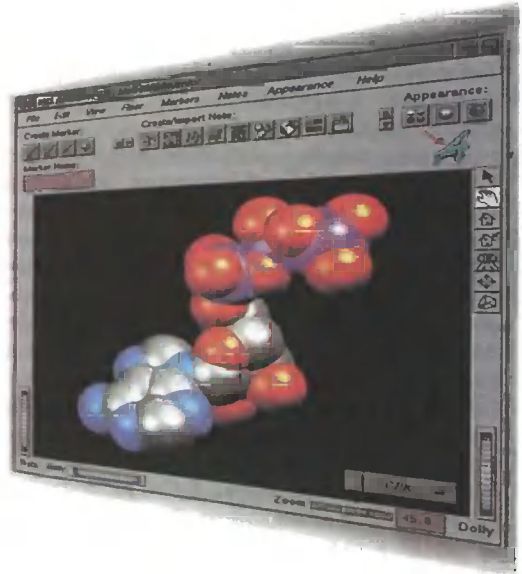
первую очередь не сопротивление воздуха, а силу тяжести, для чего нужна мощность, пропорциональная массе тела и скорости. Поскольку масса примерно пропорциональна объему, т.е. D^3 , то скорость подъема в гору оказывается обратно пропорциональной размерам тела. И в самом деле, кошка, например, легко взбегает на возвышенность, а человек или лошадь вынуждены замедлить шаг. Выходит, чтобы не быть раздавленным гуляющим динозавром, нужно бежать по холмистой местности. В этой ситуации большие размеры мешают зверю. Но вот ситуация, когда они помогают выживанию: в тех условиях, когда животному приходится преодолевать большие расстояния между источниками влаги (например, в пустыне), максимальное время, в течение которого животное может бежать, оказывается пропорциональным его размерам.

Действительно, максимальное время пробега пропорционально запасу воды, т.е. объему животного, и обратно пропорционально темпам потери вла-

ги — испарению с поверхности, которое, естественно, пропорционально D^2 . Отсюда следует, что максимальное время пробега особи от одного источника воды до другого пропорционально D , а с учетом того, что скорость бега животного по ровной поверхности практически не зависит от D , максимальное расстояние, которое вообще может пробежать существо, тоже оказывается пропорциональным его размерам. Опять-таки для каждой конкретной топологии тела, распределения масс в нем и даже распределения волос по телу (последнее особенно важно для «голой обезьяны» — *Homo sapiens*) строится математическая модель, устанавливающая количественные физические пределы.

Кстати, с помощью такой модели физики-палеонтологи (оказывается, теперь есть и такие) Дж.Фарлоу и Дж.Робинсон из Университета штата Индиана недавно продемонстрировали, что та сцена в фильме «Парк юрского периода», где компьютерный тираннозавр, подпрыгивая и падая, гонится за удирающим джипом, вряд ли соответствует физической реальности и, следовательно, не могла бы произойти, если бы динозавры дожили до наших дней. Во-первых, маловероятно, что чудовище сумело бы передвигаться со скоростью, превышающей 25 км/ч, а такой скоростной предел вполне способен превзойти на короткой дистанции бегущий человек. Во-вторых, если бы динозавр прыгал и падал, норовя, как в фильме, захватить джип в броске, то вряд ли он выжил бы после первого же падения. Действительно, падение столь внушительной массы и с такой большой высоты сопровождалось бы настолько значительным выделением энергии, что череп животного и его внутренние органы неизбежно бы пострадали.

Интересно, что высота прыжка, как оказывается, практически не зависит от размеров животного. В самом деле, энергия, необходимая для прыжка на данную высоту h , пропорциональна этой высоте и массе m , следовательно, D^3 , а совершаемая силой мышц работа пропорциональна этой силе и линейному



Трехмерная модель молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), построенная на экране компьютера с помощью мощного программного приложения «Molecular Inventor». Это изображение легко можно подвергнуть почти любым геометрическим преобразованиям, снабдить текстовой, графической, видео- или аудиоаннотацией, а затем отправить коллеге (например, с помощью «MediaMail»). Применение машинной графики в химии и физическом материаловедении (так называемая молекулярная визуализация) позволяет не только объединить усилия исследователей, географически отдаленных друг от друга, но и преодолеть разобщенность и взаимное недопонимание, свойственные представителям разных научных дисциплин.

размеру D . Сила же приблизительно пропорциональна D^2 , т.е. площади, так как прочность костей, реакция которых должна уравновешивать силу толчка, пропорциональна их сечению. Выходит, что высота прыжка животного мало связана с его размерами — заяц, собака, кенгуру и человек прыгают примерно на одну и ту же высоту.

Примеры такого типа, основанные на соображениях подобия, разумеется, напрямую не связаны с компьютерным моделированием и тем более с машинной графикой, однако они позволяют нащупать основные ограничения при попытке построения визуализирующих моделей в компьютерной био-

механике и, следовательно, сократить требования к ресурсу компьютера. Наиболее полная коллекция подобных примеров содержится в известной монографии Дж. Смита¹.

Еще одним направлением работ биомеханической лаборатории зоологов Вашингтонского университета стала физика мышечного сокращения. Фактически мышца — это машина, в которой химическая энергия превращается в механическую работу, ведь жизнь невозможна без механического движения. В науке существует довольно много попыток построить количественную теорию работы мышцы, в частности предпринятых такими замечательными учеными, как физики-теоретики Я.И. Френкель, Г. Гамов, Т. Хилл, биофизик М.В. Волькенштейн, биохимики А. Сент-Дьердьи и Г. Хаксли. Тем не менее, несмотря на большое число физических моделей, вопрос еще далеко не «закрит». Основная причина незавершенности, которая кажется вечной, кроется в общем свойстве физических моделей, не зависимо от того, о каком объекте или процессе идет речь — о мышце, твердом теле, рассеянии частиц или, скажем, фазовом переходе.

Физическая модель всегда стремится ухватить главное, отбрасывая — и, разумеется, честно оговорив это — все второстепенные детали. Но, как говорят, недостатки — продолжение достоинств, и физические теории, как правило, весьма умозрительны — даже лучшие из них заканчиваются либо формулой для какого-нибудь предельного случая, либо графиком в плоскости двух переменных. Между тем «черт именно в деталях» (одна из любимых поговорок Эйнштейна), и поэтому физические модели, как бы рассматривая предмет с разных сторон (каждая в своей области применимости), многое позволяют понять, но не дают возможности увидеть все сразу. В каком-то смысле ситуация с физическими моделями напоминает известную притчу о группе слепцов, изучавших слона: один, потрогав хобот, уверял, что слон похож на змею, другой,

ощупав слоновью ногу, считал, что слон напоминает колонну, и т.д.

Несколько утрируя, можно сказать, что все модели неверны, однако некоторые из них удобны. В отличие от физических, трехмерные и тем более мультимедийные компьютерные модели, может быть, кажутся менее изошренными, но, действуя непосредственно на человеческие органы чувств, обладают намного большей наглядностью и даже эмоциональной силой (уж слон так слон!). Так и в случае с мышцами: промоделировав и сделав компьютерную анимацию мышечных движений для разных существ, многое можно понять, вначале как бы прочувствовав всю физико-биологическую ситуацию. Одним из чисто физических результатов моделирования с помощью машинной графики стало утверждение, что двигательные молекулы в мышце образуют такую структуру, которая идеально подходит для получения максимальной силы, — своего рода вариационный принцип. А вот практически, медико-техническим результатом стало конструирование нового типа запасных частей для сердца. И вообще основным мотивом всей компьютерной биомеханики постепенно становится разработка новых принципов физической терапии.

Чтобы проиллюстрировать разницу между физическим и компьютерным моделированием, можно взять какой-нибудь важный для науки реальный объект, например молекулу ДНК — весьма сложную трехмерную макромолекулу, — и посмотреть, что считают важным физики и что — специалисты по компьютерной графике. Когда физик произносит слово «молекула», первая же его ассоциация — это колебания. Так и в случае молекулы ДНК: физики любят рассматривать модели, описывающие крутильные колебания чередующихся звеньев (нуклеотидов) этой гигантской молекулярной спирали, причем сами нуклеотиды моделируются некими абстрактными осцилляторами, подвешенными на невесомой нерастяжимой нити, а связь между соседними нуклеотидами в спиральной цепочке моделируется ли-

¹ Smith J.M. *Mathematical Ideas in Biology*. Cambridge Univ. Press, 1968.

нейной пружинкой. Между прочим, сама спиральность часто не учитывается². Обратите внимание, что при подобном описании важнейшего биологического объекта можно вообще ничего не знать о биологии — как будто ее нет вовсе, и уж, конечно, нет смысла тратить многие годы на ее изучение. Тем не менее даже такая, казалось бы, выхолощенная постановка задачи приводит к нетривиальному описанию нелинейных волн, распространяющихся по молекулам, без которых мы не могли бы жить. Здесь в очередной раз проявляется экономная мощь теоретической физики. Однако красочной, эмоционально жгучей картины, насыщенной вроде бы необязательными деталями, своего рода очаровательными штрихами — как в рассказах Чехова, — на таком пути вы не получите. Все нюансы — поле трехмерной визуализации.

КАК ЖУКУ УЗНАТЬ, ПОЧЕМУ ОН ЛЕТАЕТ?

Последние работы компьютерных зоологов посвящены полету насекомых. В отличие от скелетных мышц позвоночных животных летательные мышцы насекомых — мух,³ мотыльков, комаров, ос, пчел, жуков, цикад — способны к длительным периодическим сокращениям с довольно высокой по человеческим масштабам частотой — порядка сотен герц. Понимание природы быстрых колебаний летательных мышц вполне может совершить прорыв в технике, и поэтому мышцы насекомых, начиная примерно с конца шестидесятих годов, стали предметом пристального внимания исследователей³. Однако результаты до сих пор были чисто качественными, а на большинство вопросов и вовсе не было удовлетворительных ответов. Ну, например, почему насекомые адаптировались к своему окружению так, что их летательные мышцы (и крылья тоже) имеют совершенно разные кон-

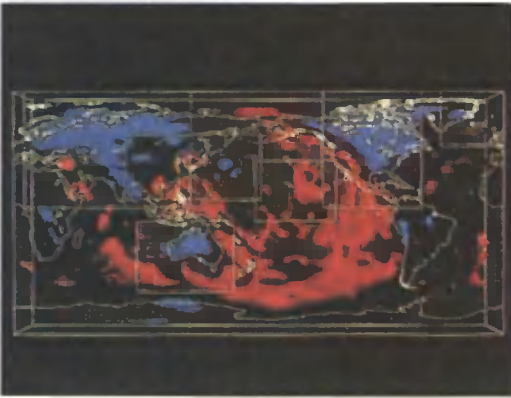
фигурации? Для непосредственного трехмерного моделирования полета насекомых сотрудники Вашингтонского университета прикрепляли к жукам и мотылькам микродатчики, которые транслировали в компьютер электрические сигналы, возникающие при колебаниях крыльев и мышц, подобно тому как в мультимедийных студиях (с недавних пор их называют «визионариумами») создают виртуальные человеческие существа, «обучаемые» движениям с помощью датчиков, прикрепляемых к рукам и ногам реальных людей. Компьютерная визуализация полета насекомых наряду с трехмерным моделированием образования вихрей (вместо трудоемкой и неточной пылевой визуализации) позволяет детально проследить взаимодействие между крыльями насекомых и порождаемыми ими вихревыми структурами. А поскольку любой вихрь представляет собой зону низкого давления, то формирование вихрей создает подъемную силу. Поэтому, изучив с помощью визуализирующей графики нестационарный процесс вихреобразования, можно попытаться оптимизировать аэродинамические характеристики крыла, в частности добиться экстремальной подъемной силы.

Визуализация потоков жидкости и газа, обтекающих тела сложной формы, стала, по-видимому, основным применением современной машинной графики — во всяком случае, число графических программных приложений в CFD-области (computational fluid dynamics — вычислительная механика жидкости и газа) росло в 1994—1995-х гг. наиболее быстрыми темпами. В среде специалистов по гидро- и аэродинамике ходят фольклорные повествования о том, что выдающийся авиаконструктор А.Н.Туполев обладал сверхъестественной интуицией, позволявшей ему моментально, безо всяких вычислений мысленно видеть обтекающие летательный аппарат сложные потоки и отрывающиеся вихри, какой бы изощренной ни была обтекаемая поверхность.

Эта мысленная визуализация вос-

² Salerno M. // Phys. Rev. 1991. V.A44. № 8. P.5292.

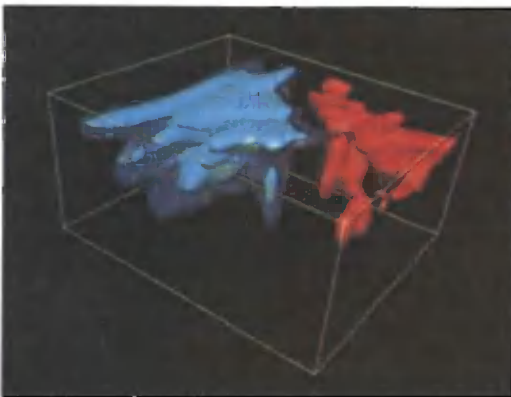
³ См. Гродницкий Д. Эволюция полета насекомых. // Природа. 1994. № 8. С.27.



а



б



в

принималась сотрудниками А.Н.Туполева как абсолютная гениальность, особенно когда Генеральный Конструктор не только говорил, будет или нет летать данная модель, но и сразу же

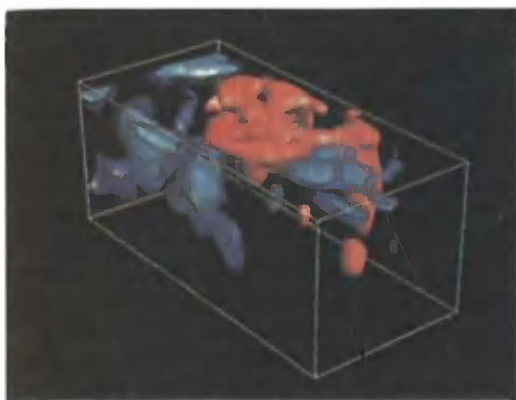
Интерактивная трехмерная графика позволяет анализировать геофизическую информацию гораздо быстрее и эффективнее, чем традиционные методы анализа числовых массивов. Сейсмограммы верхней мантии Земли (рис.а—е), полученные путем трехмерного анализа сейсмического сигнала при числе измерений, равном 18 000 (разрешение по глубине составляет 20 км): верхняя мантия изображена в проекции Меркатора (отображение сферы на плоскую прямоугольную область); каждый прямоугольник, выделенный на рис.а, может быть проанализирован независимо (рис.б—е). Красным и синим цветами помечены области с преобладанием горячего и холодного материала. Поскольку проекция Меркатора вносит существенные искажения вблизи полюсов, на рис. б показан Северный полярный регион в сферической геометрии. На рис.в изображена проекция Северной Америки Разрыв между горячей (западной) и холодной (восточной) зонами лежит прямо под Скалистыми горами. Можно заметить большое скопление холодного материала вблизи Северной Америки и Евразии, а также горячей материи к востоку от Австралии (рис.г). Сложная тектоническая структура Японских островов и Восточного Китая отражена на рис.д. Японские острова имеют явное вулканическое происхождение, что проявляется себя как выходящая из глубин красная масса, состоящая из примерно одинаковых «колбасок». Холодной материи на переднем плане соответствует так называемый Подъем Шанского — участок холодной литосферы в Северной Атлантике. На рис.е изображена Евразия в направлении к северо-востоку от Центральной Африки. Можно заметить обширный холодный кратонический массив под Украиной. Горячая материя на заднем плане ассоциируется с процессом субдукции в районе Индонезии, тогда как горячие участки на переднем плане соответствуют Средиземноморью и району Красного моря.

так подправлял ее чертеж, что аэродинамические качества будущего аппарата становились близкими к идеальным. Сегодня графические компьютерные системы позволяют приблизиться к туполевской гениальной интуиции почти каждому, причем регулярными методами — путем визуализации зависящих от времени трехмерных векторных полей или дискретных наборов данных.

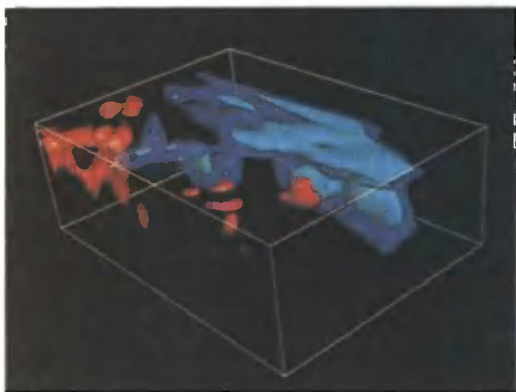
В этой связи интересна история создания самолета «Боинг-777» — последней модели в «линейке» изделий компании «Боинг». (К сожалению, это тоже своего рода фольклор — данная история известна практически всем, кто



г



д



е

занимается компьютерной графикой, однако ссылок на нее в научной или технической литературе найти не удается.) Как известно, при создании нового летательного аппарата главную роль иг-

рует обдув его прототипов в аэродинамической трубе (не случайно основной центр проектирования отечественных самолетов — ЦАГИ — по существу представляет собой набор аэродинамических труб разного масштаба).

Но зато «Боинг-777» был, как утверждается, построен вообще без обдува в трубах, а исключительно с помощью машинного создания виртуальных прототипов на графических суперкомпьютерах «Silicon Graphics». При этом моделировались не только потоки и вихри, но абсолютно все, вплоть до кресел и деталей интерьера в салоне. Любопытно, что работы по этой модели «Боинга» были как бы децентрализованы — люди отнюдь не стояли за кульманами в одном КБ, а находились во множестве фирм, университетов, исследовательских и компьютерных центров, причем некоторые вообще выполняли заказ дома, обмениваясь данными через Интернет, ISDN и другие сетевые структуры. Специалисты, имевшие отношение к этому проектированию, утверждали, что, когда прототип самолета стали собирать не в виртуальном, а в реальном физическом пространстве в натуральную величину, его крылья подошли к фюзеляжу с погрешностью меньше одного сантиметра, что считается весьма хорошей точностью для машины такого класса. Считается, что использование компьютерного моделирования позволяет корпорации «Боинг» экономить более миллиона долларов в год.

Существует и обратное влияние — промышленности на методы машинной графики. Самый известный пример такого влияния — кривые и поверхности Безье, по имени французского математика Пьера Безье, изучившего и применившего их в 1972—1974 гг. для проектирования нового поколения автомобилей «Рено».

Насколько эффективной для науки может быть компьютерная визуализация, показывает еще один паразитивный многих пример. Казалось бы, анатомия человека — не динозавра! — давно изученный и не содержащий никаких «белых пятен» предмет. И тем не менее специалисты по челюстно-лицевой хи-

ругии из Мэрилендского университета в Балтиморе (США) в феврале 1996 г. обнаружили неизвестную ранее мышцу, располагающуюся между глазной впадиной и нижней челюстью человека. Однако исследователем охватило изрядное возбуждение, когда вдруг выяснилось, что новооткрытая мышца (названная, если кому интересно, сфеномандибулярисом — *sphenomandibularis*) уже входит — правда, без названия — в трехмерный интерактивный анатомический атлас, созданный американской компьютерной фирмой «Engineering Animation, Inc.» (EAI) путем полной визуализации данных о человеке. Мышца существовала в медицинской литературе в виде «неявной функции», и лишь компьютерная визуализация сумела вывести ее в реальное, осязаемо изобразительное пространство трех измерений. Иначе говоря, трехмерная визуализация традиционных анатомических данных предвосхитила медицинские познания.

ОТ АРИФМЕТИКИ — К ГЕОМЕТРИИ

Несмотря на кажущуюся простоту, весь этот синтез кино, биологии, физики и математики не был бы возможен еще каких-нибудь десять лет тому назад. Дело в том, что задачи трехмерной визуализации (в частности, применительно к биомеханике) требуют не только высокой производительности при работе с программными кодами, основанными на численных алгебраических алгоритмах, т.е. не только способности быстро «пережевывать» числа и получать значения требуемых данных, но и наглядно представлять гигантские массивы числовой информации. Суперкомпьютеры десятилетней давности, такие, например, как сверхмощные «Конвекс», «Сайбер-205» и непревзойденный тогда «Крей», уже были отменно приспособлены для перемалывания чисел (арифметических операций над шестнадцатыми числами), но плохо преобразовывали числовые массивы в привычные публике образы — с цветом, сложными геометрическими формами, прозрачностью или отражательными свойствами, хитрым распределением освещенности.

Набор таких образов в трехмерном пространстве с пространственными соотношениями между ними образует сцену, характеризующуюся глубиной и — при зависимости исходных числовых массивов от времени — динамическими свойствами. Получение подобной сцены и есть компьютерная визуализация данных (visual computing). Например, медицинская томография — классическая задача компьютерной визуализации.

Прообразом процедуры визуализации может служить построение графика функции — типичная задача школьной математики. При этом разные ученики строят графики по-разному: одни попросту подставляют в исходное алгебраическое выражение много произвольно взятых числовых значений (построение «по точкам»), другие используют соображения, близкие к геометрическим, — свойства симметрии, поведение функции «в целом», особенности, нули — пересечения с осями, асимптотики. Первый способ при выборе подставляемых значений аргумента не произвольно, а в виде периодической последовательности (ее в электронике называют растром) служит далеким прообразом растровой графики со всеми ее достоинствами и недостатками (например, эффектом лестницы при построении непрерывной функции), второй отражает принципы геометрического моделирования.

Однако все это легко и приятно только в одномерном случае. Как только задача становится многомерной, сразу возникают трудности, часто непреодолимые. Вот простой пример дополнительных сложностей при переходе к большему числу измерений. Геометрические свойства плоской кривой вполне характеризуются ее кривизной, но если линия выходит из плоскости и становится пространственной кривой, то кривизны уже недостаточно и необходима еще одна величина, называемая кручением. Для поверхностей все усложняется еще больше, что, собственно, и послужило поводом для создания наиболее мощного в современной науке аппарата современной геометрии. Вот еще один простой пример. Уравнения движения тела

с учетом сопротивления среды более или менее легко интегрируются (хотя в ответе получается малообозримый набор чисел). Но попробуйте аналитически или стандартными численными методами описать движение развевающегося на ветру флага. Любопытно, что специалисты по вычислительной математике, традиционно ориентированной на операции вещественной арифметики, как бы заранее смирились с плохой точностью решений многомерных задач — требования, предъявляемые к ней, были заведомо много ниже, чем в одномерном случае⁴. О трехмерной же визуализации, даже самой простой, и говорить нечего — ее до недавних пор практически не существовало, причем не только в России.

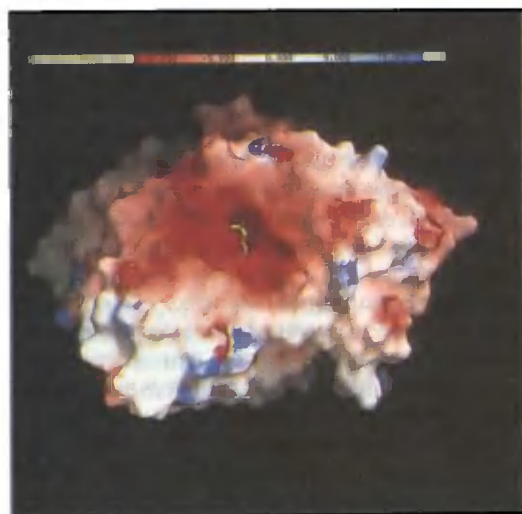
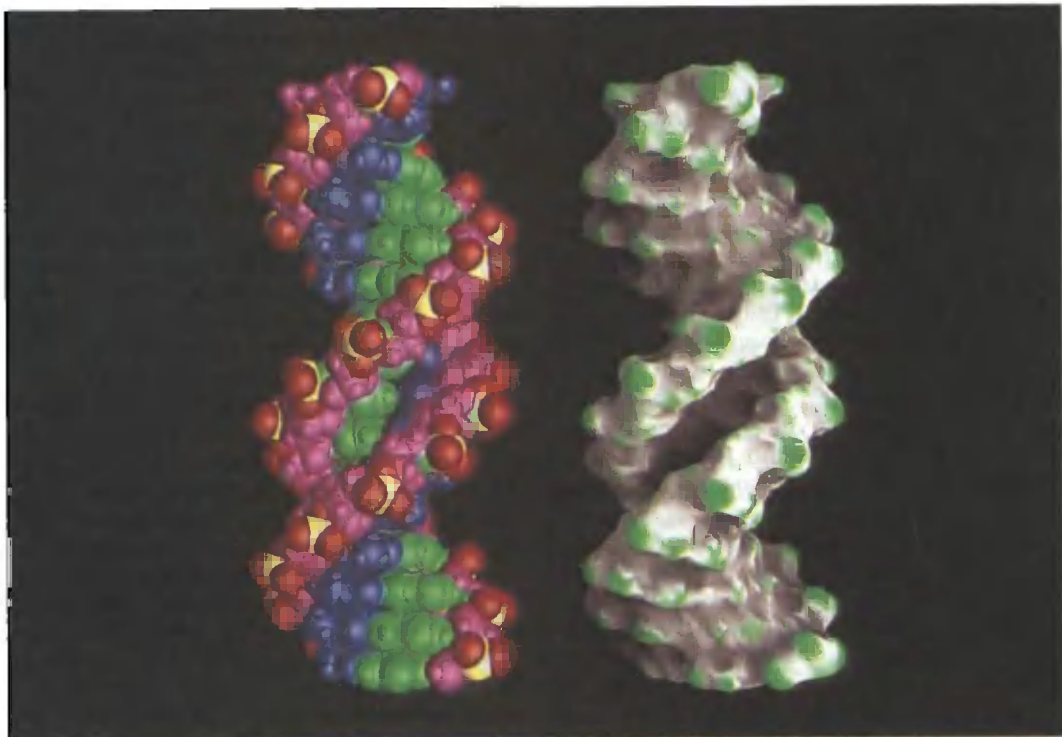
Вообще в вычислительной математике и технике явно наблюдалось снобистское пренебрежение наглядностью. Достаточно вспомнить тоскливую абракадабру командных строк, причем не только в убогих первых версиях DOS, но и во многих более совершенных UNIX-системах, причем с этой тяжелой наследственностью и сегодня очень трудно расстаться. Те IBM-совместимые «персоналки», молниеносно устаревающие DOS-машины, применение и свойства которых еще совсем недавно обсуждались в сладкоречивой компьютерной беллетристике с восторженным придыханием (в западных странах PC теперь продаются почти в любом деревенском супермаркете наряду с тетраджами и сковородками), — это прежде всего лингвистические, семантические устройства с традиционно слабой графической подсистемой. А в первых IBM PC видеоподсистема и вовсе не была графической — должно быть, чопорные дяди из IBM считали компьютерные изображения слишком несерьезным делом. Интересно, что почти тогда же, когда PC стали завоевывать мир, в 1981 г., в Станфордском университете (США) был создан первый специализированный графический процессор —

«Геометрическая машина» (Geometry Engine), способная представлять реальные объекты (точнее, их поверхности) в трехмерном пространстве. Несколько лет спустя из университетской «Геометрической машины» выросла довольно успешная компьютерная компания «Силикон Графикс». Особенность непривычно разноцветных, обладающих странными названиями и формами⁵ компьютеров «Силикон Графикс» состоит в том, что они содержат специальную подсистему для работы с геометрией и формами, которая берет на себя все преобразования числовых массивов в геометрические образы, разгружая тем самым центральный процессор. Современные потомки первой «Геометрической машины», такие как «Машина реальности» (Reality Engine), «Бесконечная реальность» (Infinite Reality) или «Сверхъестественная реальность» (Reality Monster), параллельно выполняют чисто геометрические операции (перемещения, повороты, преобразования масштаба), обрабатывают поступающие в реальном времени видеоданные и звук, а все это синтезируется так, что, вообще говоря, не существует способа разделить объекты на реальные и созданные компьютером (президент Кеннеди пожимает руку актеру, сыгравшему роль Фореста Гампа в одноименном фильме в 1994 г.; реальный дельфин Флиппер плывет в стае дельфинов-«аниматроников» и т.д.).

Хотя подобный синтез, особенно «в реальном времени», чрезвычайно эффективен, стоит помнить, что ключевую роль играет способность визуализирующей системы совершать геометрические преобразования. Дело в том, что геометрические формы мира вокруг нас весьма сложны, и поэтому первое, что приходится делать в задаче объемной визуализации, это моделировать формы и представлять поверхности в соответствии с ожидаемым уровнем точности

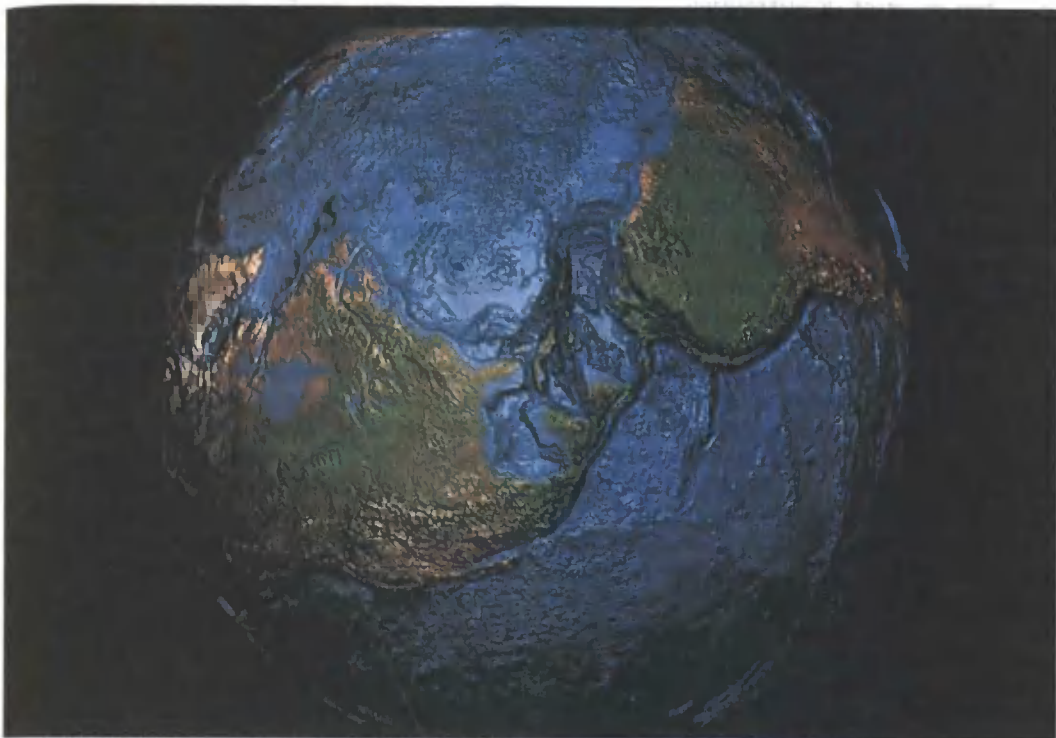
⁴ (См., напр., классический учебник: Бахвалов Н.С. Численные методы. М., 1975. Гл.5).

⁵ Когда осенью 1996 г. первую рабочую станцию «O²» нужно было ввести в Россию, отечественные таможенники упорно не хотели ее пропускать, не веря, что это компьютер. Пришлось задекларировать «O²» как пылесос.



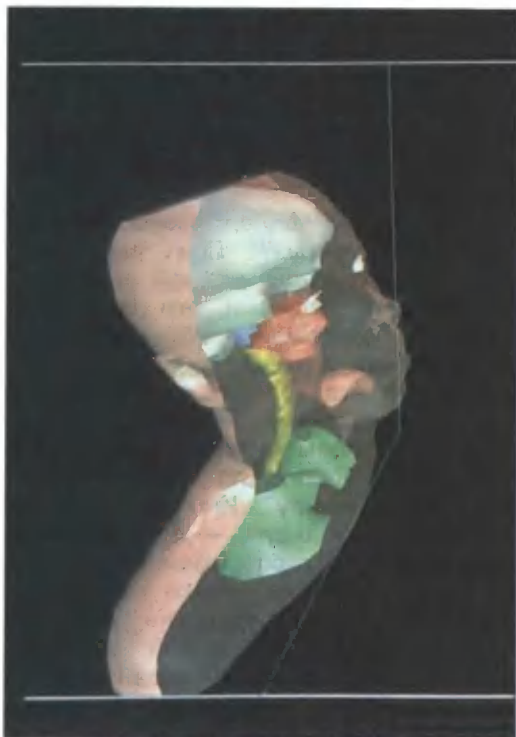
Вверху — построенный на компьютере фрагмент молекулы ДНК. Для разных запросов визуализации удобны различные способы закрашки и наложения текстуры, причем переключение с одного на другой осуществляется очень легко. Внизу приведено изображение вируса, полученное по числовым данным. Цветовое кодирование типологически разных участков представляет собой достаточно гибкий инструмент междисциплинарного исследования.

(затем преобразованные поверхности закрашиваются и покрываются текстурой). С течением времени поверхности могут деформироваться, и тогда задача трехмерной визуализации начинает напоминать физические примеры эволюции многочастичных систем. Изучение динамики таких систем в теории поля и физике конденсированных сред недавно привело к выдающимся открытиям, причем все они были основаны на идеях современной геометрии. И хотя геометрическая информация, необходимая при построении вполне совершенных графических комплексов для трехмерной визуализации, сводится к множеству полигональных поверхностей (обычно попросту плоских треугольников), покрывающих поверхность сложного трехмерного объекта, мало-помалу становится ясно, что компьютерная идеология — как и физическая — постепенно дрейфует от сугубо вычислительных методов к геометрическим, а машины, автоматически реализующие геометрические преобразования, получают заведомое преимущество.



Результат визуализации числовых данных, полученных со спутников в рамках программы «Earth Observing System» («EOS»). Данное изображение может подвергаться любым преобразованиям, разбиваться на фрагменты с индивидуальным увеличением каждого (local zoom) для высокоразрешающего обзора поверхности Земли, фотограмметрии, дистанционно-зондирования, разведки полезных ископаемых, охраны природной среды, прогноза погоды, предсказания природных катастроф и т.д.

Медицинская визуализация позволяет интерактивно просматривать плоские и объемные изображения, получаемые с помощью СТ-, РЕТ-или MRI (ЯМР)-установок, ультразвукового зондирования и других интроскопических методов. По существу все перечисленные медицинские системы можно трактовать как устройства ввода, вполне аналогичные сканеру, диджитайзеру, джойстику или даже «мышь». Интересно, что такое же отношение вырабатывается сейчас и к наиболее высокоразрешающим системам современной экспериментальной науки типа сканирующего зондового (туннельного или атомного силового) микроскопа. Этот подход оказался весьма удобным при написании соответствующих программных приложений.



ЧИСЛО ИЛИ ПОНИМАНИЕ?

Как понять на простых примерах, почему это выгодно? Давайте посмотрим, что такое геометрическая операция. В наиболее простом и распространенном случае эволюция поверхности в трехмерном пространстве сводится к переносам, вращениям, сжатиям и растяжениям покрывающих ее треугольников. А поскольку каждый треугольник однозначно задается тремя точками, то производительность визуализирующей системы в первую очередь определяется ее способностью совершать преобразования координат точки в трехмерном пространстве (совокупность таких точек образует координатную сетку — носитель, как говорят математики). Но множество вершин треугольников содержит гораздо меньше элементов, чем множество всех точек на поверхности, формирующей трехмерный образ реального объекта, поэтому машина, автоматически преобразующая координаты выделенных точек (параллельно закрашивая и заливая текстурой преобразованную поверхность), имеет тенденцию работать быстрее, чем сложные программы преобразования формы на быстродействующих, но не специализированных, сугубо арифметических машинах.

В самом деле, сколько точек составляют образ? При растровом описании страницы их, как минимум, порядка ста тысяч, и тем не менее опытный полиграфист обычно всегда обнаруживает изъяны. Ясно, что точечная, растровая графика неоптимальна для реконструкции объекта — она напоминает попытки слепого восстановить образ дороги, постукивая палочкой по тротуару. Именно поэтому точечное — на ощупь — зондирование применяется в экспериментальных науках в условиях резко суженных возможностей — ведь не все же можно увидеть. С другой стороны, каждой точке (каждому касанию тротуара палочкой), вообще говоря, соответствует число (либо набор чисел), и задача визуализации — задача слепо-

го — в том, чтобы преобразовать это множество чисел в цельный образ.

Часто говорят, что самое главное в науке — это число (хотя современный физик сказал бы, наверное, что самое главное — симметрия). Хороший эксперимент нацелен на получение числа и оценку его точности, корректный теоретический результат — формула, выражающая искомую величину через известные значения, т.е. тоже число. В самом деле, число и вообще цифровая форма представления информации — высокоэффективное и достаточно универсальное средство хранения, обработки и передачи готовых, кем-то полученных данных. Создание же качественно новой информации требует других когнитивных средств, в частности способности порождать зрительные образы. «Воображение важнее знаний», — неоднократно повторял Эйнштейн. Скажем, вычислительная квантовая химия, используя быстрые арифметические процессоры, может с высокой точностью выдать разные числовые значения в энергетическом пространстве, но, например, для молекулярного моделирования этого недостаточно — требуется видеть, как группируются разные фрагменты молекул, как они прикрепляются к поверхности или взаимодействуют с растворителем. Не случайно в докомпьютерную эру, своего рода юрский период большинства наук (у нас в отечестве лет восемь-десять тому назад), исследователи сложных молекул тратили массу времени на скручивание моделей из палочек, проволочек и разноцветных шариков, такой ручной труд был чуть ли не обязательным элементом молекулярно-биологического образования.

Точно так же не прекращаются споры, инициируемые чаще всего агрессивными дилетантами, по поводу специальной теории относительности, хотя это чисто геометрическая теория, в которой неясности исчезают по мере изучения предмета. Чем же порождаются многолетние диспуты? А очень просто: хочется такой же наглядности, как в школьной геометрии. В этом

смысле полная визуализация, например сокращения Лоренца, могла бы ликвидировать и метафорическое многословие популяризаторов, и многочисленные заблуждения. То же самое и с квантовой механикой, которая фактически с начала 50-х годов — после создания транзистора — стала обычной инженерной дисциплиной со своим рецептурным набором. Есть конкретика, но нет привычных визуальных образов — вот и возникают когнитивные затруднения.

Любопытно, что потребность физиков в визуализации становится вполне очевидной, когда за какую-нибудь физическую проблему берутся математики и задача переходит на следующий после теоретико-физического уровень абстракции. Если, скажем, математик докладывает такую работу, то со стороны физиков немедленно следует просьба нарисовать какую-нибудь картинку.

Именно поэтому машины, взаимодействующие с человеком на уровне его зрительного восприятия и путем подхлестывания его воображения, а не только на уровне алфавитно-цифровых процедур, как это было традиционно принято, получают изрядное преимущество. При этом «машинное число», разумеется, никуда не исчезает, оно лишь приобретает визуальный образ (как при построении школьных графи-

ков). Символьная же ортодоксальность недавних программистских традиций проистекала от скудости ресурсов, и, может быть, после создания петафлопных машин (т.е. с быстродействием свыше 10^{15} операций в секунду — эта программа уже воюю разворачивается в США) идеология компьютерных людей станет более открытой.

Попробуем пофантазировать, каким представляется идеальный компьютер. Грубо говоря, это плоская пластина (слэб), наподобие затемненного оконного стекла, с некоторой интегральной начинкой, которая вовсе не должна интересовать пользователей никакого уровня. С одной стороны пластины — на вход — предъявляется информация в любой форме: графика, видео, изображение быстротекущего процесса, звук, набор чисел и т.д., с другой ее стороны тотчас же (опять-таки «в реальном времени») получается ответ, причем тоже в любой форме. Систему, совершающую такое преобразование, можно было бы назвать информационной линзой. И чем ближе нынешние устройства подходят к этой идеальной модели, тем удобнее будет профессионалам заниматься с их помощью своими прямыми делами, не оглядываясь на провинциальные предрассудки сегодняшней компьютерной эзотерики.

Химический состав земной коры

А. А. Ярошевский



Алексей Андреевич Ярошевский, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геохимии геологического факультета МГУ. Основные исследования посвящены общим проблемам геохимии земной коры, динамике геохимического круговорота вещества земной коры, моделированию геохимических процессов. Соросовский профессор. Член редколлегии журнала «Природа».

ЗЕМНАЯ кора — центральный объект изучения в геохимии и геологии. Сведения о химическом составе глубинного вещества Земли основаны главным образом на геофизической информации (плотности, упругих константах, электропроводности), которая, однако, не поддается однозначной химической интерпретации и может быть использована только для контроля (в качестве граничных параметров) моделей распределения с глубиной самых распространенных элементов (прежде всего кремния, магния и железа). Дополнительные сведения о химическом составе пород, которые по геологическим, петрологическим и геохимическим признакам могут рассматриваться как представители глубинного вещества, слишком фрагментарны, и их распространение на всю силикатную оболочку (мантию) Земли остается таюже зависимым от принимаемой модели строения недр планеты. Важный сравнительный материал предоставляет космохимия (прежде всего данные о химическом составе Солнца и звезд, а также метеоритов). Эта информация до недавнего времени служила основным источником наших представлений о составе Земли в целом, но новейшие космохимические данные, в особенности об элементном и изотопном составе внеземных образцов, выявили существенную химическую гетерогенность вероятного первичного протопланетного вещества и его сложную допланетную историю. Стало понятно, что невозможна прямая аналогия земного и какого-либо конкретного типа внеземного вещества. Поэтому и сегодня, как и на заре развития геохимии в начале XX в., наши представления о химичес-

© А.А. Ярошевский

Статья подготовлена на основе лекции для соросовских учителей.

ком составе земного вещества базируются на достоверной информации об их распространенности в земной коре. Эти данные сохраняют свое фундаментальное значение в геохимии. Именно они лежат в основе понимания основных закономерностей распространённости и поведения химических элементов в природе. Земная кора, однако, в геохимическом отношении — весьма сложно построенный объект. В ее состав входят горные породы различного генетического типа (магматические, осадочные, метаморфические), химический состав которых варьирует в широких пределах. Она включает и огромное разнообразие локальных объектов (в том числе рудных месторождений). Содержания химических элементов в них отличаются на порядки, что весьма осложняет решение проблемы определения среднего химического состава земной коры. Исследования в этой области остаются актуальными в течение всех 100 лет развития геохимии.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СРЕДНЕГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕМНОЙ КОРЫ

Впервые оценку распространённости химических элементов в земной коре на основе современного систематического материала предпринял американский геохимик Ф.У.Кларк в 1889 г. Он исходил из представлений геологов о том, что земная кора — продукт затвердевания расплавленной Земли и общий (средний) химический состав коры должен быть равен среднему химическому составу пород магматических, рассматриваемых как первичные. Осадочные и метаморфические породы считаются вторичными продуктами преобразования магматического вещества в коровых процессах, и их средний состав (за исключением так называемых «летучих» компонентов — воды, углекислоты, хлора, серы и некоторых других) должен быть таким же, как и средний химический состав магматических пород. Такой подход позволил упростить проблему определения распространённости элементов в земной коре,

сведя ее к достоверному определению в магматических породах.

Однако и эта проблема не тривиальна — слишком велико геохимическое разнообразие магматических пород. Кларк попробовал ее решить, усреднив данные о химическом составе большого числа «случайных» проб, которые поступали в химическую лабораторию Геологической службы США. Итогом такой работы стала статья Ф.Кларка и Г.Вашингтона «Средний химический состав земной коры»¹. Рассчитанный авторами средний состав магматических пород, оказавшийся близким (за исключением летучих компонентов) к естественной «средней пробе» продуктов их выветривания — ледниковым глинам Скандинавии, — специально исследованный с этой точки зрения норвежским геохимиком В.М.Гольдшмидтом², стал классическим в геохимии.

Обобщенный в работах Кларка и Вашингтона материал отчетливо продемонстрировал одну важнейшую закономерность — резкое преобладание среди всего геохимического разнообразия магматических пород двух самых распространенных в земной коре их типов — гранитов и базальтов. Эта закономерность, хорошо известная геологам, но не нашедшая до поры до времени количественного выражения, позволила сделать следующий методически важный шаг в получении достоверной оценки распространённости всех, в том числе и весьма редких, элементов в земной коре. Оказалось, что имея прецизионные данные даже для небольшого количества проб гранитов и базальтов (существенно более однородных объектов, чем вся совокупность магматических пород) можно составить их некоторую смесь так, чтобы ее средний состав отвечал среднему составу главных типов осадочных пород глин и песков — продуктов разрушения магматического

¹ Clarke F.W., Washington H.S. // U.S.Geol.Surv. Prof.Pap. 1924. № 127. P.1—117.

² Гольдшмидт В.М. // Успехи химии. 1934. Т.3. Вып.3. С.448—483.

вещества земной коры. Опираясь на эту идею, получившую признание как принцип геохимического баланса, геохимики смогли получить достаточно полную картину распространенности химических элементов в земной коре. Исчерпывающая сводка этих материалов была опубликована А.П.Виноградовым³ в 1962 г., ее данные вошли в геохимические справочники, сохранив научное значение до настоящего времени.

Но упрощающие предположения, положенные в основу полученных результатов, оставляли место сомнениям в их достоверности. Казалось, есть очевидный путь проверки — получить прямые оценки распространенности в земной коре главных типов магматических, осадочных и метаморфических пород, определить их средний химический состав и «сложить» земную кору в целом. Путь, действительно, очевидный, но достаточно взглянуть на геологическую карту с весьма прихотливо распределенными пятнами огромного числа разнообразных горных пород, чтобы представить себе, сколь невероятно сложен этот путь. Но наука пошла по нему.

Первую попытку оценить распространенность главных типов магматических пород по геологическим картам на примере Аппалачей и Кордильер Северной Америки предпринял американский петрограф Р.Дэли в 1910 г. Существенно дополнил эти фрагментарные результаты С.П.Соловьев⁴, который привел весьма полные данные для 1/6 части суши, представляющей все типы геологических структур земной коры во всем диапазоне геологического возраста. Но настоящее решение этой проблемы стало возможным после того, как А.Б.Ронов в 40-х годах разработал метод измерения объемов горных пород осадочной оболочки. В течение последующих 40 лет он вместе со своими коллегами

и учениками выполнил огромную работу по составлению необходимых геологических карт всего мира, включая и дно океана, провел необходимые измерения и получил полную картину распространенности главных типов горных пород в осадочной оболочке⁵. Используя дополнительную информацию по территории так называемых древних щитов, в пределах которых на поверхности Земли обнажаются подстилающие осадочную ободочку кристаллические породы, удалось количественно охарактеризовать химическое разнообразие вещества по крайней мере верхней части земной коры.

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земная кора, согласно современным геологическим и геофизическим данным, представляет наружную твердую оболочку Земли, ограниченную сверху поверхностью суши и дном Мирового океана и отделенную от нижележащей оболочки (мантии) геофизическим разделом первого порядка — границей Мохоровичича. Строение и геологическая история коры в пределах континентов и океанов принципиально отличаются, и для решения геохимических задач целесообразно рассматривать по крайней мере два ее главных типа — континентальный и океанический (в обсуждаемой ниже схеме кора переходного типа включена в состав коры континентальной). Принятая в геохимических расчетах схема строения земной коры показана на рисунке.

Основной объем континентальной и субконтинентальной коры приходится на ее кристаллическое основание, которое на значительной части поверхности перекрыто породами осадочной оболочки. Объем таких пород не превышает 10% общего объема коры континентов. Кристаллическое основание коры имеет сложное строение. В

³ Виноградов А.П. // Геохимия. 1962. № 7. С.555—571.

⁴ Соловьев С.П. Распространенность магматических горных пород в СССР. М., 1952.

⁵ Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М., 1990.

его пределах с разной четкостью прослеживаются границы, разделяющие общий объем на блоки, отличающиеся по физическим свойствам, составу пород и геологической истории. Но статистически наблюдается систематическое изменение физических свойств с глубиной, что позволяет в целях создания обобщенной схемы строения континентальной коры разделить ее на две части. Верхняя — представляет собой гранитно-метаморфический слой («гранитная» оболочка), нижняя — гранулит-базитовый («базальтовая» оболочка). Наиболее ясно граница между этими двумя слоями прослеживается в пределах древних стабильных структур — континентальных плит. Строение более молодых складчатых сооружений сложнее, и здесь такое деление более условно.

Осадочная оболочка континентального блока сложена песками и песчаниками (их распространенность оценивается цифрой 23.6 об. %), глинами и глинистыми сланцами (43.9%), карбонатами (15.9%), кремнистыми породами (1.6%) и солями — хлоридами натрия и сульфатами кальция (1.1%); остальные типы пород (фосфориты, угли и др.) имеют столь малую распространенность, что их учет никак не повлияет на рассчитываемый средний химический состав осадочного вещества континентальной коры. В осадочную оболочку входят также вулканические породы (13.9%). Используя десятки тысяч анализов всех главных пород осадочной оболочки, можно рассчитать ее средний химический состав (табл.1).

Химический состав верхней части кристаллической коры континентального блока (гранитно-метаморфической оболочки) также можно оценить по распространенности пород и их среднему химическому составу. Измерения площадей выходов пород на поверхности щитов показали, что наиболее распространены гранитоиды (46.5%), основные магматические породы (1.9%), метаморфизованные древние осадочные и вулканические породы — метапесчаники (4.0%), гнейсы и кри-

сталлические сланцы (39.0%), карбонаты (1.6%), железистые кварциты (0.4%), амфиболиты (4.1%) и метаморфизованные кислые вулканические породы (2.4%). Полученный таким образом средний химический состав верхней части коры континентального блока приведен в табл.1.

Состав нижней части континентальной коры в настоящее время неизвестен. Его невозможно оценить по геофизическим данным (из-за неоднозначности интерпретации физических свойств пород в терминах их химического состава). Предполагаемые же пробы возможных представителей нижнего слоя — включений, выносимых некоторыми вулканическими породами на поверхность, редких в верхней части коры гранулитов, формировавшихся при повышенных температурах и давлениях, или пород, вскрытых глубиной Кольской скважиной, — не представительны для корректного расчета общего состава. Поэтому мы можем говорить лишь о модели химического состава гранулит-базитового слоя континентальной коры и при условии, что физические свойства предполагаемого геохимиками вещества не противоречат геофизическим данным. Именно в связи с этим мы вынуждены принять двухслойную схему строения коры континентального блока, распространяя достоверную оценку состава верхнего слоя лишь до некоторой глубины, статистически определяемой по усредненным геофизическим данным, а всю неопределенность знания химического состава глубинного вещества (и тем самым континентальной коры в целом) «списать» на модель состава гранулит-базитового слоя. В табл.1 приведен состав вещества этого слоя, обоснованный в работе А.Б.Ронова с соавторами на основе концепции геохимического баланса вещества континентальной коры (см. сноску 5).

По-видимому, строение (и геологическая история) океанической коры проще, чем континентальной, и имеющиеся данные даже оказываются более определенными. В строении

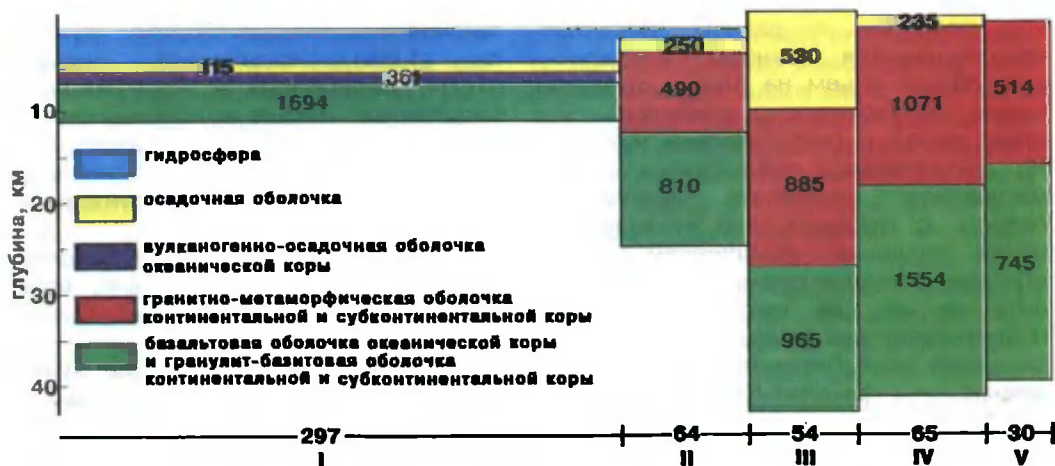


Схема строения земной коры. Цифры внутри прямоугольников показывают объемы оболочек в пределах тектонических блоков коры, млн км³. Римскими цифрами обозначены: I — океаническая кора, II — субконтинентальная кора, III — складчатые пояса континентов, IV — континентальные плиты, V — кристаллические щиты континентальных плит.

Таблица 1
Средний химический состав оболочек земной коры, вес. %

Тип коры	Континентальный				Океанический				Земная кора в целом
	Осадочная	Гранитно-метаморф.	Гранулит-базитовая	Средний состав	Осадочная	Вулканогенная	Базальтовая	Средний состав	
Масса, 10 ²⁴ г.	2.52	8.12	11.68	22.32	0.18	1.05	4.91	6.14	28.46
SiO ₂	51.82	63.81	48.69	54.55	39.72	50.16	50.20	49.89	53.54
TiO ₂	0.659	0.537	1.12	0.855	0.563	1.44	1.40	1.381	0.97
Al ₂ O ₃	12.89	14.92	17.74	16.17	9.51	14.97	14.97	14.81	15.87
Fe ₂ O ₃	2.50	1.75	0.92	0.92	3.34	1.79	1.73	1.79	1.11
FeO	2.91	3.68	10.81	7.32	1.31	8.82	8.82	8.60	7.60
MnO	0.115	0.086	0.22	0.159	0.260	0.180	0.180	0.181	0.164
MgO	3.32	2.83	6.70	4.91	2.13	7.53	7.54	7.38	5.44
CaO	9.93	4.08	11.69	8.72	19.18	11.62	11.73	11.93	9.41
Na ₂ O	1.96	3.02	2.71	2.74	1.43	2.43	2.41	2.38	2.66
K ₂ O	2.23	2.84	0.07	1.32	1.51	0.22	0.19	0.23	1.09
P ₂ O ₅	0.162	0.141	0.25	0.201	0.198	0.150	0.140	0.143	0.189
C _{орг}	0.48	0.05	0.07	0.07	0.11				0.06
CO ₂	7.21	0.90	1.14	1.14	14.29			0.42	0.99
SO ₃	0.219	0.105	0.063	0.063	0.355			0.010	0.052
S ²⁻	0.221	0.066	0.049	0.049	0.038			0.001	0.039
Cl	0.539	0.022	0.068	0.068	0.136			0.004	0.055
F	0.046	0.053	0.025	0.025	0.052			0.002	0.020
H ₂ O	3.04	1.17	0.77	0.77	5.94	0.69	0.69	0.85	0.78
Сумма	100.251	100.060	100.056	100.056	100.072	100.000	100.000	100.002	100.039

коры, подстилающей Мировой океан, по геофизическим данным выделяются три слоя. Верхний, весьма маломощный, отождествляется с неконсолированными молодыми осадками, геологический возраст которых не более 100 млн лет. Их состав хорошо известен. Были проведены прямые анализы тысячи проб, поднятых со дна океана драгированием или полученных в ходе глубоководного бурения на специализированных кораблях «Гломар Челленджер» и «ДЖОИДЕС Резолюшн» (табл.1). Состав пород второго сейсмического слоя океанической коры известен хуже, но положение спасает то, что главный его компонент — специфические глубоководные базальты отличаются удивительной геохимической однородностью («необычные» их разновидности мало распространены и не влияют на оценку среднего химического состава). Эти глубоководные базальты вскрыты бурением, выходят на поверхность дна на огромных площадях срединно-океанических хребтов и хорошо изучены геохимиками. Второстепенный компонент второго слоя — осадки, состав которых аналогичен составу осадков первого слоя.

Породы третьего, глубинного и главного по объему слоя океанической коры по своим физическим свойствам отвечают базальтам (или их эквивалентам, слабо измененным в результате взаимодействия с водой). Они обнажаются на склонах глубоких разломов на дне океана и, самое главное, по своим геохимическим особенностям оказываются аналогичными хорошо известным базальтам второго слоя. Эта геохимическая однородность горных пород океанической коры позволяет считать имеющиеся сегодня материалы представительными для вещества всего разреза океанической коры, и наши оценки ее среднего химического состава близки к истинным. Некоторые геологи допускают, что глубинные горизонты океанической коры сложены магматическими или метаморфическими породами другого химического состава. Но любые такие предположения не могут

«далеко выйти» за пределы базальтов или их геохимических аналогов, физические свойства которых лучше всего соответствуют геофизическим данным.

Рассчитав на основании этих данных и предположений средний химический состав континентального и океанического блоков земной коры, можно получить и общий состав всей наружной твердой оболочки Земли — ее коры (последняя колонка табл.1).

Теперь можно сравнить результаты оценки химического состава земной коры, полученные в разные годы различными методами (табл.2). При этом сопоставлении необходимо учитывать, что классические геохимические оценки состава «земной коры» Кларка, Гольдшмидта, Виноградова в действительности относятся к верхней части континентальной коры, вещество которой единственно было доступно для исследования. В целом сходимость результатов вполне приемлема, в особенности — оценок Виноградова и современных данных Ронова. Наблюдаемые расхождения можно считать мерой неопределенности полученных цифр.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕМНОЙ КОРЫ

Еще в своей замечательной книге «Биосфера» (1926) В.И.Вернадский сформулировал важнейшее положение о единстве вещества всей наблюдаемой Вселенной — к тому времени уже появились первые результаты количественной оценки химического состава звезд, что и позволило ученому говорить о совпадении величин распространенности химических элементов на Земле и в космосе в пределах порядка величины.

В настоящее время в качестве представительной пробы космического вещества, из которого, как мы полагаем, была сформирована Земля, рассматриваются каменные метеориты (хондриты) — представители твердой фракции вещества Солнечной системы. Доступные прецизионные оценки распространенности химических элемен-

Таблица 2

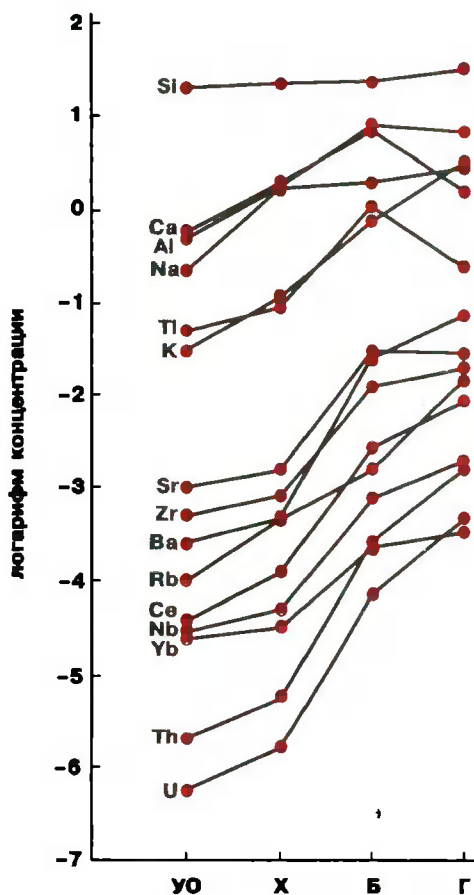
Сравнение различных оценок химического состава земной коры континентов, вес. %

Тип коры Автор Окислы	Верхняя часть континентальной коры				Континентальная кора
	Кларк, 1924	Гольдшмидт, 1938	Виноградов, 1962	Ронов и др., 1990	Ронов и др., 1990
SiO ₂	60.3	60.5	63.4	65.3	55.9
TiO ₂	1.0	0.7	0.7	0.55	0.85
Al ₂ O ₃	15.6	15.7	15.3	15.3	16.5
Fe ₂ O ₃	3.2	3.1	2.5	1.8	1.0
FeO	3.8	3.8	3.7	3.7	7.4
MnO	0.1	0.1	0.1	0.10	0.15
MgO	3.5	3.5	3.1	2.9	5.0
CaO	5.2	5.2	4.6	4.2	8.8
Na ₂ O	3.8	3.9	3.4	3.1	2.8
K ₂ O	3.2	3.2	3.0	2.9	1.4
P ₂ O ₅	0.3	0.3	0.2	0.15	0.20
Сумма	100.0	100.0	100.0	100.00	100.00

тов в хондритах, а также достаточно достоверная характеристика среднего химического состава земной коры и главнейших по распространенности в ее составе магматических пород — базальтов и гранитов — позволяет сегодня более детально сопоставить химический состав недифференцированного («примитивного») космического вещества и типичных представителей вещества планетной коры. Это сопоставление приводит к двум выводам принципиального значения: во-первых, полностью подтверждается суждение Вернадского о единстве вещества Земли и вещества Солнечной системы, а во-вторых, необходимо говорить о систематических различиях распространенности химических элементов в веществе земной коры и недифференцированном веществе Солнечной системы (но эти различия, как и подчеркнуто в оговорке Вернадского, для подавляющего большинства химических элементов остаются в пределах порядка величины).

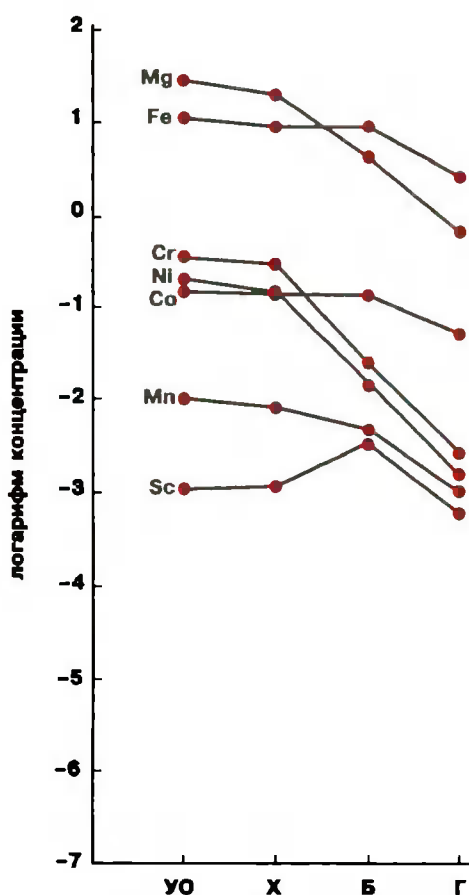
Анализируя установленные закономерности распределения химических элементов между веществом земной коры и недифференцированным веществом Солнечной системы, можно обратить внимание на то, что элементы, показанные на левом графике

второго рисунка, объединены одним общим свойством: они в условиях Земли образуют относительно легкоплавкие минералы (например, полевые шпаты) или входят в состав легкоплавких эвтектических смесей породообразующих минералов. По этому же свойству им противопоставляются элементы, показанные на правом графике, — и магний, и железо, и близкие к ним по физикохимическим свойствам менее распространенные элементы образуют в земных магматических системах тугоплавкие фазы (оливины, пироксены, хромит) или входят в их состав как примеси. Это наблюдение позволило обосновать важнейшую эмпирическую закономерность перераспределения химических элементов в ходе геохимической эволюции Земли и формирования земной коры: вещество коры обогащается «легкоплавкими» элементами, понижающими температуру ликвидуса силикатных систем. Кора в целом — это продукт выплавления из первичного вещества Земли легкоплавких смесей. Остаточным веществом в таком процессе является вещество, слагающее современную земную мантию, примером которого на втором рисунке выбраны ультраосновные магматические породы; их физические свойства вполне согласуются с геофи-



Распределение химических элементов в системе «мантия Земли (УО) — хондриты (Х) — базальты земной коры (Б) — граниты земной коры (Г)». По сравнению с силикатной фракцией хондритов горные породы земной коры существенно обогащаются «легкоплавкими» элементами, а остаточное вещество мантии Земли — «тугоплавкими».

зическими данными о свойствах глубинного вещества Земли. Геологическим образом этого процесса представляется магматизм, ведущий эндогенный процесс преобразования земного вещества, закономерности которого хорошо изучены петрологами и геохимиками. Параллельно процессу выплавления вещества земной коры идет выделение на поверхность Земли летучих элементов и соединений (воды, углекислоты, азота). На основании



этих данных и их интерпретации Виноградовым был сформулирован принцип выплавления и дегазации как основной принцип, которому следует геохимическая дифференциация Земли с формированием ее наружных оболочек — земной коры, гидросферы и атмосферы. В качестве физико-химического механизма этого процесса Виноградов предложил механизм зонного плавления и продемонстрировал аналогию картины перераспределения химических элементов при зонном плавлении силикатной фракции хондритов и в природной системе — в красивом эксперименте⁶, поставленном им еще в 1955 г.

⁶ Виноградов А.П. Химическая эволюция Земли. М., 1959.

Понимание механизма образования земной коры как результата формирования в мантии и поступления к поверхности Земли легкоплавких расплавов позволяет использовать конкретные данные по химическому составу продуктов их затвердевания (магматических пород глубинного происхождения) в качестве оценки общего среднего состава вещества коры (кора сложена тем веществом, которое поступает из земных недр в качестве продукта их дифференциации). Именно это положение и было использовано для расчета неизвестного пока химического состава глубинной — гранулит-базитовой — оболочки континентальной коры (табл.1). При этом мы опирались на данные о среднем химическом составе вулканических пород глубинного происхождения в составе складчатых поясов, в пределах которых, как полагают геологи, происходит накопление вещества, формирующего континентальную кору.

Таким образом, в настоящее время стало ясно, что химический

состав земной коры (распространенность в ее веществе химических элементов) определяется двумя важнейшими природными процессами — нуклеосинтезом элементов, который идет на различных стадиях формирования и эволюции звезд и общий итог которого «записан» в составе Солнца, хондритов, а затем их перераспределением в ходе геохимической дифференциации земного вещества. Количественный результат первого процесса — распространенность элементов в среднем космическом веществе — определяется стабильностью ядер атомов в различных ядерных процессах, тогда как поведение и разделение элементов в ходе геохимической дифференциации Земли — строением их электронных оболочек. Второй процесс вносит лишь некоторые поправки в первичную распространенность, заданную ядерными процессами, но эти «поправки» для геохимической истории Земли и формирования на ее поверхности биосферы имеют принципиальное значение.

Личностное знание и парадоксы истории генетики

К 175-летию со дня рождения Менделя

М. Д. Голубовский,
доктор биологических наук
Институт истории естествознания и техники
Санкт-Петербург

*Наука гораздо ближе к мифу, чем
готова допустить философия науки.*

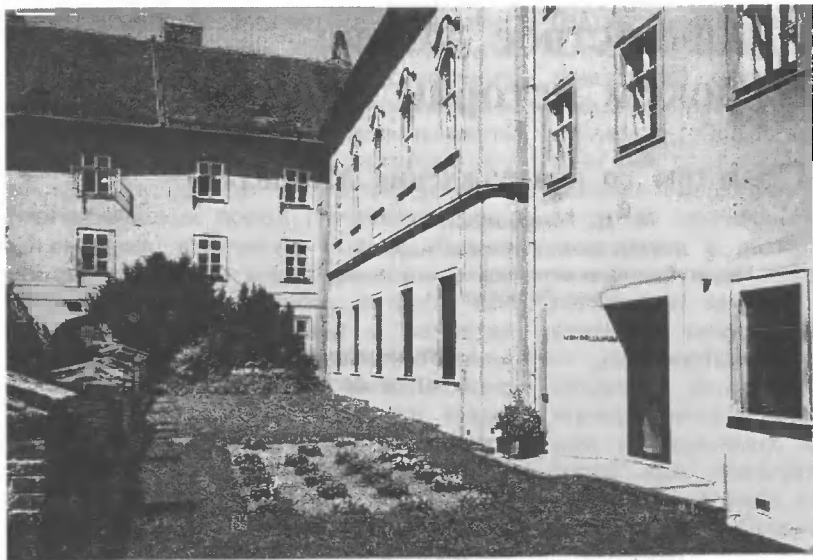
Поль Фейерабенд



ГРЕГОР МЕНДЕЛЬ (1822–1884).

ИСТОРИЯ возникновения генетики окутана мифологическим флером. Она звучит примерно так: «Никому

не ведомый настоятель монастыря в Брно Грегор Мендель опубликовал в 1866 г. в малочитаемом журнале свою статью о законах наследования. Работа оставалась неизвестной около 30



Музей Менделя в Брно. Садик, где Мендель проводил свои опыты.

лет, а затем в 1900 г. и статью и законы одновременно переоткрыли три исследователя: Г. де Фриз, К. Корренс и Э. Чермак. В таком изложении подразумевается, что если бы имя Менделя было известно, а его статья появилась бы в широко читаемом журнале, то ее тут же признали.

Однако опыт истории науки говорит, что длительная задержка с признанием работы первооткрывателя — это скорее норма, нежели казус. Недавние историко-научные изыскания показали, что труд Менделя был вовсе не так уж не известен ботаникам. Даже «переоткрыватели» де Фриз и Корренс знали о нем задолго до 1900 г., но не сразу поняли и оценили.

Сходная ситуация произошла и с открытием вирусов, вызывающих рак. Первая публикация Ф. Рауса о том, что вирусный агент вызывает переливаемую саркому у кур, вышла в 1911 г. Затем Раус описал другие опухоли, индуцируемые вирусом, но скепсис продолжался вплоть до середины 60-х годов. Лишь спустя полвека, в 1966 г., это открытие было отмечено Нобелевской премией.

Задача статьи — показать, что длительная задержка, примерно 25—30 лет, в признании многих выдающихся открытий — вполне закономерное

явление в развитии науки. Причины такого факта коренятся в самой сути научного познания, в психологических трудностях восприятия нового, а также в некоторых особенностях науки как социального института.

ЛИЧНОСТНОЕ ЗНАНИЕ

На рубеже 60—70-х годов произошла резкая смена представлений о том, каковы основания, цели, принципы развития науки, где проходит граница и есть ли она между научным, ненаучным или псевдонаучным. Излишний ригоризм науки начала XX в. подвергся критике. Пришлось отказаться от традиционного взгляда, что в научном познании есть лишь один путь к истине, все остальное — заблуждения. Большую роль здесь сыграли философы и историки науки, прежде всего К. Поппер, И. Лакатос, Т. Кун, М. Полани, П. Фейерабенд.

Особенно продуктивной в понимании многих парадоксов в истории науки, и генетики в частности, мне представляется концепция личностного знания английского физико-химика Майкла Полани (венгра по происхождению).

Стержень этой концепции — су-

ществование двух типов знания: явно-го, вербализуемого и выражаемого в словах, знаках, и неявного, скрытого, подразумеваемого или имплицитного. Целостные свойства сложной системы нельзя познать лишь изучением отдельных элементов, постичь их невозможно без интуиции, субъективного отношения к объекту познания. Многими фактами из истории науки Полани обосновывает тезис, что в «каждом акте познания присутствует страстный вклад познающей личности» как необходимый элемент знания об объекте¹. Неявное знание существует как предчувствие, предсознание, в форме персональных символов или образов. Эти неявные личностные элементы осознаются лишь посредством участия в постижении целого.

Справедливость концепции личностного знания подтвердилась в работах по использованию ЭВМ как средства представления знаний, которые привели к рождению новой научной дисциплины — когнитологии, исследующей способы выявления, вербализации, представления знаний эксперта в виде логических символов. Здесь-то и выяснилось, что эксперт, знания которого хотя и заложить в машину, не только не знает их границ, но и не всегда в состоянии по своей воле вызвать любой фрагмент и поставить его под контроль сознания. «От эксперта нельзя требовать и соотнесения своего знания с общепринятыми мнениями других экспертов или требовать обоснования его собственных суждений»². Задача когнитолога — особыми приемами приблизиться к неявному знанию, слитому с личностью эксперта.

О КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ОТКРЫТИЯХ В ГЕНЕТИКЕ

Полани вводит важное для истории науки понятие «**концептуальное открытие**», позволяющее выразить неявное знание или неявно принимаемое

допущение в ясной, доступной для других знаковой форме.

В истории генетики роль таких открытий, к которым следует отнести введение новых терминов, понятий, способов представления данных, символики, а также собственно концептуальных моделей, очень велика. Мендель ввел буквенную символику для обозначения разных факторов и фенотипически контрастных и отличающихся по характеру доминантности-рецессивности состояний одного и того же наследственного фактора. Это позволило представить в ясной форме характер наследования признаков в ряду поколений, анализировать количественные закономерности расщепления и его сложные случаи.

Удивительна судьба понятия «ген». В 1909 г. В.Иогансен предложил его вместо термина «наследственный фактор» ради краткости и удобства сочетания с другими корнями. Термин «ген» Иогансен использовал прежде всего для конструирования понятий «генотип» и «фенотип». В 1926 г. он с некоторым смущением отмечал, что его словечко «ген» материализовалось в хромосомной теории Моргана, хотя Иогансен вовсе не связывал ген с хромосомой³.

Можно привести пример и противоположной ситуации, когда важное новое наблюдение или открытие не получает сразу удачного вербального воплощения и потому, возможно, запаздывает в признании. В 1995 г. американский генетик Э.Льюис получил Нобелевскую премию за исследование так называемых гомеозисных генов, которые определяют план строения тела у животных. В кратком очерке истории проблемы он отдает дань В.Бэтсону, обладавшему удивительным чувством языка и способностью к удачной символизации явлений в области наследственности и изменчивости⁴. Бэтсон в 1884 г. изобрел

¹ Полани М. Личностное знание. М., 1986.

² Шрейдер Ю.А. ЭВМ как средство представления знаний // Природа. 1986. № 10. С. 14—22.

³ Иогансен В. Элементы точного учения об изменчивости и наследственности. М., 1933.

⁴ Lewis E.B. Homeosis: the first 100 years // Trends in Genet. V.9. № 4. P.269—337.

такие термины как «меристические признаки», т.е. мерные, доступные счету, и «гомеозис» — появление на месте одного сегментарного органа другого, несвойственного для данного участка тела, а в 1906 г. он придумал название новой науки — генетика (за несколько лет до появления термина «ген») и ввел термины «гомозигота», «гетерозигота», «аллеломорф».

Рождение популяционной генетики датируется появлением в 1926 г. статьи С.С.Четверикова, в которой была развита целая серия концептуальных представлений, таких как «мутационное давление», «генотипическая среда», получивших вскоре экспериментальное подтверждение. Эта работа Четверикова на десятилетия определила направление экспериментальных работ в данной области⁵.

Можно назвать и другие концептуальные открытия в области популяционной и эволюционной генетики, сделанные учениками и последователями Четверикова: представление о генофонде и геногеографии; концепция генетико-автоматических процессов или дрейфа генов; формулирование принципов генетического анализа и необходимых терминов при исследовании фенотипической реализации генотипа (пенетрантность, экспрессивность, специфичность, генетическая конституция); концептуальная разработка цитогенетического метода контроля численности популяций насекомых-вредителей⁶.

О КОМПЛЕКСЕ ПИГМАЛИОНА

Представление о личностном знании включает в себя не только то, что каждый исследователь может выразить словесно. Ведь выбор путей и методов познания, способов ориентации в

хаосе фактов и предпочтения наиболее важных среди них — индивидуальны. Науку нельзя считать чем-то объективным, существующим независимо от ее эмоциональных корней. Страстность в науке интеллектуальна и связана с самой сутью познания. Именно эмоции, чувство прекрасного позволяют выделять факты или концепции, имеющие смысл, и формируют чувство научной ценности.

Когда мы создаем понятие, пишет Полани, «Пигмалион, живущий в нас, всегда готов пойти вслед за своим творением». У исследователя возникает естественное стремление убедить других в открывшейся ему красоте. Именно такие эмоции двигали Менделеем, когда он в первых же строках своей известной работы писал о «поразительной красоте» соотношений в потомстве гибридов. Он верил, что открыл всеобщий закон, в основе которого лежат взаимодействия невидимых дискретных наследственных факторов.

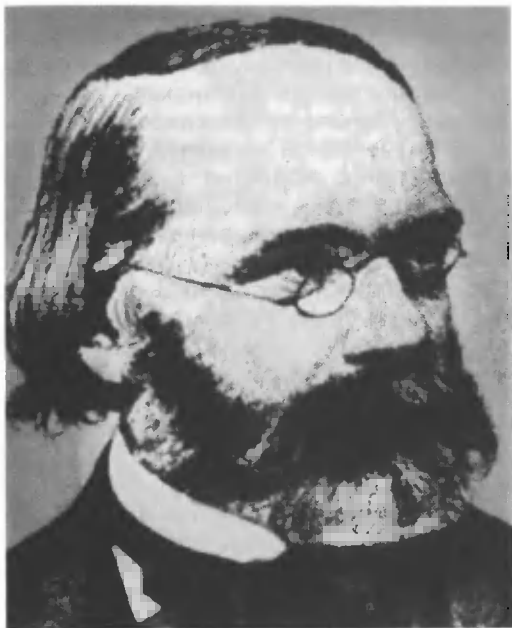
Стремление убеждать других — естественный порыв первооткрывателя. Но тут возникает следующая проблема. В той мере, в какой открыватель предается новому видению, он отделяет себя от других, мыслящих старыми понятиями. Как писал Полани, сторонники новой системы взглядов могут убедить свою аудиторию, только завоевав ее интеллектуальные симпатии по отношению к доктрине. Те, кто слушает с **сочувствием** (выделено мной. — М.Г.), смогут открыть для себя то, чего они в противоположном случае никогда бы не поняли. Такое принятие нового есть эвристический процесс, в котором личность изменяет себя.

С.В.Мейен провозгласил «принцип сочувствия» не только как необходимый элемент на пути признания новых открытий, но и как необходимый элемент научной этики. Не отвергать с порога непривычные идеи и построения, а стараться поставить себя на место оппонента, проявить «со-интуицию», «со-чувствие»⁷.

⁵ Бабков В.В. Московская школа эволюционной генетики. М., 1985; Воронцов Н.Н., Голубовский М.Д. Популяционная и эволюционная генетика в СССР в вавилонское время (1917—1941) // Вавилонское наследие в современной биологии. М., 1989. С.270—298.

⁶ Golubovsky M.D., Kaidanov L.Z. // *Biopolymers and cells*. 1994. V.10. № 5. P.49—67.

⁷ Мейен С.В. Принцип сочувствия // Пути в незнаемое. М., 1977. Вып.13.



Карл Нэгели (1817—1891).

УРОВНИ ПОСТИЖЕНИЯ

Можно выделить три ступени научного постижения: знание о каком-либо явлении; его глубокое понимание; эмоциональное отношение, личностное переживание.

Для иллюстрации приведу одно любопытное место из переписки двух выдающихся генетиков — Б.Л.Астаурова и С.Н.Давиденкова. Астауров пишет о своем истолковании феномена неполно проявляющихся признаков и об отсутствии корреляции в проявлении многих билатеральных признаков на правой и левой сторонах тела при казалось бы полной идентичности генотипа и среды. Когда Астауров открыл это явление, он, по его словам, «был ошеломлен парадоксальностью наблюдения». Выход был найден в постулировании третьей причинной стороны изменчивости (помимо генотипа и среды), связанной со случайностями сложного многостадийного процесса реализации признака, с выбором на каждой стадии нормально-го или мутантного хода развития.

Идею Астаурова затем с успехом

применил В.П.Эфроимсон для объяснения сильного разброса в проявлении и выражении генетически зависимых психологических патологий, вызванных независимой реализацией мутантного признака в правом и левом полушарии мозга. Чтобы оценить идею Астаурова, мало было знать о ней, надо было ее «прочувствовать». Так и пишет Астауров в 1949 г. в письме к Давиденкову: «По опыту я знаю, что изложенные мной соображения далеко «не прочувствованы» даже весьма искусственными генетиками-теоретиками и притом даже теми наиболее проницательными из них, которые не только сделали основной вклад в анализ неполно проявляющихся признаков, но и сумели усмотреть их значение для области невропатологии»⁸.

Чувство убежденности в истинности обнаруженной закономерности открывает новые грани реальности, сопутствует настоящему творчеству. Поэтому не упреком, а похвалой может звучать реплика, что исследователь относится к своему открытию или гипотезе, как Пигмалион к Галатее. Человек не может бесстрастно относиться к своему творению. Даже всемогущий Господь на шестой день творения, по свидетельству Библии, не смог сдержать эмоций и воскликнул: «Это хорошо!»

МЕНДЕЛЬ: СУДЬБА ОТКРЫТИЯ И ПЕРЕОТКРЫТИЯ

«Мендель дал ответ на вопрос, который в то время еще не был задан; не потому ли он так долго оставался без отклика», — предположил В.В.Налимов. Действительно, известный молекулярный генетик Г.Стент развил представление о «преждевременных открытиях», к которым сообщество не готово или которые резко расходятся с доминирующей концепцией.

Так, в 1908 г. английский врач Гаррод, изучая родословные семей с алкаптонурией (выделение мочи красного цвета) пришел к выводу, что

⁸ Астауров Б.Л. К итогам моей научной деятельности в области генетики // Научно-ист. исслед. М., 1978. С.114—160.

больные — это гомозиготы по рецессивному гену, блокирующему одну реакцию азотистого обмена. Случаи наследуемого нарушения такого рода Гаррод назвал «врожденными ошибками метаболизма». Это было по существу предвосхищение концепции «один ген — один фермент». Но поскольку о генах еще ничего толком не знали, работа Гаррода осталась незамеченной. Как считает Стент, «идеи Гаррода, как и идеи Менделя, видимо, были слишком передовыми. Поэтому они мало повлияли на состояние генетических идей того периода»⁹.

Однако проблему, которой посвятил свою работу Мендель, никак нельзя назвать преждевременной. Парижская академия наук в 1861 г. объявила конкурс на тему: «Изучить растительные гибриды с точки зрения их плодovitости, постоянства или непостоянства их признаков». В задачу конкурса входило «проделать ряд точных исследований» и, в числе прочих, ответить на вопрос: «Сохраняют ли гибриды, размножающиеся самооплодотворением в течение ряда поколений, признаки неизменными... или же, наоборот, они всегда возвращаются к формам их предков»¹⁰.

В 1860 г. Пастер победил Пуше в знаменитом споре о самозарождении, что оказало огромное влияние на мировоззрение современников. Победитель конкурса 1861 г. Ш. Нодэн в своей работе «Новые исследования над гибриднойностью у растений» дал вполне определенные ответы: в первом поколении гибридов наблюдается сходство всех потомков и их единообразие; начиная со второго и последующих поколений происходит «разложение гибридных форм» на исходные родительские типы; возврат к родительским формам и появление новых комбинаций связано с разъединением сущностей (наследственных задатков) при образовании пыльцы и яйцеклеток.

⁹ Стент Г. Об открытиях преждевременных и неповторимых // Краткий миг торжества. М., 1989. С. 164—176.

¹⁰ Гайсинович А.Е. Зарождение и развитие генетики. М., 1988.

Каждому, кто знаком с основами генетики, видно, что выводы Нодэна в принципе соответствуют закономерностям наследования признаков, установленным Менделем. Исследование Нодэна, отмеченное премией, сразу же стало хорошо известно в биологической литературе прошлого века. Как отмечает А.Е. Гайсинович, «при всяком изложении проблемы гибридизации работа Нодэна приводилась в качестве последнего слова науки».

И все же, почему мы говорим о законах Менделя, а не Нодэна? Тем более, что в исследовании Нодэна сообщаются данные по многим видам растений, а у Менделя в основном взят один вид — горох. Ответ можно дать такой: Нодэн установил много интересных и важных фактов и ряд эмпирических закономерностей, но смысл и «душа фактов» (выражение Анри Пуанкаре) оставались неясными. Разнообразие взятых в опыты форм увеличивало количество высказываний, но уменьшало их обязательность.

Совсем иные следствия вытекали из работы Менделя, и поныне составляющей фундамент генетики¹¹. И вот почему.

Во-первых, он создал научные принципы описания и исследования гибридов и их потомства (какие формы брать в скрещивание, как вести анализ в первом и втором поколениях, как использовать систему символов и обозначений и т.д.); во-вторых, установил законы наследования отдельных пар признаков в ряду поколений, позволяющие делать предсказания; и, наконец, в неявной форме высказал идею бинарности наследственных задатков, т.е. каждый признак контролируется парой задатков (или генов, как стали их потом называть), которые у гибридов никуда не исчезают и не изменяются, но расходятся при образовании половых клеток и затем свободно комбинируются у гибридов и их потомков (законы расщепления и комбинирования). Парность

¹¹ Мендель Г. Опыты над растительными гибридами. М., 1965.



Гуго де Фриз (1848—1935).

здатков, парность хромосом, двойная спираль ДНК — таково логическое следствие идей Менделя.

Хотя «Труды Общества естествоиспытателей» в Брно, где была опубликована статья Менделя, поступили в 120 научных библиотек мира, а Мендель дополнительно разослал 40 отписок, его статья имела лишь один отклик от К.Нэгели, известного мюнхенского ботаника. Нэгели, который занимался гибридизацией, выдвинул умозрительную теорию наследственности и ввел термин «модификация», благосклонно оценил работу Менделя, но резонно посоветовал проверить опыты на других видах, ибо, возможно, результаты наследования получатся существенно иные.

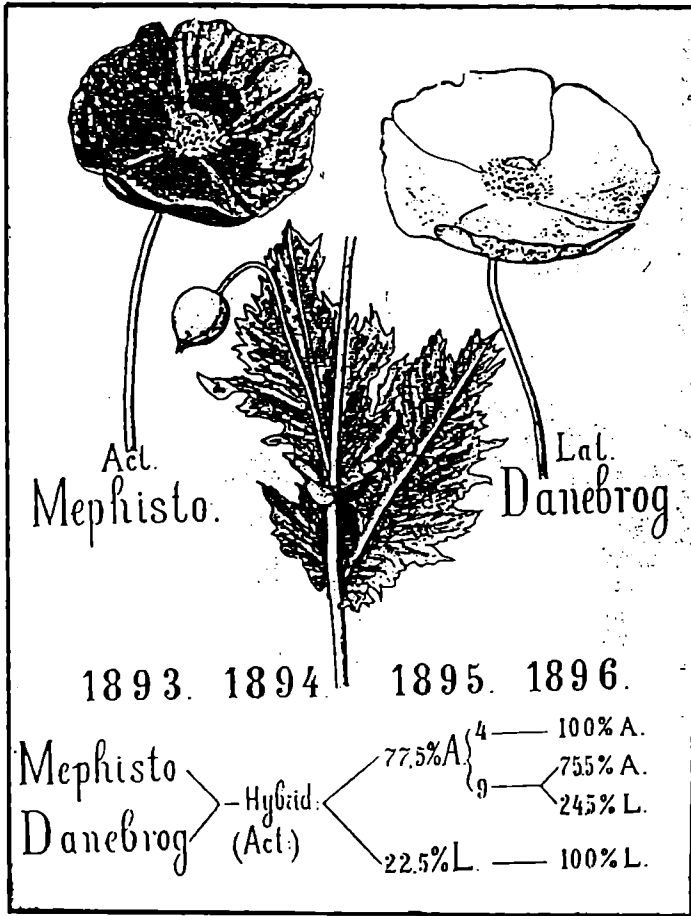
Причины холодного приема работы Менделя понятны. Опыты требовали повторения на других видах, чего Мендель не смог сделать на ястребинке (как теперь ясно, из-за партеногенетического образования семян). Любой исследователь, занимающийся

гибридизацией, вопреки менделевскому принципу независимости мог легко указать на случаи сцепленного наследования признаков. Независимо могут наследоваться лишь признаки, у которых контролирующие их наследственные факторы локализованы в разных хромосомах.

Повезло ли Менделю? Ведь он исследовал семь пар признаков у гороха, имеющего семь пар хромосом, и не обнаружил сцепления. С одной стороны ему действительно повезло. У гороха по сравнению с другими растениями одни из самых длинных хромосом и гены, расположенные в одной и той же хромосоме, в силу перекреста хромосом и обмена их участками проявляют весьма слабое сцепление. Но все же, как теперь выясняется, две пары признаков, изученных Менделем, сцеплены, причем одна пара достаточно тесно, чтобы это не заметить¹². По всей видимости, Мендель, если и натолкнулся на некоторые неясные результаты, то сознательно абстрагировался от них, дабы сохранить стройную силу закона. В этом его гениальность.

В глубине души Мендель, видимо, верил, что открыл общий закон. Он ясно указывает на это в первых же строках своей работы: «Поразительная закономерность, с которой всегда повторялись одни и те же гибридные формы при оплодотворении между двумя одинаковыми видами, дала толчок к дальнейшим опытам, задачей которых было проследить развитие гибридов в их потомках». Слова «поразительная закономерность» и «толчок» — ключевые, на них мало обращают внимания историки генетики. А между тем, здесь выражена именно та эмоциональная сторона науки, которая неотделима от объективности. Интуитивно предугаданная Менделем закономерность поразила его своей внутренней логикой и красотой и дала толчок к трудоемким семилетним опытам.

¹² Piegorsch W.W. // Hist. Sci. V.24. № 2. P.173—182.



Таблицы, которые использовал де Фриз, около 1900 г. при чтении лекций в университете Амстердама. Показаны результаты скрещивания и поведение гибридов в ряду поколений мака *Papaver somniferum* с красными цветами и черной сердцевинной (форма Mephisto), со слабо окрашенными цветами и белой сердцевинной (форма Danebrog). В центре — лист мака — лист мака — лист мака. Вместо терминов «доминантный» и «рецессивный» де Фриз использует термины «активный» (Act, A) и «латентный» (Lat, L).

Красота и строгость числовых соотношений — 3:1, 9:3:3:1, выявленные на горохе, возможность предсказывать поведение гибридов и характер расщепления во втором и третьем поколении, гармония, в которую удалось уложить хаос фактов, — все это внутренне убеждало Менделя во всеобщем характере найденных им законов. Оставалось убедить других внести гармонию в мир — самое трудное и длительное дело.

Работа Менделя не осталась полностью незамеченной. Так, еще в 1881 г. ботаник В.Фоке в своей капитальной сводке, как подсчитал А.Е.Гайсинович, упоминает Менделя на протяжении 570 страниц 15 раз, не выделяя, однако, его имени среди других. Фоке не проник в «душу

фактов», он руководствуется менторским выводом: «Ничто так не показало свою никчемность, как поспешные обобщения отдельных наблюдений».

На самом деле непонимание или недооценка работы сплошь и рядом имеет место, даже если она опубликована в известном журнале и цитируется. По этому поводу один из создателей хромосомной теории наследственности А.Стертевант пишет: «Следует помнить, что неспособность Нэгели оценить статью Менделя в 1866 г. может быть сравнима с неспособностью Пирсона оценить эту же работу в 1904 г. Оба были выдающимися людьми, оба активно изучали наследственность, но обоим результат Менделя казался тривиальным случаем описания наследования ряда незначительных признаков, не

имеющих ни особого значения, ни проливающих свет на общую теорию наследственности¹³».

Стертевант справедливо замечает, что в 1900 г. была переоткрыта лишь статья Менделя, но смысл и глубину его законов ни один переоткрыватель сразу не понял. Историки генетики, проследив, как заново открывали законы Менделя де Фриз и Корренс, обнаружили новые удивительные факты. Триада знание — понимание — эмоциональное отношение (синдром Пигмалиона) раскрылась во всей ее динамике и драматизме.

Автор теории мутаций Г. де Фриз в конце XIX в. ближе других биологов подошел к корпускулярной теории наследственности. В 1889 г. он опубликовал книгу «Гипотеза интрацеллюлярного пангенеза» (интрацеллюлярный — внутриклеточный), в которой многие положения звучат вполне современно. По догадкам де Фриза, признаки каждого вида определяются элементарными наследственными единицами, пангенами, способными размножаться и комбинироваться друг с другом. «Все наследственные особенности должны быть представлены в ядрах соответствующими пангенами... ядра имеют значение как местонахождение наследственных особенностей»¹⁴. Поэтому суть оплодотворения состоит в объединении клеточных ядер яйцеклетки и спермия. Пангены могут быть в двух состояниях: активном и неактивном, или латентном (в дальнейшем де Фриз пророчески высказал гипотезу о наличии еще одного — лабильного, или нестабильного состояния наследственных факторов). В клетках зародышевого пути большинство пангенов находится в латентном состоянии. Они выборочно активируются в ходе развития организма в соматических клетках при внутриклеточном транспорте из ядра в цитоплазму. «В ядре имеются все виды пангенов

данного организма; остальная протоплазма содержит в каждой клетке по существу только те пангены, которые ей нужны для деятельности. Активация может происходить в ответ на внешние раздражения. «Взаимодействие между ядром и цитоплазмой динамическое», — писал де Фриз. Поскольку действительно активация генов в онтогенезе состоит в гено-специфичном транспорте информационной РНК из ядра в цитоплазму, прозрения де Фриза звучат вполне современно.

Гибридологические опыты де Фриз начал в начале 90-х годов. Историки установили, что в середине десятилетия он узнал о работе Менделя, но, как точно заметил голландский историк науки О.Мейер, это было «чтение без понимания»¹⁵.

В 1890 г. при подготовке к печати своих обширных гибридологических данных де Фриз лично получил оттиск статьи Менделя от своего старшего коллеги, выдающегося ботаника и микробиолога, голландца М.Бейеринка. Тут знание сразу перешло в понимание.

В трех вариантах своей статьи с изложением «закона расщепления гибридов», отправленных в разные журналы, де Фриз решительно утверждает, что установленный Менделем закон «находит общее применение в растительном царстве и имеет принципиальное значение для изучения единиц, из которых слагаются видовые признаки».

Совершенно замечательная картина перехода «знание—понимание» выявилась при исследовании рабочих журналов второго переоткрывателя К.Корренса, который в 1896—1899 гг. проводил опыты на горохе и кукурузе, изучая таинственный в то время феномен ксений. (Так ботаник Фоке назвал прямое влияние пыльцы на признаки окраски, формы, размера плода материнского растения.) Смысл ксений выявился лишь после 1899 г., когда цитологи открыли у растений двойное оплодотворение и выяснили,

¹³ Sturtevant A. The History of genetics. Harper and Row. N.Y., 1965.

¹⁴ Фриз де Г. Избранные произведения. М., 1932.

¹⁵ Meier O.G. // Annals Sci. 1985. V.42. P.189—232.

что не только зародыш, но и окружающие его ткани эндосперма имеют гибридное происхождение.

В 1929 г. Корренс вспоминал о своем переоткрытии законов Менделя: «Это было бессонной ночью в ноябре, уже ближе к утру, когда внезапно ко мне пришло объяснение результатов опытов на горохе и кукурузе. В то время я как раз был в процессе подготовки публикации и систематически анализировал литературу. И тут я понял — с помощью сводки Фоке «Pflanzenmischlinge» — что Мендель обнаружил и опубликовал все это уже тридцать пять лет назад... объяснение данных сразу стало мне ясным. Я не помню точно день, когда осенью 1899 года я нашел объяснение... я только знаю, что оно пришло ко мне как «вспышка молнии», когда поутру, проснувшись, я вновь мысленно просмотрел результаты. Сейчас я не припомню, когда впервые прочитал работу Менделя. В любом случае это случилось спустя несколько недель»¹⁶.

Но воспоминания подвели Корренса. Он оказался в плену собственной мифологии. Как обнаружил недавно Г.Райнбергер, Корренс внимательно прочитал работу Менделя еще 16 апреля 1896 г., сделал ее краткий содержательный реферат¹⁷. Он отметил также и соотношение 3:1, но не придавал ему особого значения. Подобная, свойственная каждому человеку избирательность восприятия вызывает в памяти ироническую присказку в переводе С.Я.Маршака: «Где была ты киска? / У королевы у английской / Что видала при дворе? / Видала мышку на ковре!»

В 1899 г. Корренс публикует статью о ксениях и в связи с ними впервые упоминает имя Менделя. Однако 21 апреля 1900 г. Корренс получает от де Фриза оттиск его краткого сообщения в «Трудах Французской академии наук». И вот тут-то, видимо, произошло понимание. Заметка де Фриза побудила

Корренса через день послать сообщение о своих работах с подтверждением правил Менделя.

Итак, и Корренс, и де Фриз сначала читали Менделя «без понимания», причем сам факт чтения переместился в дальнейшем в подсознание. Любопытно, что де Фриз и Корренс, достигнув понимания, не выражали своего эмоционального отношения к красоте найденных Менделем законов.

Дополнительная причина забвения или невнимания к работе Менделя кроется в области социальной психологии. Некая чеховская героиня непременно хотела, чтобы на ее свадьбе был генерал. Пусть даже полувыживший из ума, несущий чепуху, но генерал. Ибо это в глазах людей поднимает социальный статус творимого в их присутствии действия. Научное сообщество подвержено той же самой психологической слабости: одна и та же идея, высказанная безвестным автором или маститым ученым, имеет отнюдь не равные шансы быть воспринятой.

В самом факте переоткрытия законов Менделя в 1900 г. и в их взрывном признании есть и определенный «эффект генерала». Первой все же появилась статья знаменитого к тому времени Гуго де Фриза! Корренс, бывший учеником Нэгели, и начинающий исследователь Э.Чермак послали имевшиеся наброски своих статей в печать, будучи уже уверены в ответе на задачу. Так ученик, сомневаясь в решении задачи, но узнав ответ, сразу обретает уверенность и отбрасывает сомнения в правильности решения. Красивый миф о независимости и одновременности открытия законов Менделя плохо соответствует историко-научным реалиям.

БАРБАРА МАК-КЛИНТОК: АВТОРИТЕТ И НЕПРИЗНАНИЕ

«Эффект генерала» отсутствовал в случае с признанием ценности работ Мак-Клинткок по подвижным элементам. Когда в 1951 г. она опубликовала итоги своих шестилетних работ о контроле мутабельности со стороны

¹⁶ Смотри сноску 15.

¹⁷ Rheinberger H.-J. When did Carl Correns read Gregor Mendel's paper // *Isis*. 1995. V.86. P.612—616.

прыгающих генов, ее авторитет среди генетиков был очевиден: работа 1931 г. по цитологическому доказательству перекреста хромосом цитировалась как классическая почти во всех учебниках; высоко оценивались ее исследования по поведению хромосом в мейозе, цитогенетическому доказательству кроссинговера, открытию важной клеточной структуры — ядрышкового организатора; из 17 крупных открытий в цитогенетике кукурузы, сделанных в период с 1929 по 1935 г., 10 принадлежали Мак-Клинтон.

В 1939 г. Мак-Клинтон — уже вице-президент Американского генетического общества, с весны 1944 г. она — член Национальной академии наук, самой престижной организации США.

Это был третий случай в истории американской Академии, когда избиралась женщина. В ответ на поздравления одного из ведущих генетиков США Т.Соннеборна Мак-Клинтон писала: «Вы проявили и внимание, и благородство, поздравив меня с избранием в Академию наук. Я должна признаться, что была ошеломлена. Евреи, женщины и негры обычно дискриминируются и не должны ожидать многого. Я вовсе не феминистка, но мне всегда доставляет удовлетворение, когда рушатся аналогичные барьеры — для евреев, женщин, негров»¹⁸.

И все же, несмотря на высокий (в отличии от Менделя) авторитет Мак-Клинтон, сделанное ею уже в ранге американского академика открытие оставалось непонятым или в лучшем случае — на периферии науки еще около 25 лет. Здесь можно назвать следующие причины неприятия:

— особенность исследовательского подхода Мак-Клинтон, ее устремленность к целому, «чувство организма», как определяла сама Мак-Клинтон свой подход. Это чувство внерационально, лично, его невозможно передать другим, как методику или рецепт;

— сложность понимания цитогене-

тики, требующей долгой тренировки, пространственного воображения (как чтение рентгеновских снимков требует специальной подготовки врача-рентгенолога);

— выводы Мак-Клинтон противоречили ряду основных положений хромосомной теории наследственности, таких как стабильное положение гена на хромосоме, случайность мутаций, их низкая частота, непредсказуемость; но именно эти положения классической генетики легли в основу взглядов общепринятой так называемой синтетической теории эволюции;

— после открытия двойной спирали ДНК и концепции «главной молекулы» интересы резко сместились в сторону молекулярной генетики, но элементы, не имеющие строгой локализации, с неясной молекулярной природой повисали в воздухе (у материалиста-прагматика не вызывает интереса то, что не имеет материального воплощения, оно как бы и не существует).

Чувство целого у Мак-Клинтон, ее потрясающая цитологическая интуиция вызывали удивление даже у цитогенетиков. В ответ на замечание ее коллеги М.Родса, как она умудряется, смотря на клетки под микроскопом, видеть столь много, Мак-Клинтон сказала: «Когда я смотрю на клетку, я чувствую, что погружаюсь в эту клетку и выглядываю оттуда». Такого рода слияние субъекта с объектом исследования, как бы растворение в нем, характерно для творческих гениев и в науке, и в искусстве. Именно такого рода погружение, согласно М.Полани, лежит в основе неявного имплицитного знания о поведении системы как целого. Внутреннее видение невозможно передать другим.

Это столь же сложно, как получить ясный ответ от гроссмейстера, почему он выбрал именно этот, а не другой ход в сложнейшей шахматной позиции. Взаимопонимание требует больших усилий и со стороны первооткрывателей, и со стороны сообщества. Фактологический, сугубо логический, рациональный (позитивистский) и целостный, включающий интуицию (ху-

¹⁸ Keller E. F. A feeling for the organism. The life and work of Barbara McClintock. Freeman and Comp. N.Y., 1983.

дожественный), подходы несовместны, хотя и взаимодополнительны.

Мак-Клинтон со своей стороны сделала все возможное, чтобы достичь понимания коллег. Она регулярно выступала с докладами о подвижных элементах на авторитетных международных симпозиумах¹⁹.

Однако, несмотря на все старания, большинству генетиков и молекулярных биологов трудно было оценить ее данные.

Между тем, внешне все выглядело пристойно. В 1967 г. Мак-Клинтон получила Кимберовскую премию, которую присуждает Национальная академия наук за выдающийся вклад в область генетики и эволюции (среди награжденных Т.Морган, Ф.Добжанский, Н.В.Тимофеев-Ресовский). Однако ее идеи оставались на периферии науки не только в силу трудности передачи коллегам неявного знания, но и потому, что не входили в концептуальное поле классической генетики. Принятие идей Мак-Клинтон требовало отказа от двух основных постулатов хромосомной теории — точной локализации каждого гена и причин его мутации. Кроме того, в 50—70-х годах в науке господствовал сугубо материалистический позитивистский подход. Поскольку не ясна была материальная, (физико-химическая или молекулярная) природа подвижных элементов и механизмы их странных и непредсказуемых прыжков, то подвергались сомнению все генетические следствия, основанные на загадочных свойствах мобильных элементов.

Только в конце 70-х годов, когда были открыты и материализованы на уровне ДНК аналогичные инсерционные подвижные элементы, интерес к работам Мак-Клинтон стремительно возрос.

Ступенями, по которым ее идеи передвигались из периферии в центр современной генетики, стали концепция оперона и открытие генов-регуляторов, открытие инсерционных мутаций и транспозиций в лабораторных линиях и природных популяциях дрозофилы, обнаружение инсерционных сегментов и транспозонов у микроорганизмов и мобильных генов у дрозофилы.

ОБ УРОКАХ ДОЛГОГО НЕПРИЗНАНИЯ ОТКРЫТИЙ

Судьбы открытых Грегором Менделем законов наследования признаков в 1865 г. и спустя сто лет открытия подвижных элементов Барбарой Мак-Клинтон — драматичны и в принципе сходны. Оба открытия, имея фундаментальное значение, оставались в тени более 25 лет, а затем почти одновременно были подтверждены рядом исследователей и быстро стали общепризнанными. В чем причина такого феномена, и насколько он закономерен для биологии и науки в целом?

Биология имеет дело со сложными системами, где не только целое много больше суммы частей, но нередко целое определяет части. В постижении свойств целого рациональный или физикалистский подход ограничен. Начальные этапы открытия, толчок к поиску и длительному анализу фактов, выбор экспериментальной системы и, наконец, обоснование гипотезы базируются в значительной мере на интуиции, чувстве красоты и гармонии.

Весь стиль проведения опытов и изложения исходных фактов доказывает, что Мендель сначала интуитивно проник в «душу фактов», а затем спланировал серию опытов для того, чтобы озарившая его идея наилучшим образом выявилась. Научное открытие включает три основных элемента: обнаружение глубинной связи между фактами и явлениями, приведение их в систему с помощью гипотез и признание открытия научным сообществом. Третья задача — самая трудная. На нее, как на процесс беременности, нужно время. И длительность этого времени обычно 25—30 лет.

¹⁹ 1951-й — Колд Спринг Харбор, симпозиум «Гены и хромосомы»; 1956-й — Колд Спринг Харбор, симпозиум «Контролирующие элементы и ген»; 1961-й — статья в «American Naturalist», где Мак-Клинтон, сразу же вслед за открытием в 1961 г. Жакобом и Моно генов-регуляторов попыталась перебросить мостик между этим открытием молекулярных биологов на бактериях и регуляцией контролирующих элементов у кукурузы; 1965-й — Брукхэвенский симпозиум, доклад «Контроль действия генов у кукурузы»; 1968-й — статья в журнале «Developmental Biology».

Солнечная птица — наперсница лета

В. И. Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН
Москва

СЕРАЯ предрассветная мгла тает на глазах, наливаясь мягким светом нарождающегося дня. Солнце показывается из-за горизонта робко, оранжевым краешком, но, чуть помедлив, смелеет, и вот уже все вокруг объемно обозначилось мягкими прозрачными полутонами раннего утра. Капли влаги искрятся голубовато-радужным хрусталем, серебрятся жемчугами паутины в травах на опушке леса, еще сонного, не стряхнувшего леньность летней ночи.

Березы, свежеемытые ночным дождем, зябко трепещут зелеными ладошками листьев, купаясь в первых лучах солнца. Птичий хор еще нестроен, солисты только начинают пробовать голоса, как вдруг пролился над опушкой леса флейтовый перелив иволги, живой и чистый, как это летнее утро.

Самого певца не видно, он устроился где-то высоко, рядом с гнездом, надежно укрытым зеленью старой березы. Гнездо укреплено в развилке на конце ветки. Глубокая чаша свита из травинок, листьев,

мха, полупрозрачных пленочек бересты и мягко устлана внутри шерстью и перьями. В гнезде яйца, белые, с буровато-черными крапинками. Самка снесла перед рассветом последнее, пятое яйцо и теперь, пользуясь теплой солнечной погодой, кормится в кронах соседних деревьев, склевывая с листьев и веток еще по-утреннему вялых насекомых. Ее невзрачное, зеленовато-бурое оперенье сливается с зеленью листьев. Присутст-

Иволга возле гнезда с птенцами.

Здесь и далее фото автора

© В.И.Булавинцев





Колыбель для будущего потомства.



Насиживание кладки.



Пока еще совершенно беспомощные птенцы.

вие птицы только угадывается по резкому движению веток да легкому шелесту крыльев.

Надолго оставлять гнездо нельзя — яйца в нем быстро стыннут, и самка возвращается, шумно опускаясь на соседнюю ветку. Теперь можно разглядеть ее получше. Размером она с дрозда, но плотнее телом. Сидит на лапках пониже, чуть плоскую, заостренную головку не тянет вверх, как дрозд, а немного вжимает в плечи и от того выглядит настороженно-строгой. Голос самки подстать ее внешности. Недовольная или испуганная, кричит коротко и резко, словно кошка, которой случайно отдавили хвост. За этот крик на Руси ее называли «лесной кошкой».

Птица осматривается вокруг и, убедившись, что ничего за время ее отсутствия не изменилось, довольно тяжело, помогая себе крыльями, прыгает в гнездо. Кончик ветки с гнездом проседает под тяжестью и плавно раскачивается, подрагивая, пока иволга ворочается и ерзает, устраиваясь поудобнее. Наконец она успокаивается, и все замирает, и только солнечные блики да легкий шелест листьев оживляют идиллию птичьего рая.

Насиживающая самка дремлет в ласковых лучах утреннего солнца, распушив перья надхвостья и полуприкрыв блестящие вишенки глаз светло-серыми шторками век.

Изредка у гнезда появляется супруг. Он великолепен. Ослепительно желтое оперенье, оттенка и нежности свежей мимозы, богато украшено изысканной, бархатной чернью крыльев и хвоста, отороченных по краям желтой каймой. Яркий клюв, цвета влажного

коралла, оттеняется черной уздечкой, подчеркивающей красоту вишнево-карих глаз и переходящей на щеках в тонкий, нитчатый штрих.

Появление партнера не очень волнует самку. Она чуть приоткрывает глаза и снова погружается в легкую дрему. Видимое безразличие подруги не смущает самца. Пристроившись рядом, он замирает, но вот перышки на его горле начинают мелко подрагивать, топорщиться, и возникает песня — чуть слышные переливы тихой флейты, переходящие в нежный щебет и легкое журчанье. В звуках этих столько ласки и неги, что кажется, будто исторгаются они сердцем птицы.

Тень набежавшей на солнце тучки гасит очарование птичьего рая, стирает мозаику солнечных бликов с изумрудной зелени листьев и белизны березовых стволов. Сказка кончилась. В семействе иволг каждый занят своим делом. Она в гнезде согревает собой чудо рождающейся жизни, он неподалеку оповещает громкой флейтовой мелодией прочих обитателей леса — здесь его дом, его место под солнцем.

Прошло довольно времени, около двух недель, в гнезде появились птенцы. Только что вылупившиеся, они беспомощны и безобразны. Мокрые, голые, розово-красные пульсирующие комочки. Непомерно большие головки еле держатся на тощих, спичечных шейках. Птенцы слепы, бестолково тычутся мотающимися головками, беззвучно разевая ярко-красные влажные рты, они еще слишком слабы для крика. Но уже через несколько дней, подсохшие, покрытые светлым пушком, дружно и требовательно свистят, выпраши-



Принесен корм.



Трапеза.



В прохладную погоду приходится согревать птенцов.



Санитарная микутка. Чтобы в гнезде было чисто, мама заглатывает отходы своего потомства.

вая у родителей пищу — гусениц, бабочек, пауков и прочую мелочь, — все, что могут поймать высоко в кронах деревьев взрослые птицы.

Иволги редко и неохотно спускаются на землю, ходить они не умеют, только прыгают, чуть неуклюже, как-то боком. Летают они хорошо, но предпочитают держаться в кронах деревьев.

Быстро подрастающим птенцам нужно много корма, и оба родителя трудятся с утра до вечера, вылавливая

пауков и различных насекомых, кстати и мохнатых гусениц, тех, с которыми многие другие насекомоядные птицы предпочитают не связываться.

Недели через три подросшие птенцы покидают родное гнездо, и оба родителя терпеливо обучают их навыкам самостоятельной жизни.

Иволги — птицы южные, из семейства *Oriolidae*, к которому принадлежит и живущая у нас обыкновенная иволга — *Oriolus oriolus*. В семействе два рода и 32 вида птиц, обитающих в основном в тропиках и субтропиках Восточного полушария. Поэтому не удивительно, что

на зимовку в Африку иволги улетают от нас рано, уже в августе.

Своим чередом отморосит дождями осень. Свиристелевой стаей улетят от нас, отгуляв свое, вьюги да метели. Отгремят весенние салюты вальдшнепиных тяг. Березняки оденутся в малахитовый наряд новых листьев.

А у реки, на лесной опушке, заневестится белым цветом черемуха, заглядевшись в вечернее зеркало заводи, заслушавшись весенним гомоном птиц, и вдруг вздрогнет, уронив на воду пригоршню белого цвета, от чуда весенней песни иволги. Солнечной птицы — наперсницы лета.

Незаконный промысел китов в Южном полушарии

А. В. Яблоков,

член-корреспондент РАН
Центр экологической политики России

В. М. Земский,

доктор биологических наук
Совет по морским млекопитающим
Москва

Ю. А. Михалев,

кандидат биологических наук
Южно-Украинский педагогический университет им. К.Д. Ушинского
Одесса

Д. Д. Тормосов,

кандидат биологических наук
Международный экоцентр по управлению и технологии
Калининград

В № 12 «Природы» за 1996 г. была опубликована статья доктора биологических наук Л.С. Богословской «Серый кит», в которой автор не только рассказывает о биологии этих удивительных морских гигантов, но и высказывает беспокойство по поводу их сохранения в природе. Статья заканчивается словами: «...наша страна в долгу перед китами, слишком большой урон был нанесен всем видам усатых китов Дальнего Востока». Вызывает недоумение: почему же спустя десятилетия после запрета на промысел китов популяции этих животных, несмотря на прогнозы ученых, до сих пор не восстановились? Не успели мы задать этот вопрос кому-нибудь из специалистов, как в редакцию поступила статья, в которой содержится возможное объяснение ситуации, сложившейся, правда, не в северных морях, а в Южном полушарии.

В 1996 г. мы представили в Научный комитет Международной китобойной комиссии (МКК) первый том статистических материалов¹, в которых сравниваются официальные и фактические данные по промыслу китов в Южном полушарии с 1947 по 1972 г. Выпущенное небольшим тиражом издание содержит 257 таблиц и 50 карт, которые еще требуют специального анализа по мно-

гим направлениям (в том числе биологии размножения, распределения и миграции, популяционной структуре и динамике численности), и такой анализ начат и в нашей стране, и за рубежом. Однако уже сейчас ясно, что выводы, которые следуют из этого огромного статистического материала, выходят далеко за рамки специальных вопросов и представляют интерес для широкого круга научной общественности.

По официальным сообщениям, регулярно поступавшим в МКК с 1948 по 1973 г., добыча в антарктических водах четырех советских китобойных флотилий («Слава», «Юрий Долгорукий», «Советская Россия» и «Советская

Украина») за этот период составила в общей сложности 141 экз. семи видов усатых и двух видов зубатых китов. На самом же деле число убитых блювалов (*Balaenoptera musculus breviceauda*), сейвалов (*B. borealis*), китов Брайда (*B. edeni*), горбачей (*Megaptera novaeangliae*), южных гладких китов (*Eubalaena glacialis*), и кашалотов (*Physeter catodon*) занижено на 105 105 китов, а число финвалов (*B. gibbosus*), малых полосатиков (*B. acutorostrata*) и косаток (*Orcinus orca*) завышено на 11 397 особей. Завышение добычи одних видов и занижение других делалось, очевидно, для того, чтобы замаскировать громадный масштаб незаконного про-

© А.В. Яблоков, В.М. Земский, Ю.А. Михалев, Д.Д. Тормосов
¹ Земский В.А., Михалев Ю.А., Берзин А.А., Тормосов Д.Д. Материалы по промысловой деятельности советских антарктических китобойных флотилий (1947—1972).

мысла (точнее будет сказать — массового уничтожения) сейвалов, блювалов-пигмеев, горбачей и южных гладких китов. Реальная добыча особенно редких видов превосходила сообщенные в МКК цифры в сотни и тысячи раз! Так, вместо объявленных 10 китов Брайда, было убито 1457 особей, вместо 10 блювалов-пигмеев — 9215, вместо 2820 горбачей — 48 651 и, наконец, вместо четырех южных гладких китов — не менее 3354 представителей этого редчайшего вида.

Надо учесть, что фальсификация касалась не только числа, но также места промысла и возрастно-полового состава китов. Поскольку существовавшие правила промысла запрещали добычу усатых китов в районах, которые располагаются к северу от 40° ю.ш., браконьерская охота на китов в этих запретных водах просто не указывалась в официальных отчетах. Сопоставление данных, представленных СССР в МКК, и реальной добычи только одного из видов усатых китов — сейвала лучше пространных описаний позволяет судить о масштабах такой фальсификации. Заметим, что интенсивный промысел велся в Аденомском заливе и Аравийском море, у берегов Индии и Пакистана, в водах Индонезии, Австралии, Мадагаскара и Маврикия в Индийском океане, в Гвинейском заливе, водах Анголы, Намибии, в Центральной Атлантике и тропических водах Южной Америки. Не исключено, что при этом были полностью выбиты некоторые ранее неизвестные популяции крупных китов. Так, на севере Аравийского моря была выбита почти полностью ранее неизвестная популяция горбача. Поскольку по существовавшим правилам промысла нельзя было добы-

вать кормящих самок с детенышами, добытая кормящая самка финвала «превращалась» в отчете в двух сейвалов.

Фальсификация касалась также и сроков добычи китов. Промысел был ограничен определенными сроками (а для горбача — всего несколькими днями). Советские китобои начинали промысел задолго до разрешенного срока и заканчивали после официально разрешенного срока. В отчетах же все выглядело совершенно безобидно.

Полученные данные имеют далеко не только исторический интерес. В 60—70-х годах, когда СССР и Япония добывали некогда многочисленные популяции крупных китов в Южном полушарии, специалисты всех стран считали, что эти виды находятся под строгой охраной. Считалось, что прекращение их промысла должно было бы в ближайшие несколько десятилетий привести к более или менее полному восстановлению популяции китов. Этого, как сейчас хорошо известно, не произошло. На вопрос, почему, несмотря на несколько десятилетий охраны, так низка численность горбачей, блювалов, гладких китов, до последнего времени убедительного ответа не было. Сегодня мы можем ответить на этот вопрос: потому, что их численность была сокращена браконьерским промыслом до гораздо более низкого предела, чем это считалось. Видимо, отдельные популяции южных гладких китов в Центральной и Южной Атлантике и Индийском океане были выбиты если не до последнего кита, то на 96—98%, и оставшиеся в живых несколько или несколько десятков особей просто не в состоянии быстро восстановить числен-

ность (если способны восстановить ее вообще). То же относится и к популяциям горбачей и блювалов, выбитых браконьерским промыслом не менее чем на 80—90% от их численности в конце 50-х годов, перед началом последней фазы уничтожения этих китов в Южном полушарии.

Необходимо пояснить, откуда появились у нас все эти новые данные. До 1972 г. — времени введения системы международных наблюдателей на всех китобойных флотилиях — промысел (тогда только СССР и Япония осуществляли масштабный пелагический промысел китов в Мировом океане) велся с огромными нарушениями правил и ограничений, установленных международными соглашениями. Об этом было довольно широко известно², однако, не зная истинных масштабов нарушений, особого значения этому факту не придавалось.

Чтобы скрыть размеры таких нарушений, все реальные данные, которые касались места и времени промысла, видового и возрастно-полового состава добываемых китов, имевшиеся в рейсовых научных отчетах всех советских китобойных флотилий, оказались засекречены, а все материалы по китам до 1982 г. можно было опубликовать лишь после жесткой цензуры. Эта ситуация хорошо известна не только нам, но и другим специалистам, связанным с изучением морских млекопитающих. Но никто из нас не мог составить реальную картину промысла в динамике и по всем районам океана. Это стало возможно лишь после 1988 г., когда рейсовые

² Tonnessen J., Johnsen A.O. The history of modern whaling. Berkeley and Los Angeles, 1982.

отчеты научных групп были перемещены из спецхранов на открытые полки библиотек в промысловых институтах системы тогдашнего Минрыбхоза. Краткие выборки статистических данных именно из этих отчетов (в написании которых много лет назад принимали участие и большинство авторов настоящей публикации) и послужили основанием для публикации обсуждаемого здесь материала. Заметим, что в наш том статистических данных не удалось включить сведения со всех без исключения промысловых рейсов, так как некоторые отчеты (около 10% от всех советских китобойных рейсов в Южном полушарии) в доступных нам материалах отсутствовали. Поэтому в будущем возможна некоторая корректировка данных (в сторону увеличения разрыва между официальными и реальными).

Анализ данных советского китобойного промысла мы проводили открыто и при поддержке Министерства по охране окружающей среды и природных ресурсов (в настоящее время — это специально уполномоченный российским правительством орган по всем китовым проблемам). Однако после публикации предварительных результатов³ Роскомрыболовство стало всячески препятствовать завершению этой работы. Дело дошло до того, что специальной телеграммой оно запретило подведомственным институтам передавать нам какие-либо данные. Затем, совместно с МИДом (который в этой истории выглядит «заповедником советской китовой

секретности») Роскомрыболовству удалось воспрепятствовать официальной передаче выявленных нами данных в МКК. Более того, известно о существовании соответственного обращения в Генеральную прокуратуру России, в котором содержится требование о привлечении А.В.Яблокова, как инициатора этих работ, к ответственности за публикацию этих материалов.

Чтобы как-то преодолеть сложившуюся нелепую ситуацию, по инициативе Министерства охраны природы России в сентябре 1995 г. была создана специальная межведомственная рабочая группа с целью проверки обнаруженных и собранных нами данных. Через несколько месяцев в начале 1996 г. руководитель этой группы, сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии Роскомрыболовства (ВНИРО) сообщил, что поставленная перед ними задача не может быть выполнена «ввиду отсутствия в архивах ВНИРО исходных материалов». На самом же деле все научные отчеты были сняты с полок открытого хранения и находятся ныне в одном из кабинетов Роскомрыболовства.

Теперь, после определения огромных масштабов официальной фальсификации, предстоит кропотливая работа по анализу реального возрастного-полового состава добытых китов, популяционной динамике разных видов и их распределению в Мировом океане. В научных отчетах содержатся другие важные биологические данные — например, никогда не публиковавшиеся в полном виде данные по питанию ряда видов усатых китов в тропических районах Мирового

океана или данные по миграциям китов на основе анализа возвращенных меток от китов, добытых в запретных районах и в запретное время. Только такая работа поможет пролить свет на особенности размножения, роста и развития китов этих видов, до сих пор рассматривавшиеся как бы в кривом зеркале фальсифицированных биологических данных.

Предстоит большая работа по поиску и анализу данных по браконьерской добыче китов и в Северном полушарии: известно, что широкомасштабный нелегальный промысел велся нашими китобоями не только в Южном полушарии, но и в Северном — Охотском и Беринговом морях, у побережья Канады и Северной Америки. Наконец, мы надеемся, что наша работа станет стимулом для наших японских коллег и подвигнет их на розыск и публикацию аналогичных данных: известно, что не только советские китобой «промышляли» в Мировом океане, это же практиковали и японские китобой. А кроме того, в 50-е годы несколько лет плавала целая пиратская китобойная флотилия, принадлежавшая греческому миллиардеру А.Онассису, которая не соблюдала никаких правил и добыча которой вообще не учитывалась в международной китобойной статистике.

Все это говорит о том, что, если мы хотим понять происходящее в Мировом океане сегодня, необходимо пересмотреть не только большую часть официальных данных по промыслу китов в XX в., но и построенные на их основании сотни и тысячи моделей динамики популяций отдельных видов, и расчетов биомассы и биопродуктивности многих районов Мирового океана.

³ Yablokov A.V. // Nature. 1994. V.367. № 6459. P.100; Zemsky V.A., Berzin A.A., Mikhalev Y.A., Tormosov D.D. // Rep. Int. Whal. Comm. 1995. № 45. P.131—135.

Взгляд в глубь Вселенной

В. Г. Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Москва

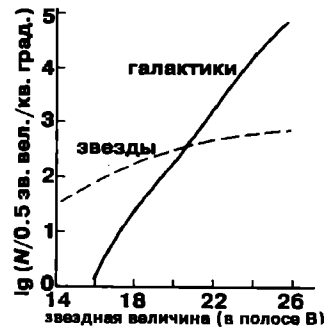
КОГДА у астрономов появляется новый мощный телескоп, они не успокаиваются, пока не выжмут из него все, на что он способен. В последние годы судьба баловала астрономов: для работы они получили сразу два уникальных инструмента — крупнейший Оптический телескоп им. Кека с зеркалом диаметром 10 м, установленный в обсерватории Мауна-Кеа на Гавайях, и крупнейший Космический телескоп им. Хаббла диаметром 2,4 м, запущенный на околоземную орбиту. Естественно, астрономам не терпелось с помощью этих могучих инструментов как можно дальше заглянуть во Вселенную. И они это сделали.

Но сначала немного истории. Обычно главным достоинством телескопа считают его способность увеличивать угловой размер объектов. Это действительно так, если объект наблюдения протяженный и яркий, как Солнце, планеты, скопления звезд. Но большинство звезд и туманностей не видно глазом, ибо они слишком далеки и слабо светят. Поэтому астрономы особенно ценят два других преимущества телескопа. Во-первых, объектив телескопа намного превосходит по площади зрачок невооруженного глаза и, следовательно, собирает значительно больше света; это, кстати, стимулирует строить все более и более крупные телескопы. Во-вторых, с помощью фотопластины или электронного приемника света можно накапливать слабый поток

фотонов, делая невидимое видимым. Этой возможностью астрономы пользуются очень активно, доводя экспозицию до нескольких часов, а иногда и суток. Естественно, на дневное время приходится закрывать объектив телескопа, а с наступлением следующей ночи возвращаться к прерванной экспозиции. От астронома-наблюдателя это требует высочайшего искусства: ведь изображение должно попасть точно в то же место фотопластины, где оно было в первую ночь.

Особенно часто такой «экзотристикой» занимались в начале века, когда чувствительность пластинок была мала, да и телескопы невелики. Наградой за труды стало, например, открытие того факта, что спиральные туманности — это самостоятельные галактики, т.е. системы, состоящие из миллиардов звезд. Но с годами возросла чувствительность фотопластинок, появились прекрасные электронные приемники света, и астрономы забыли прежние навыки длинных экспозиций — им стало хватать одной ночи и даже нескольких часов. При больших экспозициях чувствительная фотопластина полностью чернеет от слабого излучения земной атмосферы. Однако с появлением космических телескопов забытое искусство понадобилось вновь.

Дело в том, что в безвоздушном пространстве небо значительно темнее земного, и можно было бы доводить экспозиции до десятков часов, регистрируя фантастически слабые, а значит, безумно далекие объекты. Но препятствием для этого стало орбитальное движение астрономических спутников и от-



Количество звезд и галактик на 1 квадратный градус неба в интервале 0.5 звездной величины в зависимости от их яркости в голубой части спектра (полоса В).

сутствие у них «точки опоры», приводящее к «кувырканию» телескопа. С последним недостатком инженеры бороться научились: современные системы ориентации, снабженные измерительными и силовыми гироскопами, микрореактивными двигателями, индукционными катушками для опоры на геомагнитное поле и звездными датчиками направлений, позволяют навести телескоп на любой небесный объект и твердо зафиксировать его в этом положении. Но от орбитального движения никуда не денешься: сутки на низкой орбите длятся полтора часа, следовательно, непрерывное наблюдение любой области на небе продолжается не более получаса, а затем она приближается к горизонту и быстро заходит за него. Однако и тут выручила старая идея. Давным-давно некоторые астрономы, не имевшие больших телескопов, но же-

лавшие изучать слабые объекты, практиковали метод «сложения фотопластинок»: они получали несколько (иногда несколько десятков!) фотографий одной и той же области неба, а затем аккуратно складывали стопочкой все негативы — и то, что было почти незаметно на одной пластинке, оказывалось легко различимым на суммарном изображении. Главное искусство заключалось в том, чтобы сложить пластинки аккуратно — звезда к звезде. В наши дни, когда изображения звезд с помощью размещенных в фокусе телескопа электронных приемников света записываются прямо в память компьютера, ему же, естественно, поручили и складывать отдельные кадры — аналоги выходящих теперь из употребления фотопластинок.

Итак, недавно, используя Космический телескоп им. Хаббла, международная группа астрономов «устредила» самый глубокий взгляд во Вселенную¹: в течение 150 орбитальных периодов телескоп смотрел на одну область неба, накопив в сумме 70 часов наблюдения. При этом удалось зафиксировать объекты 30-й звездной величины! Для бывалых астрономов это звучит достаточно фантастично: еще недавно большим успехом считалось зафиксировать звезды 22—23-й величины, а теперь обнаружены в тысячу раз более слабые. На таком изображении без труда можно было бы рассмотреть наше Солнце из Туманности Андромеды.

Затевая столь длительные и кропотливые наблюдения, астрономы преследовали сразу несколько целей: увидеть самые маломассивные и слабосветящиеся звезды в окрестности Солнца, нащупать границу нашей Галактики, зафиксировать самые далекие и, следовательно, самые юные галактики нашей Вселенной и

т.п. Работа над изображением только началась, и постепенно мы узнаем о ее результатах. А пока — несколько предварительных заключений, сделанных «на скорую руку».

Во-первых, подтвердились предположения астрономов: чем меньше масса звезды, тем больше таких звезд в Галактике. Если раньше мы считали Солнце заурядной звездой, то теперь можно называть его «сравнительно упитанной»: как выяснилось, большинство звезд в нашей системе значительно легче Солнца. Однако не оправдались надежды астрономов найти достаточно много слабосветящихся звезд в гало Галактики, что позволило бы объяснить его большую массу при малой яркости. Тусклых звезд в гало оказалось не больше, чем в окрестности Солнца, а значит, проблема скрытой массы Галактики по-прежнему «висит в воздухе».

Во-вторых, на снимках замечено много слабых голубых объектов, которые не могут быть маломассивными звездами: у них поверхность не очень горячая и имеет красный цвет. Рассматриваются две возможности: либо это белые карлики (ядра протозвучионировавших звезд) в гало нашей Галактики, либо очень далекие галактики, структуру которых невозможно различить из-за большого удаления. Вот тут мы и подошли к самому неприятному открытию, сделанному в ходе глубокого разглядывания Вселенной. Оказывается, не так-то легко отличить слабую звезду от далекой галактики. Несмотря на то, что галактика — это система из миллиардов звезд, на большом расстоянии она видна как точка. Наблюдения с помощью крупнейшего в мире 10-метрового телескопа, работающего в прекрасных условиях высокогорной обсерватории на Гавайях, показали², что с по-

верхности Земли среди объектов слабее 25-й звездной величины невозможно отличить звезду от далекой галактики.

А нужно заметить, что галактик среди слабых объектов больше, чем звезд. Например, среди объектов 23-й величины на 10 галактик приходится 1 звезда (см. рис.). Дальше — больше. Нужно просеять 100 объектов 25-й звездной величины, чтобы встретить среди них одну звезду. Отбор идет в основном по форме изображения: звезда — точка, а галактика имеет различимое тело. Но далекая галактика для наземного телескопа неотличима от звезды при яркости около 25-й величины. Способен ли помочь в этом космический телескоп? Да, вполне: на его более четких изображениях можно отличать звезды от галактик до 27-й величины. Продвижение на две величины, т.е. в 6.3 раза по яркости, означает продвижение в глубь Вселенной в 2.5 раза. Игра, безусловно, стоит свеч! Заманчиво было бы вдвое дальше проникнуть в глубины Вселенной, но только не в одном направлении, а во многих.

Однако космический телескоп — удовольствие крайне дорогое. Если использовать нынешний Телескоп им. Хаббла с его маленьким полем зрения, то для глубокого просмотра всего неба понадобятся столетия (или десятки аналогичных телескопов на орбите)! На такую роскошь астрономы не надеются. Поэтому они мечтают запустить на орбиту или установить на Луне телескоп иной конструкции — широкоугольную камеру Шмидта, способную за одну экспозицию зафиксировать большой участок неба размером в десятки квадратных градусов. Такой телескоп за разумное время сможет получить глубокий портрет Вселенной, причем не только ее далеких краев, но и всякой интересной и важной «мелочи», которую мы не замечали до сих пор в нашей Галактике, а возможно, и в нашей Солнечной системе.

¹ Mendez R.A., Minniti D., de Marchi G., Baker A., Couch W.J. // *Month. Notic. of Roy. Astron. Soc.* 1996; Preprint ESO. 1996. № 1179.

² Reid I.N., Yan L., Majewski S., Thompson I., Smail I. // *Astrophys. J.* 1996. Preprint ESO. 1996. № 1172.

«Хорошая» и «плохая» смерть в славянской мифологии

Л. Н. Виноградова,

кандидат филологических наук

Институт славяноведения и балканистики РАН
Москва

ЭТНОЛОГИ, изучающие архаические культуры, справедливо отмечали, что факт осознания неизбежности смерти не является биологической чертой (в отличие от общих для человека и животного универсальных ощущений, связанных с чувством голода и сексуальным влечением), т.е. эта информация не передается инстинктом, а приобретает в конкретном социальном общении. Это значит, что представления о смертности человека и его предположительном загробном существовании принадлежат сфере **культуры**. Соответственно каждая этническая культура создает свой особый образ смерти. Однако в истории этнографических исследований длительное время ощущалась очевидная для всех лакуна в изучении такого важнейшего фрагмента традиционной народной культуры, как поверья и обычаи, связанные со смертью. По мнению ряда этнологов, «этнография умирания» в славистике остается чрезвычайно бедным разделом народоведения, и прежде всего потому, что специалистам их собственное внутреннее табу запрещает подробно изучать явление смерти.

То, что эта тема до недавнего времени оставалась в сильной степени

табуизированной, подтверждают известные автору факты из вузовской практики: попытки дать студентам — лингвистам и фольклористам — темы дипломных работ по лексике и фразеологии, обозначающей агонию, смерть, похороны, постоянно вызвали чувство внутреннего протеста и неприятия как у самих студентов, так и у членов филологических кафедр.

Скрытый страх перед смертью и резко негативное отношение к ней привели человека современной цивилизации к замалчиванию самой тематики смерти и посмертного бытия (или небытия): сравним широко распространенные нынче обычаи оберегать детей от участия в похоронах и от обсуждения вопросов, связанных со смертью; неприличным считается в современном обществе навязывание этой темы в социальных контактах; предсудительным считается также готовиться к смерти и т.п.

Иначе обстоит дело в народной культуре. Хотя смерть будит естественный страх своей непонятностью и осознанием факта ее неизбежности, конца земного существования, тем не менее она осмысливается в традиционных верованиях как переход из одного состояния в другое, из одного мира в другой. Известно, с каким спокойствием и легким сердцем крестьяне готовили себя к смерти, ожи-

дали встречи с ранее умершими родственниками, твердо верили, что будут навещать свой дом и оставшихся в живых членов семьи. Во многих местах заботливый глава семейства заранее готовил смертную одежду и гроб для себя, а иногда и для жены и старшего сына. Среди русского населения Заонежья было в обычае дарить родственнику или близкому другу гроб собственного производства — такой подарок очень высоко ценился и принимался с большой благодарностью без малейших предубеждений¹.

Пожелания *хорошей* смерти (наряду с пожеланиями хорошего урожая, хорошего супруга, приплода скота и т.п.) входили в общепринятые речевые стереотипы и составляли ядро поздравительных формул в системе ценностей традиционного общества. Оценка *хорошей* и *плохой* смерти составляла одну из главных забот социума, ибо смерть никогда не воспринималась как узкосемейное событие: от выполнения всех нормативных предписаний, предусмотренных для ситуации умирания и похорон, зависело общесельское благополучие.

Что же такое, по славянским народным представлениям, *хорошая*

¹ Логинов К.К. Семейные обряды и верования русских Заонежья. Петрозаводск, 1993. С.123.

смерть? Краткая форма ответа может быть сведена к следующему набору характеристик: надо умереть своей смертью (т.е. не насильственной, естественной, легкой); в свое время (т.е. в соответствующем возрасте); на своем месте и среди своих близких, а затем надо быть похороненным с соблюдением всех обычаев, принятых в своем социуме.

Определение *хорошей* и *плохой* смерти в категориях «свой — чужой» содержится, как убедительно показали лингвисты, уже в самом слове *смерть*. Согласно этимологическим данным, славянский корень *сь-тъгь* следует связывать с древнеиндийским *su*, что значит *свой, благой, хороший*, и индоевропейским *mrt* (смерть)².

Таким образом, *своя* смерть, по славянским верованиям, это ненасильственная смерть, постигающая человека в старости, когда организм исчерпал весь свой жизненный потенциал. Выражение *избыть свой век* означает — полностью израсходовать отпущенную судьбой жизненную силу. Умершие такой нормальной смертью благополучно переходят, как считалось, в загробный мир и становятся почитаемыми предками, в то время как люди, *не изжившие своего века* на земле, якобы остаются и после смерти активной вредоносной силой, вторгаются в мир живых во внеурочное время. Согласно поверьям, зафиксированным известным русским этнографом Д.К.Зелениным, покойник «ходит» потому, что век его жизни не кончился, и он будет «ходить» по земле, пока не придет время, когда

он должен окончательно умереть изначально предназначенной ему смертью.

Существенно при этом, что «век» как некоторый объем жизненной силы, по народным представлениям, распределен между всеми членами общины, поэтому умерший «до срока» опасен для живых своей неизрасходованной жизненной силой. Однако и *зажившийся* старик опасен тем, что — как говорили в народе — он *заедает чужой век* (или *зажился, живет не свой век*, на него якобы *живучка напала*, что его *на том свете с фонарями ищут* и т.п.). Эти выражения позволяют отметить представления о том, что индивидуальный век жизни одного человека — часть некоего общего коллективного запаса жизненной силы и что *зажившийся* старик расходует чужую долю (сравните древнерусское слово *въкъ* — от общеславянского корня *вѣкъ*, восходящего к латинскому *vis vitalis* — жизненная сила)³.

Верхней границей века человеческой жизни служило, по народным поверьям, наступление старости, когда появлялись ее признаки — седина и дряхлость, иссякала производительная сила, способность к тяжелой работе. Нередко критерием завершения отпущенного века служило изменение роста человека, который якобы начинал уменьшаться. Зажившиеся слишком долго старые люди ожидали смерти как блага (сравните мотив наказания грешников вечным существованием, невозможностью умереть).

Кроме характера нена-

сильственной смерти, которая должна случиться в определенном возрасте человека, учитывалось также и особое, «хорошее для умирания», календарное и точное время. Например, наиболее соответствующими для смерти стариков сезонами считались осень и зима; большие годовые праздники, когда, как веровали, «открыта» граница между этим и тем светом; а в масштабах месячного времени — период убывания луны; в течение суток — ночь.

Хорошая, своя смерть соотносилась также с представлениями о *своем* пространстве умирания: *не своей* считалась любая смерть вне дома. Польские этнографы, работавшие в районе Подлясья (польско-белорусское пограничье), единодушно отмечали страх сельского населения перед городской больницей из-за того, что больные опасались умереть там. Соответственно, родственники старались своевременно забрать домой безнадежно больных, чтобы они смогли умереть в родных стенах. По свидетельству белорусов, нельзя поминать в доме тех родственников, которые умерли за пределами дома или села, а следует устраивать поминальную трапезу прямо на месте их погребения (т.е. погибший вне дома внезапной смертью должен быть похоронен на месте смерти). Обряд поминовения предков (белорусские *дзяды*) отмечался в доме не по поводу всех умерших родственников, а по поводу тех, кто умер именно в этом доме.

Умереть на *своем* месте значило также умереть в правильно избранном пространстве, что обнаруживалось в ситуации затянувшейся агонии: тех, кто

³ Седакова О.А. Тема «доли» в погребальном обряде // Исслед. в области балто-славянской духовной культуры: Погребальный обряд. М., 1990. С.55.

² Фасмер М. Этимологический словарь русского языка. М., 1971. Т.3. С.686.

долго не мог расстаться с жизнью, переключившись для облегчения смертных мук на пол, на солому, иногда непременно в *красный угол* под иконы или, наоборот, — ближе к выходу, к печи.

Если человек умирал на своем месте, то обычно это происходило и среди своих близких, в обязанности которых входило соблюдение правил, сопровождающих смерть: зажигание свечей, прощание с родственниками, приглашение к умирающему соседей, с которыми он был в ссоре, чтобы они простили друг другу обиды, и т.п. Непосредственным фактом смерти считался момент расставания души с телом. Народная фразеология, соотносимая с агонией, актуализирует мотивы: «конца жизни» (*скончаться, сконать*); «начала пути в иной мир» (*отходить, стоять на пути, на дороге*); «перехода через водный рубеж» (*брод*); «отделения души от тела» (*отдать душу, испустить дух, душа выходит*) и др. Легко умирали, по народным представлениям, праведники, тяжелой смертью наказывались грешники, что нашло отражение в русской поговорке: «Бога прогневишь — так он и смерти не даст».

Причиной трудной смерти могло быть также несоблюдение норм правильного поведения родственников умирающего: преждевременное (до окончательного наступления смерти) оплакивание, отсутствие в руках умирающего зажженной свечи, неисполнение его желания, неулаженная ссора, невозвращенный долг, т.е. человеку якобы не давали легко расстаться с жизнью все еще не разорванные до конца связи с живыми.

Действия, совершаемые

во время кончины, имели целью облегчить переход души в иной мир, устранить препятствия на ее пути: строго соблюдалась тишина в момент агонии, запрещалось плакать и причитать, чтобы *не забить душу* с пути, не задерживать ее в земном мире; умирающего в этот момент старались не называть по имени, предупреждали все его прихоти, чтобы он не ушел на тот свет с неисполненным желанием. Для облегчения агонии (по народным мотивировкам — чтобы *пропустить душу*) расстегивали одежду, открывали окна, двери, печную заслонку, просверливали дыру в потолке, поднимали матицу, выбивали доски в крыше.

Мотив перехода из одного мира в другой и тема пути, дороги, странствия могут быть отмечены в терминах, представляющих смерть как пространственное перемещение: *выход, отход, на пути, идти к дедам*. К этой же группе терминов относится и архаическая фразеология, связывающая смерть с деревом: *дубу дать, глядеть у дуб, уйти в коренье* (северно-русское *кокорь* — кривое дерево или ствол с сучьями, прибитый течением к берегу), *уйти у вышны, в березки собираются*, где дерево выступает как символ вертикального пути в иной мир.

Представления о хорошей и плохой смерти напрямую связаны в народной мифологии с разграничением умерших на *чистых*, праведных и *нечистых*, вредоносных (по терминологии Д.К.Зеленина — *зложных*) покойников. Считалось, что *нечистые* не могут окончательно перейти в загробный мир, наносят вред живым, становятся «ходячими» покойниками, вампирами, де-

моническими существами⁴. Пагубные последствия плохой смерти люди старались нейтрализовать особыми ритуальными действиями. Так, универсальным во всех славянских традициях был запрет хоронить *нечистых* на деревенском кладбище. Местом их погребения становилась обычно *ничейная* (т.е. не принадлежащая ни одной из соседних деревень) вымороченная земля или болото. Нередко самоубийц (т.е. умерших *не своей смертью*) хоронили на возвышенном месте, поросшем можжевельником, над могилой насыпали холмик, который иногда обносили оградой, чтобы выделить эту могилу как *нечистое* место. Крест не ставили. По свидетельству этнографов, в Заонежье были случаи, когда самоубийц хоронили на скотских кладбищах. Ослабленным вариантом такой изоляции *нечистых* покойников было захоронение за кладбищенской оградой. На Русском Севере висельников хоронили в гробу лицом вниз, а колдунам, кроме того, забивали в спину осиновый кол.

Среди обычаев, направленных на предотвращение «хождения» покойника, следует отметить такие, семантика (значение) которых определенно связана со стремлением лишить умерших возможности к передвижению: их хоронили *необутыми* или с завязанными ногами; подрезали сухожилия под коленями; прокалывали пятки; все тело обматывали краеными нитками. Этим же целям служили и другие магические приемы:

⁴ Зеленин Д.К. К вопросу о русалках: Культ покойников, умерших неестественной смертью, у русских и у финнов // Живая Старина. СПб., 1911. Вып.3—4. С.354—424.

на шею *нечистого* покойника накладывали косу или серп либо рядом с телом укладывали острые металлические предметы; сверху могилу приваливали тяжелой колодой или камнем; сыпали на нее горящие угли или разводили на ней костер из сосновых веток.

Многообразные способы нейтрализации негативных последствий *плохой* смерти (чтобы покойник «не повампирился») широко были известны у южных славян. В Болгарии (район Панагюрища), если случилось хоронить умершего без церковного отпевания, то на третий день после похорон совершали обычай «обжигания могилы» — жгли на ней костер, чтобы покойник не стал вампиром. С этой же целью в изголовье гроба клали вареное яйцо, приговаривая: «Когда из этого яйца вылупится цыпленок, тогда пусть встанет мертвец». Жители района Височкой Нахии (Сербия) втыкали в тело *нечистого* покойника колючки терновника или клали их ему на грудь, считая, что это помешает ему «повампириться». По этим же соображениям в Алексиначком Поморавле рекомендовали втыкать в тело умершего *не своей* смертью шило или иголку.

Широко отмечался у славян и обычай при похоронах разбивать посуду (сосуд, из которого обмывали умершего; его личную чашку, которой он пользовался при жизни; миску, в которую на поминках откладывали для умершего его долю ритуальных блюд). Это делалось с мотивировками: чтобы душа умершего не осталась в доме, чтобы ушло из дома все зло, чтобы покойник забрал свое с собой, чтобы испугать смерть и т.п. В восточнославянских обычаях разби-

вания горшка, из которого обмывали умершего, можно заметить некоторые особенности разграничения *чистых* и *нечистых* покойников. По наблюдению этнографов, работавших в Костромском крае, если хоронили старшего члена семьи, то горшок разбивали во дворе и закапывали черепки в подполе или под передним углом дома, чтобы — как говорилось — *домовой не переводился в доме*. Если же хоронили молодых (т.е. недоживших своего века), то черепки сразу же относили к реке, бросали их в болото или сбрасывали в овраг. В некоторых местах битые горшки зарывали в землю на перекрестке дорог, и такое место считалось опасным: проезжающие мимо ложились на дно саней, чтобы духи умерших им не навредили⁵.

Существенно отличается ритуал похорон неженатой молодежи. У всех славян известна традиция устраивать символическую свадьбу: готовились венки, украшалось свадебное дерево, исполнялись свадебные песни, выбирался условный «жених» или «невеста» для умершего.

В Михайловградском крае Болгарии еще в недавнее время были записаны уникальные данные о реальном венчании умершего (в церкви или же дома, но при участии священника) с камнем или деревом, символизирующих замену брачной пары. При похоронах неженатого парня слева от него клали камень, обвязанный женской косынкой, а при похоронах девушки справа от нее помещали камень с

надетой на него шапкой. В других вариантах юношей венчали с камнем, а девушек — с веткой ежевики. По народным мотивировкам этого обычая, «не вступивший в брак умерший — и парень, и девка — должен быть обвенчан хотя бы с камнем, иначе он не сможет перейти на тот свет»⁶.

Если учесть, что мотив надления умершего принадлежащей ему долей всех земных благ был самым главным во всем комплексе древнейшего погребального обряда, то понятно, что наряду с обеспечением покойника всем необходимым — «домом»-гробом, пищей, одеждой, бытовыми предметами и т.п. — важным считалось обеспечить ему и супружескую пару, что и восполнялось символической свадьбой.

Как можно заключить на основе изложенных данных, наиболее архаические представления о *своей*, *хорошей* смерти соотносились с идеей совпадения биологической смерти с концом предназначенного человеку века и с верованиями о необходимости надления умершего его долей земных благ. При этом существенным остается то, что носители традиционной культуры не столько испытывали страх перед фактом смерти, сколько опасались «оживших» мертвецов. Поверья о таких вредоносных покойниках, которые не могут перейти окончательно в загробный мир, оказываются едва ли не самой устойчивой частью мифологических представлений у славян.

⁵ Завойко Г.К. Верования, обряды и обычаи великоруссов Владимирской губ. // Этнографическое обозрение. М., 1914. № 3—4. С.92.

⁶ Гарнизов В. «Смърт — сватба» // Проблеми на Българския фолклор. Т.8. Българският фолклор в славянската и балканската културна традиция. София, 1991. С.147—252.

Nota bene

Микробиология

Древний процесс фосфатизации цианобактерий воспроизведен в лаборатории

В последние годы образование пластовых фосфоритов все чаще связывают с биотой, в частности с цианобактериями. Для этого есть основания. Например, в хубсугульских фосфоритах чередуются тонкие слои темных желвачков, сплошь сложенных остатками цианобактерий, и светлого карбоната; остатки фосфатизированных цианобактериальных матов и бактериоморфных тел найдены в каратауских и южнокитайских фосфоритах. Однако цианобактерии существуют и ныне, но фосфоритов, как в древности, не образуют. Вероятно, это связано с низким содержанием фосфора в современных морях (геохимические особенности фосфоритов свидетельствуют об их морском происхождении): он вовлечен в постоянный круговорот и не осаждается в виде фосфата кальция, хотя и накапливается в так называемых волютиновых гранулах цианобактерий.

В каких же условиях

могли фосфатизироваться эти организмы в древности? Группа исследователей из двух московских институтов РАН (Института микробиологии и Палеонтологического института) изучала условия фосфатизации нитчатой цианобактерии *Microcoleus chthonoplastes*, которая доминирует в современных галофильных матах гиперсоленых водоемов аридной зоны. Бактерии выращивали в минеральной среде, сходной с природной, но при разной концентрации в ней фосфора.

Его оптимальное содержание, необходимое для поддержания жизненно важных процессов, оказалось равным 4 мг/л. При концентрации от 18 до 36 мг/л фосфор максимально накапливается внутри клеток в виде волютиновых гранул. Одновременно с ними на поверхности цианобактерий появляется слизистый чехол. Если создать концентрацию фосфора выше 36 мг/л, в этом чехле

возникают отдельные минеральные глобулы, которые затем объединяются в бляшки, муфты и наконец — в сплошной чехол. Затем он утолщается, фосфатом кальция замещаются сами бактериальные тела (трихомы), и вся масса превращается в минеральный агрегат из мелкозернистого фосфата кальция. В нем хорошо видны полые трубки (их оставляют за собой иногда выползающие из чехла бактерии) или уже целиком минерализованные трихомы. Такой агрегат очень напоминает отдельный хубсугульский фосфоритный желвачок и, судя по рентгеноструктурному анализу, представляет собой полуморфный карбонат-апатит. Процесс минерализации проходит в считанные часы.

Таким образом, древний процесс — фосфатизация цианобактерий — подтвержден экспериментально. Кроме того, вместе с данными других исследователей результаты московских экспериментаторов дают достаточно четкий ответ на вопросы, в каких породах и в какой обстановке могло происходить захоронение мягких тканей морских животных.

Литология и полезные ископаемые. 1996. № 2. С.208—214 (Россия).

Космические исследования

Проект «Звездная пыль»

В США началась работа над проектом «Stardust» («Звездная пыль»). Предполагается, что космический аппарат «Stardust» при пролете через газовой-пылевой облако вокруг ядра кометы Вилда-2 соберет кометную пыль и доставит ее на Землю. Запуск аппарата с помощью ракеты «Дельта» планируется в 1999 г. Чтобы достичь необходимой для встречи с кометой скорости, аппарат, сделав один оборот вокруг Солнца, вернется к Земле и будет ускорен ее притяжением. Встреча с кометой должна произойти в 2004 г. на расстоянии 400 млн км от Земли. На пути к ней аппарат будет собирать образцы межпланетной пыли.

Комета Вилда-2 (открытая П.Вилдом в 1978 г.) обращается вокруг Солнца за 6.17 земных лет, приближаясь к нему в перигелии на 1.49 а.е. и удаляясь в афелии на 5.23 а.е. Эксцентриситет орбиты — 0.557, наклонение к плоскости эклиптики — 3.3°. Астрономические расчеты показывают, что свою современную орбиту комета приобрела в 1974 г. при своем близком пролете около Юпитера.

«Stardust» с помощью созданного в Германии масс-спектрометра будет исследовать состав пылевых частиц, ударяющихся в специальный экран: при сближении с Вилдой-2 он пролетит всего в 100 км от ее ядра. Кроме того с высоким разрешением в оптическом диапазоне будут получены изображения ядра кометы.

На обратном пути к Земле кометную и межпла-

нетную пыль перегрузят в капсулу, которая отделится от основного аппарата и в 2006 г. войдет в атмосферу Земли. От разогрева капсулу защитит специальный углеродный экран, а после снижения скорости раскроется парашют, и она совершит мягкую посадку. Основной же аппарат с Землей не встретится и продолжит свой космический полет.

Сбор образцов межпланетной и кометной пыли — непростая задача: с ловушкой частички столкнутся со скоростью, которая как минимум в 10 раз превышает скорость пули, вылетающей из ствола боевой винтовки. При соударении с твердой поверхностью пылинки будут испаряться, на чем и основан принцип пылеударного масс-спектрометра, установленного на «Stardust». Для улавливания и консервации межпланетных и кометных пылинок будет применяться необычный аэрогель, изготовленный из специальной технологии из водного геля кремнезема: он обладает структурой губки и в сотни раз более порист, чем силикатное стекло (99% объема — пустота); поэтому пылевая частица, ударяющаяся в него с высокой скоростью, постепенно затормозится и остановится. Проходя через прозрачный аэрогель, пылинки оставляют в нем видимые следы, по которым уже в лаборатории их можно будет отыскать и извлечь.

Проект «Stardust» — только часть новой программы НАСА «Discovery», цель которой — получать научные результаты, используя максимально простые космические аппараты небольшого размера. Программой предусмотрено сотрудничество НАСА с университетами и частными промышленными компания-

ми. В соответствии с проектом «Stardust» Лаборатория реактивного движения (НАСА) поставляет научную аппаратуру и ведет общий менеджмент. Инициатор и научный руководитель проекта — Д.Е.Браунли (D.E.Brownlee; Университет штата Вашингтон), известный работами по сбору космических частиц в стратосфере Земли; эти частицы названы частицами Браунли. Компания «Lockheed Martin Astronautics» сооружает космический аппарат и отделяемую капсулу.

Дополнительную информацию по проекту можно получить через Интернет: <http://pdc.jpl.nasa.gov/stardust/home.html>.

Stardust: Sanpliny Early Star System. JPL Fact Sheet. № 1. May 1996.

Космические исследования

Первая жертва космического столкновения

В июле 1995 г. был запущен французский спутник-шпион «Céres», которому предстояло в течение 2.5 лет вести радиоперехват в диапазонах 500 МГц и 20 ГГц. Однако в августе 1996 г. станция слежения в Гилфорде (Великобритания) обнаружила, что спутник внезапно сошел со своей орбиты, проходящей в 700 км над поверхностью Земли, и начал кувиркаться. Лишь с помощью НАСА США и Сети космического слежения Великобритании причина была установлена: оказалось, спутник столкнулся с одним из обломков ракеты «Ариан», прекратившей свое существование еще 10 лет назад, — обломок шел с большой скоростью по той же орбите, что и французский спутник. В результате

столкновения длинная балка, которая стабилизировала ориентацию спутника, разрушилась, а спутник потерял заданные ему характеристики полета.

Сейчас известны около 20 тыс. обломков («космический мусор»), и предсказать столкновение с каким-либо из них почти невозможно. Даже если бы станция слежения и предвидела подобный случай, она все равно не смогла бы ничего предпринять для защиты ИСЗ.

Горючего на борту спутника нет, так что его стабилизация на заданной орбите с помощью двигателей невозможна. Однако предполагалось, что это удастся сделать с использованием бортовых электромагнитов: включая электромагниты по команде с Земли, можно вызвать такое их взаимодействие с магнитным полем планеты, которое прекратит кувыркание и стабилизирует полет, но для этого необходимо переписать компьютерную программу, контролирующую электромагниты, загрузить ее бортовую ЭВМ и уже затем постепенно изменять положение спутника в пространстве.

Это первый известный случай столкновения ИСЗ с предметом, изготовленным рукой человека.

New Scientist. 1996. V.151. № 2044. P.5 (Великобритания).

Метеоритика

Откуда взялся «марсианский» метеорит?

Всего через несколько дней после сообщения о принесенных метеоритом ALH 88001 предполагаемых свидетельствах жизни на

Марсе американский астроном Н.Барлоу (N.Barlow; Университет центральной Флориды, Орlando) смогла с уверенностью назвать ту местность на планете, откуда явилось это 1.9-килограммовое тело. Еще в середине 1980-х годов Барлоу составила каталог марсианских ударных кратеров, диаметр которых превышает 5 км — таких оказалось 42 283. Эта информация сохранилась в компьютере, что и облегчило поиски подходящего «кандидата».

Считается, что метеорит ALH 88001 был порожден около 16 млн лет назад падением на поверхность Марса некоего астероида. Если удар был направлен косо к поверхности планеты, такое соударение должно было привести к выбросу в космическое пространство множества обломков марсианской породы. Возникший при этом кратер должен иметь вытянутую форму и поперечник не менее 10 км.

Эти характеристики существенно сузили область поиска, и в списке реальных кандидатов осталось сперва 23, а затем всего два относительно молодых кратера. У обоих кольцевая кромка выглядит сложенной из «свежих» обломков. Один из них вытянут на 23 км при поперечнике около 14.5 км; поблизости видны несколько древних «каналов», оставшихся, вероятно, от того периода, когда на Марсе еще была вода. Второй имеет длину 11 км при диаметре примерно 9 км; здесь тоже есть некоторые свидетельства существования воды в отдаленную эпоху. Специалисты полагают, что карбонатные отложения на метеорите, связываемые с проявлениями жизни, образовались в присутствии влаги.

Подсчеты показали, что больший из кратеров возник от удара астероида поперечником около 1.5 км, а угол его падения должен был составлять менее 10°. Диаметр другого не превышал 1 км.

Именно эти два кратера, находящиеся на юге Марса, в высокогорном районе, покрытом многочисленными космическими «шрамами», Барлоу и отнесла к наиболее вероятным источникам того метеорита, который «подозревается» в переносе на Землю следов марсианской жизни.

New Scientist. 1996. V.151. № 2044. P.11 (Великобритания).

Физика

Лазероподобный источник когерентных атомов

Как известно, материальные частицы проявляют волновые свойства, выраженные тем больше, чем меньше их масса m и скорость v (мерой этих свойств служит длина волны де Бройля $\lambda = h/mv$, где h — постоянная Планка). Поведение ансамбля частиц существенно зависит и от значения их спина. Частицы с целочисленным спином (в единицах постоянной Планка h) подчиняются статистике Бозе—Эйнштейна и имеют общее название «бозоны». К ним относятся фотоны, а также, например, большинство атомов щелочных металлов. Частицы с полуцелым спином (электроны, протоны, нейтроны и др.) подчиняются другой статистике — Ферми—Дирака и проявляют совершенно иные коллективные свойства.

Важнейшее свойство фотонов, на котором основан механизм генерации света лазером, — их способность накапливаться в своем основном энергетическом состоянии. То обстоятельство, что щелочные атомы — тоже бозоны, позволило поставить уникальный эксперимент по лазероподобной генерации пучка когерентных атомов натрия.

Группа исследователей во главе с В.Кеттерле (W.Ketterle; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США) с помощью магнитной ловушки и сверхнизкотемпературной техники получили бозеконденсат атомов Na (ансамбль частиц, находящихся в наименьшем возможном энергетическом состоянии). Затем, воздействуя радиочастотным излучением, они изменили проекции спинов части атомов на противоположные. Для этих атомов магнитное поле перестало служить препятствием, удерживающим их в ловушке, и они стали ее покидать в виде пучка, фокусируясь действием магнитных сил.

Все атомы в пучке когерентны, т.е. характеризуются волновыми функциями с одной и той же длиной волны и фазой, что подтверждено в отдельном опыте с двумя пучками: в области перекрытия пучков наблюдалось чередование максимумов и минимумов плотности атомов, характерное для интерференции когерентных волн.

Таким образом, создан лазероподобный источник когерентных волн материи (волн де Бройля). Длина волны де Бройля материальной частицы может быть выбрана на два порядка меньше длины волны видимого света, что открывает путь к разработке новых метрологических средств:

атомно-лазерных часов, гироскопов и акселерометров — более точных, чем существующие. Кроме того, открывается возможность экспериментальной проверки некоторых теорий.

Nature. 1997. V.385. № 6616. P.482—483 (Великобритания).

Физика

Алмазы из горячей воды

Известно несколько технологических методов получения искусственных алмазов. Так, богатые углеродом материалы (графит, сажа и др.) можно заставить кристаллизоваться непосредственно в алмазную структуру, но такой «прямой путь» требует создания температуры около 2000°C и давления 120 кбар; мелкие технические алмазы получают промышленным способом из смеси углеродных материалов с металлическими катализаторами (Fe, Ni, Cr и др.) при температуре 1400°C и давлении 50 кбар.

Механизм природного роста алмазов окончательно не выяснен. Но точно установлено, что природные алмазы в отличие от искусственных не содержат в заметном количестве примесей металлов.

Ранее рядом авторов были предложены гидротермальные технологии, которые основаны на реакциях в водной среде, протекающих при умеренных температурах и давлениях. Однако достоверных доказательств образования алмазов получено не было.

Специалисты из США (Xing-Zhong Zhao, R.Roy, K.A.Chernan, A.Badzian; Пенсильванский университет) разработали новый вариант



Типичный вид продукта гидротермальной кристаллизации алмазов. Суспензию порошкообразных никеля, аморфного углерода, алмазной пудры и воды запаявали в золотую трубку. В общей массе сухой смеси частицы алмазной пудры (средний размер 0.25 мкм) составляли около 2%. Они служили «затравочными» центрами роста кристаллов алмаза. Запаянные трубки выдерживали 50—100 ч при температуре 800°C и давлении около 1.4 кбар.

Чтобы застраховаться от «алмазной лихорадки» — искушения увидеть алмазы там, где их нет, — использовали независимые методы анализа продуктов реакции: рентгеновскую дифрактометрию, электронную микроскопию и рамановскую спектроскопию. Все три метода подтвердили присутствие аллотриоморфных алмазных

гидротермальной кристаллизации алмазов. Суспензию порошкообразных никеля, аморфного углерода, алмазной пудры и воды запаявали в золотую трубку. В общей массе сухой смеси частицы алмазной пудры (средний размер 0.25 мкм) составляли около 2%. Они служили «затравочными» центрами роста кристаллов алмаза. Запаянные трубки выдерживали 50—100 ч при температуре 800°C и давлении около 1.4 кбар.

продуктов роста — монокристаллов и агрегатов с неправильной огранкой (подчиненной формам параллельно кристаллизующихся структур, а не свойствам собственной кристаллической решетки).

Средний размер ограненных частиц 5—10 мкм, но в ряде случаев наблюдались и крупные агрегаты — 100 мкм и более. Принципиально важно, что, как и в природных алмазах, никаких металлических примесей в частицах не обнаружено.

Аналогичные результаты были получены для других исходных смесей, когда вместо никеля брали платину или железо.

Одним из возможных механизмов роста алмаза авторы считают его кристаллизацию из жидкометаллической фазы $Me_xC_yH_z$ (Me — один из металлов).

Nature. 1997. V.385. № 6616. P.485, 513—515 (США).

Физика.

Охрана окружающей среды

Физико-химическая атака на плутониевый завод

С 1945 по 1986 г. в США было произведено 56 475 ядерных боеголовок. При этом накопилось огромное количество ядерных отходов. После прекращения производства оружия десятки тысяч работников ядерного комплекса, а также миллиарды долларов были переориентированы на программу по хранению и уничтожению радиоактивных отходов, накопленных за эти годы. По мнению А.Алма (A.Alm; Министерство энер-

гетики США), это «самая большая программа по защите окружающей среды в мире, чем бы ее не оценивать: акрами, долларами или зданиями».

В Хэнфорде (штат Вашингтон) — крупнейшем центре по получению плутония — в настоящее время на площади 1450 км² скопились в баках жидкие отходы суммарной радиоактивностью 200 млн Ки. 177 гигантских подземных хранилищ заполнены радиоактивным «коктейлем» из жидкой, тестообразной и осадочной фракций. Из некоторых баков происходит утечка содержимого, приводящая к загрязнению всего региона.

В отходы для ускорения процесса осаждения ранее добавляли вещества, взрывоопасные при повышенных температурах. Точный состав содержимого отдельных баков неизвестен, в некоторых — протекают химические реакции с выделением водорода и других газов.

С 1989 г. в рамках трехстороннего соглашения между Министерством энергетики США, Агентством по защите окружающей среды и властями штата Вашингтон ведутся работы по ускорению вредных воздействий на окружающую среду. На работы по обслуживанию этих отходов в 1996 г. было выделено 1.1 млрд долл.; они истрачены на консервацию одного из заводов, изготовление 28 новых баков с двойными стенками и на перекачку отходов из старых баков в новые. В штате Южная Каролина закончено строительство предприятия по остеклованию отходов. Остеклованное содержимое баков предполагается помещать в специальные хранилища в других штатах. Планируется стро-

ительство еще одного, более крупного завода по остеклованию.

Среди официальных лиц и специалистов, вовлеченных в проект, существуют две точки зрения. Одни настаивают на безусловном выполнении всех пунктов трехстороннего соглашения, предусматривающего, в частности, очистку всех баков и остеклование всего их содержимого, полную дезактивацию всех зданий, захоронение реакторных блоков массой 15 тыс. т. С другой стороны, все больше членов Конгресса, чиновников и экспертов осознают техническую и экономическую несостоятельность подхода, основанного на использовании существующих технологий. Многие ученые в США полагают, что вместо дорогостоящего строительства следует направить усилия на поиск принципиально новых методов хранения и дезактивации отходов.

Выделяют четыре направления научных поисков. Прежде всего — бионетрализацию токсичных отходов. В Тихоокеанской национальной северо-западной лаборатории (PNNL) в Хэнфорде создан специальный отдел по изучению молекулярных процессов в окружающей среде (Environmental Molecular Sciences Laboratory). Одна из первых задач — найти возможность биохимического разложения ядовитых, хотя и нерадиоактивных, органических веществ, используемых в процессе хранения радиоактивных отходов. В частности, уже создан ЯМР-спектрометр, уникальный сверхпроводящий магнит которого обеспечивает самое высокое в мире разрешение. Надеются создать ферменты, способные

разложить токсичные соединения до безвредных, и преобразовать растворимые вещества в нерастворимые.

Другой способ — «химическая атака»: окисление либо восстановление компонентов до нерастворимых форм. Оба эти подхода — и биохимический и химический — позволяют избежать транспортировки и обеспечить надежное хранение отходов на месте.

Еще один химический подход предполагает изучение состава жидких отходов и структуры остеклованной массы, чтобы затем свести ее объем к минимуму, что упростит и удешевит переработку, транспортировку и хранение.

Наконец, необходимы исследования степени риска, связанного с утечкой радиоактивности, для здоровья людей и для окружающей среды.

Научно обоснованный подход к проблеме может дать практические результаты через 8—10 лет. Для этого требуется перераспределение финансирования, что повлечет потерю многих рабочих мест. Существуют также многочисленные ведомственные, политические, психологические барьеры, препятствующие поиску и внедрению новых технологий. В то же время неадекватность существующих методов и невыполнимость условий трехстороннего соглашения очевидна для большинства специалистов.

Парадоксально, но факт: ограниченность финансовых и технических ресурсов ставит науку в очень выгодное положение.

Nature. 1996. V.383. № 6599. P.377 (Великобритания); Scientific American. 1996. V.274. № 5. P.72—81. (США).

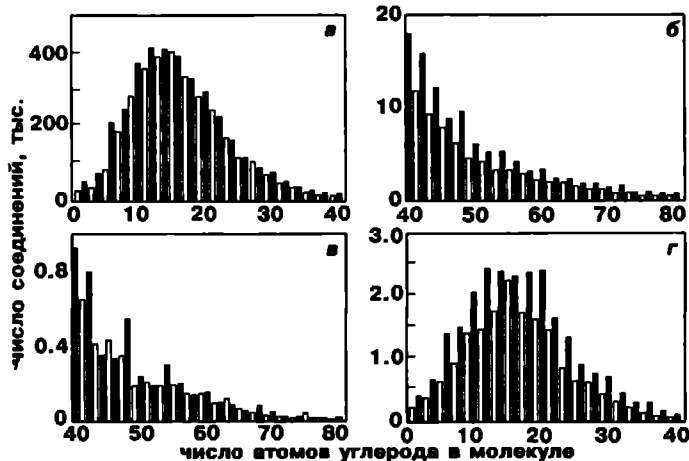
Химия

Чет и нечет атомов углерода органических молекул

Известно, что молекулы высших жирных кислот, входящие в состав жиров биологического происхождения, содержат только четное число атомов углерода (C_n). Это можно связать как с их физическими параметрами, влияющими на свойства соответствующих жиров (например, на температуру

плавления), так и с особенностями биохимических процессов, в которых участвуют эти молекулы. А как обстоит дело с органическими молекулами небиологического происхождения?

Просмотрев почти 7 млн химических формул, они натолкнулись на существенную особенность в их



Распределение органических соединений по числу атомов углерода в молекулах: а, б — результат подсчета соединений с данными величинами C_n в максимуме распределения и на его хвосте; в — выборка для соединений естественного происхождения; г — распределение кристаллизующихся соединений.

плавления), так и с особенностями биохимических процессов, в которых участвуют эти молекулы. А как обстоит дело с органическими молекулами небиологического происхождения?

Дж. Сарма (J.F.R.P.Sarma; Индийский институт химической технологии, Хайдарабад), А.Нанджия, Г.Дезираджу (A.Nangia, G.De-

составе: соединений с четным числом атомов углерода больше, нежели с нечетным. Это хорошо видно на гистограммах, построенных как в интервале пика распределения с центром при $C_n = 12-16$ (рис., а), так и в области больших C_n (рис., б), где приоритет четноатомных соединений выражен особенно ярко.

Выделение из общего списка, собранного в первом справочнике, подразряда соединений только биологического происхождения

¹ STN Beilstein online Version of 1 July 1996. Frankfurt, 1996; CRC Handbook of Chemistry and Physics 73rd edition. Florida, 1992; Cambridge Structural Database. V.511. Cambridge, UK, 1996.

также обнаруживает неравноправие чет-нечет (рис., в), хотя и не столь выразительное. Аналогичная картина получается и при подсчете соединений с различными S_n по другим, менее полным базам данных органических соединений. В частности, гистограмма, построенная по результатам анализа кристаллизующихся органических веществ, формулы которых собраны в третьем справочнике (рис., г), опять-таки выявляет приоритет четноатомных соединений. В них преобладание молекул с четным количеством атомов углерода можно объяснить тем, что большая часть этих веществ образует кристаллические структуры, имеющие центр инверсии. Однако причина «предпочтения» четного числа атомов углерода в молекуле для всей совокупности органических веществ остается неясной.

Не лежит ли, как отмечают авторы, в основании этого факта еще неоткрытое фундаментальное правило четности?

Nature. 1996. V.384. P.320 (Великобритания).

Биология

Затерянный герпетомир

По мере освоения и изучения земных просторов описание каждого нового для науки вида позвоночных животных становится все более редким научным событием. Но даже в наши дни случаются настоящие фаунистические открытия, например — обнаружение целой неизвестной ранее герпетофауны.

Совместная экспедиция

Американского музея естественной истории и венесуэльского Фонда Террамара работала на севере штата Амазонас, в долине р.Ориноко. Здесь, среди сплошных джунглей, возвышаются изолированные плосковершинные горы — тепуис, на которые участники экспедиции высаживались с помощью вертолетов. На одной из гор — Сьерра-Яви (2 км над ур.м.) — наблюдения проводились пять дней, и за это время было обнаружено шесть видов земноводных и пресмыкающихся. Все — ранее неизвестные науке¹.

Список мировой герпетофауны пополнился тремя новыми видами лягушек-свистунов (семейство *Leptodactylidae*). Они относятся к широко распространенному во всей Южной Америке роду листовых лягушек — *Eleutherodactylus*; у них редуцированы плавательные перепонки, а голосовые реакции напоминают свист. Три новых вида лягушек-свистунов — эндемики Сьерра-Яви.

Все открытые пресмыкающиеся относятся к родам, известным лишь по нескольким видам: это два новых вида игуановых ящериц и ужеобразная змея рода *Thamnodynastes*. Даже ящеричный хвост, найденный в желудке этой змеи, принадлежал, вероятно, теиловой ящерице неизвестного вида из рода артрозавров.

Работы экспедиции проводились в сухой сезон, когда активность земноводных и пресмыкающихся сокращается. Очевидно, что в сезон дождей местная гер-

петофауна преподнесет новые сюрпризы.

Ученые предполагают, что уникальная, эндемичная для одной горы фауна земноводных и пресмыкающихся может представлять собой лишь сохранившийся осколок некогда широко распространенной герпетофауны этого региона.

© Д. В. Семенов,
кандидат биологических наук
Москва

Биология

«Бестолковая» молодежь осетровых

Осетровые рыбы отличаются от костистых редкой бестолковостью. Они не проявляют оборонительных реакций, когда хищники на их глазах поедают собратов. Если некоторые особи страдают, агонизируют и погибают, будучи запутанными в растительности или сети, остальные без колебаний лезут в ту же ловушку. Огромных усилий стоит приучение осетровых к кормушкам при выращивании в прудах, но все равно часть особей наотрез отказывается принимать искусственные корма. Провалились попытки выработать условные оборонительные рефлексы у молоди искусственного воспроизводства перед выпуском ее в море.

Казалось бы, ничему-то их жизнь не учит. Однако наблюдения за поведением взрослых осетровых в естественных условиях, которые проводились сотрудниками Каспийского института рыбного хозяйства (Астрахань), свидетельствуют, что неспособна к обучению только молодежь.

Подслеповатые осетровые острее всего реагируют

¹ Myers Ch. W., Donnelly M.A. // American Museum Novitates. New York, 1996. № 3172. P.56.

на гидродинамические возмущения. Многолетнее применение активных орудий лова привело к выработке экологически адекватных оборонительных рефлексов у мигрирующих на нерест осетровых по рекам Волге и Кубани. Замечено, что севрюга способна обходить сплавную сеть по прибрежному мелководью. А вот крючковая снасть после совершения севрюгой разведывательных обследований преодолевается ею с разгоном. Во время прохождения сквозь рабочую зону снасти рыба не совершает никаких телодвижений, плавники прижаты к телу. Попадают на крючок лишь те особи, которые не набрали нужной скорости и начали подработку хвостовым стеблем в опасной зоне. Чаще всего это впервые нерестующие экземпляры.

Итак, наблюдения за поведением рыб в зоне активных орудий лова показывают, что осетровые все-таки способны к выработке сложных защитно-оборонительных рефлексов, но только с годами. Очевидно, приобретенный опыт по наследству не передается.

© В.Н.Еловенко,
кандидат биологических наук
г.Астрахань

Зоология

Круглые черви — паразиты простейших

Среди простейших, населяющих морское дно, весьма обычные самые разнообразные фораминиферы. Эти отдаленные родственники амёб строят себе многокамерные раковинки: известковые или агглютинированные — из песка.

В фораминиферах *Reo-*

phax curtus, строящих палочковидные агглютинированные раковинки величиной всего в несколько миллиметров, А.В.Евсеев (биофак Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова) и обнаружил паразитических круглых червей — нематод.

Эти фораминиферы были собраны на сублиторали Белого моря. Обследовано более 500 экземпляров, в четверти из них встречены нематоды, причем главным образом в достоверно живых фораминиферах (а не в пустых раковинках). Селились нематоды всегда в последней, самой крупной, камере. В ряде случаев удалось наблюдать, что черви сидели между цитоплазмой фораминиферы и стенкой раковинки.

Обнаруженные нематоды относятся к двум видам семейства *Camacolaimidae*. Видовая идентификация еще не завершена, но в Белом море таких нематод ранее не находили. В фораминиферах встречены все стадии их развития — от яиц и молодежи до половозрелых самцов и самок. При этом взрослые самцы — тонкие и подвижные — имеют облик, характерный и для свободноживущих нематод, а самки — толстые, веретеновидные и неподвижные — облик классических паразитов. Кстати, по предварительным данным, кишечник самок не имеет просвета, так что питаются они, возможно, веществами, проникающими сквозь стенку тела — тоже «паразитическая» черта.

Похоже, это первый известный случай паразитирования многоклеточных животных на простейших.

Материалы научной конференции Беломорской биостанции МГУ им. М.В.Ломоносова, посвященной памяти Н.А.Перцова, 17—18 августа 1996 г. М., 1996. С. 16—17 (Россия).

Экология

Уток, зимующих в Москве, становится меньше

Среда современных мегаполисов резко отличается от той, в которой издавна существовал человек. Психологи давно показали, что город без признаков живой природы действует на людей угнетающе, незаметно перенапрягая психику. Поэтому присутствие здесь некоторого количества диких животных — и в первую очередь различных птиц — полезно и необходимо. Но если певчие птицы тяготеют к городским паркам, то водоплавающих можно встретить везде, где есть вода, включая самые шумные и застроенные районы Москвы. Водоплавающие птицы оказываются идеальной моделью закрепления диких видов в городах, освоения ими новых техногенных экологических ниш.

19 января 1997 г. в Москве под координацией К.В.Авиловой (биофак Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова) проведен 13-й ежегодный учет зимующих водоплавающих птиц. В нем приняло участие около 50 человек: члены Дружины по охране природы биофака МГУ, сотрудники ВНИИ природы, Московского зоопарка, члены Экспериментального биологического объединения Дома научно-технического творчества молодежи (руководитель Н.П.Харитонов), выпускники биофака МГУ, орнитологи-любители. Наблюдатели одновременно прошли почти по 30 маршрутам вдоль городских рек и прудов, регистрируя размещение и структуру городских зимовок водоплавающих птиц.

Водоплавающие птицы, зимующие в Москве (по учетам за два года)

Виды	1995/96 г.	1996/97 г.
Кряква	9419	9000
Казарка канадская	0	2
Свиязь	2	0
Шилохвость	0	1
Чирок-свистунок	10	2
Красноголовый нырок	1	8
Чернеть хохлатая	28	54
Чернеть морская	0	2
Гоголь	15	8
Крохаль большой	0	2
Луток	1	1
Домашний гусь	3	0
Чомга	1	0
Малая поганка	0	3
Чайка сизая	99	247
Чайка озерная	12	16
Чайка серебристая	34	85
Всего уток	9465	9080
Всего уток кроме крякв	56	80
Всего чаек	145	348

Всего было отмечено немногим более 9 тыс. уток. Учет подтвердил, что в последние годы число зимующих птиц продолжает неуклонно снижаться: в 1995 г. их было 12 тыс., а в 1990 г., на пике численности, — 28 тыс. Сокращение численности зимующих птиц обусловлено тем же фактором, который раньше способствовал ее росту — количеством теплой воды, сбрасываемой в реки и речушки московскими предприятиями. Раньше оно росло, теперь, из-за экономического спада, снижается. А главное условие, необходимое, чтобы утки зимовали на месте, а не откочевывали на юг, — наличие больших полыней на реках. В Москве без постоянного подогрева теплыми сбросами такие полыни вновь стали замерзать. Кое-где традиционные места утиных зимовок ока-

зались разрушены при строительстве. В 1996/97 г. на формирование зимовки повлияло резкое похолодание после длинной теплой бесснежной осени, тянувшейся до второй половины декабря, — многие зимовки исчезли при внезапном наступлении сильных морозов. В целом в городе стало меньше мелких зимних скоплений птиц, но крупные сохранились: в основном на Москве-реке ниже сброса с городских очистных сооружений и на ее главном притоке — Яузе.

Однако по сравнению с прошлой зимой уменьшение числа птиц было незначительным — примерно на 400 особей. Возможно, после многолетнего снижения численности намечается ее стабилизация.

Многие городские зимовки уток связаны с местами подкормки, но горожа-

нам в последние годы не по карману кормить уток в прежних масштабах. Мы наблюдали сокращение числа зимующих птиц на многих привычных и излюбленных ими местах, а также перераспределение между зимовками в зависимости от наличия «кормильцев». Более 1000 диких крякв держится на прудах Московского зоопарка, где они получают корм наряду со всеми.

По опросным данным, на городских уток стали чаще охотиться, в том числе с помощью пневматического оружия, — многие пункты местообитания уток, где они были почти ручными, исчезли, либо птицы перестали подпускать людей.

В 1997 г. помимо крякв в Москве зимовали хохлатые и морские чернети, красноголовые нырки, гоголи, чирки-свистунки, луток, шилохвость, малые поганки и две канадские казарки, вероятно сбежавшие из какого-нибудь питомника. В день учета на Москве-реке держались два больших крохали.

К сожалению, у нас нет возможности сравнить ситуацию с зимовкой водоплавающих птиц в Москве и в других российских городах. Вероятно, тенденции изменения численности достаточно типичны и вряд ли сильно различаются в пределах средней полосы Европейской России. Подтверждением или опровержением тому могли бы стать сообщения членов Союза охраны птиц России.

© **К.В.Авилова**,
кандидат биологических наук,

Г.М.Виноградов,
кандидат биологических наук
Москва

Этология

Привлекательный запах отброшенного хвоста

Аутоотомия — самоотсечение частей тела — достаточно известное явление в животном мире. Классический пример — самопроизвольное отбрасывание хвоста многими ящерицами. Менее известно, что и некоторые саламандры используют эту защитную реакцию, чтобы спастись от хищника.

Цель отбрасывания хвоста — не просто оставить его в пасти хищника и убежать, а привлечь внимание последнего именно к хвосту. Часто совершает эту операцию еще не схваченная ящерица (или саламандра), и тогда важно, чтобы хищник бросился на хвост, а не на оставшуюся бесхвостой жертву. В связи с этим хвост аутотомирующих животных часто ярко окрашен, способен к автономным движениям (извиваниям), которые он — уже отброшенный — может производить довольно долго, а у некоторых видов (сцинковых гекконов) даже издает звуки благодаря трущимся друг о друга крупным чешуям. Оказывается, этим исчерпываются еще не все возможности сделать отброшенный хвост более привлекательным для хищника, чем само животное.

В лабораторных экспериментах американские исследователи Д.Ланкастер и Ш.Уайз (Debra L.Lancaster, Sharon E.Wise; Университет северо-западной Луизианы, Лафайет, США) установили, что особо привлекательным может быть запах хвоста жертвы. В качестве хищника в опытах участвовала ужо-

вая змея *Diadophis punctatus*, а потенциальной добычи — саламандра *Plethodon cinereus*, способная к аутоотомии хвоста. Как и многие другие змеи, диадофис прекрасно различает запахи и часто разыскивает добычу, ориентируясь именно по ним.

В эксперименте змее предлагали субстраты, на которых остался запах брюшка саламандры или ее хвоста, а для контроля — субстрат с запахом сверчков. «Заинтересованность» змеи определяется по частоте высываний ею раздвоенного язычка (неверно называемого «жалом»); именно на кончиках языка находятся хеморецепторы, с помощью которых она улавливает запахи. Чем привлекательнее запах, тем чаще высывается трепещущий язычок.

Оказалось, что запах хвоста саламандры гораздо более привлекает змею, чем сама саламандра. Таким образом, отброшенный саламандрой хвост повышает ее шансы остаться в живых. В ходе эксперимента выяснилось также, что и хвостатая саламандра вызывает больший интерес хищника, чем уже потерявшая хвост. Конечно, отбросившая хвост особь оказывается беззащитной при следующей опасности. Но если бесхвостая саламандра по запаху менее привлекательна для хищника, то она скорее останется незамеченной, чем хвостатая и, следовательно, более защищенная особь.

Выделение железами хвоста саламандр специального секрета — эволюционное достижение, повышающее их выживаемость.

Ботаника

Как прорасти орхидее в лесу, или Грибы в семенах

У орхидей чрезвычайно мелкие семена. Зародыш в них не дифференцирован на органы, как в семенах большинства других растений, и почти лишен питательных веществ. Больше всего он похож на маленький шарик, окруженный сухой и легкой оболочкой. Такие семена легко разносятся ветром; производит же их растение в гигантских количествах — от нескольких тысяч до четырех миллионов в каждой коробочке (у некоторых тропических орхидей).

Весьма продолжительное время считалось, что столь мелкие семена неспособны прорасти, но около 200 лет назад, в 1804 г., Сейлисбури¹ удалось описать прорастание двух видов орхидей — *Orchis morio* и *Bletia verecundum*. В течение последующих 100 лет исследователи ограничивались описанием весьма редко находимых в природе проростков орхидных. Лишь к началу XX в. стало ясно, что семена орхидных нуждаются во внешнем источнике сахаров, а в естественных условиях их поставщиком служит симбиотический гриб. И хотя мы многое сейчас знаем о процессе прорастания семян орхидей в культуре, по-прежнему остаются неразрешенными множество загадок, связанных с их поведением в природе. Казалось бы, чего проще: посеять и посмотреть, что будет. Однако до недавнего времени ни один эксперимент такого рода не имел успеха. Вот почему

сообщение бельгийского исследователя Г. ван дер Киндерена о проведенных им опытах столь удивительно².

Семена орхидей *Dactylorhiza maculata* (ятрышник) и *Epipactis helleborine* (дремлик) были помещены между двумя слоями ткани из тончайшего нейлона и закреплены в обычных пластиковых рамках для слайдов. Рамки опускали в почву на разную глубину в местах, давно заселенных взрослыми орхидеями. Чтобы как можно меньше нарушать структуру почвы, использовался специальный бур: в вынутый им почвенный цилиндр в необходимых местах помещали рамки с семенами и осторожно возвращали цилиндр на место.

Семена ятрышника дружно проросли спустя 3.5 мес. после посева, однако, возможно, вследствие загущенного посева, большинство из них погибло; при этом часть была заражена паразитическими грибами.

Здесь стоит сделать отступление: гибель молодых наземных орхидей от тесноты — явление достаточно обычное в дикой природе. При наших собственных исследованиях, организованных Главным ботаническим садом РАН в беломорской тайге, Подмосковье и лесах Мордовии, выяснилось, что семена орхидей очень часто прорастают тесными группами. Проростки любки (*Platanthera bifolia*), например, буквально касаются друг друга. Если скопления начальных подземных стадий развития той же любки,

ятрышника или ладьяна (*Corallorhiza trifida*) насчитывали по 10—15 особей, растения чувствовали себя неплохо, но если на такой же площади скапливалось около сотни экземпляров, большинство из них обычно оказывались покрыты некротическими пятнами и поражены агрессивными грибами.

Развитие дремлика, прослеженное ван дер Киндереном более подробно, тоже начиналось на третий месяц. В это время вокруг семян наблюдались гифы грибов по крайней мере трех видов. Один из них, атакуя зародыш, вызывал быструю гибель орхидеи. Два других росли между семенами, поначалу не проникая внутрь них, и только спустя 3—4 мес. гифы гриба находили не только на оболочке семени, но и внутри ее. Собственно зародыш по-прежнему оставался без гриба, хотя его размеры превышали исходные по крайней мере в 5 раз. Таким образом, гриб стимулировал прорастание орхидеи без непосредственного контакта (впервые подобное отмечено в экспериментах Г.Бургеффа в начале века³), и только спустя почти год после рассеивания семян произошло заселение клеток зародыша симбиотическими грибами, а на 15 мес. зародыши полностью сформировали точки роста.

Количество выживших семян и степень развития растений сильно зависели от глубины посева. Через 29 мес. после начала эксперимента единственный выживший на глубине 2 см экземпляр имел 6 мм в длину и 3 — в ширину,

тогда как самые крупные из 50 особей, выживших на глубине 20 см, достигали лишь 1.3 мм в длину и 0.77 мм в ширину. Следует отметить, что в каждой рамке находилось более тысячи семян. Первоначально проросли 13 % семян на глубине 1 см и 60% — на глубине 10 см. Все эти различия экспериментатор объясняет тем, что на глубине 15—20 см колебания температуры менее выражены. Жаль, что автор не приводит сведений о колебаниях влажности и особенностях почв: в поверхностном слое почвы колебания влажности должны быть более заметны, а это не может не сказываться на росте и развитии протокормов; с другой стороны, условия питания грибов (количество органических веществ) на разной глубине тоже могут различаться. Здесь опять хочется вспомнить наши собственные наблюдения: в сфагновых болотах семена ятрышника, видимо, смываются водой в глубь сфагнума. Они равномерно распределяются в верхнем 10-сантиметровом слое мха. При этом молодые растения, расположенные ближе к поверхности, после появления 1—2 бесхлорофилльных чешуевидных листьев дают первый тоненький зеленый лист, все еще находящийся внутри мохового яруса. Их первичный клубень, заселенный симбиотическими грибами, очень мал. У растений же, попавших в глубину, первичный клубень развивается в длинный толстый побег, заселенный грибом-симбионтом, с 4—5 чешуевидными бесцветными листьями.

Таким образом, налицо две стратегии развития одного вида (конечно, со всеми переходами), зависящие от глубины прораста-

² Van der Kinderen G. A method for the study of field germinated seeds of terrestrial orchids // *Lindleyana*. 1995. V.10. № 2. P.68—73; Observations on in situ germination of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz // *Ibidem*. № 4. P.223—231.

³ Burgeff H. Die Wurzelpilze der Orchideen, ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Jena, 1909.

ния орхидей: ускоренный переход к собственному фотосинтезу и пролонгированное микотрофное развитие — за счет гриба.

© Т.Н.Виноградова
Москва

Биотехнология

Источник целебного сырья будет сохранен

Ожидается, что на пороге XXI в. в США раковые заболевания станут основной причиной смертности населения. Такой прогноз определяет стратегию интенсивного поиска терапевтических средств на основе природного лекарственного сырья. Вместе с тем выработка в достаточных количествах одного из наиболее эффективных препаратов — паклитаксела, или таксела (paclitaxel, taxol), сырьем для которых служит кора тихоокеанского тисса, до сих пор остается проблематичной.

Лечебные свойства этой группы препаратов открыты еще в конце 60-х годов, а клинические испытания подтвердили их действенность при лечении некоторых видов рака. Однако в 1994 г. в печати появились сообщения о резком сокращении тихоокеанского тисса в результате вырубок (из 13 500 кг коры тисса получают 1 кг паклитаксела). По разным оценкам, дальнейший сбор сырья может удовлетворять потребности в нем в объемах от 200 до 300 кг в год, что еще сильнее истощит популяцию тисса. Предпринимавшиеся попытки разведения культуры клеток тисса оказались мало эффективными и экономически неоправданными.

Ныне группа японских

исследователей из Лаборатории биологических наук компании «Mitsui Petrochemical Industries» открыла новый метод наработки лекарственного препарата. В его основе лежит использование метилжасмоната, который инициирует в культурах клеток тисса синтез паклитаксела и других родственных алкалоидов. Метод позволяет в шесть раз увеличить выход продукции по сравнению с прежними методиками, которые давали возможность получать около 150 мг/л в неделю. Если учесть, что для рентабельной работы фармацевтов потребуется довести выпуск препаратов до 100 тыс. л, внедрение нового метода имеет очевидную перспективу.

Environment. 1996. V.38. № 9. P. 23 (США).

Генетика. Медицина

Имеем ли мы право не знать?

Диагностика генетических заболеваний, а также успешно развивающаяся в последние 20 лет пренатальная (дородовая) диагностика аномалий плода¹ меняют этические принципы не только медиков, но и человечества в целом².

Генетические обследования позволяют определять болезни, вызванные количественными или структурными хромосомными аномалиями, мутагенными воздействиями окружающей среды. Если обнаруженные измене-

ния необратимы (например, в случае болезни Дауна, при которой неизбежны серьезные энцефалопатии плода и дебилность родившегося ребенка), знание о таких нарушениях, как правило, приводит родителей к решению прервать беременность. Известно, что вероятность возникновения болезни Дауна составляет 1 на 700 новорожденных, а для групп риска (в семьях, где имеются такие больные, и для женщин старше 38 лет) частота ее появления возрастает до 1 на 100. Необходимость всеобщего обследования женщин в группах риска очевидна. Однако в противоречие с рекомендациями врачей вступают, во-первых, этические принципы (вправе ли родители не знать о риске рождения дебильного ребенка в связи с теми обязанностями, которые они накладывают на общество), а во-вторых, — моральный кодекс, заложенный Гиппократом и Беконом (врачи фактически призывают к лишению «пациента» жизни).

Если диагноз поставлен одному члену уязвимого в генетическом отношении семейства, возникают другие нерешенные в этическом плане вопросы. Например, необходимо ли доводить диагноз до сведения остальных членов этой семьи. Обязательность же такой информации связана с простыми соображениями: многие генетические заболевания требуют определенной диеты и образа жизни, а также упреждающего лечения. При обнаружении менее серьезных, чем болезнь Дауна, заболеваний плода (таких как синдром Клинефельтера или наличие двойной Y-хромосомы) родители могут принять необходимое решение о прекращении беременности

¹ Подробнее см.: Баранов В.С. Пренатальная диагностика: реальность и перспективы // Природа. 1996. № 11. С.54—61.

² См. также: Лолухин Ю.М. Биозтика // Природа. 1991. № 10. С.3—7.

или, напротив, вовсе не учитывать возможной дополнительной нагрузки на общество.

Всякое «выборочное» рождение (дискриминация нежелательного пола, что очень характерно для Китая, или обнаружение генетического заболевания) фактически означает ввод эвгенических принципов в этику человека. Такая ситуация действительно известна. В Сардинии, например, законодательным путем удалось предотвратить распространение серповидной клеточной анемии полным обследованием беременных и обязательным прерыванием беременности при установлении заболевания плода. В этом случае право выбора не было предоставлено не только будущему члену общества (еще неродившемуся ребенку, о правах которого родиться никогда не ставился вопрос), но также медикам и родителям — все решала политическая воля большинства.

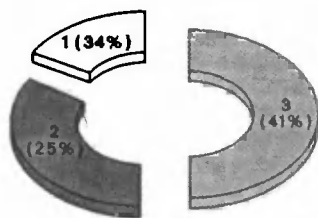
В связи с этим ВОЗ указывает на необходимость серьезной работы над этическими основаниями пренатальной диагностики и генетических исследований.

World Health. 1996. № 5. С.22—23 (Швейцария).

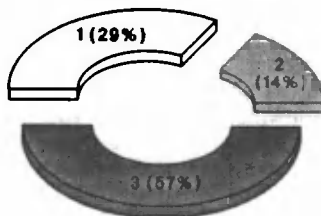
Медицинская статистика

Какое давление у москвичей?

Интересная акция проведена некоммерческим фондом Vis Vitalis и Московской медицинской академией им. И.М.Сеченова летом 1996 г.: в девяти многолюдных точках города жители и гости столицы по желанию могли измерить артериальное давление.



Распределение обследованных по степени осведомленности о величине собственного артериального давления: 1 — знают и регулярно измеряют; 2 — измеряли более года назад; 3 — не знают свое давление.



Распределение оценок воздействия фактора артериального давления на здоровье человека: 1 — существенное влияние; 2 — не важно для здоровья; 3 — считают крайне важным для здоровья.

Предполагалось, что за время акции будет обследовано около 2 тыс. человек, а на практике число измерений составило около 12 тыс. Параллельно проводился мини-опрос относительно влияния артериального давления на здоровье. Собранная информация дала обширную базу данных для соответствующего анализа.

Оказалось, что из числа всех обследованных доля лиц с повышенным артериальным давлением (от 160/90 мм рт. ст.) составила 14%. По нормативам Всемирной организации здравоохранения 160/90 мм рт. ст. считается пороговым значением повышенного давления. Эта относительно высокая величина (альтернативный вариант

данного показателя — 140/90 мм рт. ст.) должна была учитывать случайные причины повышения давления.

Среди лиц, пожелавших принять участие в обследовании, большинство составили женщины (63%), а ведь в России от сердечно-сосудистых заболеваний больше страдают мужчины. Чаще интересовались своим давлением люди в возрасте 40—50 лет. Возрастная структура в разных пунктах обследования была неоднородной, однако в некоторых преобладали пенсионеры.

Более половины опрошенных (59%) занимается интеллектуальным трудом, 28% — физическим, а 14% — учится.

Поскольку главная цель акции состояла в том, чтобы убедить людей отказаться от пассивного отношения к своему здоровью, особое внимание было уделено результатам анкетирования. Согласно ответам, при повышении артериального давления к врачу собираются обратиться около 47% опрошенных, 36% предпочитают лечиться самостоятельно, а 17% вообще не видят повода для волнений.

Большинство опрошенных (57%) полагает, что нормальное давление крайне важно для здоровья; 29% считают этот показатель существенным, но не главным фактором; 14% думают, что давление вообще не определяет состояние здоровья. Женщины (60%) оказались более осведомлены в вопросах, связанных с артериальным давлением, чем мужчины (53%), но в то же время большинство из них предпочитало обходиться без врачебной помощи.

Полученная статистика

дала общее представление об уровне медицинского просвещения населения и о различном отношении людей к состоянию своего здоровья.

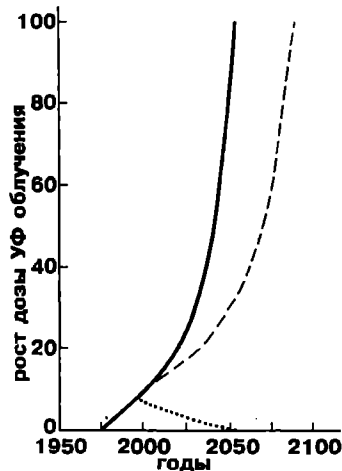
Компьютерные технологии в медицине. 1996. № 3. С.68—72 (Россия).

Медицина

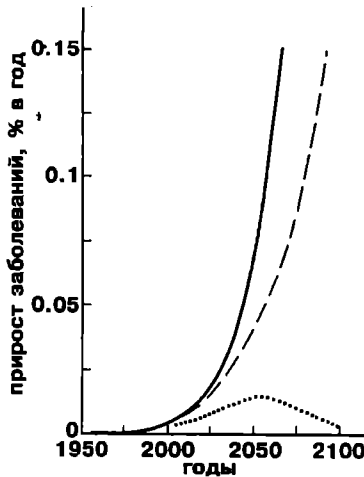
Озоновый слой и рак кожи: прогноз риска заболеваний

Истощение озонового слоя связывается, как известно, с антропогенными галоидорганическими соединениями, что в свою очередь приводит к возрастанию дозы УФ-излучения, достигающего поверхности Земли. Повышение уровня жестких излучений сказывается на здоровье человечества, приводя, в частности, к возрастанию риска заболевания раком кожи. Именно с этой точки зрения группа нидерландских и американских ученых предприняла попытку количественно оценить влияние принятого Венской конвенцией 1985 г. ограничения производства веществ, истощающих озоновый слой.

Расчет риска заболевания раком кожи в зависимости от истощения озонового слоя под влиянием галоидорганических веществ авторы произвели в соответствии с тремя сценариями увеличения УФ-облучения поверхности Земли: без ограничения производства; с ограничениями в соответствии с Монреальским протоколом Венской конвенции; с учетом жесткой Копенгагенской поправки к Венской конвенции. При этом рас-



Изменение интенсивности дозы УФ-облучения, рассчитанное по трем сценариям: без ограничения производства (сплошная линия), в соответствии с Монреальским протоколом (штриховая линия) и с учетом Копенгагенской поправки (точечная кривая).



Динамика заболеваемости раком кожи в США по трем сценариям (обозначения те же).

сматривался риск заболевания тремя видами рака: чешуйчатой клеточной карциномой, основной клеточной карциномой и кожной злокачественной меланомой.

Доза УФ-облучения оценивалась на северных широтах: 40° — в США и 52° — в Европе. Порог разрушения озонового слоя был принят равным эффективной концентрации хлора, составившей к 1976 г. 1.6 частей на 1 млрд. В модели учтены естественные и сезонные колебания озонового слоя, достигающие 60—140 единиц Добсона.

Расчеты показывают, что риск заболеть раком в США и Европе хотя и разнится на 52% по естественным причинам (влияние широт), но увеличится в равной мере к 2000 г.: в четыре раза — по первому сценарию и в два раза — по второму. Учет Копенгагенской поправки показывает, что толщина озонового слоя будет изменяться по кривой с минимумом, относящимся к 2000 г., после чего озоновый слой будет восстанавливаться. Пик на кривой заболеваний раком запаздывает при этом на 60 лет, но все же на 10% превысит современный уровень.

Nature. 1996. V.384. № 21. P.256—258 (Великобритания).

Эпидемиология

Беженцы и инфекции

Генеральный директор Всемирной организации здравоохранения Х.Накаджима (H.Nakajima), побывав в Руанде, указал на опасность возникновения массовых инфекций при возвращении сюда беженцев из Восточного Заира. Миграция людей в таком количестве — а это около 200 тыс. — редкий случай в истории.

На встрече с членами правительства Руанды, эпидемиологами ВОЗ и представителями ООН Накаджи-ма отметил, что только 14 тыс. из мигрирующей огромной массы населения прошли обследование. В пунктах помощи беженцам у двух третей из них обнаружена острая диарея, у 3% — кровавые поносы; зарегистрировано 47 смертных случаев от холеры, а 23 человека с таким диагнозом изолированы. Респираторные инфекции и малярия — неизбежные спутники людей, в течение долгого пути проходящих ежедневно около 40 км.

Без системы медицинских транзитных консультационных пунктов, станций с источниками свежей воды и минимальными запасами пищи, а также без строгой изоляции заболевших распространение репатриантов инфекций, в том числе менингита, холеры, дизентерии неизбежно.

World Health Organization. Press Release. 1996. № 84. 29 November (Швейцария).

Охрана природы

О судьбе лошади Пржевальского

Периодически появляющаяся информация (в том числе и в «Природе»¹) о жизни лошадей Пржевальского в зоопарках и о проектах возвращения этих животных в природу создает иллюзию, будто положение вида весьма благополучно и

за его судьбу не стоит беспокоиться. Какова же реальная ситуация?

Из всех проектов, которые носят название «Реинтродукция лошади Пржевальского в природу», только один соответствует названию. Это проект, осуществляемый в степном заповеднике Монголии Хустайн-Нуру, где первая группа этих животных уже выпущена на волю. Остальные проекты, среди которых китайский — в провинции Гансю, монгольский — в Джунгарской Гоби и узбекский — в Бухарском питомнике, завершили лишь организацией полувольных парков.

Лошади Пржевальского хорошо размножаются в неволе, но зоопарки, занимающиеся разведением этого вида, уже переполнены, а выпускать животных некуда, поскольку прилегающие территории непригодны для их самостоятельного существования или заняты человеком. Из-за ограниченности пространства вскоре может возникнуть проблема: что же делать с «лишними» животными.

Нидерландский Фонд защиты и сохранения лошади Пржевальского, возглавляющий проект в заповеднике Хустайн-Нуру, не берет их из зоопарков, так как имеет достаточно собственных животных. В 1996 г. большинство зоопарков частично или полностью отказались от разведения лошадей Пржевальского: самцы были отделены от самок и помещены в отдельные загоны, и в результате, например, в Пражском и Ленинградском зоопарках не родилось ни одного жеребенка, а в Московском — всего один. В заповеднике Аскания-Нова, обладателе крупнейшей популяции лошади Пржевальского, по-

лучено всего девять жеребят, а 28 взрослых лошадей (в том числе 15 кобыл) намечены к отстрелу (восемь из них уже погибли).

И это происходит в то время, когда вид, занесенный в Международную Красную книгу и в Международную Племенную книгу, по-прежнему находится в опасности: вся популяция лошади Пржевальского в неволе составляет не более 2 тыс. особей, разбросанных по более чем 199 зоопаркам мира.

Итак, продолжать разведение этого вида в неволе можно лишь в случае, если зоопарки и полувольные парки смогут передавать «излишки» животных для выпуска в природу. Так не стоит ли начать осуществление проекта реинтродукции лошади Пржевальского в России, сформировав их группы из разных зоопарков мира? Пригодные для этого территории у нас есть: например, выведенные из сельскохозяйственного использования земли на юге Саратовской области, где раньше, возможно, обитала лошадь Пржевальского. Организация здесь степного заповедника позволит не только спасти приговоренных к отстрелу и медленному вымиранию в неволе лошадей, но и восстановить былое богатство степных просторов России. Это важно еще и потому, что создание одной, даже очень крупной природной популяции лошади Пржевальского в Монголии, не решает проблемы сохранения вида, так как остается риск ее гибели из-за стихийного бедствия или эпидемии. Только несколько географически изолированных популяций смогут гарантировать сохранение вида.

© Н.В.Паклина
Москва

¹ Позднякова М.К. Лошадь Пржевальского возвращается в Монголию // «Природа». 1992. № 8. С. 60.

Охрана окружающей среды

Исследуются последствия сброса городских отходов в океан

В 1986 г. в Атлантическом океане, в специально отведенном месте, которое расположено в 106 милях от побережья штатов Нью-Йорк и Нью-Джерси (106-Mile Deepwater Sludge Dump Site — DWD-106), были затоплены большие объемы необработанных городских отходов. На протяжении последних трех лет специалисты Института моря и береговой зоны при Университете Ратгерса и Национального центра подводных исследований вели систематические наблюдения за экологической ситуацией на фиксированном участке дна (глубина 2250 м) с тем, чтобы оценить ущерб, нанесенный биоте сбросами жидких необработанных отходов.

До вступления в силу Закона о запрещении сброса отходов в океан (1992) их объем ежегодно составлял 8 млн т. К этому времени на дне участка DWD-106 площадью около 278 км² уже было погребено до 36 млн т жидких отходов. Исследования подтвердили предположения о растекании отходов к востоку от DWD-106 и их губительном воздействии на биоту, в частности на морских ежей и голотурий, а также на микроорганизмы, обитающие в верхнем слое осадков. В 1992—1993 гг. влияние отходов, по-видимому, снизилось, по крайней мере в окрестностях DWD-106.

Специалист по экологии донной фауны Д.Грэссл (J.Grassle) считает, что число видов, обычно встречавшихся на меньших глу-

бинах, теперь увеличилось в результате возросшего притока органических веществ с больших глубин. Количество же углеродсодержащих отходов в придонном слое повысилось вдвое по сравнению с нормой. По мнению Грэссла, эпизодические потоки мощных донных течений способны перемещать контаминанты (загрязнители), но такая ситуация, вероятно, складывается в зимние месяцы.

Ф.Сэйлс (F.Sayles; Вудсхоллский океанографический институт) зафиксировал повышенное поглощение кислорода в глубоководных осадках. Контаминанты уже отнесены дрейфом вод более чем на 90 км на юг от DWD-106 и скорее всего уже изменили среду обитания донных организмов. Большая часть этих исследований проводилась с использованием подводного обитаемого аппарата «Алвин».

В 1996 г. ставилась задача выяснить способность бентосных популяций занять свои прежние экологические ниши в пределах DWD-106. Для этого требовалось определить область распространения контаминантов и скорость их миграции, механизм транспортировки и условия проникновения в глубоководную зону, продолжительность их неблагоприятного воздействия и темпы восстановления океанской среды.

Глобальная цель исследований — дать прогноз продолжительности реакции глубоководных сообществ на контаминанты, поступившие в океан от всего «спектра» источников, и прежде всего с атмосферными осадками и речным стоком.

Geotimes. 1996. V.41. № 9. P.14; Oceanus. 1995. V.38. № 2. P.29 (США).

Охрана окружающей среды

Нефтепродукты, почва, пища

В течение 15 лет, с 1978 г., Р.А.Сулейманов, С.М.Сафонникова, М.Р.Яжина и С.А.Магжанова (НИИ медицины труда и экологии человека, Уфа) выясняли воздействие нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств на санитарное состояние почвенно-го покрова и сельскохозяйственные культуры в зоне до 20 км от предприятий.

Как установлено, в первые годы наиболее интенсивные загрязнения почвы выбросами происходили на расстоянии 2.5—3 км от предприятий. Например, по толуолу загрязнение составляло 1 ПДК, бензолу — 1.3, изопропилбензолу — 13.4, стиролу — 59 ПДК; в отдельные годы показатели достигали по изопропилбензолу — 98, а по стиролу 270 ПДК.

На расстоянии 6—10 км от предприятий степень загрязнения значительно снижалась; гигиенические нормы превышались лишь по бензолу, стиролу, бензапирену, углеводородам, входящим в состав бензина. Тяжелые металлы обнаружены в почвах в повышенных концентрациях на расстоянии 10—20 км от предприятий.

Хотя с 90-х годов производство на указанных предприятиях сократилось, существенных изменений в характере загрязнений не произошло, за исключением снизившегося в отобранных пробах количества стирола и изопропилбензола.

Почвы на расстоянии 6—10 и 15—20 км от предприятий исследователи отнесли по категории загрязнения к опасным, а в зоне

до 3 км — к чрезвычайно опасным.

Установлена степень сильного загрязнения основных сельскохозяйственных культур в зависимости от расстояния: до 3-х км от предприятий — моркови, капусты, томата, огурца; до 8 км — картофеля, свеклы, яблок; до 19 км — редиса и лука. При этом углеводороды концентрируются преимущественно в редисе, картофеле, луке, яблоках; металлы в большей степени вбираются луком, томатом, редисом.

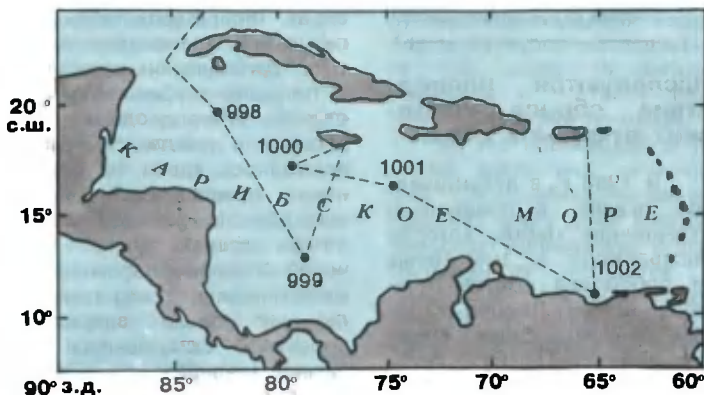
Высокая степень загрязнения овощей металлами сохраняется (как и степень загрязнения почвы) на расстояниях до 20 км.

Гигиена и санитария. 1996. № 3. С.12—15 (Россия).

Геология

165-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн» (Счет точек бурения перешагнул за тысячу)

Именно в этом рейсе был пройден своеобразный рубеж в исследовании Мирового океана с помощью буровых судов: закончен счет первой тысячи точек, в которых велось глубоководное бурение, начатое почти 30 лет назад б/с «Гломар Челленджер» и продолженное б/с «ДЖОЙДЕС Резолюшн». 165-й рейс проводился в Карибском бассейне, т.е. практически в том же районе, где в 1968 г. «Гломар Челленджер» открывал первую страницу еще не написанной книги, которая посвящена интригующей, а в то время — совершенно не исследован-



Район в западной части Центральной Атлантики, где в соответствии с Программой океанского бурения проводились работы в 165-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюшн». Цифрами обозначены точки бурения.

ной проблеме эволюции Мирового океана.

В задачи 165-го рейса, руководителями которого были Х.Сигурдссон и М.Лекки, а научным представителем Программы океанского бурения — Г.Д.Эктон, входило решение как общегеологических, так и палеоокеанологических проблем¹. Предстояло, в частности, достигнуть вулканического фундамента и получить информацию об эволюции Карибского плато, возраст и механизм формирования которого остаются предметом дискуссий. Цель бурения состояла также в исследовании границы мела и палеогена, которая в последние годы вызывает неослабевающий интерес

геологов в связи со многими приуроченными к ней событиями глобального масштаба. Кроме того, планировалось получить полные, непрерывно опробованные разрезы кайнозойских осадков, которые после детального изучения с применением всего комплекса современных методов могли пролить свет на океанологическую и климатическую эволюцию тропической части Атлантического океана.

Всего в рейсе было пробурено 13 скважин в пяти точках (998—1002), расположенных в центральной части Карибского моря в интервале глубин 904—3271 м. Полученные материалы по значимости превзошли все ожидания: уже предварительный их анализ показал, что после лабораторной обработки они внесут значительный вклад в решение многих не только региональных, но и глобальных проблем.

Судя по результатам бурения скважины 1001, которая вскрыла в основании разреза подушечные относительно крупнопористые базальтовые лавы, перекрытые известняками с фауной бентосных фораминифер, формирование Карибского плато завершилось 77—74 млн лет назад, а не 90—88 млн лет назад, как счита-

¹ Sigurdsson H., Leckie M., Acton G.D. et al. // Preliminary Report. Leg 165. Caribbean ocean history and the Cretaceous/Tertiary boundary event. Ocean Drilling Program, College Station, 1996.

Скважина	Координаты		Глубина моря, м	Глубина забоя, м	Возраст осадков в забое
	с.ш.	з.д.			
998А	19°29.377'	82°56.166'	3190.7	637.6	поздний эоцен
998В	19°29.377'	82°56.166'	3190.7	346.5	ранний эоцен
999А	12°44.639'	78°44.360'	2838.9	566.1	ранний миоцен
999В	12°44.597'	78°44.418'	2838.9	523.0	маастрихт
1000А	16°33.223'	79°52.044'	927.2	553.2	средний миоцен
1000В	16°33.219'	79°52.046'	927.2	211.4	ранний миоцен
1001А	15°45.427'	74°54.627'	3271	522.8	средний кампан
1001В	15°45.418'	74°54.626'	3271	301.2	—
1002А	10°42.366'	65°10.179'	904.3	9.5	—
1002В	10°42.366'	65°10.179'	904.3	6.2	—
1002С	10°42.368'	65°10.166'	904.1	170.1	поздний плейстоцен
1002D	10°42.368'	65°10.161'	904.8	166.8	—
1002Е	10°42.364'	65°10.155'	904.7	164.0	—

лось раньше. Пористость базальтов и состав фораминифер свидетельствуют, что в то время вершина плато находилась на относительно небольшой глубине, после чего плато быстро погрузилось до современных глубин (более 3000 м).

Неожиданным оказалось открытие двух крупных эпизодов извержений вулканов в среднем-позднем эоцене и в раннем-среднем миоцене, которые в разрезах отмечены многочисленными прослоями пепла. Оба эпизода по времени предшествовали значительным глобальным похолоданиям. Этот факт наряду с другими подобными наблюдениями (например, в юго-западной части Тихого океана) позволяет предполагать, что вулканизм мог играть весьма существенную роль в эволюции климата планеты.

В трех скважинах, пробуренных в точках 999 и 1001, была вскрыта граница мела и палеогена. Это один из немногих районов в океане, где граница опробована в ее непрерывном залегании.

В последние годы было установлено (например, на Гаити и в Мексике), что к этой границе в дополнение к уже известным признакам приурочено обогащение осадков тектитами (сферическими образованиями из оплавленного природного стекла), которое синхронно и, вероятно, генетически связано с импактным событием на п-ове Юкатан. В скважинах 165-го рейса, в тонком слое глин, маркирующем границу мела и палеогена, также обнаружены тектиты.

Интересные результаты получены по океанологической эволюции Карибского региона. Установлено, что так называемый позднепалеоценовый термический максимум, зафиксированный во многих районах изотопными измерениями, здесь совпадает с пачкой глин внутри карбонатного разреза. Глины характеризуются тонкой слоистостью и почти полным отсутствием следов биотурбации, что свидетельствует о низком содержании в тот период растворенного кислорода в придонной воде.

Важным открытием является и отмеченное во всех скважинах резкое сокращение пелагического карбоната накопления на рубеже среднего и позднего миоцена, в интервале 12.5—10.5 млн лет назад. Это событие, известное под названием «карбонатного кризиса», хорошо документировано в центральной и восточной частях экваториальной Пацифики. В Карибском бассейне оно отмечено впервые.

Научные достижения рейса не исчерпываются приведенными примерами; во многих отношениях уникальный материал может послужить, с одной стороны, подтверждением уже известных, но недостаточно изученных событий, а с другой — заставить исследователей пересмотреть устоявшиеся взгляды на некоторые вопросы геологической и океанологической эволюции — как региональной, так и глобальной.

© И.А.Басов,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

Геофизика

Голос торнадо услышан

А. Дж. Бедард (A. J. Beard; Национальное управление США по изучению океана и атмосферы, Боулдер, штат Колорадо) в 1995 г. проводил с коллегами опыты по регистрации лавин и оползней с помощью микрофонов, установленных на равнине и в предгорьях Колорадо. Позже, сопоставив полученные записи с данными метеорологической сети доплеровских радаров, он обнаружил, что микрофонная система зафиксировала «голос» торнадо на низких частотах, о чем специалисты даже не подозревали. С тех пор группа Бедарда зарегистрировала звуки еще 27 торнадо. Предпринимаются меры для размещения таких микрофонов в штате Оклахома, где торнадо случаются особенно часто. Возможно, это позволит обнаруживать характерные вихри в самый начальный момент их образования.

По форме напоминающий осьминога, 15-метровый комплекс с выдвинутыми на растяжках датчиками способен улавливать исходящие от торнадо инфразвуки в диапазоне от 1 до 5 Гц, лежащем за пределами восприятия человеческого уха. Автор методики полагает, что зарегистрированные вибрирующие звуки возникают при попеременном сжатии и растяжении воронки торнадо.

Помимо полевых ведутся лабораторные исследования в специальном бассейне с искусственными мелкомасштабными «торнадо».

Этот водный аналог тоже порождает звук и может служить моделью подлинного торнадо.

Science News. 1996. V.150. № 12. P.186 (США).

Океанология. Техника

Подводная обсерватория для длительных исследований

Долговременная обсерватория по исследованию экосистемы океана «LEO-15» («Long-term Ecosystem Observatory») спроектирована и создается усилиями ученых и инженеров Вудсхоллского океанографического института и Университета Ратгерса. Она размещается на 15-метровой глубине в Атлантическом океане, у побережья штата Нью-Джерси. В комплекс «LEO-15» входят следующие основные компоненты: центральная станция управления всей измерительной аппаратурой и подводными аппаратами обсерватории; несколько дополнительных обсерваторий, связанных между собой и с центральной станцией волоконно-оптическими кабелями; привязные подводные аппараты для отбора проб воды и грунта, управляемые по командам исследователей; подводные автономные аппараты (удаление от обсерватории до 18 км).

Непрерывное поступление информации о состоянии океанского дна и его экосистем, о режиме вод и переносе донных осадков позволит специалистам оперативно (не выходя из кабинетов) следить за динамикой океанских процессов в реальном масштабе времени.

Подобные обсерватории предполагается в недалеком будущем разместить на больших глубинах; использование привязных и автономных подводных аппаратов даст возможность следить за системой фронтов в океане.

Geotimes. 1996. V.41. № 11. P.14 (США).

Океанология

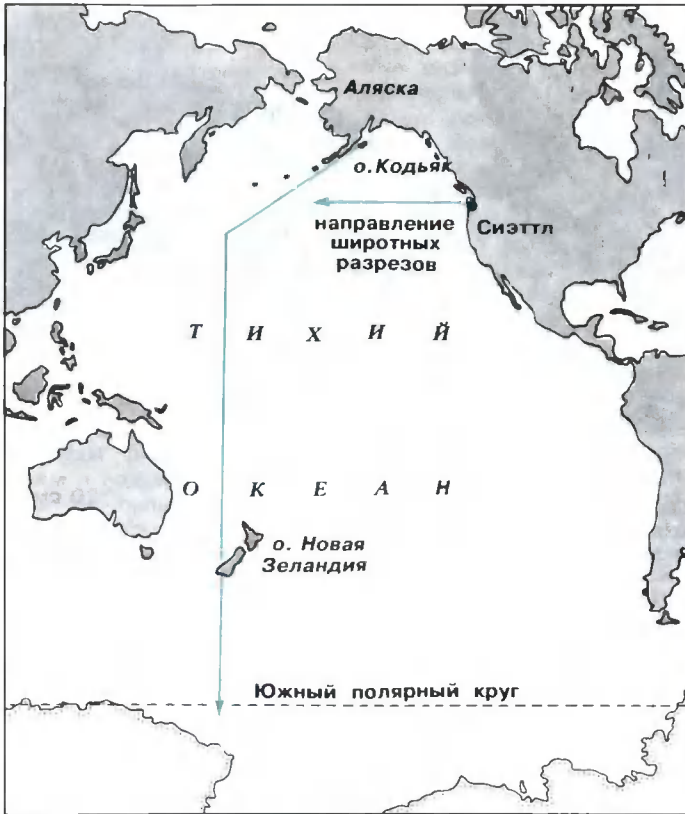
Заключительный рейс по проекту «ВОСЕ»

В июле 1996 г. в Сиэтл (штат Вашингтон, США) вернулось из семимесячного рейса научно-исследовательское судно «Дискаверер», принадлежащее Национальному управлению США по изучению океана и атмосферы (НОАА). Работы велись по проекту «ВОСЕ» («World Ocean Circulation Experiment» — WOCE) с участием специалистов НОАА и университетов США.

Одна из задач рейса — собрать информацию для оценки роли Мирового океана в процессах его взаимодействия с атмосферой и степени влияния таких процессов на климат Земли.

Меридиональные разрезы выполнялись по акватории Тихого океана от о.Кодьяк (Аляска) до Южного полярного круга (по меридиану южной оконечности Новой Зеландии); широтные — от Сиэттла до юго-восточной периферии Индийского океана. По такой сетке «Дискаверер» прошел почти 75 тыс. км.

Кроме того, в рейсе велись исследования и по



Разрезы, выполненные в заключительном рейсе судна «Дискаверер»: меридиональные и широтные (по параллелям от Сиэттла до восточной периферии Индийского океана).

программе изучения параметров аэрозолей («Aerosol Characterization Experiment» — «ACE-1»). В них участвовало более 100 специалистов NOAA и других исследовательских организаций из 11 стран. Измерялось содержание аэрозолей для оценки потерь тепла Земли за счет отражения ими падающей солнечной энергии. Отбор проб на аэрозоли проводился в различных географических областях океана, и уже предварительный анализ обнаружил значительные зональные контрасты. На всем протя-

жении разрезов велся химический анализ океанских вод. В пробах определялась концентрация антропогенных диоксида углерода и хлоруглеводородов — исследователей интересовал процесс проникновения этих газов в промежуточные и глубинные воды юго-западной периферии Тихого океана на путях их движения из Антарктики к экватору.

Проведенный рейс был заключительным по Программе «ВОСЕ»: завершена оценка изменчивости различных параметров вод Мирового океана, начатая в 1990 г. специалистами более чем из 16 стран. Всего по этой программе проведено 67 рейсов.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1996. V.77. № 7. P.1605 (США).

Непредсказуемый вулкан

На о.Негрос (Филиппины), к юго-востоку от Манилы, находится вулкан Канлаон, поведение которого непредсказуемо. С 1860 г. зарегистрировано 14 его внезапных извержений, обычно начинавшихся взрывом. В последний раз это случилось 3 сентября 1993 г., после чего вулкан, казалось, успокоился надолго. Однако 10 августа 1996 г. из главного его кратера неожиданно взлетел на высоту 1500 м столб пепла. Выброс продолжался всего 24 мин, но успел привести к трагическим последствиям.

Находившиеся в это время на восхождении две горно-туристические группы (одна — из 10 бельгийских студентов с семью гидами-филиппинцами, другая — из двух англичан, сопровождаемых двумя местными жителями) были накрыты камнепадом. В результате трое погибли, 18 человек госпитализированы.

Свидетели рассказывали, что извержение началось без каких-либо его предвестников: клубы дыма и поток камней, смешанных с пеплом, вырвались наружу совершенно внезапно. Сейсмическая станция, расположенная в 5 км к юго-западу от вулкана, зарегистрировала в это время слабое землетрясение, а экипаж австралийского пассажирского самолета наблюдал облако пепла высотой 11.3 км. Метеостанция в Дарвине, на севере Австралии, предупредила самолеты об опасной зоне радиусом 110 км от вулкана. Филиппинский Институт вулканологии и сейсмологии

в Кесон-Сити объявил район вблизи вулкана поперечником 4 км опасным для посещения, но эвакуацию было решено не проводить. Вскоре вулканическая активность вновь замерла.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1996. V.21. № 7. P.5 (США).

Палеонтология

Как ходил протоцератопс?

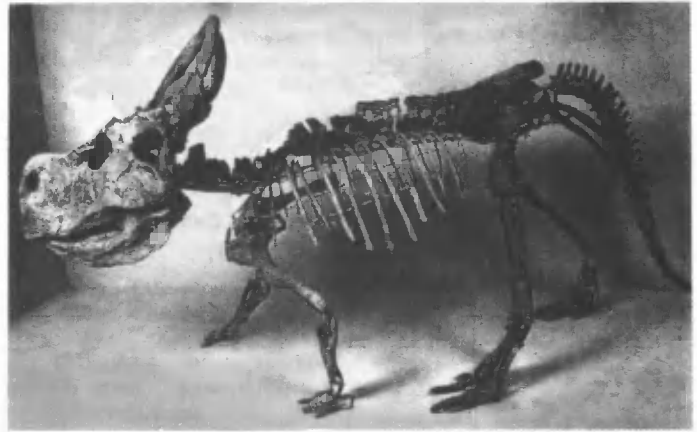
Протоцератопсы относятся к наиболее известной группе динозавров — рогатым, или цератопсидам. В ходе многолетних раскопок, проводимых российскими и монгольскими палеонтологами в мезозойских отложениях Монголии, была собрана крупная коллекция скелетов этих животных.

На материале, имеющемся в Палеонтологическом институте РАН (Москва), В.С.Терещенко провел биомеханические исследования, позволившие восстановить походку этих пресмыкающихся.

Основным способом их передвижения была рысь с преобладающей ролью задних конечностей. Максимальная скорость при ходьбе достигала 3 км/ч.

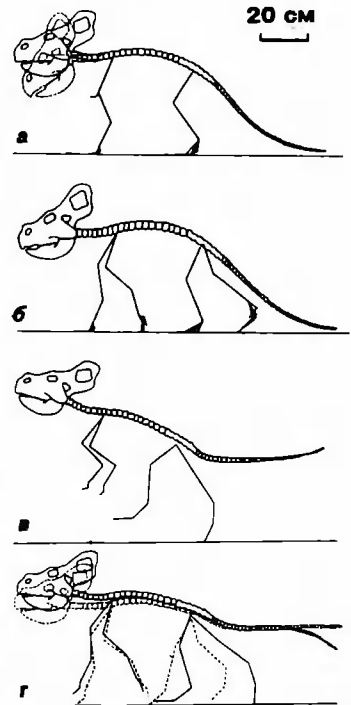
Когда протоцератопс пасся на берегу водоема, он принимал следующую позу: задние конечности почти выпрямлены, передние слегка расставлены, позвоночник изогнут.

Статическая поза напоминала положение спортсмена-бегуна при низком старте. Перед толчком задней конечностью он слегка опускал голову, затем резко вскидывал ее и, оттолкнувшись передними конечностями, начинал бег на двух



Скелет протоцератопса из экспозиции Палеонтологического музея РАН.

Позы протоцератопса: а — перед началом движения, б — при шаге, в — в начале бега, г — при быстром беге.



ногах (как это делают многие современные ящерицы), а затем постепенно опускаясь на все четыре ноги. Во время быстрого разбега передние конечности сильнее отталкивались от грунта в конце фазы опоры, чтобы увеличить продолжительность «свободного полета», при этом резко разгибалась шея и голова вскидывалась вверх. Скорость бега животного могла достигать 25 км/ч.

Старые особи, по-видимому, не могли подняться на задние лапы, так как с возрастом у них срастались те два позвонка, которые у молодых были ответственны за динамическую передачу толчка вперед от задних конечностей всему телу. Поэтому и скорость бега у них была значительно ниже.

Строение передней конечности позволяло легко вытаскивать завязшую лапу из болотного ила, а упло-

щенные фаланги и способность отводить четвертый палец стопы увеличивали площадь опоры ног и облегчали перемещение животного по мягким грунтам.

Основное отличие в работе его передних конечностей от ныне живущих четвероногих заключалось в способе опускания лапы на субстрат: не сверху вниз, а сбоку вниз — при медлен-

ном движении, а при быстром — пассивно, в результате уменьшения угла наклона тела животного.

Палеонтологический журнал. 1996. № 2. С.107—121 (Россия).

Археология. Палеозоология

Осетровые в период новой эры

Осетровые рыбы издавна относились к ценнейшим объектам промысла, в связи с чем и подверглись исключительно сильному и продолжительному антропогенному воздействию. Костные остатки рыб на древних поселениях служат теперь специалистам для реконструкции биологии и экологии осетровых, их промысла в прошлом.

Л.И.Соколов и Е.А.Цепкин (биофак Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова) обработали материалы, относящиеся примерно к 5 тыс. костных остатков осетровых из различных археологических памятников, которые располагаются в бассейнах рек, впадающих в Черное, Азовское и Каспийское моря, и относятся к последним 2 тыс. лет.

Как выяснилось, осетровые занимали в прошлом чрезвычайно обширный ареал, включавший даже самые верховья рек. У севрюги, наряду с яровой, весьма многочисленна была и крупная озимая форма; у русского осетра, помимо проходной, в верхних участках бассейнов рек имелась мелкая туводная (местная) форма; у стерляди в средних и нижних участках рек была представлена, кроме туводной, крупная быстрорастущая полупроходная форма.

На ископаемом материале установлены предельные размеры и продолжительность жизни осетровых: белуга достигала в длину 6 м (на Волге рыбыны 5—6-метровых размеров составляли 10% улова), а возраст ее превышал 100 лет; русский осетр дорастал до 3 м и жил свыше 50 лет; севрюга — до 2.7 м при возрасте свыше 40 лет; стерлядь — до 1.2 м, живя 25—26 лет. Таким образом, средние и максимальные размеры, а также возраст выловленных осетровых, за некоторым исключением, были значительно выше, чем в промысле начала XX столетия.

Проходные виды осетровых (севрюга, русский осетр; для белуги данных нет) в древности отличались гораздо более медленным темпом роста, чем в нынешнее время. Усиленный рост современных рыб объясняется их малочисленностью и в связи с этим — лучшей обеспеченностью пищей.

Осетровым принадлежало особо важное место в древнем промысле — от 20 до 80% в уловах жителей различных городищ и поселений. Наибольшее их количество вылавливалось на средних и нижних участках основных осетровых рек — Волги и Дона. Хотя в количественном отношении белуга всегда уступала другим осетровым, ее роль в уловах была довольно велика благодаря большим ее размерам, особенно на Волге.

По степени воздействия на осетровых антропогенных факторов авторы делят исследуемый период на четыре этапа. Первый, наиболее длительный, связан с развитием сельского хозяйства (вырубкой лесов по водоразделам и поймам

рек, распашкой больших площадей, обмелением рек, постепенным сокращением нерестовых ареалов проходных осетровых). Второй этап наступил в конце XIX в. и был связан с усиленным ростом промышленного производства (резко возросло загрязнение рек) и интенсификацией промысла; воспроизводство осетровых осуществлялось в этот период еще за счет естественного нереста. Приблизительно с 1950-х годов, после зарегулирования стока основных осетровых рек, начался третий этап: естественное воспроизводство резко сократилось. С конца 70-х годов отсчитывается четвертый этап; он связан с сильнейшим загрязнением водоемов (а во многих случаях и с их отравлением) промышленными и сельскохозяйственными стоками. На каждый последующий этап накладывались факторы, характерные для предыдущих.

Вопросы ихтиологии. 1996. № 1. С.15—27 (Россия).

Наши национальные парки

А. К. Скворцов,

доктор биологических наук
Главный ботанический сад РАН
Москва

ВЫХОД в свет рецензируемой книги — заметное, даже, я бы сказал, знаменательное событие в российской природоохранной деятельности: книга документально подытоживает первый, основополагающий этап становления новой для России организационной формы охраны природы — национальных парков. Поэтому разговору об этом издании я позволю себе предпослать некоторый исторический экскурс.

Первый в мире национальный парк (от которого пошел и сам термин) появился в штате Вайоминг (США) в 1872 г. Местность в системе Скалистых гор, известная под названием Yellow Stone (Желтый камень) и замечательная своим необыкновенным ландшафтом с мощными гейзерами, актом Конгресса США за подписью президента Гранта была объявлена национальной собственностью — «для пользы и радости народа» («for the benefit and enjoyment of the people»). Это было время, когда еще продолжалось активное продвижение белых поселенцев на Дикий Запад и захват ими в собственность земель, находившихся в общинном пользовании индейских племен. Акт президента Гранта — совершенно неординарное событие не только потому, что полностью исключил из всякого хозяйственного использования естественные



НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРКИ РОССИИ. Справочник. Под ред. И.В.Чебаковой. М.: Центр охраны дикой природы. 1996. 198 с.

ресурсы огромной (около 900 тыс. га) территории, но еще и потому, что установил прецедент национализации, утверждения общенациональной собственности на естественные ресурсы. И чтобы оградить эту собственность от покушений не столько индейцев, сколько белых «прихватизаторов» — в Йеллоустонском парке с 1886 г. по 1916 г. размещалась армейское подразделение¹.

¹ Эти и далее приводимые сведения о национальных парках США в основном почерпнуты из книги, изданной к 100-летию юбилею Йеллоустонского парка: Everhart W.C. The National Park Service. N.Y., 1972. Автору этих строк в 1981 г. довелось и воочию познакомиться с несколькими национальными парками в штатах Аризона, Колорадо и Юта.

В конце XIX — начале XX в. в США появилось еще несколько национальных парков, однако ответственное за их деятельность и сохранность правительство — Служба национальных парков (National Park Service) — возникло только в 1916 г. В год 100-летнего юбилея Йеллоустона, в 1972 г., в США было уже 36 национальных парков общей площадью 3.6 млн га. Кроме того, в категорию «национальные памятники природы» (National Monuments) — по сути это те же парки, но меньших размеров — входили 84 единицы с общей площадью 2.5 млн га. И далее еще длинный ряд исторических, военно-мемориальных, рекреационных и т.д. участков и памятников, подведомственных той же службе. Разумеется, список продолжает понемногу пополняться.

Смысл термина «национальный» в применении к паркам (а также различным памятным местам, музеям и т.п.) в Америке двоякий: с одной стороны, он означает, что данное учреждение находится в ведении Федерального правительства и на содержании федерального бюджета; с другой — что это учреждение служит нации непосредственно, т.е. его может посетить любой гражданин.

За год некоторые национальные парки посещаются миллионами граждан. Основная забота администрации — как сохранить природу

ду парков, не ограничивая поток посетителей. Будучи на госбюжете и по закону бесприбыльным (non-profit), американский национальный парк никакой коммерческой деятельностью заниматься не может. Даже входная плата (обычно очень небольшая) должна поступать в госбюджет. Бытовым обслуживанием посетителей занимаются по лицензии парка фирмы со стороны.

В Западной Европе особо охраняемые природные территории, близкие по типу к национальным паркам, появились в начале XX в., до первой мировой войны, другие — в промежутке между войнами, но более широкое движение за создание национальных парков развернулось только после второй мировой войны. Однако в издревле плотно заселенной Европе использовать американские критерии и подходы оказалось весьма затруднительно. Образовые здесь под названием «национальные», или «природные парки» охраняемые территории — это просто еще не индустриализированные и не очень урбанизированные ландшафты со сравнительно редким населением и экстенсивным сельским хозяйством, включающие и более или менее значительные участки естественных или почти естественных экосистем.

В СССР охрана природных комплексов пошла в основном по линии создания заповедников — территорий, не только полностью исключающих хозяйственную эксплуатацию, но и резко ограничивающих доступ населения. К началу 50-х годов в стране уже была широкая сеть заповедников, в большинстве своем весьма значительных размеров, вполне сравнимая по своей

представительности с системой американских национальных парков и составлявшая предмет зависти для многих стран Западной Европы. Однако ограниченность доступа в заповедники при непрерывно растущем познавательном интересе людей к «дикой» природе не могла не вызывать трений, протестов и обвинений, что заповедники существуют только для самих себя. Фактически требование абсолютной заповедности стало тормозить дальнейшее расширение территорий с природоохраным режимом, особенно в давно хозяйственно освоенных областях.

Обсуждения и раздумья продолжались долго. Предложения о создании национальных парков звучали неоднократно (особенно часто выдвигалась кандидатура Байкала). Наконец, уже почти к концу столетия, российская природоохрана выработала свою концепцию: сохранять для выделенных территорий американское название, а содержание оставить в значительной мере европейским.

Решение верное, своевременное и перспективное; об этом свидетельствуют приводимые в рецензируемой книге цифры: начиная с 1983 г. организован 31 национальный парк, и из них 19 — в течение шести последних лет (1991—1996). Готовится документация для создания последующих².

Как явствует из федерального закона «Об особо

охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г., выдержки из которого приводятся в рецензируемой книге, российские национальные парки являются объектами федеральной собственности и некоммерческими организациями, не получающими прибыли. Финансируются они в основном из федерального бюджета и могут включать в себя не только особо ценные природные комплексы, но и объекты, имеющие историческую, культурную, эстетическую ценность.

Наряду с природоохранными задачами, национальные парки используются для просветительских, культурных и научных целей, а также для регулируемого туризма и отдыха. В соответствии с этими целями территория может быть дифференцирована — от зон абсолютной заповедности до туристических и рекреационных. Вместе с тем не допускается никакая деятельность, идущая в ущерб основным целям парка (исключается даже разведка полезных ископаемых или прокладка трубопроводов). В пределах парка могут сохраняться земельные участки иных пользователей, но наряду с этим вокруг него создается охранная зона (с ограниченным использованием природных ресурсов).

Можно уверенно сказать, что неожиданно сильный рывок вперед — и качественный (характеристика национальных парков определена законом), и количественный (19 новых парков за 6 лет!) — вселяет большие надежды в равнотелей охраны природы. Да и вообще отрадно видеть, когда на удручающем фоне всеобщей коммерциализации появляются и укрепляются некоммерческие цен-

² В частности, совсем недавно постановлением Правительства РФ утвержден национальный парк «Угра—Жиздра» в Калужской области, первоначальное предложение о создании которого было выдвинуто на страницах «Природы» (1980, № 9) автором настоящей рецензии.

ности: ведь именно они и составляют стержень каждой цивилизации.

Рецензируемая книга, очень деловая и весьма информативная, построена в основном на авторитетных материалах — проектной документации на организацию отдельных парков и сведениях, полученных непосредственно от их администраций.

Каждому парку посвящено 4—7 страниц. Сначала сообщаются чисто формальные данные: год образования, площадь, расположение по географической долготе и широте, ведомственная принадлежность, фамилии и полные имена руководителей, численность штата и отдельно — службы охраны, адреса и телефоны. После небольшой общей характеристики парка идут краткие сведения по разделам: климат; геология и рельеф; гидрография; почвы; флора и растительность; фауна; памятники истории и культуры; функциональное зонирование; научные исследования; туризм. Все данные изложены четко и лаконично. Чувствуется, что общая анкета подверглась единому редактированию. Хотя, ко-

нечно, некоторый разнородностью в объеме и в компоновке сообщенных парками сведений все же остался.

Описание каждого парка дополнено картой в масштабе (в зависимости от размеров территорий) от 1:250000 до 1:2000000. Есть и иллюстрации-фотографии (цветные — довольно мелкие и черно-белые — покрупнее); их сюжетный подбор, на мой взгляд, довольно случаен. Лучше всех, пожалуй, показан пейзаж парка «Таганай» (Южный Урал) с «каменной рекой» на переднем плане. Но при всем том присутствие издательско-полиграфической культуры несомненно.

Парки сгруппированы по регионам, каковых семь: Центральный, Северо-Западный, Европейский Север, Поволжье, Северный Кавказ, Урал, Западная и Восточная Сибирь. Восточнее Байкала национальных парков пока нет.

В приложениях приведены сводные таблицы цифровых данных по всем паркам. Их суммарная площадь — 6,6 млн га (0,38% территории России). Приложены и выдержки из отно-

сящихся к национальным паркам российских законоположений. Лаконичны, деловиты и вводные страницы («Предисловие» и «Введение»).

Вполне вероятно, что читатель, хорошо знакомый с тем или иным из описанных в книге парков, найдет в изложении какие-то погрешности или упущения. Но вряд ли это способно существенно повлиять на общую оценку книги. На мой взгляд, книга очень нужна и полезна, и ее авторы, составители, редакторы и консультанты несомненно заслуживают благодарности.

Остается выразить надежду, что все созданные парки будут успешно развиваться и, конечно, в согласии с законом — сочетая сохранность с широкой доступностью.

*

К сожалению, тираж справочника — всего 1500 экз. и он не появится на прилавках книжных магазинов. Для тех, кто хотел бы приобрести эту книгу, сообщаем контактные телефон и адрес составителей: 127276 Москва, Г-276, а/я 4; тел./факс (095) 482-18-88.

ФИЗТЕХ: ИГРА В БИСЕР

И я тоже был на баррикадах

А. Б. Кондратьев,
выпускник Физтеха 1980 г.

Как-то стоим мы с Борис Николаичем на баррикадах, и он мне говорит:

— Сань, ты опишешь все это когда-нибудь?

Об чем речь! — сказал я.

И вот я пишу.

Я подслушиваю путчистов

Собрались один раз Яго с Пузовым... то есть нет, ой... собрались один раз Пуго с Язовым — и молча пожали друг другу руки.

Подмигнули один другому и поехали уговаривать Павлова: ну, мол, Павлов, поехали в КГБ, разберемся.

Павлов сначала не хотел в КГБ, но когда ему обещали, что арестовывать не будут, — согласился.

Меня они, конечно, не позвали. Я еще тогда в демократах числился. У меня вообще КГБ телефон подслушивал.

Только я-то сообразил, что если подслушку подсоединить не к микрофону телефона, а к наушнику, — то можно подслушивать КГБ.

И вот сижу я и слушаю:

— Товарищи, — говорит Крючков, — власть-то брать будем или как?

— Н-ну...

Что-то льется из горлышка в рюмочки.

— Товарищи! Родина приказала нам ее захватить. Нехорошо отсижи-

ваться в окопах, когда окопы кончились.

Я услышал в трубке, как бьют куранты на Спасской башне.

Как я спас страну

Что-то плескалось в стаканчиках.

Совещание в хунте кончалось. Голосовали за список арестованных, шли отводы и самоотводы.

— Ну, сверим наши часы. Который час? — спросил Крючков.

Было ровно пять.

— Без двадцати пять, — сказал я в телефон.

— Спасибо, — сказал Крючков и отключил подслушивание. В тот день они на двадцать минут опоздали арестовать Ельцина.

Как я предупредил Ельцина

В критических ситуациях я быстр и оперативен.

— Алло, господин Ельцин, — ору я в телефонную трубку. — Это «Голос Америки». Сегодня у вас переворот, во сколько вас арестуют?

— А не врешь? — со свойственным ему демократизмом говорит Борис Николаевич.

— Ну что вы, — говорю, — уже и

Окончание. Начало см. в предыдущем номере «Природы».

© А. Б. Кондратьев

Здесь и далее выборка и рисунки из физтеховской газеты «За науку».

по КГБ слушок пошел. Да вот и в телепрограмме написано: 16.00 — пресс-конференция хунты.

— Понял, — сказал Ельцин, немного подумав.

Я услышал, как трубят подъем и охрана бежит мыться.

Как я поддержал Горбачева

Из переговорного пункта на Арбате я позвонил Горбачеву.

— Не печалься, отец. Я и страна с тобой.

— А танки у вас есть? — спросил Горбачев.

— Обязательно будут, — задумчиво сказал я и повесил трубку.

По улице ехали танки. Моросил дождь, и на бульварном кольце стояли самоходные орудия.

Верховный Совет

И вот сидим мы втроем — Ельцин, Руцкой и я — и думаем, что делать.

Я предложил строить баррикады. И все пошли строить.

Почему бы и не построить, мужик дело говорит!

— Еще, — сказал я, — нужно брать власть в свои руки.

Все глубоко задумались и сразу не ответили.

Как я остановил танки

К Белому дому ехали танки.

Я сказал им: «Стой!» Они остановились.

— Это Белый дом? — спросили танкисты.

— Нет, — сказал я, — это посольство Намибии.

И танки поехали дальше.

Меня всегда ставили на танкоопасных направлениях.

Как мы победили

Да черт его знает...

— Ура, — сказали мы однажды утром. — Победа.

Черт-те что такое!

Как я освободил Горбачева

Из того же переговорного пункта я позвонил Горбачеву.

— Михаил Сергеевич, передайте вашей охране, что вы уже свободны.

Зашло Солнце, и мостовая была мокра. У переговорного пункта появились Язов и Янаев.

— Закрыто, — сказала уборщица, размахивая шваброй, — все закрыто. А кто на букву «Я» — вообще пускать не велено.

— Опять опоздали! — мрачно сказал Янаев.

Как я арестовал всю КПСС

Двадцать первого мы встали рано. Гремел гром.

— Надо арестовывать, — сказал Руцкой. — Возьмешься?

— Эх, — вздохнул я, — надо было их брать всех вместе, еще на первом съезде.

«Двадцать первое. Ночь. Понедельник. Очертанья столицы во мгле...» — процитировал я.

В трудные минуты я всегда вспоминал поэзию.

В ночь на двадцать второе я поджег кучу листьев и глядел на пожар с двадцатого этажа Белого дома.

И бормотал что-то французское, скрестив руки на груди.

— Fin d'Empire, — бормотал я, — Fin d'Empire.

Ордера на аресты уже лежали в кармане.

Последний день

Над площадью — развевалось знамя. Наше знамя.

А я стоял на баррикаде в каком-то дурацком состоянии души.

Черт-те что!

Понравилось мне делать революции...

Однажды на лекции

Когда однажды студенты жаловались на обширность материала, который к тому же быстро забывается, Г.В.Коренев ответил им афоризмом:

— Учите, образованность — это то, что остается после того, как вы забудете все, чему вас учили.



*

Объясняя ход цепной ядерной реакции, лектор берет в качестве примера взрыв атомной бомбы.

— Нейтрон ударяется в ядро, из него вылетают два нейтрона. Два нейтрона раскалывают два ядра и таким образом получаются четыре нейтрона...

Вопрос с места:

— Откуда же берется первый нейтрон?

Лектор задумался.

— В этом, товарищи, и состоит секрет атомной бомбы.

*

Лекцию надо записывать для того, чтобы не разговаривать в аудитории.

*

Вы меня уже достали: какую глупость ни скажу, сразу в «За науку» пропечатают.

*

Если домашние спросят вас, что такое элементарные частицы, скажите, что это просто энергия. Они ничего не поймут, но будут думать о вас хорошо.

*

Я буду рисовать на двумерной доске, поскольку рисовать в n -мерном пространстве довольно неудобно.

*

Каждое из колец Френеля ведет себя точно так же, как и в прошлом семестре.

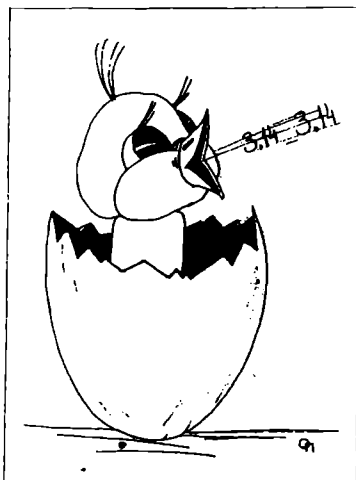
*

Соотношение неопределенности $\Delta E \Delta t \approx h$ понимают лишь немногие физики. Я не буду углубляться в эту тему, иначе число таких людей в десятки раз увеличится.

*

Сейчас вылезут пипополамы¹.

¹ Имеются в виду константы $\pi/2$.



Без слов.

*

Если у вас на Физтехе появилось свободное время, знайте: вас скоро отчислят.

*

Сами разбирайтесь, верно или нет — мое дело написать.

*

Уж и не знаю, как вы там привыкли рисовать $(n-1)$ -мерную гиперплоскость.

*

Красивые теории, как и красивые женщины, могут оказаться неверными.

*

Вот уже пять минут я ничего не говорю, а вы все пишете и пишете...

*

Я сейчас или соображу или подсматрю... Нет, кажется я соображаю.

*

Сегодня предстоит интересная лекция... По крайней мере, для меня.

*

Не говорите мне «в среднем»! Корова утонула в речке, где в среднем ей было по колено.

*

Эта ломаная хоть и страшненькая, зато оптимальная!

*

Дайте мне три параметра, и я сделаю слона. Дайте четыре — и он будет вилять хвостом.

*

Умная игра в шахматы ничего не дала науке, а глупая игра в кости дала ей очень много.

*

Хочешь извлекать корни из отри-

цательного числа — выйди в двумерное пространство!

*

Думать надо было на первом и втором курсах, на третьем надо уже знать!

*

Приходите на экзамен со свежей головой: во многом придется разбираться впервые.

*

В этом случае сначала нужно работать головой, и только потом — мозгами.

*

Как вы знаете, вторник на этой неделе будет в субботу.

*

Если бы не было такого явления, как магнетизм, то у мореплавателей, например, не было бы компасов, и тогда Колумб вряд ли открыл Америку. Хотя, пожалуй, лучше бы он ее и не открывал.

*

Если лягушкам давать яд дигиталис, то они дохнут по такому же нормальному закону, какой я написал.

*

Теорема о существовании: «Какую бы глупость вы ни придумали, найдется человек, который эту глупость сделает».

*

— Вы мне зачет автоматом поставите?

— Приносите, поставлю.

*

Чтобы вывести эту формулу, мне достаточно спинного мозга.

*

Я, конечно, пишу не так, как Эйнштейн, но несколько не хуже.

*

Существовали люди, которые еще в 20-х годах сомневались в существовании атомов и молекул. И пока они все не перемерли...

*

Военный бюджет велик, но не бесконечен. Он ограничен сверху национальным доходом.

*

Допускаем противное, получаем приятное.

*

Вот я теперь торжествую, как крестьянин.

*

Многообразие — это реальность, данная нам в размышлениях.

*

Уравнение без начальных условий — это то же самое, что джентльмен без денег.

*

Там, далеко-далеко, где холодно и неуютно, есть межзвездный водород.

*

Представьте себе, что я — Земля, а это (показывает на свою голову) — мой полюс. Видите, как он у меня ярко выражен?

*

Если хороший луч направить на жуткий объект... Что такое жуткий объект? Это гадкое стекло, покорябанное, покрытое жиром, перекоженное, с разным ϵ и неоднородной толщиной.

*

2+3 будет 6, извините, 5, я немного забежал вперед.

*

Точность — вежливость королей, а мы с вами — культурные люди.

*

Забудьте это еще раз и навсегда!

*

Скажу! И даже ухом не почешу!

*

Сотрите на минуточку.

*

Существуют люди, носящие фамилии соответствующих интегралов.

*

Будем менять знак от минус бесконечности до плюс бесконечности.

*

Эта функция интересна тем, что ее производная равна самой себе.

*

Легко убедиться, что эта функция бесконечно дифференцируема. Сейчас мы продифференцируем один раз, а дома вы закончите...

*

Я призываю к вашему инстинкту самосохранения — надо же готовиться к экзамену!



Рис. М.Трухана

*

Чего вы так радуетесь? Доказательство-то правильное.

*

Птолемей сам неоднократно проводил солнечные затмения.

*

Любимый вопрос студентов: можно ли самому произвести пуск ракет? Ответ: нельзя, потому что

система проектируется так, чтобы всякая возможность была исключена. Кодов, по которым происходит запуск, никто не знает.

*

Запишите первые признаки отравления: тошнота, рвота, головокружение, смерть.

*

Штаб гражданской обороны создается при каждом начальнике штаба.

Однажды на экзамене

Преподаватель:

— Вы один решали задачу?

Студент:

— Нет, при помощи двух неизвестных.

Профессор:

— Кто пойдет отвечать первым, ставлю оценку на балл выше.

Студент:

— Ставьте три, я уже иду.

— Определите, пожалуйста, период собственных колебаний...

— Я, к вашему сведению, совсем не дрожу.

— Отсюда видим, что предложенная мной установка позволяет менять структуру пространства произвольным образом в пределах планеты при малых затратах энергии.

— Ну и что?

— А в нормальных координатах вы это можете выразить?

— Да и эти вроде ничего...

Экзамен близится к концу. Вдруг появляются двое — на три часа позже назначенного срока. Преподаватель:

— А вы что пришли?

— Да вот, знания продемонстрировать...

— Я через пятнадцать минут ухожу.

— Мы уложимся!



Рис. В.Дороницына

После экзаменов

Известно, что на одно и то же событие можно посмотреть с разных точек зрения. На экзамене это точки зрения преподавателей и абитуриентов. Вот какие параллели нам удалось провести между высказываниями преподавателей и абитуриентов, мы их подслушали прошлым летом, в самый разгар приемных экзаменов.

Преподаватели

Что за абитуриенты пошли? Синус в ряд Фурье разложить не могут.

Запутался у меня один абитуриент, ну да ладно. Сделал вид, что не заметил.

Я ей один вопрос. Не отвечает. Я второй. Не отвечает. Я ей двойку ставить — в слезы!

Эх, зря я сегодня одному четверку поставил. Видел же, что ничего не понимает. Торопился вот только очень.

А этот, лохматый, ничегошеньки не понимает.

Я ему говорю: «Знать-то вы знаете, но не на пять баллов. Есть люди, которые и лучше знают».

Абитуриенты

Других спрашивали только про разложение в ряд Тейлора, а меня так сразу Фурье.

Перехитрил я преподавателя. Сделал ошибку, но так ответил на вопрос, что он не заметил.

Задаёт вопрос — трудный, я ему сразу ответ. Он второй вопрос — я опять ответ. А он вдруг говорит: «Ничего вы, девушка, не знаете». Ну тут я ему и сказала, что он неправ.

Эх, не повезло! Экзаменатор куда-то торопился, а то бы я взял свои законные пять баллов!

А этот, лысый, ничегошеньки не понимает.

Он мне говорит: «Знаете хорошо, немного найдётся ребят, которые знают лучше вас, но...»

Крупицы

Сторож — толпа.

Тактик — часы.

Строиться (нар.) — соображать на троих.

Гидролиз (нар.) — трезвенник.

Кукиш (истор.) — один из детей капитана Кука.

Сандаль (англ.) — светлое будущее.

Воспаление (охот.) — стрельба по осиному гнезду.

Подоконник (истор.) — исполнитель серенад.

Антипод — над.

Феномен (англ.) — парикмахер.

Спички (англ.) — короткие речи.

Микрофиши (рыбн.) — мальки.

Топология — наука о пешем способе передвижения.

Архиепископ (истор.) — старинный прибор для определения чисел e и π .

Экстракт (лат.) — бывшая до рога.

Неряха — тонкое одухотворенное лицо.

Баттерфляй — хлеб, падающий маслом вниз.

Химера (физ.) — единица измерения смеха.

Насос — спасательное судно.

Глазунья — врач-окулист.

Колокол — стенка на стенку.

Госстрах — ожидание Госа.

Врасплох — мгновенная дискредитация.

О'Генри (физ.) — нулевая индуктивность.

Меломан (студ.) — испачкавший лектор.

Бульдозер — мерный стаканчик.

Изврат — триумфальное шествие.

Назад — лэйбл.

Раздвинуть (хул.) — способ убедить.

Импульс — мнимая (затухающая) частота сердцебиения.

Чайхана (студ.) — мысль: наввернов, двойка.

Истома (физтех.) — откуда вывести формулы.

Посетитель — посетитель библиотеки.



Гуманитаризация Физтеха по Карлову.
Рис. А. Обухова

Бизнес и реклама по-русийски

1946-й год. К Сталину пришли соратники и сказали, что надо бомбы и ракеты делать, да некому. И советовали они организовать институт или хотя бы факультет, так как контингента для шарашек не хватает. Надо этих физиков, техников и прочих механиков всех ошарашить для укрепления обороноспособности! И прислушался вождь, и ошарашил, и подписал указ — на полвека хватило... Иосиф Джугашвили, Физтех, Всемирная история, Банк Империл.

Российская наука! Высокое качество и очень смешные цены — сделано с умом!

Я — теоретик и все время общаюсь с новыми идеями. При этом необходимо, чтобы мышление всегда

было свежим, как, впрочем, и решение. Раньше приходилось часами стоять в очередях за продуктами, но теперь у нас есть колбаса «Академическая» — самая дешевая в России. Здорово, правда? И, что самое главное, — ни одной калории!

© О.Рабинович

Магазин «Лукьянов и брат. И сестра. И два племянника. И замужняя тетка. И еще одна женщина из Ростова-на-Дону».

For Sale: Игральные автоматы «Однорукий бандит» (*Second Hand*).

Типография Гознака принимает заказы на размещение рекламы на новой денежной купюре.

Объявления

Станция «Салют-7» проводит день открытых дверей.

Шефскому сектору МФТИ срочно требуются шефы.

Сдам.

кванты одинокому интеллигентному мужчине.

Студентка

Объявление на столовой

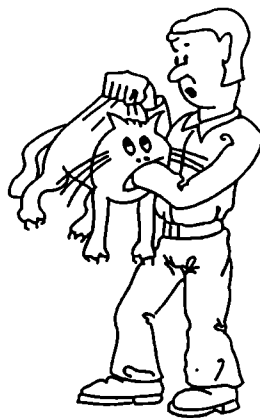
Запрещается расклейка объявлений на столовой.

Объявление (не на столовой)

Пропала сиамская кошка, белая, с черными пятнами. Нашедшего просьба не возвращать.

Частные объявления

Продам 20 метров канализации. Звонить по телефону 03 в любое время.



— Кис, отдай колбаску!

Рис. К.Воронцова

Человека, взявшего несобственный интеграл, убедительно просят вернуть его за большое вознаграждение.

Новости

Фрагменты выступлений Студенческого театра эстрадных миниатюр Факультета общей и прикладной физики

По родной стране

Еще пять депутатов вылетело по результатам сессии Думы.

Поступили в продажу консервы «Завтрак Интуриста» — ананасы с рябчиками в винном соусе.

Поступил в продажу сахар-песок. Смесь один к одному.

Свинью рекордного веса животноводы Нечерноземья подложили в закрома Родины.

В целях увеличения поголовья скота решено разводить двухголовых коров.

В розыгрыше лотереи «Открой сейф ЦБ России» шесть номеров не угадал никто.

В Москве при посадке из маршрутного такси возникли паника и давка. Погибло 11 человек.

С внедрением сверхпроводников электронная промышленность освоит выпуск ЭВМ, которые легко будут умещаться в кармане, если легкая промышленность освоит выпуск таких карманов.

Канада

Российским лыжникам, перешедшим Северный полюс, вручены ценные подарки и канадские паспорта.

Америка, Америка...

За то время пока в Америке происходит 10 ограблений, 8 изнаси-

лований, 5 убийств, у нас выпускается 2 цветных телевизора «Фотон».

→ В Нью-Йорке совершено 10-миллионное изнасилование. Юбилейной жертве вручен памятный подарок.

В странах капитала вышел в свет женский журнал «Безработница».

Мумбо-Юмбо

А в республике Мумбо-Юмбо судят вождя за поедание политических противников. Сегодня суд окончен, завтра — праздничный обед.

Новости науки

Автоматическая станция «Венера» угодила в Луну.

Создан новый диод, имеющий три состояния: «О» — открыт, «З» — закрыт, «П» — пофигу.

При раскопках египетской пирамиды найден археолог.

Продается японский карликовый волкодав, который охраняет дом от японских карликовых волков.

Кибернетики города Дырюпинска вывели новую породу домашнего зверя — механическую крысу. Зверь ужасно гадок и подл, зато практически неуязвим.

А генетики города Дырюпинска вывели новую породу скота — начисто.

В помощь садоводу. Налажен выпуск землеройного устройства с дистанционным управлением. Черенок такой лопаты достигает 20 м.



На кафедре патологоанатомии.
Вскрытие показало — больной спал.

На спецкафедре. Если расстояние выразить в километрах, то оно будет совсем маленьким и им можно будет пренебречь.

Советской разведкой проведена грандиозная операция. Во всех вражеских танках просверлены дырочки калибром 7.62 для пуль.

Военнослужащий, помни! Честь твоей части — часть твоей чести.

Несколько объявлений

Сталепрокатному цеху № 5 требуется сталь. Напрокат.

Брачные объявления. Молодая женщина ищет мужчину. Возможны варианты.

Одноногий, однорукий, одноглазый, однолюб ищет свою вторую половину.

Моральный урод ищет женщину без комплексов.

О спорте. На спортивном празднике в Лондоне Вадим Анопко и Леонид Буряк забили 9 голов крупного рогатого скота.

Победителем в беге на 500 м стал советский спортсмен. Он пробежал больше всех — 523 м.

Желающих посмотреть футбольный матч в 22.00 просим приглушить звук ваших телевизоров. Для остальных сообщаем — матч отменен.

Надпись на световом табло: «Не забудьте выключить световое табло!».

И о погоде. В Японии — землетрясение. В Англии — наводнение. В Бермудском треугольнике — 180 градусов. На Филиппинах полдень. Погибло 40 человек.

По всей Земле из Долгопрудной

Гимн Физтеха

Мы на Физтех собрались все
Постигнуть физики мир трудный,
Чтоб засиял науки свет
По всей Земле из Долгопрудной.

Гранит науки мы грызем
Плечом к плечу в читалке людной.
А надоест, так запоем:
«По всей Земле из Долгопрудной».

Весельем славится Физтех,
И огорчить нас очень трудно,
И раздается громкий смех
По всей Земле из Долгопрудной.

Пройдут года, сказав «пока»,
И, захватив багаж свой скудный,
Разведемся, взгрустнув слегка,
По всей Земле из Долгопрудной.

© Подборку подготовила **Л.А.Паршина**

Дорогие читатели!

Мы намереваемся продолжить тему «научного юмора» и призываем вас всех поучаствовать в этом. Ждем ваших предложений, юморесок, рисунков.

Над номером работали
Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы
И.Н.АРУТЮНЯН
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Ж.Г.ВАСИЛЕНКО
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
Л.А.ПАРШИНА
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественные редакторы
Л.М.БОЯРСКАЯ, Э.Р.БОЯРСКАЯ,
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е.Е.БУШУЕВА

Компьютерный набор
Е.Е.ЖУКОВА

Перевод
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры
В.В. БЕЛЯЕВ
Р.С.ШАЙМАРДАНОВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
М.В.ИВАНОВСКИЙ
В.С.КРЫЛОВА

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-23-33
Факс: (095) 238-26-33

Справки:
\http:\\www.riprn.net\\infomag

Подписано в печать 3.06.97.
Бумага типографская № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 792
Тир. 2515

Ордена Трудового Красного
Знамени Чеховский
полиграфический комбинат
Комитета Российской
Федерации по печати
142300, г. Чехов
Московской области
Тел.: (272) 71-336
Факс: (272) 62-536



Задача современных естественных наук — не просто изучать свойства материи, важно понять, почему она обладает теми или иными свойствами. Поэтому первостепенное значение приобретают знание строения исследуемого объекта и соответственно методы его определения. Структурный анализ в своем современном виде — это комплекс прецизионных методик, позволяющих находить положения атомов с погрешностью до тысячных долей Ангстрема, характеризовать их тепловое движение, анализировать на электронном уровне химические связи. Круг объектов необычайно широк — от традиционных кристаллов до жидких, от тонких неорганических пленок до биологических полимеров, белков. В нашей стране развитие исследований во всех этих областях направлял академик Б. К. Вайнштейн.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СЕГОДНЯ

Клечковская В. В. ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ

Симонов В. И. В ПОИСКАХ СВЯЗЕЙ СТРУКТУРА — СВОЙСТВА
Островский Б. И. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Мелик-Адамян В. Р., Арутюнян Э. Г., Поляков К. М. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА БЕЛКОВ

Свергун Д. И., Фейгин Л. А. МАЛОУГЛОВОЕ РАССЕЯНИЕ: ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ НАТИВНЫХ БИОПОЛИМЕРОВ

MAISON 70707



MAISON 70707