

ISSN 0032-374X

ПРИРОДА

4'93



Главный редактор академик А. Ф. АНДРЕЕВ
Заместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук А. В. БЯЛКО

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И. Н. АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О. О. АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л. П. БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент 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), доктор физико-математических наук Л. П. ВИННИК (геофизика), доктор географических наук Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ (география), доктор физико-математических наук А. А. ГУРШТЕЙН (астрономия, история науки), член-корреспондент РАН Г. В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), М. Ю. ЗУБРЕВА (география, океанология), член-корреспондент РАН С. Г. ИНГЕ-ВЕЧТОМОВ (генетика), доктор физико-математических наук М. И. КАГАНОВ (физика), доктор физико-математических наук Н. П. КАЛАШНИКОВ (физика), доктор физико-математических наук А. А. КОМАР (физика), Л. Д. МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б. М. МЕДНИКОВ (биология), Н. Д. МОРОЗОВА (научная информация), доктор технических наук Д. А. ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН И. Д. РЯБЧИКОВ (геология), доктор философских наук Ю. В. САЧКОВ (философия естествознания), Н. В. УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), доктор биологических наук М. А. ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор физико-математических наук А. М. ЧЕРЕПАШУК (астрономия, астрофизика), член-корреспондент РАН В. Д. ШАФРАНОВ (физика), доктор биологических наук С. Э. ШНОЛЬ (биология, биофизика), доктор геолого-минералогических наук А. А. ЯРОШЕВСКИЙ (геохимия).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Крупный сейсмогенный оползень в известняках Рачинского хребта близ с. Шкмери. См. в номере: По следам Рачинского землетрясения. Фото Б.М. Богачкина



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

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Подтопленный водохранилищем храм у истока р. Шексны из Белого озера. См. в номере: Макаров Н. А., Захаров С. Д. Древности затопленного Белоозера. Фото авторов

В НОМЕРЕ

3 Сачков Ю. В. ОТ НЕПОЛНОТЫ ЗНАНИЙ — К ПО- НЯТИЮ НЕЗАВИСИМОСТИ

Понятие независимости сопутствует всей исто-
рии науки и философии. Между тем остается
вопрос: может ли существовать независимость
в мире, где происхождение и бытие каждого
объекта и явления немислимы вне их взаимо-
действий и связей с материальным окружением?

11 Лупандин В. М. «ЖЕЛТЫЕ» ДЕТИ

Почему рождаются «желтые» дети? Хотя окон-
чательного ответа на этот вопрос пока нет, фак-
ты говорят о токсической природе этой новой
патологии.

16 Жаркова Г. М., Сонин А. С. ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ КОМПО- ЗИТЫ

Капсулирование — новый способ организации
структуры жидких кристаллов — определяет все
основные свойства жидкокристаллических ком-
позитов, а следовательно, и новые направления
их применения.

25 ПО СЛЕДАМ РАЧИНСКОГО ЗЕМЛЕ- ТЯСЕНИЯ

Самое сильное за всю историю Кавказа Рачин-
ское землетрясение (29 апреля 1991 г.) привле-
кло внимание как отечественных, так и зарубеж-
ных ученых. Причины этого сейсмического со-
бытия и его конкретный механизм вызвали не-
мало споров.

Татевосян Р. Э. ПОЛЕВЫЕ СЕЙСМО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ (26)
Рогожин Е. А., Богачкин Б. М. ПРИ-
РОДА СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗА-
ЦИИ КАВКАЗА (32)
Борисов Б. А. МЕХАНИЗМ РАЧИН-
СКОГО ЗЕМЛЕТЯСЕНИЯ (с позиции
геолога) (41)

45 РЕЗОНАНС Адамский В. Б. ЕЩЕ РАЗ О ПРИМЕНИМОСТИ ЯДЕР- НО-ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

48 Арутюнян И. Н. «ДЭЗИ» НА ЭЛЬБЕ

В 1954 г. еще не оправившаяся от ран войны
Германия вошла в число стран-участниц Евро-
пейской организации ядерных исследований
(ЦЕРН, Женева). Однако стране с таким блестя-
щим прошлым в области физики нужна была
собственная научная программа. В результате
возникла идея построить в Гамбурге электрон-
ный синхротрон. Так родился национальный ис-
следовательский центр по физике элементарных
частиц «Дэзи».

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

62 Макаров Н. А., Захаров С. Д. ДРЕВНОСТИ ЗАТОПЛЕННОГО БЕЛО- ОЗЕРА

Найденные на территории Белоозера интересней-
шие находки вносят важные коррективы в сло-
жившиеся представления о художественной куль-
туре северных окраин Руси XII—XIII вв. и дают
повод обратиться к необычной и трагической
судьбе одного из древнейших русских городов.

72 Фрумкин Ю. М. «СЕКРЕТЫ» НАШИХ СПУТНИКОВ-РАЗ- ВЕДЧИКОВ

Даже краткая «биография» советского спутни-
ка-разведчика «Зенит» подтверждает истину, что
секретность в науке, технике и технологии —
вредна.

80 Ибраимов А. И., Курманова Г. У. ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЦИ- ТОГЕНЕТИКА

По мнению авторов, решающую роль в про-
исхождении человека могло сыграть не появле-
ние новых генов, а особенности системы Q-ге-
терохроматина, присущие нашим ближайшим
предкам.

88 Якушева Е. О., Шутова О. И. ПРОБЛЕМА МАЛЯРИИ ВСЕ ЕЩЕ СУ- ЩЕСТВУЕТ Гороненкова О. Н. МАЛЯРИЯ В МОСК- ВЕ (91)

90 Соловьева Н. Ф. УНИКАЛЬНОЕ ЭНЕОЛИТИЧЕСКОЕ СВЯ- ТИЛИЩЕ В КАРАКУМАХ

92 ВОЗВРАЩЕНИЕ Голубовский М. Д. РУССКИЕ БИОЛОГИ В АВСТРАЛИИ Часть II. С. Я. ПАРАМОНОВ

Волею судьбы русский зоолог С. Я. Парамонов
оказался в Австралии, где стал одним из веду-
щих энтомологов.

100 Гоманьков А. В. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЦИКАДОВЫХ: ГИ- ПОТЕЗЫ И НАХОДКИ

102 НОВОСТИ НАУКИ (24)

118 КОРОТКО

120 РЕЦЕНЗИИ

121 ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

122 ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ Лесной С. «АКАДЕМИК-ПУТЕШЕСТВЕННИК» П. К. КОЗЛОВ

CONTENTS

3 Saichkov Ju. V. FROM THE INCOMPLETENESS—TO THE NOTION OF INDEPENDENCE

The notion of independence goes through all the history of science and philosophy. Meanwhile, there remains the question: may the independence exist in the world, where origin and existence of every object and event are inconceivable without their interaction and interconnections with the material world?

11 Lupandin V. M. "Yellow" children

Why do "yellow" children appear? Although there is no final answer yet, the facts say about the toxic nature of this new pathology.

16 Zharkova G. M., Sonin A. S. LIQUID CRYSTAL COMPOSITIONS

Capsulation—a new organization method of the liquid crystals structure—determine all basic features of liquid crystal composition and therefore, the new trends in their applications.

25 LOOKING BACK AT THE RACHA EARTHQUAKE

The Racha earthquake (29 April 1991)—the strongest on the whole history of Caucasus—attracts the attention of both the native and the foreign scientists. The causes of this seismic event and its particular mechanism give rise to a lot of discussions.

Tatevosjan R. A. THE CAMP SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS (26)

Rogozhin E. A., Bogatchkin B. M. THE NATURE OF THE SEISMIC ACTIVITY OF CAUCASUS (32)

Borisov B. A. THE MECHANISM OF THE RACHA EARTHQUAKE (41)

RESONANCE

45 Adamsky V. B. ONCE MORE ON NUCLEAR-EXPLOSIVE TECHNOLOGIES

48 Harootunian I. N. DESY ON THE ELBE

On 1954 Germany, still all in wounds after the World War II, became the Member State of CERN—European Laboratory for Particle Physics in Geneva. But that was not enough for a country with such brilliant traditions in physics. As a result an electron synchrophesotron was built in Hamburg which gave birth to DESY—the national research centre for particle physics.

62 NEWS FROM EXPEDITION Makarov N. A., Zakharov S. D. ANTIQUITIES OF THE FLOODED BE- LOOZERO

72 Frumkin Yu. M. "SECRETES" OF OUR RECONNAISSANCE SATELLITES

Even a brief outline of the activity of the Soviet reconnaissance satellite "Zenith" confirms the truth that secrecy in science and technology is a harmful phenomenon.

80 Ibraimov A. I., Kurmanova G. V. THE ORIGIN OF A MAN FROM THE CITOGENETIC'S POINT OF VIEW

By the authors opinion, the decisive role in the origin of a man may play not an appearance of new genes, but the peculiarities of the Q-heterochromatin system of our close ancestors.

88 Jakusheva E. O., Shutova O. I. MALARIA IS ALSO EXIST Goronenkova O. N. MALARIA IN MOS- COW (91)

90 Solovyova N. F. UNIQUE CHALCOLITHIC SANCTUARY IN KARA-KUM DESERT

92 Golubovsky M. D. RUSSIAN ZOOLOGISTS IN AUSTRALIA Part II. S. Ja. PARAMONOV

By the will of destiny, Russian zoologist S. Ja. Paramonov found himself in Australia, where he became one of the leading entomologists.

100 Gomankov A. V. THE ORIGIN OF CYCADOPSIDA

102 SCIENCE NEWS (24)

118 NEWS IN BRIEF

120 BOOK REVIEWS

121 LETTERS TO EDITOR

122 MEETING THE FORGOTTEN PAST Lesnoj S. "ACADEMICIAN-TRAVELLER" P. K. KOZLOV

От неполноты знаний — к понятию независимости

(вопросы обоснования статистических закономерностей)

Ю. В. Сачков



Юрий Владимирович Сачков, доктор философских наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института философии РАН. Специалист в области философских проблем естествознания. Автор ряда книг, в том числе: *Введение в вероятностный мир* (М., 1971); *Методологические проблемы современного естествознания* (М., 1979). Член редколлегии «Природы».

НАЧИНАЯ со второй половины XIX в. идеи и методы теории вероятностей оказывают революционирующее воздействие на развитие познания. На их базе были разработаны представления о статистических закономерностях и теориях. Именно эти новые подходы обеспечили в физике два грандиозных прорыва в глубь материи — в структуру вещества (классическая статистическая физика) и в структуру атома и атомных процессов (квантовая физика). На статистических представлениях основываются генетика и современное эволюционное учение. Они же широко применяются в психологии, геологии, географии и других науках о природе. Можно вообще сказать, что в новейшей истории познания статистические представления преобразовали весь образ научного мышления. Их применение неизбежно везде, где наука сталкивается с изучением сложности и сложных систем.

НЕПОЛНОТА ЗНАНИЙ

Несмотря на столь громадное значение статистических теорий и методов в развитии познания, вопросы их обоснования, истолкования и понимания все еще вызывают дискуссии и во многом остаются открытыми. Это касается уже классической статистической физики — исторически первого научного направления, в ходе разработки которого родились строгие представления о статистических закономерностях. Со времени становления классической статистической физики и до наших дней широко распространены утверждения, что к статистическим теориям и методам мы вынуждены обращаться вследствие того, что по тем или иным причинам не можем получить достаточно полного и детального описания исследуемых систем. Подобный подход имеет определенное историческое оправдание. Статистическая физика разрабатывалась в ходе

приложений обычной (классической, ньютоновой) механики к системам, состоящим из огромнейшего числа частиц. Реально такими системами явились газы. Первоначально газ теоретически и рассматривался как своеобразная механическая система. Отсюда вытекает, что именно механика породила статистическую физику.

Анализ механических систем типа газовых необычайно сложен: нужно составить огромное число уравнений, задать соответствующие начальные условия и произвести громоздкие вычисления. В докомпьютерные времена говорили, что для решения подобных задач не хватило бы никакой бумаги, никаких чернил, никакого времени. Но и появление компьютеров не спасло бы ситуацию хотя бы потому, что возможности задания начальных условий для таких систем весьма проблематичны.

Однако при анализе систем типа газовых оказались весьма плодотворными идеи и методы теории вероятностей, которые и образовали математический аппарат статистических теорий. Произошли изменения в методах теоретического исследования. И когда встал вопрос, насколько эти изменения принципиальны, практически сразу же возникли утверждения, что обращение к методам статистической физики диктуется необходимостью упрощающих соображений. Иначе говоря, обращение к статистическим теориям — результат неполноты наших знаний. Соответственно этому статистические теории и по сию пору нередко рассматриваются как неполные, т. е. как временные и в логическом отношении неполноценные.

Анализ взаимоотношений статистической физики и классической механики выдвинул проблему обоснования статистической физики на базе механики, которая продолжает привлекать внимание и в наше время. При таком подходе предполагается, что из механики может быть выведена вся совокупность основных утверждений статистической физики. Если подобное обоснование возможно хотя бы в принципе, то переход к статистическим закономерностям действительно является своего рода обходным маневром в решении труднейших задач и мы имеем дело с неполным знанием соответствующих систем.

Вопросам обоснования статистической физики посвящены многие специальные исследования. Одно из наиболее глубоких принадлежит Н. С. Крылову. Важнейший итог этого исследования: «Мы должны были прийти к выводу, — звучащему несколько парадоксально и расходящемуся с наиболее распространенным мнением, — что законы

статистической физики, в частности классической статистики, ни в какой мере не могут быть построены на почве классической механики»¹. Как показывается в упомянутой работе, для этого нужны дополнительные и сугубо вероятностные предположения. Механика «породила» статистическую физику, но наследник быстро приобрел самостоятельность.

СЛУЧАЙНОСТЬ

По мере развития познания вырабатывались и иные подходы к трактовке статистических закономерностей. Один из основателей статистической физики — Дж. Максвелл — отмечал, что переход от строго динамических законов механики к теоретикověроятностным означает коренное изменение в методах исследования, вызывающее далеко идущие последствия. Эти преобразования обусловлены не трудностями решать задачи на путях механики, а переходом физики от исследования простых механических систем к системам имеющим иную физическую природу, в качестве которых выступили газы. За статистическими закономерностями все более и более стала признаваться самостоятельная ценность, их несводимость к иным типам законов, прежде всего — к законам жесткой детерминации, которые были характерны для естествознания до разработки статистической физики. Соответственно этому стали говорить о новом видении мира, о новом стиле мышления.

Произошедшие преобразования в мышлении выражаются в том, что в структуру научной теории, в структуру закона была включена случайность. Ныне это широко признается самым существенным признаком для понимания природы статистических законов. Тем самым трактовка последних прямо зависит от того, как мы понимаем случайность, какое место отводим ей в наших представлениях о мире и его познании.

Представления о случайности в истории науки претерпели громадные изменения. Классическое естествознание практически отторгало случайность. Она здесь рассматривалась как нечто такое, что характеризует внешние, побочные, второстепенные связи и отношения, несовместимые с внутренней сущностью исследуемых систем и процессов. Представлениям о случайности нет места в структуре закона, последний

¹ Крылов Н. С. Работы по обоснованию статистической физики. М.—Л., 1950. С. 133.

выражает лишь необходимые связи, понимаемые к тому же на манер механических.

Следует добавить, что подобное понимание случайности широко распространено и в наше время и находит свое отражение в энциклопедических изданиях и руководствах по философии. Рассмотрев подобные высказывания, Л. Растринг сравнительно недавно горестно писал: «Во всех приведенных цитатах случайность рассматривается как нечто неприличное, стыдное, о чем не говорят в благовоспитанном обществе. Сквозь эти цитаты четко проглядывает следующая «педагогическая» мысль: «Случай — бяка! Не бери его в ручки, брось, запачкаешься! Возьми лучше поиграйся вот этим — необходимостью. Видишь, какая она чистенькая и понятенькая. Вот так и действуй!» И дитя, воспитанное подобным образом, немедленно убеждается, что случай действительно «не того», а необходимость — это то, что нужно. Если шел и дошел, то это строго необходимо, а если поскользнулся и расквасил нос, то это случайно»².

Поэтому неудивительно, что такая «педагогика» перекликалась с печально знаменитым лозунгом «Наука — враг случайностей», который служил оружием против применения теоретико-вероятностных методов в генетических исследованиях и вообще в познании строения и эволюции живого.

Но если допустить, что случайность не вытекает из внутренней сущности исследуемого процесса, а характеризует его внешние, второстепенные, несущественные черты, то почему использование статистических методов лежит на магистральном пути развития науки?

Научный подход к анализу случайности стал складываться в ходе разработки теории вероятностей и ее приложений. Уже предмет теории вероятностей зачастую определяется как изучение массовых случайных явлений (событий). Исходным понятием ее является понятие случайного события. С анализа этого понятия начинается практически любое учебное пособие по теории вероятностей. Под случайным событием понимают некоторый факт, который при определенных условиях может произойти или не произойти. В теории вероятностей понятие случайного события определяется лишь тем, что произошло оно или нет, а не его конкретной природой.

Это может породить некоторые недоуменные вопросы. Если факт имел место, то его можно наблюдать и зафиксировать научными методами. А если данного факта

не было, то на каком основании можно утверждать, что имело место его отрицание? Ведь научные утверждения относятся в конечном счете к тому, что происходит в действительности.

Обычно под выражением «быть или не быть» понимается многое. Если некоторое случайное событие не произошло, то это означает, что произошло его отрицание, т. е. некоторое другое событие. При этом существенно, чтобы это иное событие, событие-заместитель, относилось к тому же самому массовому явлению, из которого исходит теория вероятностей при определении своего предмета.

Из сказанного следует, что понятие случайности в теории вероятностей относится прежде всего к характеристике отдельных событий, совокупность которых образует массовые явления, изучаемые в рамках этой теории. Случайность соотносится именно с отдельными событиями и выражает тот факт, что события изолированы и появление каждого из них взаимно не обусловлено.

В теории вероятностей есть еще одно понятие, характеризующееся как случайное, — понятие случайной величины. Посредством этого понятия массовые явления описываются некоторым целостным образом, и оно, по существу, является собирательным понятием. Для задания случайной величины нужно знать вероятностное распределение, которое связано с представлением о случайном событии. Последнее остается базовым для раскрытия содержания случайности.

Развитие познания обобщает наши знания о случайном. Ныне оно сопрягается с такими понятиями, как спонтанность, неоднозначность, неопределенность, и рядом других. Тем самым случайность стала трактоваться как одно из начал мира, выражающее его изменчивость, подвижность, пластичность. Такое понимание случайности позволяет раскрыть фундаментальное значение статистических закономерностей в структуре научного познания.

НЕЗАВИСИМОСТЬ

Понятие независимости входит в структуру понятий теории вероятностей, более того, во многих случаях его признают центральным в определении самого предмета теории вероятностей. Этот вопрос весьма важен, а потому мы приведем ряд утверждений из солидных руководств по теории вероятностей. Как отмечает М. Лозв, «до весьма недавнего времени теория вероятностей могла быть определена как наука, изучающая понятие независимости. И до настоя-

² Растринг Л. Этот случайный, случайный, случайный мир. М., 1969. С. 4.

щего времени продолжают появляться новые задачи, связанные с этим понятием. В то же время уже возникло и продолжает возникать большое число задач, где не предполагается независимость³. В основе становления теории вероятностей лежит именно анализ множеств независимых явлений. «На протяжении почти двух столетий, — отмечал далее М. Лозв, — теория вероятностей имела дело почти исключительно с независимостью»⁴. Следует только заметить, что зависимости, которые затем стали изучать методами теории вероятностей, составляют особый класс зависимостей, которые опираются на представления о независимости и различные виды которых характеризуются такими понятиями, как цепи Маркова, стационарность и мартингалы. Приведем еще одно высказывание из руководства по теории вероятностей: «Понятие независимости играет в определенном смысле центральную роль в теории вероятностей: именно это понятие определило то своеобразие, которое выделяет теорию вероятностей в общей теории, занимающейся исследованием измеримых пространств с мерой»⁵.

Соответственно сказанному можно заключить, что исходной задачей теории вероятностей является изучение свойств и закономерностей систем, образуемых множеством независимых сущностей. Посмотрим, как это соотносится с исходной моделью статистических представлений в классической физике — моделью идеального газа.

При характеристике газа как системы предполагается, что его молекулы взаимно независимы. Соответственно этому говорят, что в статистической механике изучают системы не взаимодействующих, несвязанных, «свободных» частиц. Добавим еще, что в основных руководствах по статистической физике ее предмет преимущественно определяется как изучение систем, обладающих колоссальным числом степеней свободы⁶. Последнее и означает, что мы имеем дело с системами независимых сущностей и особенностями их познания. По той же причине в руководствах по статистической физике огромное внимание уделяется идеям атомизма, а атомизм в своей основе предполагает не только наличие громадного числа составляющих его элементов, но и наличие «самостоятельности» в их поведении.

Специфика статистического подхода проявляется уже в самом исходном методе, способе описания действительности и основной задаче, решаемой в его рамках. При рассмотрении этих вопросов ситуация в классической статистической физике обычно сравнивается с положением дел в классической механике.

В классической механике изучаются движения макротел под действием сил. Законы механики — законы Ньютона — выражают зависимости между свойствами (параметрами) макротел и изменением их значений во времени. Соответственно этому основная задача классической механики состоит в определении траектории движения макротела. Эта траектория определяется единственным образом — на основе знания законов механики, начального состояния данного тела и сил, действующих на него в исследуемый промежуток времени.

В ходе становления статистической физики состояние каждой из независимых частиц стало определяться уже не по численным значениям ее индивидуальных свойств, а по принадлежности частицы к некоторой группе частиц. Теоретико-вероятностный способ рассуждений, как сказал М. Кац, заключается в том, что «частные явления включаются в совокупность подобных им явлений, и утверждения об этих индивидуальных явлениях заменяются утверждениями о всей совокупности»⁷. В статистической физике вся совокупность частиц делится на множество групп (подсистем) соответственно изменению значений некоторого параметра, характеризующего частицы. Каждой из групп придается определенный «вес» во всей системе, т. е. находится ее структурная характеристика — распределение вероятностей, и задача сводится к анализу и раскрытию законов изменения конкретных распределений вероятностей. Метод классической механики основывается на строгой индивидуализации каждой из частиц. В статистической физике частицы различаются лишь принадлежностью к определенной группе. Индивидуальные различия внутри группы частиц нивелируются, они различаются по отношению к частицам, входящим в другие группы. Соответственно этому основная задача статистической физики, говоря словами Г. Уленбека, «всегда заключается в отыскании соответствия между микроскопическим, или атомным, миром и

³Лозв М. Теория вероятностей. М., 1962. С. 235.

⁴Там же. С. 351.

⁵Ширяев А. Н. Вероятность. М., 1989. С. 39.

⁶См., например: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. М., 1976. С. 13.

⁷Кац М. Вероятность и смежные вопросы в физике. М., 1965. С. 40.

миром макроскопическим»⁸. Последнее становится возможным благодаря наличию совокупного действия независимых частиц.

Следует специально отметить, что анализу роли и значения понятия независимости в научной литературе уделяется далеко не достаточное внимание. Это касается и вопроса об основаниях статистики. Специфику статистических методов широко принято, повторим, определять и раскрывать через понятие случайности. Однако понятие случайности не противостоит понятию независимости. Последнее является практически тем существенно новым, чем обогатилось и дополнилось наше понимание случайности в ходе первых попыток применить теорию вероятностей к познанию природы. Случайность опирается на независимость. Последнее и позволяет характеризовать статистические методы в их сопряжении с познанием действия независимых сущностей. Добавим еще, что при раскрытии содержания статистических закономерностей понятие независимости, хотя и редко, но встречается в литературе и в явном виде. Так, М. Бунге характеризовал статистическую детерминацию как такую, где конечный результат определяется «действием независимых или почти независимых сущностей»⁹. Аналогичные соображения можно обнаружить и в работах Г. Башляра, Г. Я. Мякишева и ряде других¹⁰.

ПАРАДОКСЫ

Утверждения, что независимые сущности могут образовывать системы, — несомненный парадокс. Обычно считают, что система может «состояться», если между ее элементами существуют определенные взаимозависимости и взаимосвязи. А если последних нет, то как возможно само образование систем? Как возможно наличие целостных характеристик систем, образованных независимыми сущностями? Классическая статистическая физика показывает, что целостность систем типа газовых образуется не в результате некоторых постоянно действующих взаимосвязей между частицами, а благодаря наличию внешних условий существования таких систем. В теоретических построениях газ всегда рассматривается как заклю-

ченный в некоторый сосуд, размеры которого могут быть весьма произвольными. Такой подход позволяет ввести целостные характеристики подобных систем, что следует рассматривать как их внешнюю детерминацию. Тем самым появляется возможность познания систем из независимых, «свободных» сущностей. Внешние, а не внутренние силы придают единство таким системам.

Представления о независимости ведут и к иным парадоксальным ситуациям. Независимость предполагает, что между молекулами газа нет постоянно действующих связей. И в то же время в реальности между молекулами есть такие связи и взаимодействия, например гравитационные. Более того, метод статистической физики предполагает, что между частицами газа происходит постоянный обмен энергией в результате их столкновений, и в то же время в самой теории частицы рассматриваются как энергетически обособленные. Все это составляет, как отметил А. Я. Хинчин, «своеобразный методологический парадокс». Разрешается этот парадокс тем, что «частицы вещества мы рассматриваем в качестве его энергетически обособленных компонент лишь приближенно». Последнее оправдано тем, что энергия частиц определяется прежде всего его кинетической энергией и потенциалами внешних полей, а взаимодействия между частицами энергетически «будет давать ничтожно малую величину при всевозможных осреднениях»¹¹. Другими словами, представления о независимости носят относительный характер, но они существенны, когда при анализе поведения частиц первостепенное значение приобретают внутренние факторы, что характерно для поведения независимых сущностей.

СПЕЦИФИКА И ХАОС

Итак, своеобразие статистических теорий заключается в том, что они представляют собой методы исследования и форму выражения знаний о свойствах и закономерностях систем, образуемых независимыми сущностями. Независимость — это тот новый принцип, который стал основанием для разработки статистических закономерностей. На такой основе становятся более понятными многие вопросы, которые были поставлены в связи с анализом природы статистических закономерностей. Прежде всего это каса-

⁸Уленбек Г. Фундаментальные проблемы статистической механики // Успехи физ. наук. 1971. Т. 103. Вып. 2. С. 275.

⁹Бунге М. Причинность. М., 1962. С. 32.

¹⁰См., например: Башляр Г. Новый рационализм. М., 1987. С. 118; Мякишев Г. Я. Динамические и статистические закономерности в физике. М., 1973. С. 241.

¹¹Хинчин А. Я. Математические основания статистической механики. М.—Л., 1943. С. 36.

ется понимания самой истории становления новых воззрений.

Самостоятельная значимость статистических закономерностей и теорий признавалась в ходе их становления весьма многими, однако сами исследователи при этом руководствовались скорее интуитивными соображениями, нежели раскрытием основ новых подходов. Среди естествоиспытателей всегда жила сильная тенденция не связывать анализ природы статистических закономерностей с вопросом о неполноте наших знаний. Так, например, М. Смолуховский, исследования которого соприкасались с проблемой обоснования статистических закономерностей, писал: «Поскольку дело касается применения в теоретической физике, все теории вероятностей, которые рассматривают случайность как непознанную причину, должны быть заранее признаны неудовлетворительными. Физическая вероятность события может зависеть только от условий, влияющих на его появление, но не от степени нашего знания»¹². Признание независимости как базы для раскрытия природы статистических закономерностей делает достаточно очевидными основания, по которым их вхождение в структуру познания неправомерно рассматривать как результат неполноты наших знаний об исследуемых системах.

Идея независимости позволяет более рационально истолковывать и вопросы взаимоотношения статистической физики и классической механики. В частности, более понятными становятся те интересные выводы по вопросам обоснования статистической физики, которые были сделаны в свое время А. Я. Хинчиным. «То обстоятельство, — отмечал Хинчин, — что статистическая механика представляет себе всякое вещество как механическую систему и стремится вывести все его свойства из общих законов механики, часто дает повод к упрекам ее в механицизме — в том, что она принципиально и а priori становится на механистические позиции. На самом деле все упреки подобного рода основаны на недоразумении. Те общие механические законы, которыми пользуется статистическая механика, являются необходимыми предпосылками всякого пространственного перемещения частиц, какими бы силами оно ни вызывалось... То, что придает специфические черты системам, изучаемым статистической механикой, это вовсе не тривиальный факт подчиненности этих систем общим законам механики... Специфика сис-

тем, изучаемых статистической механикой, состоит, главным образом, в том огромном числе степеней свободы, которыми располагают эти системы. Методологически это означает, что позиция статистической механики определяется не механической природой, а атомистическим строением материи...»¹³. Утверждение, что специфику статистическому подходу придает огромное число степеней свободы или же просто представление об атомистическом строении материи, повторим, и означает, что мы имеем дело с системами независимых сущностей и особенностями их познания.

Идея независимости позволяет более полно раскрыть и саму структуру соответствующих систем. Структура систем, образованных из независимых сущностей, наиболее емко выражается через понятие «хаос». Именно особенности внутреннего строения газов порождают наши исходные представления о хаосе. В последнее время к понятию хаоса привлечено громадное внимание, и его непременно рассматривают в сопряжении с понятием порядка. Понятие хаоса олицетворяется моделью идеального газа в состоянии термодинамического равновесия. Представления о порядке символизирует модель идеального твердого тела (идеального кристалла) или же модель систем, обеспечивающих строго однозначное развертывание событий во времени. Представления о хаосе и порядке ныне интенсивно разрабатываются в ходе анализа процессов самоорганизации. В этих исследованиях показано, что понятия об идеальном хаосе и порядке являются предельными, а реальные системы всегда представляют собой своеобразный синтез этих «полярностей». Как утверждают А. В. Гапонов-Грехов и М. И. Рабинович, «два понятия нелинейной физики — стохастичность и структура... в действительности не являются антиподами. Хаос и порядок, в частности, могут трансформироваться непрерывно друг в друга при изменении параметров системы. Не будет даже большим преувеличением сказать, что не бывает ни абсолютного порядка, ни абсолютного хаоса — это лишь предельные ситуации. Всякая же реальная система пребывает в некотором промежуточном состоянии, и оценивать следует близость этого состояния к одному из предельных, т. е. абсолютному порядку или полному беспорядку»¹⁴.

¹²Смолуховский М. О понятии случайности и о происхождении законов вероятностей в физике // Успехи физ. наук. 1927. Т. 7. Вып. 5. С. 332.

¹³Хинчин А. Я. Математические основания статистической механики. С. 12.

¹⁴Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. Нелинейная физика. Стохастичность и структуры // Физика XX века. Развитие и перспективы. М., 1984. С. 273.

Анализ структур типа газовых позволяет раскрыть, что же такое истинный хаос и каковы условия его образования. Можно отметить, что само название «газ» происходит от того же корня, что и «хаос». Понятие хаоса прежде всего характеризует структуру систем, где элементы внутренне динамичны, но поведение которых ни в малейшей степени взаимно не согласуется и действие обратных связей отсутствует. Сами подобные системы могут образовываться лишь под действием внешних сил или условий.

Несмотря на столь, казалось бы, деструктивные свойства хаоса, роль этого понятия в познании весьма конструктивна. Еще древние рассматривали хаос как одну из первопотенций мира. Хаос составляет необходимую составляющую эволюционных изменений, и в этом его основное «назначение». Соответственно этому даже говорят, что хаос — часть красоты природы.

ОБОСНОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОСТИ

Сказанное остро ставит вопрос о статусе понятия независимости в общих философских воззрениях на мир и его познание. В нашей философско-методологической литературе понятию независимости явно не повезло. Его практически не замечали. В энциклопедических изданиях понятие независимости рассматривалось лишь по отношению к логике и математике, а не как более широкое, категориальное понятие. Вместе с тем представления о независимости сопутствуют всей истории науки и философии. Классический пример — проблема свободы воли. В современной науке представления о независимости проявляют себя все настойчивее и определеннее. Они играют громадную роль в познании живых и вообще сложных систем. Рассматривая проблемы биокibernетики, Р. Л. Берг и А. А. Ляпунов отмечали: «Независимость — это такое же фундаментальное явление природы, как и наличие взаимозависимости»¹⁵.

Особым образом независимость проявляет себя в генетике. Каждое скрещивание является отдельным, независимым событием, на которое не влияют результаты предыдущих скрещиваний; каждая пара генов наследуется независимо от другой пары; члены одной пары генов отделяются друг от друга в мейозе независимо от членов других пар; гены наследуются как независимые самостоятельные единицы и т. д.

Современное учение об управлении, включающее в себя проблему свободы воли и принятия решений, также опирается на признание наличия независимости в поведении и функционировании сложных систем. Управление есть выбор и обеспечение некоторого целенаправленного действия системы. В этом выборе система руководствуется своими внутренними «соображениями», которые могут противостоять внешнему давлению. Если нет такой независимости, если поведение систем жестко определено только внешними воздействиями, там, по существу, нет и управления в полном смысле этого слова, речь может идти лишь о приказе и его слепом исполнении.

Встает вопрос: как возможна независимость в мире, где само происхождение и бытие каждого объекта и явления немыслимы вне их взаимодействий и связей с материальным окружением? Как возможно обожование независимости в мире, где все пронизано связями и взаимодействиями, например гравитационными взаимодействиями, которые практически не знают границ? Это особые и сложные вопросы, которые в научной литературе все еще слабо анализируются. Однако некоторые направления мысли можно усмотреть. Так, независимость некоторого объекта или процесса можно представить как такое их состояние, когда уравновешиваются действующие на них разнообразные и разнонаправленные силы, внутренние и внешние. Последнее создает области неустойчивости с вытекающими отсюда неопределенностями дальнейших изменений и поведения. Особое значение приобретают ситуации, когда открывается возможность преобладания внутренних сил и связей над внешними. Исследования по проблемам самоорганизации и направлены на раскрытие внутренних возможностей систем в определении их строения и поведения. Эту тенденцию отражает, например, высказывание Г. М. Заславского: «Появление стохастичности (хаоса) является внутренним свойством системы и не связано с действием каких-либо априори случайных сил»¹⁶.

Независимость в общем случае означает, что соответствующие объекты и системы обладают внутренними степенями свободы, что и определяет специфику их функционирования и поведения. В случае сложно-организованных систем последнее означает, что их поведение определяется внутренними потребностями, интересами и возмож-

¹⁵ Берг Р. Л., Ляпунов А. А. Предисл. к кн.: Шмальгаузен И. И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968. С. 10.

¹⁶ Заславский Г. М. Стохастичность динамических систем. М., 1984. С. 6.

ностями. Не вдаваясь в анализ подобных вопросов, ограничимся констатацией, что независимость характеризует одно из начал строения и эволюции нашего мира. Признание независимости в объектах и процессах есть признание наличия в них самостоятельной ценности, что придает миру истинное разнообразие и делает интересным его познание.

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Итак, статистические закономерности имеют собственные основания. Они привели к новой базовой модели мироустройства, в качестве которой выступают модели типа идеального газа. Ключевым для раскрытия структуры этих моделей служит понятие независимости.

Независимость, как здесь утверждает, представляет собой одно из начал мира, его устройства и развития. Вместе с тем в реальности действие независимости сопряжено с наличием определенных зависимостей. Если независимые сущности предоставлены самим себе, то их, пожалуй, невозможно и изучать. Наиболее простое проявление действия независимости наблюдается тогда, когда поведение независимых сущностей ограничено лишь внешними условиями. Изучение этого типа независимостей послужило основой становления теории вероятностей. Соответственно этому статистические закономерности и выступают как закономерности поведения независимых сущностей в некоторых внешних условиях.

Более сложные случаи наблюдаются тогда, когда отношения между исследуемыми сущностями характеризуются как независимостью, так и действием определенных зависимостей (постоянно действующие связи). Зависимости накладываются на независимости, и тем самым ограничивается сфера проявления независимости и открываются новые возможности ее познания. Такая

ситуация характерна для квантовой теории, где независимость, порождая неопределенность, накладывается на наличие устойчивого «костяка» в атомных структурах, характеризующегося наличием жестких взаимосвязей между сугубо квантовыми свойствами (числами). Еще более интересное сочетание независимости и зависимости наблюдается при познании живых систем, их организации и эволюции.

Независимость проявляет себя весьма разнообразно, но она неотделима от познания внутреннего строения и эволюции систем. Если в некоторое целое объединяются полностью независимые сущности, между которыми нет никаких устойчивых связей, то структура этого целого определяется не иначе, как хаос. Если же действие независимости накладывается на наличие некоторых устойчивых и постоянно действующих связей между образующими систему сущностями, то открывается возможность построения сложных и сложноорганизованных систем. Разнообразие мира опирается прежде всего на существование устойчивых структур, к которым относятся жидкие и твердые тела, живые и социальные системы. Сам факт наличия устойчивых структур говорит о значимости постоянно действующих (пусть и относительных во времени) связей и закономерностей в мире.

Наличие разнообразных и утонченных форм сочетания независимости и зависимости ставит задачу совершенствования соответствующих методов исследования. Уже давно идет расширение предмета теории вероятностей: современная теория вероятностей исследует не только независимость, но и определенные виды зависимостей. На путях дальнейшего развития методов исследования независимости и зависимости в их синтезе будут видоизменяться и наши представления о статистических закономерностях, их месте и ценности в процессах познания.

«Желтые» дети

В. М. Лупандин



Владимир Михайлович Лупандин, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Института социологии РАН, руководитель первой русско-американской программы по изучению медицинских последствий Чернобыльской аварии. Область научных интересов — прогнозирование медицинских, генетических и социальных последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды.

ТЯЖЕЛЫЕ поражения крови (анемия, уменьшение числа тромбоцитов и нормальных эритроцитов), печени (желтуха, определившая название болезни) и центральной нервной системы — таковы симптомы новой тяжелой патологии новорожденных, впервые наблюдавшейся в Алтайском крае в 1988—1989 гг.

Первые массовые случаи появления «желтых» детей отмечались весной 1988 г. в Локтевском районе — тогда погибло 10 новорожденных. В октябре 1989 г. в Тальменском районе среди 60 родившихся было 71,8 % «желтых» детей, в 1990 г. у 28 % новорожденных была тяжелая желтуха, а у 71,8 % поражена центральная нервная система. Затем «желтые» дети появились в Залесовском, Шапуновском, Новоалтайском, Алтайском, Барнаульском и Родинском районах.

Уже первые случаи этого тяжелого заболевания привели к созданию Государственной программы «Охрана здоровья матери и ребенка в Алтайском крае». В ходе изучения причин новой патологии было высказано предположение о возможном радиационном воздействии на организм¹.

Для проверки этой гипотезы мы познакомились с данными Семипалатинского полигона (в/ч 52605), которые до последнего времени были закрыты². Изучение архивов этой части позволило установить, что за все время испытаний на полигоне территория Алтайского края трижды подвергалась радиационному воздействию: в августе 1949 г., августе и сентябре 1962 г., причем дозы γ -излучения от взрывов 1962 г. составили лишь несколько процентов от первого взрыва.

Радиоактивный след взрыва 1949 г. (20 кт) протянулся на многие сотни километров и пересек весь Алтайский край с юга на север. Выпавшие тогда дожди привели

© Лупандин В. М. «Желтые» дети.

¹Шойхет Я., Киселев В. Следы опасных взрывов // Алтайская правда. 1991. 16 декабря.

²Лупандин В. // SEA. 1992. № 4. С. 2—7.

к пятнистости радиоактивного загрязнения. Первое отечественное ядерное испытание существенно повлияло на радиационную обстановку Алтайского края: за первый год в некоторых местах доза излучения превышала 30 бэр.

Последствия проведенных ранее испытательных взрывов на Семипалатинском полигоне не исключаются и сегодня. Масштабы радиоактивного загрязнения в Алтайском крае превышают масштабы загрязнения при аварии на Южном Урале (рассеяно около 2 МКи) и на ЧАЭС (рассеяно $2,3 \pm 0,7$ МКи)... Удельная γ -активность образцов почвы из Алтайского, Локтевского, Тальменского, Третьяковского и Угловского районов составила 200—300 Бк/кг и представлена в основном нуклидами ^{137}Cs и ^{40}K , имеются следы элементов уранового и ториевого рядов. Суммарная активность уменьшается в следующей последовательности: Локтевский, Тальменский, Алтайский, Третьяковский районы.

Анализ проб из Тальменского района, взятых через 5 см по высоте колонки торфа, показал, что α -активность всех проб составляет 1000 Бк/г. При этом среднее значение активности по трем пробам в слое от 5 до 10 см от поверхности в 1,4 раза больше, чем в вышележащем слое. Предварительный анализ спектра α -частиц указывает на присутствие в пробах торфа ^{235}U , ^{239}Pu , ^{226}Ra , взятых в Тальменском и Угловском районах; обнаружена повышенная концентрация урана, наибольшее значение которой зарегистрировано в слое от 10 до 20 см от поверхности.

Как считает руководитель программы «Полигон» Я. Б. Шойхет, медицинские последствия этих испытаний достаточно серьезны. Об этом же свидетельствуют и данные научно-исследовательских институтов (отчеты за 1990—1991 гг.). От радиационного воздействия пострадала половина населения Алтайского края (в 1961 г. оно составляло 2763 тыс.). В некоторых районах индивидуальные дозы облучения составляли 30—90 бэр, а нагрузка на щитовидную железу — до 30 Зв. В Тальменском, Локтевском и Третьяковском районах средняя величина накопленного радиоактивного осадка в три—семь раз выше нормального радиационного фона. В некоторых селах дозовая нагрузка за один год составляла 70—80 бэр.

Медицинские последствия радиационного загрязнения развивались по сценарию Хиросимы и Нагасаки: вначале наблюдался рост щитовидной железы, а затем ее злокачественные опухоли, сейчас опухолей щитовидной железы стало меньше, но вы-

росло число нарушений ее функций. Основная патология в Алтайском крае — раковые заболевания (от рака умирают целыми семьями), растут лейкозы, заболевания крови и эндокринной системы. Наконец, следствием воздействия малых доз в третьем поколении — «желтые» дети.

Высоко оценивая работу алтайских ученых о влиянии ядерных взрывов на здоровье жителей Алтайского края, мы не можем согласиться с их утверждением, что «желтые» дети — это результат последствий радиационного воздействия на уровне третьего поколения. Проведенный нами анализ клиники и эпидемиологии «желтых» детей показал токсическую, а не радиационную причину поражения новорожденных. «Желтые» дети, по нашему мнению, не столько радиационная проблема, сколько токсикологическая. «Желтые» дети могут появиться в любом месте, где есть токсический фактор и мет радиационного.

В конце июня 1989 г. в районе с. Кошелево Новосибирской области на полигоне по уничтожению ракет, согласно советско-американскому соглашению, в присутствии американских специалистов были взорваны четыре ракеты. В с. Анисимово Тальменского района, расположенного в 50 км от полигона, наблюдали на горизонте небольшой черный «гриб» пыли и дыма. Вскоре жители села (чаще всего лица, занятые в животноводстве) стали жаловаться на слабость, головную боль (при врачебном осмотре обнаружены резкие колебания артериального давления). У многих наблюдались носовые кровотечения. В августе число больных резко возросло, а в ноябре поток больных сократился.

Через месяц после взрыва в Тальменском родильном доме появился первый «желтый» ребенок, а в октябре уже почти все новорожденные были «желтыми». Это были самые тяжелые случаи (уровень билирубина достигал 500 мкм/л). Спасти этих детей удалось только благодаря полному переливанию крови.

Все эти факторы позволяют выстроить следующую цепочку: взрывы ракет, массовые отравления жителей с. Анисимово, рождение «желтых» детей в Тальменском родильном доме, ухудшение состояния здоровья жителей с. Анисимово и, наконец, увеличилось количество «желтых» детей.

По мнению медиков, после взрывов ракет во всем районе возросло число детей с резким колебанием артериального давления (чаще гипотония), носовыми кровотечениями, головокружениями, обмороками, облысением, жалобами на усталость. Об-

наружены значительные изменения в крови: рост анемий, уменьшения в крови числа тромбоцитов с одновременным изменением их величины и формы. В некоторых селах одна треть детей, родившихся после 1989 г., отстают в физическом и умственном развитии. После взрыва ракет увеличилось число детей-инвалидов с рождения: если до 1989 г. их было один-два в год, то после 1989 г. — шесть-семь. Детская смертность в 1991 г. выросла на 30 % (по сравнению с 1990 и 1989 гг.).

По данным Тальменской центральной районной больницы и краевой детской больницы, у половины «желтых» детей к двум-трем годам жизни обнаруживается задержка в развитии речи, у 10—15 % наблюдается умственное недоразвитие в сочетании с гидроцефалией.

В Локтевском районе появление «желтых» детей (1988 г.) совпало с пожаром на полиметаллических шахтах поселка и тушением их жидким азотом. Здесь среди новорожденных наблюдалось тяжелое поражение центральной нервной системы, глубокая интоксикация билирубином (800 мкМ/л). Десять детей не удалось спасти, несмотря на интенсивную терапию. На примере Локтевского района, особенно ясно, что «желтые» дети — это следствие интоксикации, внутриутробного поражения плода высокотоксичными химическими веществами, а не радиационного фактора. По данным детской краевой больницы, «желтые» дети реже поступают из радиационно пораженных районов, т. е. локальность этой патологии не совпадает с районами радиационного загрязнения. Весной и осенью «желтых» детей больше, что говорит о роли водного фактора.

В Славгородском районе рождение «желтых» детей связывают с выбросами химическим заводом хлорсодержащих веществ.

Сегодня особую тревогу у населения края вызывает активная деятельность, связанная с ракетными установками. Так, в районе сел Цаплино и Озерки, где расположены ракетные точки, в конце июля 1989 г. при заправке ракеты топливом произошла авария. На севере Тальменского района — полигон для уничтожения ракет, на востоке — ракетная точка Залесово, в центре (село Новоперуново) — «отстойник» для ремонта и заправки стратегических ракет, на юге — поселок Сибирский. Все реки Залесовского района впадают в р. Чумыш, на берегу которой живет основная масса населения (50 тыс. чел.). По ночам вокруг ракетных точек кипит жизнь: перекрываются

дороги, развозятся по различным ангарам ядерные боеголовки, ракетное топливо. Причем это делается дважды: при сливании топлива перед «регламентом» ракеты и после ее ремонта. Все это повышает риск утечки ракетного топлива и аварии. Окружающая среда района сильно загрязнена⁶.

После дождей лужи становятся желтыми, а вода сладкой. Сворачиваются листья тополей, гниют огурцы, помидоры, картофель. При сборе лесных ягод слезает кожа, на ней появляются пузыри.

Все эти факторы говорят о том, что в воде и растительных продуктах содержатся какие-то высокотоксичные вещества. Ими могут быть продукты распада ракетного топлива или его составная часть — высокотоксичные гидразины. Гидразины, легко растворимые в воде, обычно в кислородсодержащей среде быстро окисляются в менее токсичные нитрозосоединения, которые долго сохраняются в отсутствии кислорода. Проникая в верхние слои грунтовых вод, гидразины и устойчивые нитрозосоединения представляют опасность для всего живого.

Именно такие условия существуют в болотистой местности Тальменского района: 80 % населения пьют воду из шахтных колодцев, в которых вода находится на уровне 12 м. По-видимому, нитрозосоединения накапливаются в овощах, фруктах, содержатся в молоке и сливочном масле. Это объясняет появление «желтых» детей в с. Топчиха. Желтый цвет луж после дождя и сладкая вода подтверждают высокое содержание нитрозосоединений в окружающей среде Тальменского района. При анализе почвы и воды вблизи полигона по уничтожению ракет в районе с. Кошелево в 1989 г. в верхнем слое грунтовых вод обнаружили алифатические амины, нитрозоамины, диметиламины.

Таким образом, общее состояние Алтайского края сегодня крайне неблагоприятно: повышенный радиационный фон и химическое загрязнение. Причем оба эти фактора связаны в основном с деятельностью полигонов. Как же сложилась такая ситуация?

Как свидетельствуют документы, первый ядерный взрыв 1949 г. в бывшем СССР был произведен, несмотря на неблагоприятные условия (сильный ветер, низкая облачность), неготовность служб, отсутствие зондирования атмосферы.

Известная нам траектория облака взрыва 29 августа 1949 г. Долонь—Топольное—Наумовка—Веселоярск показывает, что облако взрыва должно было пройти по

узкому «коридору» между Семипалатинском и Барнаулом. Сильный ветер должен был быстро отнести облако от полигона (территорию нужно было использовать еще для целой серии взрывов). При другом направлении ветра от радиационного воздействия могли пострадать Алма-Ата, Павлодар и другие города, а также китайская территория. Это, по-видимому, считалось нежелательным.

Неслучайность выбора направления сильного ветра в сторону Алтайского края подтверждается и направлением облаков взрыва при двух других испытаниях. Облако взрыва 7 августа 1962 г. обошло Барнаул с севера, прошло вдоль левого берега р. Алей, где расположены все оздоровительные учреждения края. Пострадали также населенные пункты Соsnowка, Новичиха, Ребриха, Шипуново, Куры, Кузьминки, Ремовского, Шаницино, Тальменка, Кордон, Белоярск, Крутое, Жулиниха. Облако взрыва 25 сентября 1962 г. прошло южнее первого следа 1949 г.: Горняк, Пospelиха, Александровский и др. Итак, мы сталкиваемся с веерообразным распределением направления облаков взрывов, которое исключало суммацию выпадения радиоактивных осадков.

Можно думать, что такая же тактика применяется при взрывах ракет. Направление ветра должно быть таково, чтобы облако взрыва распространялось в сторону малонаселенных районов сельской местности. Действительно, облако взрыва прошло по северной части Тальменского района, пересекло северные притоки р. Чумыш. Этим отчасти объясняют, почему взрывы всего лишь четырех ракет могли привести к поражению территории в 4 тыс. км² и через три-четыре месяца вызвать тяжелые расстройства у 70—100 % новорожденных, интоксикацию у многих взрослых и детей. Какое же из двух зол, порожденных ракетным полигоном, послужило причиной возникновения новой патологии новорожденных?

По официальной гипотезе, «желтые» дети появились в результате радиационного воздействия ядерных испытаний на генетический материал. Облучение малыми дозами нарушило проницаемость клеточных мембран, что сделало любой химический

фактор, включая тяжелые металлы, пусковым механизмом поражения новорожденных детей.

Не отрицая негативного влияния радиационного загрязнения, мы полагаем, что «желтые» дети Алтайского края — болезнь токсическая и появиться они могут в любом районе мира, где хранятся ракеты, где имеются полигоны по их уничтожению. Нам представляется, что проблема эта может быть решена, т. е. рождение «желтых» детей можно предотвратить!

Прежде всего необходимо снабдить районы, где рождаются «желтые» дети, чистой водой и экологически чистыми продуктами, что делается уже во многих западных странах.

Необходимо также удалить накопившиеся продукты ракетного топлива из водоемов Тальменского района путем окисления верхних слоев подземных вод, их сброса. Для этого нужен цикл мелиоративных работ. В бывшем СССР имеется большой опыт подобных работ, их проведение не представляет большой трудности.

По-видимому, надо усовершенствовать технологию уничтожения ракет с топливом. Не будучи специалистом в этой области, я не могу давать рекомендаций. Но ясно, что полигоны для взрывов не должны размещаться в густонаселенных районах, а также в болотистых районах, с высоким стоянием грунтовых вод.

Совершенно очевидно, что начать надо с токсикологического и химического анализа: выделить токсические вещества в организме и окружающей среде. Желательно, чтобы эту работу проводили независимые лаборатории заинтересованных стран: Китая, Японии и США.

К сожалению, описанная здесь реальная ситуация в Алтайском крае, затрагивающая судьбы десятки тысяч людей, является собой печальный пример деятельности человека. Решать проблему «желтых» детей надо незамедлительно. «Желтые» дети нуждаются в лечебной и гуманитарной помощи международных общественных и религиозных организаций.

Комментарий к статье В. М. Лупандина

С. С. Юфит,

доктор химических наук

Я. Я. Розправка,

кандидат химических наук

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН
Москва

ПОСЛЕ Чернобыльской катастрофы среди населения нашей страны возникла и распространилась радиофобия: люди начали все объяснять повышенной радиацией. Вред такого подхода очевиден, и он заключается не только в том, что все недомогания и болезни пытаются свалить на повышенный радиационный фон, но и в том, что при этом исключают из рассмотрения другие опасные факторы. В первую очередь это относится к химическим факторам воздействия на природу и людей.

Статья В. М. Лупандина интересна в том плане, что в ней высказано сомнение по поводу влияния радиационного фактора на появление «желтых» детей. Это тем более было трудно сделать, что на самом деле клиническая картина хронического радиационного поражения и химического отравления такими веществами, как диоксины и компоненты ракетного топлива, очень близки. После чернобыльского взрыва также появились «желтые» дети, что прошло незамеченным. Однако и в других регионах страны и за рубежом в районах с развитой химической промышленностью периодически рождаются «желтые» дети, поэтому обсуждая этот вопрос, не следует забывать явление синергизма. Так, было показано, что химическое поражение диоксинами приводит к тому, что в большом организме нетоксичные вещества становятся ядами. К такому же результату приводит и радиационное облучение. Следовательно, можно думать, что по-

явление «желтых» детей в Алтайском крае могло быть вызвано как радиационными, так и химическими загрязнителями или их комбинацией. Медицинские критерии не позволяют различить воздействие этих факторов. Автор убедительно показывает высокую вероятность химических факторов, вызывающих появление «желтых» детей и новорожденных. Установить достоверные причины поражения детей в Алтайском крае можно, только проведя тщательное химическое обследование пораженных районов. Задача эта чрезвычайно трудная. Если для радиационного обследования территории достаточно обычного радиметра, то для проведения химического обследования необходимы сложные отбор и обработка проб и последующий химический анализ с помощью трудно доступных приборов. На всей территории бывшего СССР меньше 10 мощных хромато-масс-спектрометров высокого разрешения, пригодных для такого анализа, и стоимость каждого составляет более 500 тыс. долл. Кроме того, трудности возникают при интерпретации результатов. Дело в том, что такие опасные загрязнители, образующиеся при взрывах ракет, как диоксины, смертельны уже при содержании 20 мкг/кг, а заболевания они вызывают при концентрации в десятки и сотни раз меньше. Поэтому определять эти вещества в почве, воде и воздухе нужно в очень малых дозах (миллиардные доли). Ракетное топливо жидкостных ракет из группы гидразины также высокотоксично, по риску

сравнимо с диоксинами. Кроме того, оно летучее и хорошо растворимо, что облегчает быстрое распространение на обширной территории, особенно в обводненных районах. И хотя гидразины в присутствии кислорода весьма неустойчивы, а при распаде образуются не менее токсичные вещества (нитрозосоединения), однако в болотистых местах в бескислородных условиях (например, в болоте) они могут сохраняться неопределенно долго. Кроме того, токсичные нитрозосоединения быстро внедряются в живые структуры, проявляя при этом мутагенное и онкогенное действие при очень низких концентрациях (миллиардные доли).

Таким образом, проблема «желтых» детей может быть решена только путем проведения тщательного химического анализа местности. Только в этом случае предположение, выдвинутое В. М. Лупандиным, станет реальным фактом и позволит наметить конкретные пути решения этой проблемы.

Жидкокристаллические композиты

Г. М. Жаркова, А. С. Сонин



Галина Михайловна Жаркова, доктор технических наук, заведующая лабораторией Института теоретической и прикладной механики СО РАН. Специалист в области материаловедения, занимается разработкой и исследованием новых материалов для систем отображения информации, в частности жидкими кристаллами.



Анатолий Степанович Сонин, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института органических полупродуктов и красителей. Специалист в области физики кристаллов, в том числе жидких кристаллов. Неоднократно печатался в «Природе».

УЖЕ более 30 лет жидкие кристаллы исправно служат людям. Начавшийся в 60-е годы резкий подъем их разработок, исследований и применений не снижается и поныне. Никого уже не удивляют плоские безвакуумные цветные телевизионные экраны на жидких кристаллах, казавшиеся еще несколько лет назад фантастикой.

Сейчас в основном используются оптические свойства жидких кристаллов. Так, холестерические жидкие кристаллы — хорошие двумерные термометры. Они меняют цвет при нагреве и поэтому способны измерять мощность падающего ИК- или СВЧ-излучения, представляя его распределение на поверхности в виде цветовой картины¹. В нематических жидких кристаллах используются электрические свойства — способность изменять двупреломление под воздействием электрического напряжения. На их основе изготавливают индикаторы часов, микрокалькуляторов, дисплеи, а также экраны цветных телевизоров.

По сравнению с другими материалами у жидких кристаллов большие преимущества, прежде всего — высокая чувствительность. Есть холестерики, «проходящие» весь видимый спектр при нагреве всего на 0,01 °C. А нематики при приложении напряжения в 1 В меняют двупреломление на 0,2 (для сравнения, у наиболее чувствительных керровских жидкостей изменение двупреломления на 10⁻³ достигается с помощью электрического напряжения в сотни вольт).

Еще одно преимущество — обратимость эффектов: после прекращения внешних воздействий физические параметры жидких кристаллов возвращаются к исходным значениям достаточно быстро.

И, наконец, физические свойства жидких кристаллов можно легко менять, варьируя состав сходящих в них компонентов. Кроме того, эти вещества отличаются доступностью и умеренной стоимостью.

Но есть у них и серьезные недостатки, обусловленные прежде всего жидким агре-

© Жаркова Г. М., Сонин А. С. Жидкокристаллические композиты.

¹ Степанов Б. М., Сонин А. С. Приборы на жидких кристаллах // Природа. 1974. № 11. С. 14—22.



Основные структуры однородных образцов жидких кристаллов между стеклами: слева — планарная (параллельная стеклам) холестерическая; в центре — гомеотропная нематическая; справа — планарная нематическая. Молекулы показаны черточками, длина которых пропорциональна их наклону к плоскости чертежа.

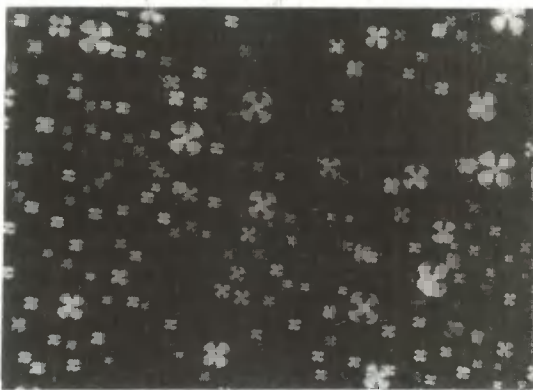
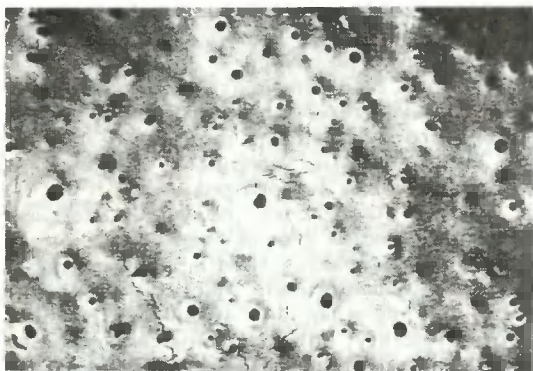
гатным состоянием. В подавляющем большинстве случаев их используют в виде тонких слоев со специально организованной структурой. Получить ее можно, выстроив, например, все молекулы вдоль одного направления, тогда удастся правильно выбрать направление и интенсивность внешнего воздействия, чтобы максимально использовать изменение оптических свойств жидкокристаллического слоя.

Но все дело в том, что организовать необходимую структуру без опорных твердых поверхностей практически невозможно². Холестерики приходится наносить на поглощающую излучение поверхность так, чтобы отражающие слои были параллельны поверхности (ось спирали структуры перпендикулярна поверхности). Для нематиков опорными поверхностями служат два параллельных стекла (с прозрачными электродами из окиси индия и олова или без электродов), разделенных нейтральными (пластиковыми, слюдяными и т. п.) прокладками. Для создания нужной структуры внутренние поверхности стекол обрабатывают специальными веществами — ориентантами. Адсорбируясь на поверхности, они создают определенный микрорельеф, способствующий той или иной ориентации приповерхностного слоя нематика. Последующие слои, если расстояние между опорными стеклами невелико (~ 1 — 100 мкм), будут повторять эту ориентацию.

Подбор ориентантов и технология обработки ими поверхностей очень сложны. Но трудности становятся непреодолимыми, если требуется создать структуру размером, превышающим размер обычного листа писчей бумаги. Пока только такие экраны для дисплеев персональных компьютеров может делать мировая электронная промышленность. Заметим, что для хорошей работы экран должен быть бездефектным, т. е. одно-

родность организованной структуры должна быть на уровне или лучше оптических элементов изображения (примерно 10×10 мкм²). Кроме того, необходима хорошая герметизация экрана, и не только чтобы жидкий кристалл не вытек, но в основном для защиты его от влаги, воздуха, и паров вредных веществ.

Все эти трудности приходится преодолевать разработчикам жидкокристаллических дисплеев (причем плоских). Однако сейчас для оснащения самолетов, автомобилей, поездов дисплеи должны иметь выпуклые или вогнутые формы. Как организовать структуру в таких дисплеях? Прежние методы ориентационной технологии не подходят. Нужны новые методы ориентации или... новые принципы и способы построения самих жидкокристаллических структур.



Микрофотографии жидкокристаллического композита, полученные с помощью сканирующего электронного [вверху] и поляризационного [внизу] микроскопов. На первой фотографии видна структура «швейцарского сыра» — полимера с пустыми капсулами [жидкий кристалл в процессе приготовления образца для электронной микроскопии испарился]. На второй фотографии, снятой в поляризационном сходящемся свете, видна структура жидкого кристалла в капсулах. Коноскопические кресты, показывающие выходы оптических осей, свидетельствуют о том, что нематик имеет структуру типа «еж».

²Мы не рассматриваем свободно подвешенные пленки, обладающие определенной спонтанной структурой, ибо они не имеют пока практического значения.

КАПСУЛИРОВАНИЕ

Капсулировать холестерики стали в начале 70-х годов с единственной целью — предотвратить их разложение под воздействием атмосферы. Идея принадлежала Дж. Фергасону из «Вестингауз электрик корпорейшн». Был взят водный раствор поливинилового спирта, в который добавили нерастворимый в воде холестерик. При энергичном перемешивании образовалась эмульсия (мелкие капли жидких кристаллов в водном растворе), которую вылили на плоскую поверхность и предоставили ей испариться. Полимер отвердел и стал похож на швейцарский сыр с дырками — капсулами, в которых остались капли холестерика. Размер капсул мал ($\sim 0,1\text{--}10$ мкм, в зависимости от технологии приготовления), а их плотность велика — $3 \cdot 10^3$ капсул/мм².

В результате вместо жидкого холестерика, нуждающегося в герметизации и ориентации, был получен твердый композит, обладающий всеми свойствами холестерика. Теперь его можно было формовать, придавая любые формы, например, раскатывать в тонкие пленки любого размера.

Идея Фергасона получила мощное развитие в нашей стране. Целый ряд институтов — Харьковский НИИ монокристаллов, Киевский университет, Институт теоретической и прикладной механики (Новосибирск), Институт оптико-физических измерений (Москва) стали разрабатывать и активно применять композиты с холестериками.

То, что композит обладал оптическими свойствами свободного холестерика, совсем

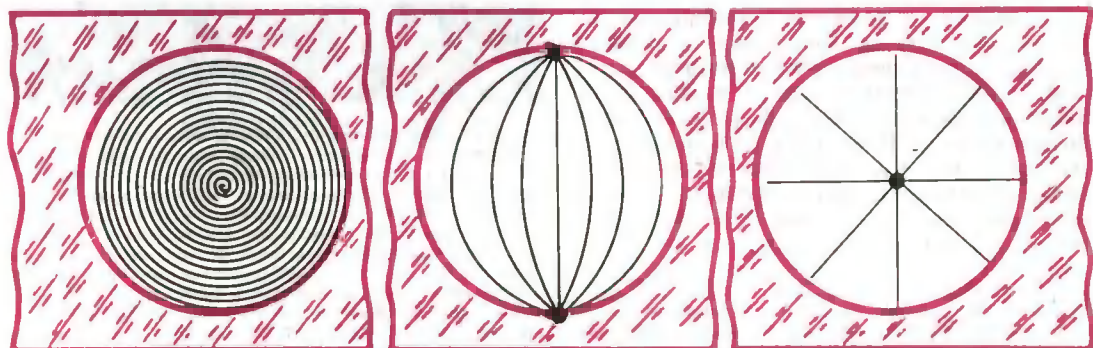
не тривиально. Это означает, что при капсулировании холестерик в каплях не только сохраняет спиральную структуру, но в целом по образцу оси спиралей каждой капсулы выстраиваются в одном преимущественном направлении. Таким образом, капсулирование оказалось новым способом организации определенной структуры жидкого кристалла.

Точно так же удалось закапсулировать и нематики. Впервые это было сделано в Институте оптико-физических измерений в начале 80-х годов. Полученные таким образом композиты показали, что и здесь капсулирование сопровождается созданием нематических структур.

Что же является движущей силой этого процесса? Конечно, структура жидкого кристалла определяется такими параметрами, как константы упругости и вязкостью. Те, в свою очередь, зависят от микроскопических параметров, связанных с энергией взаимодействия молекул. Однако определяющими факторами являются граничные условия на внутренней поверхности полимерной капсулы и энергия их взаимодействия с поверхностью.

Предельные граничные условия — нормальная и тангенциальная ориентация молекул на поверхности капсулы. В первом случае молекулы жидких кристаллов перпендикулярны поверхности в каждой точке. Тангенциальные граничные условия означают, что в каждой точке поверхности эти молекулы касательны к ней. Такая ориентация наиболее часто встречается в композитах. Для холестериков она приводит к концентрической спиральной структуре, когда каждый радиус капсулы становится осью спирали, вокруг которого «закручиваются» молекулы, и в то же время каждый слой, имеющий одинаковую ориентацию, образует концентрические окружности вокруг центра капсулы. Подобная структура в сферической

Основные структуры жидких кристаллов в капсулах композитов. Показана геометрия молекулярных линий, в каждой точке которых касательными молекулы: слева — концентрическая спиральная структура холестерика; в центре — биполярная структура с двумя «буджумами» на полюсах; справа — радиальная структура с «ежом».



капсуле не может реализоваться при плавном (без разрывов) изменении ориентации молекул. Поэтому в центре капсулы вдоль одного из радиусов возникает линейный дефект — дисклинация³. Вдоль этой линии ориентация молекул испытывает разрыв непрерывности для перехода от одного слоя к другому.

Именно из-за такой структуры композит сохраняет все свойства плоской структуры. При концентрическом расположении холестерических слоев спиральная структура образуется в любом направлении, проходящем через центр капсулы.

Тангенциальная структура нематика проще — в сферической капсуле молекулы располагаются по меридианам. Однако и здесь не обходится без дефектов — дисклинаций. Они располагаются на полюсах, где сходятся молекулярные линии. В этих двух точках положение молекул нематика неопределенно, так как они должны иметь ориентацию, одинаковую для всех молекулярных линий. Называют эти точечные дисклинации «бужумами» (так назвал Л. Кэррол неизвестное науке живое существо в своей книге «Охота на Снарка»).

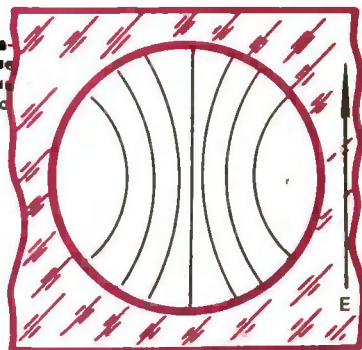
При нормальных граничных условиях нематик в капсулах образует структуру типа «ежа» с такой же точечной дисклинацией в центре.

Бывают и другие, более сложные структуры, но все вместе они не образуются в однородных образцах, а реализуются только в свободных замкнутых полостях композитов. Однако, как и структуры однородных образцов жидких кристаллов, они обладают той же, а в некоторых случаях и гораздо большей лабильностью — изменяются под действием небольших электрических полей и температуры. В результате меняются оптические свойства композитов.

Двойная спиральная структура интенсивно реагирует на изменение температуры тем, что меняется шаг молекулярной спирали. Температура также влияет на структуры нематиков в капсулах, причем особенно интересно изменение рода фазового перехода при уменьшении размеров капсул.

Если считать энергию сцепления молекул нематика с внутренней поверхностью полимера постоянной и не зависящей от диаметра капсул, то в больших капсулах (~1 мкм) ее влияние на свободную энергию объема нематика невелико, и потому фазовый переход в изотропную фазу совершается точно так, как он происходит в одно-

Аксиальная структура нематика в капсуле в присутствии электрического поля E.



родном образце. (Это фазовый переход I рода со скачком параметра порядка, перегревом и переохлаждением и тому подобными свойствами). Но когда размер капсул становится меньше некоторой критической величины (зависящей от материальных констант нематика), энергия сцепления начинает серьезно влиять на энергетику перехода. В результате переход нематик — изотропная фаза приобретает черты фазового перехода II рода с непрерывным изменением параметра порядка.

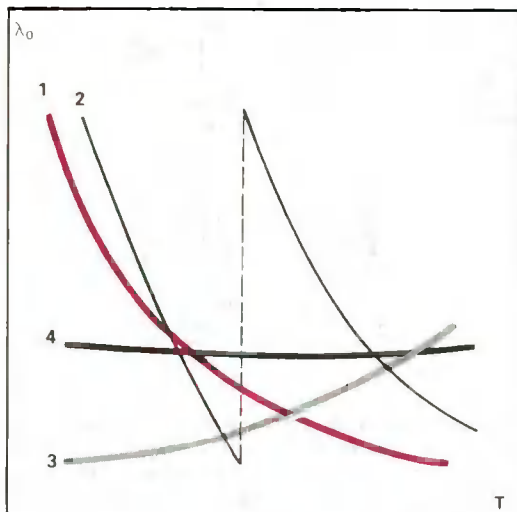
Однако самые «драматические» изменения в структуре нематика в капсулах происходят под действием электрического поля: и биполярная структура «бужумов», и структура «ежа» превращаются в аксиальную структуру, силовые линии которой вытягиваются вдоль направления поля. Здесь наблюдается необычная динамика процесса перестройки.

Если исходной является биполярная структура, то при приложении электрического поля вначале очень быстро (за время 0,1—0,5 мс, «быстрая мода») ориентируются по полю молекулы центральной части капсулы. И лишь затем начинают выстраиваться пристеночные слои, что приводит к переползанию «бужумов» в направлении поля. Эта «медленная мода» имеет времена в 10—100 раз больше. Естественно, суммарное время переориентации структуры определяется именно ею.

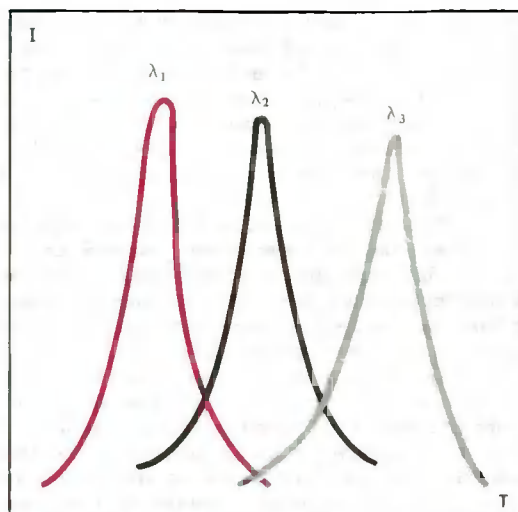
Перестройка радиальной структуры («ежа») в аксиальную происходит быстрее, чем биполярной. Это и понятно, поскольку переориентация происходит из неоднородно ориентированной структуры, часть молекул которой уже расположена вдоль направления.

Структура жидких кристаллов в капсулах и ее перестройка в результате внешних воздействий определяют все свойства композитов.

³Дисклинация отличается от дислокации только тем, что в ней берега разреза не смещены, а повернуты.



Зависимость длины волны λ_0 (слева) и интенсивности I для нормальной термической зависимости (справа) селективного отражения композита с холестериком от температуры T : 1 — нормальная; 2 — двойная нормальная; 3 — реверсная; 4 — атермическая; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ — длины волн монохроматического света, которым освещают композит.



Длина волны селективного отражения сильно зависит от температуры. Поэтому при освещении белым светом цвет термооптического композита при изменении температуры будет меняться. Если же композит освещать монохроматическим светом, с изменением температуры будет меняться интенсивность отраженного света.

ТЕРМООПТИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ

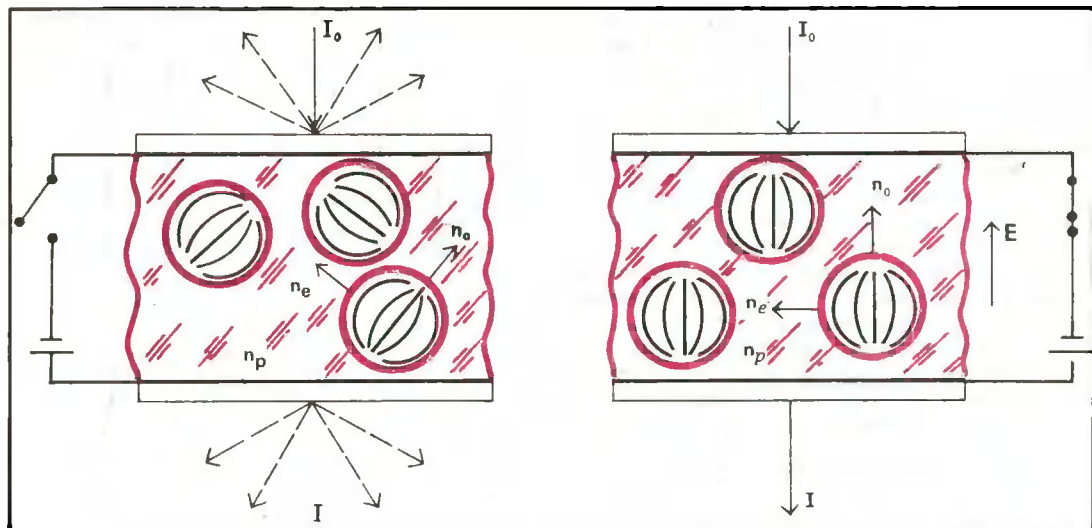
В большинстве это композиты с холестериками, которые меняют свой цвет при нагреве. Однако иногда используют и другие жидкокристаллические нематики и смектики. Композиты с ними меняют свою прозрачность при определенной температуре, когда происходит переход в изотропную фазу.

Мы уже упоминали, что термооптические композиты известны давно и применяются в различных областях техники как двумерные тепловые приемники. В основе лежит эффект селективного рассеяния света: когда белый свет падает на спиральную структуру, она действует как дифракционная решетка, отражая в первом максимуме⁴ свет с длиной волны $\lambda_0 = 2\bar{n}d \sin \theta$ (d — период решетки, равный $p/2$, где p — шаг спирали, $\bar{n}$ — средний показатель преломления холестерика, θ — угол между падающим лучом и плоскостью холестерика). При нормальном падении $\theta = 90^\circ$ и $\lambda_0 = \bar{n}p$. В большинстве холестериков шаг спирали равен примерно 200—400 нм, поэтому λ_0 лежит в видимой области спектра.

По причинам, о которых мы уже упоминали, селективное отражение композита практически такое же, как и однородного холестерика. Разница состоит в некотором снижении интенсивности отраженного света и в уширении спектральной кривой. Но подобные оптические потери с лихвой компенсируются технологическими удобствами композитов, особенно возможностью делать на их основе тонкие пленки, которые к тому же чернят с одной стороны для лучшего поглощения теплового излучения и улучшения цветового контраста.

Наши разработки композитов с холестериками начались с простейшего применения — термометрии, от индикатора «Болел—здоров», прикладываемого ко лбу пациента, до двумерных контактных тепловизоров, позволяющих обнаруживать опухоли, очаги туберкулеза, тромбы, воспалительные процессы (причем последняя термодиагностика развивается наиболее успешно, благодаря пионерским работам В. Р. Иванова (Медицинский стоматологический институт, Москва), М. В. Курика (Киевский университет) и С. И. Пархоменко. На основе термооптических композитов созданы портативные тепловизоры, способные во многих случаях заменить рентген и ультразвук. Так, после аварии на Чернобыльской АЭС в зоне повышенной радиации Минздрав Украины запре-

⁴Особенность электрической структуры холестериков приводит к подавлению интенсивностей других максимумов.



Схема, иллюстрирующая электрооптический эффект в композитах с нематиком. Показан слой композита между двумя прозрачными электродами (стекло со слоем окиси индия и олова). В отсутствии поля (слева) ориентация капсул с нематиком хаотична, на их границах большой градиент показателя преломления — причина сильного рассеяния света интенсивности I_0 . При приложении электрического поля (справа) молекулы ориентируются вдоль него, градиенты показателей преломления исчезают и композит становится прозрачным (n_p — показатель преломления полимера, n_o и n_e — обыкновенный и необыкновенный показатели преломления нематика).

тил использовать рентген и рекомендовал проводить обследование больных с помощью жидкокристаллических композитов.

Кроме медицинской термометрии жидкокристаллические композиты используются и в промышленной термометрии, представляющей собой один из методов неразрушающего контроля. Простейший пример — контроль качества отливок. Композит в виде тонкой пленки приклеивают к образцу и нагревают его с одного конца. О наличии пустот судят по искажению бегущей по пленке цветной полосы, которая указывает распространение градиента температуры.

Не менее важны эти композиты в аэродинамических экспериментах, где главной проблемой является изменение температуры в разных точках моделей, обдуваемых в аэродинамических трубах. Однако композит в виде пленки не годится, так как модели имеют очень сложную форму. В Институте теоретической и прикладной механики придумали покрывать модели еще не отвердевшим композитом, который, высыхая, создает равномерное, хорошо прилегающее к поверхности покрытие.

О применении жидкокристаллических композитов с холестериками для регистрации модовой структуры и плотности мощности ИК-лазерного и СВЧ-излучений хорошо известно. Здесь большой вклад внес Институт оптико-физических измерений. В этой области преимущество композитов состоит в возможности изготовить из них термофотопленку (а именно так следует называть применяемую для фотографирования тепла пленку) очень больших размеров. Экраны для регистрации СВЧ-полей размером $1 \times 1 \text{ м}^2$ разработаны в этом институте еще в 70-е годы.

Мы уже упоминали, что одно из преимуществ жидких кристаллов — обратимость всех (или почти всех) физических эффектов. Это позволяет использовать уникальные свойства этих веществ многократно, но информацию, которую кодируют эти свойства, приходится как-то записывать. Если речь идет о термооптических композитах, то это делается, например, путем фотографирования. Более современный способ записи — считывание информации о температуре с помощью видикона с последующей электронной обработкой.

Сказанное не означает, что нет термооптических композитов с памятью. Они разработаны сравнительно недавно в Институте органических полупродуктов и красителей — это композиты с моноотропными холестериками (обладающими холестерической фазой лишь при охлаждении). Они изменяют цвет при переходе в эту фазу и сохраняют его, даже если их охлаждают до комнатной температуры.

Такой композит с моноотропным холе-

стериком одного состава будет термометром на одну температуру. Вроде бы это недостаток, но оказывается, что такие термометры тоже нужны. Например, чтобы знать, размораживался ли скоропортящийся продукт или нет.

Аналогичные термометры на одну температуру, но без памяти изготавливаются из композитов с нематиками и смектиками. Они могут служить, например, датчиками потока излучения определенной мощности. Такие датчики разработаны в Институте оптико-физических измерений.

И все же, хотя термооптические композиты и играют заметную роль в современной технике, сейчас их отодвигают на второй план электрооптические композиты.

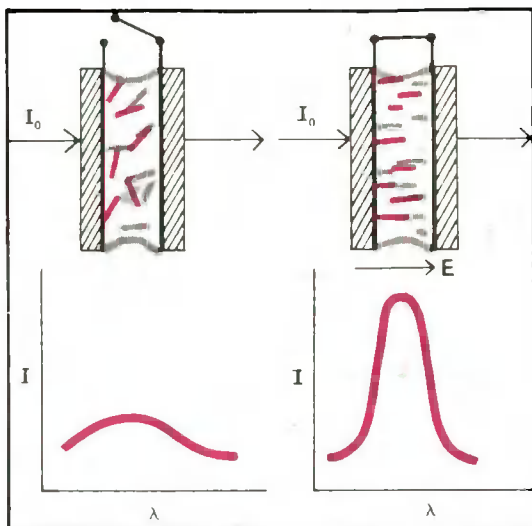
ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ

В них рабочим элементом является нематик или другой жидкий кристалл, способный менять показатель преломления под действием электрического поля.

Возьмем композит с нематиком с положительной диэлектрической анизотропией ($\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp} > 0$, где $\epsilon_{\parallel}$ и $\epsilon_{\perp}$ — диэлектрические проницаемости вдоль и перпендикулярно направлению упорядочения). Основное условие его работы — равенство показателей преломления полимера n_p и обыкновенного показателя преломления нематика n_0 , т. е. $n_p = n_0$.

В исходном состоянии (без электрического поля) нематик обладает биполярной или радиальной структурой. В первом случае в каждой капсуле ось, соединяющая «буджумы», ориентирована произвольно по отношению к волновому вектору падающего света, и потому для большинства капсул соотношение $n_0 = n_p$ не выполняется. Следовательно, на границах капсул имеют место градиенты показателя преломления. То же самое происходит и с радиальной структурой. Из-за этих градиентов свет, проходящий через композит, сильно рассеивается и кажется молочно-белым. (Сразу отметим, что речь идет о новом физическом эффекте для жидких кристаллов, который не наблюдается в однородных образцах.)

При приложении электрического поля происходит перестройка структуры нематика: если исходной структурой был «еж», образуется осесимметрическая структура; если же были «буджумы», их ось симметрии ориентируется по полю. В обоих случаях оптические оси нематика в капсулах выстраиваются вдоль поля. А так как $n_0 = n_p$, перпендикулярно направлению волнового вектора падающего света градиенты показате-



Схема, иллюстрирующая электрооптический эффект в композитах с дихроичным красителем. В исходном состоянии (слева) молекулы красителя (показаны цветными черточками) не упорядочены и спектр их поглощения (внизу слева) обладает большой шириной и малой интенсивностью I . При приложении электрического поля (справа) молекулы красителя (вместе с молекулами нематика) ориентируются по полю, спектральная кривая (внизу справа) сужается, а ее интенсивность I сильно возрастает; I_0 — интенсивность падающего света.

телей преломления исчезают. Исчезает и рассеяние, а значит, композит становится прозрачным.

Именно поэтому композиты с нематиками оказались хорошими электрооптическими материалами, способными конкурировать с однородными образцами жидких кристаллов. У них тоже есть два устойчивых состояния — прозрачное и непрозрачное, но при отсутствии поляризаторов, что дает большое преимущество при практическом применении.

Правда, управляющие напряжения у композитов выше, чем у однородных образцов, и зависят от типа исходной структуры нематика. Для структуры «еж» они должны быть больше, чем для «буджумов», что и подтвердили эксперименты. При одном диаметре капсул (например, 0,2 мкм) критическое напряжение просветления для радиальной структуры составило $5 \cdot 10^6$ В/м, а для биполярной — $7 \cdot 10^5$ В/м. При толщине образцов композитов 50 мкм просветление для «ежа» начинается с 2,5 В, а для «буджума» — при 35 В.

Однако времена просветления и затемнения для композитов гораздо меньше, чем

для однородных образцов, и зависят от эллиптичности капсул: чем больше эллиптичность, тем меньше эти времена. Их типичные значения — единицы миллисекунд, что значительно меньше, чем для однородных образцов жидких кристаллов. Поэтому для электрооптических применений композиты при изготовлении деформируют, чтобы получить эллиптические капсулы. Делают это, например, сдвигом одного прозрачного электрода относительно другого, пока композит еще не затвердел.

Интересны композиты, в нематик которых введен краситель. Если он не дихроичный, окраска образца, интенсивная в непрозрачном состоянии из-за большего оптического пути света через краситель, тускнеет в прозрачном состоянии. Если же краситель дихроичный⁵, при приложении поля меняется цвет образца.

Еще один интересный эффект найден в композите, в котором к нематике добавлен холестерик. Без электрического поля холестерик образует сильно рассеивающую не-

упорядоченную структуру, обладающую слабым селективным отражением. При приложении поля она переходит в планарную, и поэтому интенсивность селективного отражения растет. Этот рост хоть и небольшой, но достаточен для обеспечения хорошего контраста. Так реализуются два устойчивых жидкокристаллических состояния — сильно рассеивающее (без поля) и окрашенное (в поле).

Благодаря подобным свойствам электрооптические композиты начинают широко применяться в технике, прежде всего в качестве аттенюаторов — устройств, регулирующих интенсивность проникающего света. Это затемняющиеся и просветляющиеся стекла в самолетах, машинах, домах.

Аттенюация используется и для создания простых модуляторов света, работающих на удвоенной частоте с низким управляющим напряжением. В комбинации с фото-

Фотография затемняющейся и просветляющейся двери (размером 90×270 см²), созданной американской компанией "Taliq corporation". Это тонкая пленка электрооптического композита между двумя стеклами с прозрачными электродами. Питание осуществляется от сети.



⁵Такие красители имеют два цвета в зависимости от того, как расположены их молекулы по отношению к молекулам жидкого кристалла.

проводником такие модуляторы действуют как оптически управляемые преобразователи с хорошим быстродействием. Атенюаторы на электрооптических компонентах применяются и в проекционных системах. В них пучок белого света разделяется дихроичными зеркалами на три компоненты — синюю, зеленую и красную. На пути цветных лучей стоят три аттенюатора из композитов, управляющих интенсивностью, после чего лучи сводятся в один и проецируются на экран. Преимущество таких систем — чистота света и низкие управляющие напряжения.

И, наконец, делаются попытки использовать жидкокристаллические композиты для создания устройств отображения информации. Уже работают огромные рекламные табло из электрооптических композитов с красителями; есть цифровые и буквенные индикаторы для различных приборов.

Итак, жидкокристаллические композиты — новый класс материалов, сочетающих

в себе оптические свойства жидких кристаллов и механические свойства полимеров, — далеко не исчерпал своих возможностей. По сути, их эра только начинается. Уже разворачиваются работы по получению композитов с использованием практически всех типов жидких кристаллов, что позволяет получить новые материалы с удивительными свойствами. Если говорить об уже известных физических эффектах, то прежде всего удалось в 10—100 раз понизить время выключения и включения электрооптических эффектов, повысить чувствительность в широком смысле (включая температуру, электрические и магнитные поля и, возможно, механические напряжения), расширить спектральный диапазон оптического отклика. Но можно надеяться, что получение композитов с новыми типами жидких кристаллов позволит реализовать совершенно новые эффекты, о которых мы пока даже не догадываемся.

НОВОСТИ НАУКИ

Организация науки. Физика

Административно - финансовые новости из ЦЕРНа

Политические изменения в Европе и последовавшие за ними экономические трудности характерны не только для российской науки. Не обошли они стороной и ряд известнейших западных научных центров. При обсуждении бюджета ЦЕРН на 1993 г. его руководство уменьшило размер взносов ФРГ в бюджет ЦЕРНа примерно на 10 %. Это было сделано по просьбе представителей этой страны ввиду экономических проблем, связанных с объединением двух германских государств.

Возможно, в силу этих причин утвержденный бюджет организации на 1993 г. уменьшен на 15 млн. швейц. фр. В целом он составит 95167 млн. Для сравнения, бюджет 1992 г. — 9479 млн. (в ценах 1992 г.).

Положение в экономике ряда стран-членов этой организации побудили Совет ЦЕРНа не полностью учитывать прогнозируемое изменение уровня цен. Например, заработная плата будет индексироваться на уровне 2,4 %, материальные расходы будут иметь индекс 1,6 %, и лишь взносы в пенсионный фонд будут полностью учитывать повышение стоимости жизни (3,6 %).

Произошли также серьезные административные изменения — единогласно избран новый генеральный директор ЦЕРНа. Следующие пять лет

(начиная с января 1994 г.) место Карло Руббиа (нынешнего генерального директора) будет занимать профессор Оксфордского университета (Великобритания) К. Ллевеллин Смит (Christopher Llewellyn Smith). Его научная деятельность давно и тесно связана с ЦЕРНом, где он впервые появился в 1968 г. в качестве стипендиата.

Несмотря на внутренние неурядицы, российская наука, как и прежде, пользуется авторитетом в мировом научном сообществе. Свидетельство тому — избрание в Комитет по научной политике ЦЕРНа заместителя директора Института теоретической и экспериментальной физики М. В. Данилова.

Press-Release CERN. 1992. 15, 18 December (Швейцария).

ПО СЛЕДАМ РАЧИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Сильнейшее за всю историю сейсмологических наблюдений на Кавказе Рачинское землетрясение произошло 29 апреля 1991 г. В захваченной землетрясением области сейсмические удары такой энергии (магнитуда ~7) ранее вообще не прогнозировались, т. е. это землетрясение в очередной раз пополнило список ошибок существующей карты общего сейсмического районирования (ОСР-78).

Правда, после Спитакской катастрофы 1988 г. была составлена временная карта сейсмической угрозы для Кавказа, в создании которой участвовали специалисты нашего института и ряда геологических и сейсмологических институтов и служб Закавказья. На этой карте весь Южный склон Большого Кавказа вошел в девятибалльную зону сейсмических сотрясений. Тогда же в районе будущего землетрясения, в грузинской провинции Рача и Южной Осетии, была выделена зона долгосрочной сейсмической тревоги. Но механизм конкретных административных действий при получении научного прогноза сильного землетрясения для какой-то местности пока еще не отработан, что не позволило властям подготовиться к предсказанной катастрофе.

Таким образом, общество пока не в состоянии использовать на практике научные наработки (пусть даже не очень совершенные) в области прогноза землетрясений. Таков первый урок Рачинского землетрясения.

После этого землетрясения стало также ясно, что Кавказ вступил в период активизации сейсмических процессов. Почти 90 лет (со времени Шемахинского землетрясения 1902 г.) здесь не случалось столь сильных толчков, а тут — сразу два за три года. Если же учесть множество более слабых афтершоков, следовавших за Спитакским и Рачинским землетрясениями, а также сильное сейсмическое событие 1992 г., разразившееся в 100 км к северо-востоку от Тбилиси, то можно не сомневаться, что процесс сейсмического возбуждения земных недр начался и что он постепенно распространяется по территории Кавказского региона.

Основываясь на анализе сейсмического режима региона, некоторые сейсмологи делают вывод, что сильные землетрясения возможны здесь уже в недалеком будущем. Однако в связи с развалом СССР и общей политической нестабильностью распалась единая сеть региональных сейсмостанций, что не позволяет следить за сейсмическим режимом Кавказа в целом. Поэтому вряд ли удастся вовремя выявить место следующего сейсмического толчка. Таков второй урок Рачинского землетрясения.

Несколько лет назад два известных американских ученых Р. С. Стейн и Р. С. Йетс указали на опасность «слепых» землетрясений, очаги которых связаны с подвижками геологических структур, не выходящих на земную поверхность. Рачинское оказалось именно таким «скрытым» землетрясением. Об этом свидетельствуют результаты многочисленных полевых работ, а также геологических и сейсмологических наблюдений российских, грузинских, французских, английских и американских специалистов в эпицентральной зоне.

Применявшиеся здесь самые современные приборы и методы исследований, не говоря уже о бесконечной веренице пеших маршрутов, не помогли найти крупный разлом (трещину в земной коре), который бы в своем движении породил Рачинский очаг. Зато такую структуру удалось обнаружить под землей — на глубине 5—10 км. Видимо, здесь произошел мощный срыв верхних горизонтов земной коры по пологой плоскости, погружающейся на север, под главный Кавказский хребет.

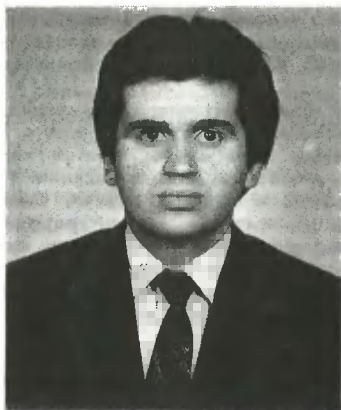
Ранее «слепые» землетрясения на Кавказе не были известны. Хотя похожие геологические условия встречаются здесь и в других местах. Следовательно, необходимо научиться распознавать подобные участки, где могут быть скрыты сейсмические очаги. Таков третий урок Рачинского землетрясения.

Статьи, вошедшие в эту подборку, основаны на материалах, которые были получены во время полевых работ в эпицентральной зоне землетрясения весной и летом 1991 г. К сожалению, дальнейшее изучение района Рачинского землетрясения оказалось невозможным из-за политической ситуации в регионе. Статья Е. А. Рогожина и Б. М. Богачкина характеризует тектоническую позицию и геологические проявления очага, статья Р. Э. Татевосяна посвящена описанию сейсмологических параметров и проявлений главного толчка, а в статье Б. А. Борисова обсуждается вопрос о вероятном положении плоскости разрыва в очаге землетрясения. В целом эти статьи дают представление о Рачинском землетрясении, позволяют понять природу протекавших в его очаге физических процессов.

Директор Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН
академик В. Н. Страхов

Полевые сейсмогеологические наблюдения¹

Р. Э. Татевосян



Рубен Эдуардович Татевосян, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории сильных землетрясений Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. Специалист в области сейсмического режима, участник эпицентральных экспедиций по изучению землетрясений в Газли (1984 г.), Спитаке (1988 г.), Раче (1991 г.).

ДЛЯ детального исследования Рачинского землетрясения была организована Международная эпицентральная экспедиция, в состав которой вошли сейсмологи и сейсмогеологи России, Франции, Великобритании, США, Швейцарии и Грузии.

©Татевосян Р. Э. Полевые сейсмогеологические наблюдения.

¹Эта публикация основана на материалах Международной эпицентральной экспедиции, в состав которой входили С. С. Арефьев, К. Г. Плетнев, Р. Э. Татевосян, Б. А. Борисов, Ж. Я. Аптекман, Л. Л. Делицын, А. А. Романов, Б. В. Ошер, И. Е. Парини, Т. В. Афишьян, Н. Е. Шилова, Л. С. Шумилина (Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва); Э. Джавахишвили (Институт геофизики, Тбилиси, Грузия); А. Систернас, А. Эслер, Л. Ривера, Л. Дорбат, Дж. Кинг, А. Фузсалида (Институт физики земного шара, Страсбург, Франция); Т. Оуэн (Лаборатория им. Булларда, Кембридж, Великобритания); Ч. Лангер (Геологическая служба США, Денвер, США); Д. Майер-Роза, П. Смит (Институт геофизики, Цюрих, Швейцария).

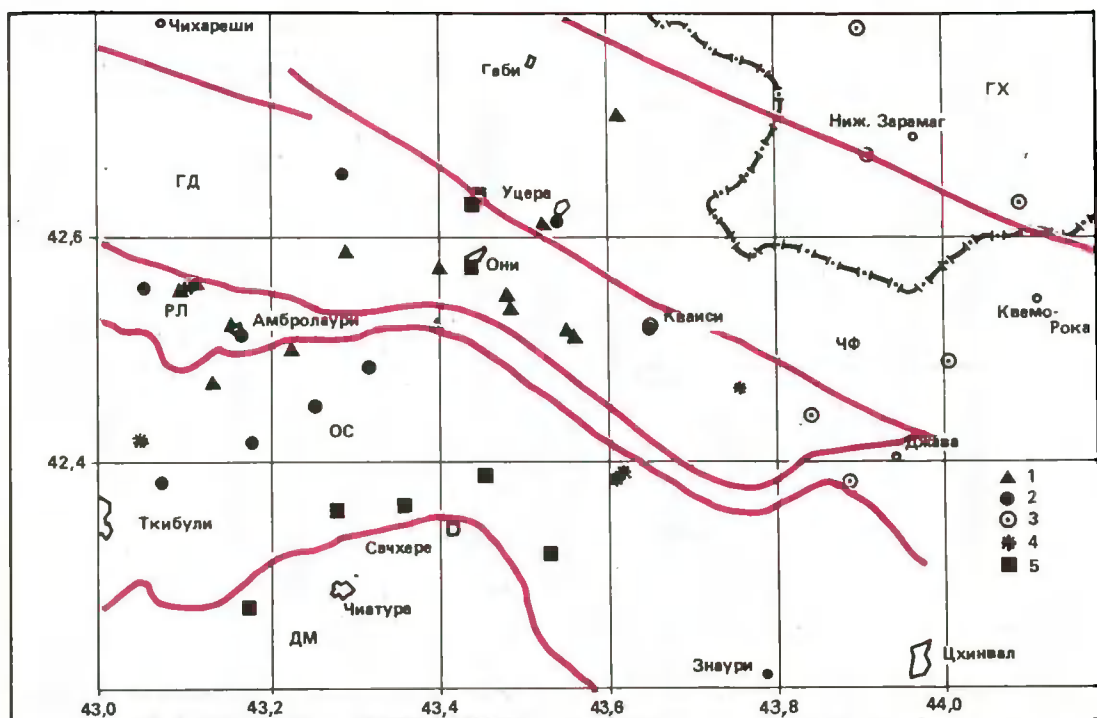
Передовой отряд экспедиции прибыл в эпицентральную зону 2 мая 1991 г. и сразу развернул сеть цифровых акселерографов и одну полевую сеймостанцию. Получаемые данные оперативно обрабатывались и интерпретировались прямо на месте, что позволило к моменту прибытия иностранных участников экспедиции с их аппаратурой составить первое представление о геометрии очаговой зоны и разумно разместить станции.

Система наблюдений состояла из нескольких независимых подсистем: сети цифровых акселерографов SMACH, телеметрической сети, включающей восемь автономных станций и одну трехкомпонентную центральную станцию, сети аналоговых регистров MEQ сети цифровых велосиграфов DSR, сети цифровых велосиграфов GEOSTPAS и сети приборов PASSCAL. Общее число станций в эпицентральной зоне достигало нескольких десятков.

Цифровые акселерографы служили для получения записей ускорений сильных движений грунта от афтершоков. Остальные станции были нужны для определения времени прихода сейсмических волн и знака их первого вступления. По времени прихода можно было узнать о координатах гипоцентров землетрясений, а по знаку первого вступления — о механизме очагов афтершоков, излучавших сейсмические волны.

ЧЕМ ВЫЗВАН ИНТЕРЕС К ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЮ В РАЧЕ?

Известно, что сейсмическая опасность любого региона определяется наиболее сильными землетрясениями. Исследование лишь текущей слабой сейсмичности и экстраполяция обнаруженных закономерностей в область сильных событий, к сожалению, не дает надежных решений. Как показывает опыт, в частности печально известное Спитакское землетрясение 1988 г., самые сильные для данного места сейсмические события могут иметь чрезвычайно большой период повторяемости — более длитель-



Система полевых наблюдений в эпицентральной зоне Рачинского землетрясения. Сплошными линиями показаны границы тектонических зон. Буквами обозначены основные геологические элементы: ГХ — антиклинорий Главного хребта, ЧФ — Чнатурский флишевый сиклинирий, ГД — Гагро-Джавская зона, РЛ — Рача-Лечхумская шовная зона, ОС — Окрибо-Сачкарская зона, ДМ — Дзирульский срединный массив. Цифрами обозначены сейсмологические станции: 1 — аналоговые регистры MEQ, 2 — телеметрические станции, 3 — сеть приборов PASSCAL, 4 — велосиграфы DSR, 5 — велосиграфы GEOSTRAS.

ный, чем включают существующие каталоги, в том числе исторические. Поэтому при сейсмическом районировании столь важны сеймотектонические аналогии между исследуемой территорией и местами, где известны сильные землетрясения.

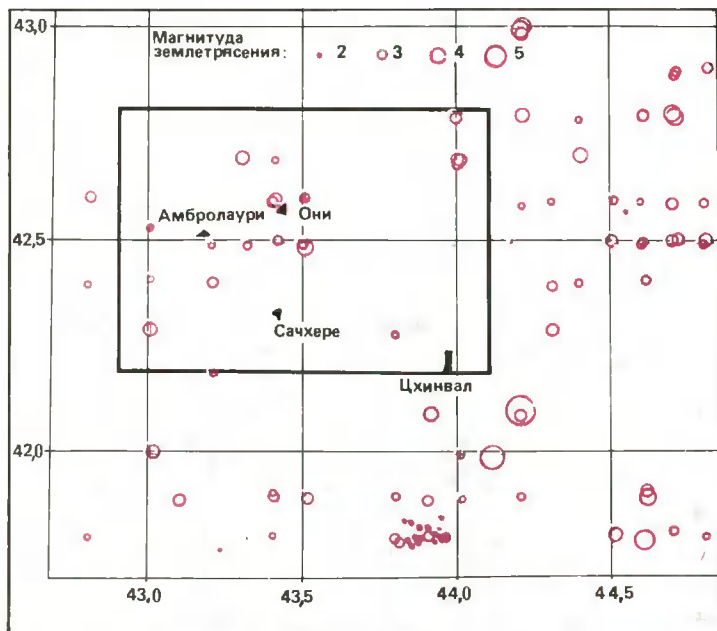
Чтобы подобные аналогии были достаточно аккуратны и надежны, необходима детальная информация о происшедших сильных землетрясениях. При существующей конфигурации стационарных сейсмометрических сетей такие данные недоступны. Единственная возможность исследовать очаг землетрясения как некий протяженный объект, имеющий определенную структуру и находящийся в конкретной геологической среде, — это эпицентральные наблюдения.

Ограниченные возможности стационарных сейсмометрических сетей опреде-

ляются не только низкой точностью измерений, связанной с удаленностью от объекта исследований, но и более глубокими, принципиальными причинами. Так, в сейсмологии «больших расстояний» очаг землетрясения обычно трактуется как безразмерный точечный объект, что является сильным упрощением. Это ограничение вполне преодолимо при детальном исследовании в ближней зоне.

И, наконец, еще одно обстоятельство, свидетельствующее о важности эпицентральных наблюдений, — это возможность получить записки сильных движений грунта вблизи очага землетрясения. На этих записках основаны все инженерные расчеты сейсмических воздействий на здания и сооружения, необходимые при антисейсмическом проектировании. В нашей стране максимальное ускорение движения грунта было зафиксировано эпицентральной экспедицией Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН в районе г. Газли в 1976 г.

Среди сейсмологов мира растет понимание особого места эпицентральных наблюдений как активной экспериментальной базы при изучении землетрясений. В ведущих мировых сейсмологических центрах появляются все новые и новые группы исследователей. Становится очевидным, что лучше исследовать сильные землетрясения там,



Карта эпицентров сильных землетрясений, происшедших с древнейших времен и до 1990 г. вблизи места, где 29 апреля 1991 г. разразилось Рачинское землетрясение.

где они возникают, чем ждать, когда они произойдут на территории своей страны. Вместе с тем эпицентральная экспедиция — довольно дорогое мероприятие. Все это ведет к активизации международного сотрудничества: совместные экспедиции в эпицентральные области сильных землетрясений уже не редкость.

В случае землетрясения 29 апреля 1991 г. в Раче было несколько обстоятельств, сделавших этот объект безусловно интересным для многих сейсмологов мира. Во-первых, это сильнейшее (по своей магнитуде) документированное землетрясение на Кавказе. Во-вторых, оно произошло в месте, которое ранее не относили к особо опасным: на все еще официально действующей карте общего сейсмического районирования (ОСР-78) очаговые зоны здесь вообще не выделены. В-третьих, этот район примечателен своей тектоникой². По сути, Рачинское землетрясение — редкий пример события такой большой магнитуды, связанного с покровной тектоникой.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ РАЙОНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

До недавнего времени было принято считать, что очаговая область Рачинского землетрясения расположена в районе с от-

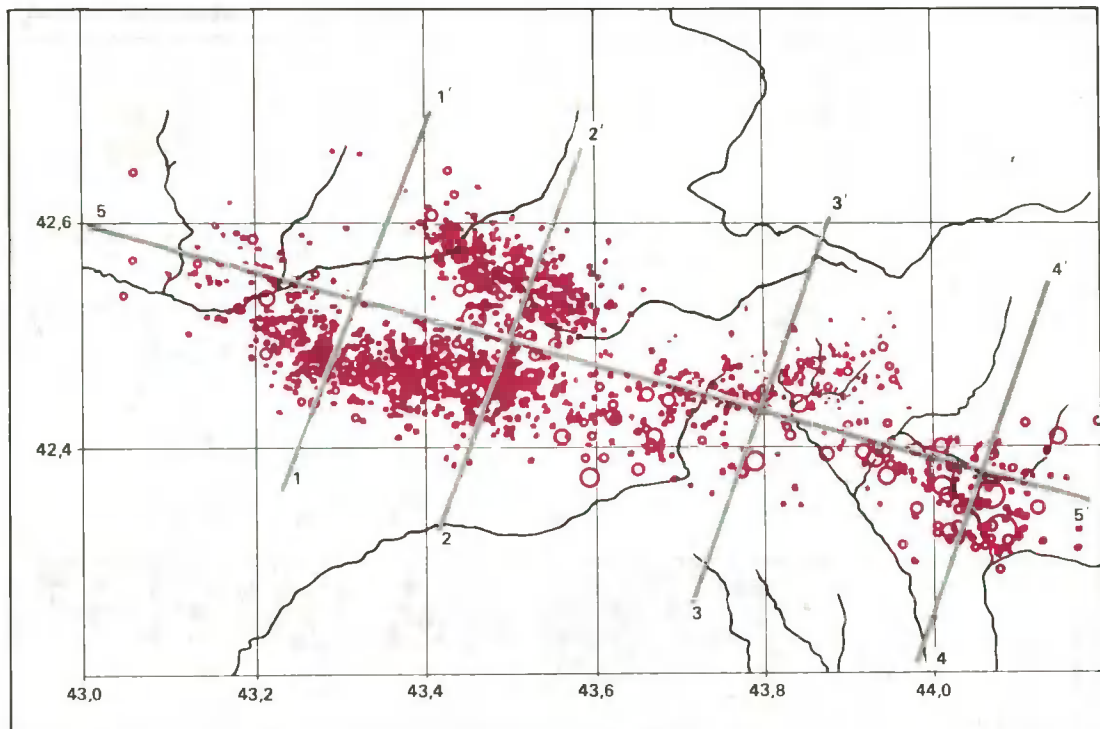
носительно невысокой сейсмичностью. Судя по карте эпицентров землетрясений с древнейших времен до 1990 г., в районе очага аналогичных по силе землетрясений в прошлом не отмечалось. Известно лишь несколько событий с магнитудой, близкой к 6,0, которые произошли к югу и юго-востоку от указанного района.

Анализ вариаций сейсмичности при подготовке Рачинского землетрясения показал, что период с начала 1962 г. до середины 1981 г. характеризуется довольно высокой сейсмической активностью на расстоянии 35—50 км от эпицентра Рачинского землетрясения. Лишь изредка эта активность нарушалась непродолжительными затишьями. Последняя перед землетрясением зона сейсмического затишья сформировалась здесь в конце 1981 г. и длилась до середины 1987 г. Радиус этой зоны составил в среднем около 25—30 км.

С середины 1987 г. сейсмичность региона активизировалась. Это, по-видимому, связано с предвестниковой роевой активностью.

Таким образом, ситуация с предшествующей активностью достаточно типична. Если до Рачинского землетрясения 1991 г. окрестности его очага вроде бы ничем не отличались от соседних территорий, то после землетрясения специальные методы анализа сейсмичности позволяют увидеть некоторые «предвестниковые» признаки.

²Подробнее см. в этом номере статью Е. А. Рогожина, Б. М. Богачкина.



Карта эпицентров наиболее точно определенных афтершоков с $M \geq 8,5$. Хорошо различимы четыре кластера, которые, по-видимому, соответствуют четырем сильнейшим толчкам в зоне Рачинского землетрясения, включая и основной толчок.

ГЛАВНЫЙ ТОЛЧОК

Сейсмологические агентства ряда стран, базировавшись на разных системах наблюдений, дали разные положения эпицентра основного толчка землетрясения. Согласно первому сообщению из центра Единой сети сейсмических наблюдений (ЕССН) СССР, очаг землетрясения 29 апреля 1991 г. имел следующие параметры: координаты — $42,36^\circ$ с. ш., $43,56^\circ$ в. д.; магнитуда — 7,1. Это оперативное определение координат проводилось по неполной конфигурации сети, поскольку не все станции смогли быстро определить и передать моменты вступления сейсмических волн.

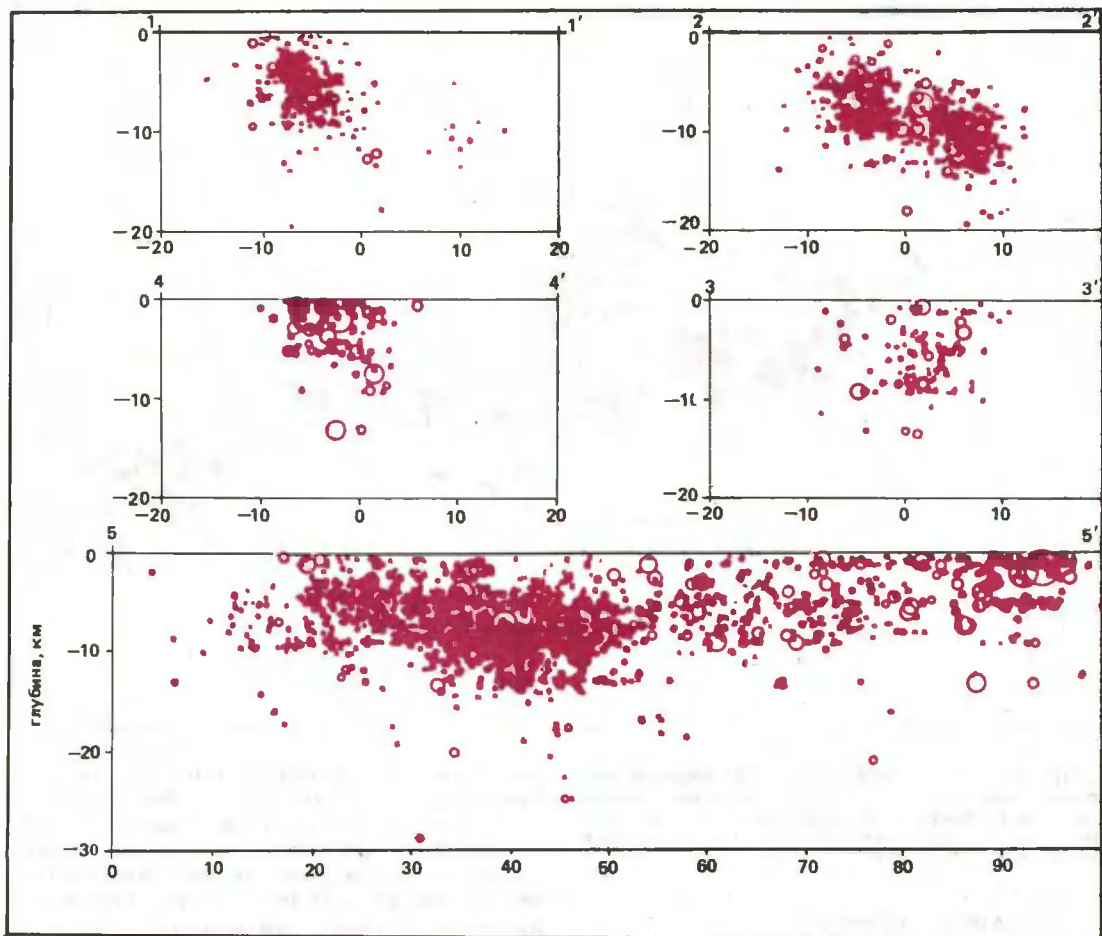
В дальнейшем параметры очага уточнялись. Наряду с оперативными донесениями были учтены данные недостающих станций ЕССН, а также региональных станций Кавказа. Их отклонение от координат, сообщенных NEIC — Национальным центром информации о землетрясениях США, составило около 6 км. После уточнения NEIC дал

магнитуду по поверхностным волнам 7,0. Ее-то мы и приняли за окончательную.

Другой важной характеристикой очага является его механизм, т. е. ориентация в пространстве тех двух плоскостей, по одной из которых могло произойти движение в очаге землетрясения, вызвавшее излучение сейсмических волн. Надежно определенный механизм позволяет выделить тектоническую структуру, с которой связан очаг. Кроме того, он дает представление о тектонических напряжениях в регионе³.

Для определения механизма очага землетрясения нами использовались два подхода: по знакам первых вступлений продольных волн, а также по инверсии широкополосных записей объемных волн по методу Дж. Набелека⁴. Знаки первых вступлений продольных волн были взяты из Сейсмологического бюллетеня (Обнинск) и бюллетеня EDR. Интересно, что на многих сейсмограммах вступления отмечаются как слабые. Возможно, это связано с предваряю-

³Подробнее об определении механизма очага землетрясения по знакам первых вступлений продольных волн см. в этом номере статью Б. А. Борисова.
⁴Nabelek J. Determination of earthquake source parameters from inversion of body waves / Ed. Ph. D. Thesis. M. I. T., Cambridge, Mass., 1984.



Глубинные разрезы, проложенные через зону Рачинского землетрясения. На разрез 5—5' спроецированы все сейсмические события, на остальные разрезы — события из ближайшей пятикилометровой полосы соответствующего профиля.

щим основной толчок и практически слившимся с ним форшоком.

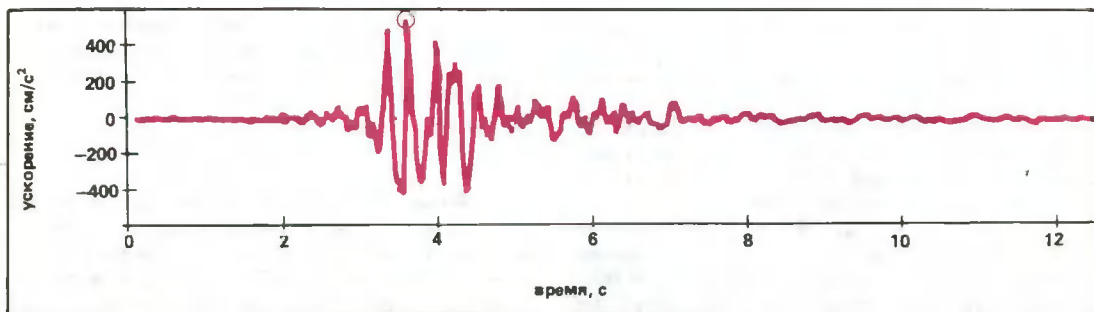
Механизм очага определяется по программе, основанной на поиске решения методом максимального правдоподобия. Варианты расчета содержали разное число знаков: вначале использовались все знаки, затем — только «уверенные» знаки и, наконец, знаки со станций, расположенных на эпицентральных расстояниях от 2 до 70°. В последнем случае удалось избежать больших ошибок при определении углов выхода сейсмических лучей для ближних станций и исключить неуверенные знаки на дальних станциях.

При самых разных вариантах расчета устойчивым оказалось решение, соответ-

ствующее взбросу. Возможная плоскость разрыва, образовавшегося при землетрясении, имеет простирание 264° , падает на север и наклонена к горизонту под углом 32° . Вектор подвижки образует с линией простирания угол 86° . Это решение хорошо согласуется с результатами, полученными по продольным волнам, которые были опубликованы в EDR. Сопоставление с решениями по методам центроида тензора момента и тензора момента также показывает хорошее согласие.

Такое согласие механизмов, полученных разными методами, крайне важно. Особенно в том случае, если из-за неудачного расположения станций относительно очага формально оцениваемое качество решения по отдельным методам невысокое. Это довольно обычно для сейсмологической практики.

Стоит обратить внимание еще на одну интересную деталь. Координаты эпицентра,



Запись ускорения движения грунта в пос. Амбrolаури от афтершока 3 мая 1993 г. Максимальное ускорение (обозначено к р у ж к о м) составило около 0,5 g.

определенные по методу центроида, указывают на смещение источника сейсмических волн к западу по сравнению с эпицентром, определенным по временам прихода волн. Это позволяет предположить, что процесс в очаге распространялся к западу от места начала испаривания.

Чтобы ограничить число возможных вариантов при построении модели очага главного толчка землетрясения, мы привлекли данные о пространственном распределении афтершоков. Была применена процедура и программа, описанная в работах Дж. Набелека, Р. Маккэфри и Г. Аберса⁵. Результат инверсии сейсмограмм для точечного источника показывает, что в целом землетрясение имело взбросовый механизм. Глубина источника 7 км, длительность процесса 18 с, сейсмический момент $M_0 = 23,7 \times 10^{18}$ нм.

Хотя теоретические сейсмограммы SH-волн⁶, построенные для источника с приведенными выше параметрами, достаточно хорошо совпали с наблюдениями, мы столкнулись с трудностями при моделировании более поздней части записи продольных волн. Чтобы с ними справиться, мы ввели второй субисточник, находящийся на расстоянии 16,9 км в азимуте 297° , и при этом получили лучшее соответствие теоретических сейсмограмм наблюдениям на всем интервале записи продольных волн.

Таким образом, можно предположить, что первый толчок предваралялся форшоком (это следует и из сложного характера начальной части сигналов). Однако он произошел столь близко, что наша процедура не в состоянии его выделить.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ АФТЕРШОКОВ

Для получения каталога афтершоков Рачинского землетрясения нами использовались как данные различных систем наблюдения в эпицентральной зоне, так и бюллетени региональной сейсмической сети.

Афтершоковая последовательность Рачинского землетрясения оказалась необычно интенсивной. В частности, было три очень сильных афтершока с магнитудой $M \geq 6$. Два из них произошли в первый же день после главного толчка, а третий — спустя полтора месяца.

Период, наиболее полно обеспеченный эпицентрными наблюдениями, вполне естественно разбивается на три интервала: достаточно активные афтершоки после главного толчка, относительное затишье перед сильным толчком 15 июня, активизация после толчка 15 июня.

Если для анализа временных вариаций каких-либо параметров сейсмического режима всей очаговой зоны важно иметь каталог без пропусков событий (начиная с некоторого их класса), то для выявления геометрических особенностей зоны главное — точно определить координаты гипоцентров. На карте эпицентров для наиболее точно определенных афтершоков ($c K \geq 8,5$) хорошо различимы четыре кластера — скопления эпицентров, которые, по-видимому, соответствуют четырем сильнейшим толчкам в зоне Рачинского землетрясения, включая основной толчок и три сильнейших афтершока с $M \geq 6,0$. Видно также, что землетрясение 15 июня продлило на восток всю афтершоковую область примерно на 20 км и породило восточный кластер. Это служит дополнительным доказательством того, что и остальные кластеры возникли в результате сильнейших толчков.

По данным каталога и нашим предварительным данным, эпицентры сильнейших толчков располагаются в краевых частях соответствующих кластеров. Сказанное под-

⁵ Nabelek J. Ibid.; McCaffrey R., Abers G. SYN3: A program for inversion of teleseismic body wave forms on microcomputers. USAF Report, 1988.
⁶ SH-волны — поперечные сейсмические волны, лежащие в горизонтальной плоскости.

тверждается примером главного толчка — самый большой, юго-восточный кластер; здесь, судя по результатам инверсии сейсмограмм, разрыв распространяется на запад. Для других сильнейших толчков это всего лишь предположение, которое должно быть подтверждено или опровергнуто последующим детальным анализом.

На глубинных разрезах, пересекающих афтершоковую область в разных направлениях, видно, что очаг землетрясения был неглубоким: подавляющее большинство афтершоков не превышает по глубине 10 км. Кроме того, к северу облако афтершоков несколько глубже, чем к югу, что находится в хорошем соответствии с общим механизмом очага. (Напомним, что одна из возможных плоскостей разрыва в очаге падает полого на север.)

Для всех повторных толчков с магнитудой $M \geq 5,2$ мы определяли механизмы очагов по первым вступлениям продольных волн. Механизмы всех афтершоков оказались взбросового типа. В восточной группе афтершоков взбросы, по-видимому, проис-

ходили по плоскостям близширотного простирания, тогда как на западе очаговой зоны они, возможно, связаны с подвижками по секущим разломам.

Итак, Рачинское землетрясение оказалось сильнейшим из всех зарегистрированных на Кавказе, хотя в ближайших окрестностях его очага не отмечалось даже сколько-нибудь сопоставимых по энергии землетрясений. Основной толчок имел взбросовый механизм, и этот взброс произошел по весьма пологой плоскости (35°) северо-западного простирания (азимут 300°), наклоненной на северо-восток. Этот механизм хорошо согласуется с геологическими представлениями об одной из главных тенденций геологического развития Большого Кавказа — поддвиганием фундамента Грузинской глыбы под антиклинорий Главного хребта и флишевый антиклинорий, а также с аномально низкой для такой магнитуды балльностью.

Природа сейсмической активизации Кавказа

Е. А. Рогожин, Б. М. Богачкин

В ПОСЛЕДНИЕ годы Кавказ стал ареной разнообразных природных катастроф. Снежные лавины и несколько небывалых по силе землетрясений унесли тысячи человеческих жизней, вызвали огромные материальные потери в независимых государствах Закавказья и на прилегающих территориях Ирана и Турции. Если учесть затянувшуюся на годы политическую нестабильность в этом регионе — национальные конфликты в Южной Осетии и Нагорном Карабахе, драматические события в Азербайджане и Грузии, массы беженцев и человеческих жертв, то у многих наблюдателей и участников этих потрясений возникает вопрос: случайно ли все это совпало во времени и пространстве? Не вызваны ли катастрофические землетрясения искусственно

и нет ли какой-то связи между природными катаклизмами и смутным состоянием народных масс? Высказываются даже не вполне ясные предположения, что особое состояние «психической энергии» может приводить к накоплению и стремительной «разрядке» энергии земных недр.

Авторам этой статьи довелось участвовать в геологических работах по обследованию зон двух катастрофических землетрясений: Спитакского 1988 г. на севере Армении и Рачинского 1991 г. в северной части Грузии. Работая непосредственно в зоне бедствия, неоднократно приходилось слышать подобные мнения не только от обывателей, но и от руководителей разного ранга, представителей местной интеллигенции. Особенно часто выплывала тема о провоцировании землетрясений с помощью ядерных взрывов или каким-то иным «сверхсекретным» способом. И каждый раз приходилось объяснять, что наука пока, к счастью, не позволяет осуществить такую акцию. Более того, подземные

ядерные взрывы без труда распознаются мировой сейсмической сетью.

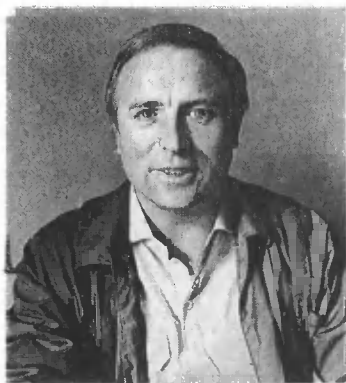
Но все же приходится согласиться, что нечто необычное с сейсмической активностью на Кавказе происходит. Началась активизация, по-видимому, 13 мая 1986 г., когда на Джавахетском нагорье, известном частыми слабыми землетрясениями, произошло сильное по кавказским меркам сейсмическое событие — Параванское (Ахалкалакское) землетрясение. Его магнитуда составила, по разным оценкам, 5,4—5,7, а интенсивность в эпицентре — 7—8 баллов. Подземные толчки повредили множество зданий и сооружений, полностью разрушили несколько жилых домов и сельскохозяйственных построек. При землетрясении погибли два человека.

7 декабря 1988 г. примерно в 50 км к юго-юго-востоку от Джавахетского нагорья произошло катастрофическое Спитакское землетрясение, унесшее десятки тысяч человеческих жизней, сильно разрушившее всю северную часть Армении. Землетрясение имело магнитуду 6,8—6,9 и балльность 9—10.

Спитакское землетрясение дало возможность получить очень важную информацию о сейсмической активности Кавказа. Дело в том, что при изучении его очага впервые на территории бывшего СССР была использована высокоточная записывающая сейсмологическая аппаратура, привезенная французскими и американскими специалистами. Она-то и позволила с минимальными погрешностями зафиксировать положение повторных толчков. При геологическом обследовании выяснилось, что сейсмический очаг вышел на поверхность в виде протяженной системы сейсмогенных разрывов. Сейсмограммы главного и повторных толчков, сейсмогеологические и другие исследования позволили понять природу очага и сделали Спитакское землетрясение одним из наиболее изученных сейсмических событий такого ранга.

Анализ всех этих материалов, которые, кстати, достаточно подробно были изложены в специальном номере «Природы» (1989, № 12), не позволяет усомниться в естественной природе Спитакского землетрясения. Оно было связано с разрядкой накопленных в земной коре напряжений по системе активизировавшихся в последнее время крупных разломов.

При подробном изучении одного из участков вышедшего на поверхность сейсмогенного разрыва выяснилось, что в древности здесь уже происходили землетрясения. Возможно, они были сильнее, чем Спитакское землетрясение 1988 г. Судя по возрасту по-

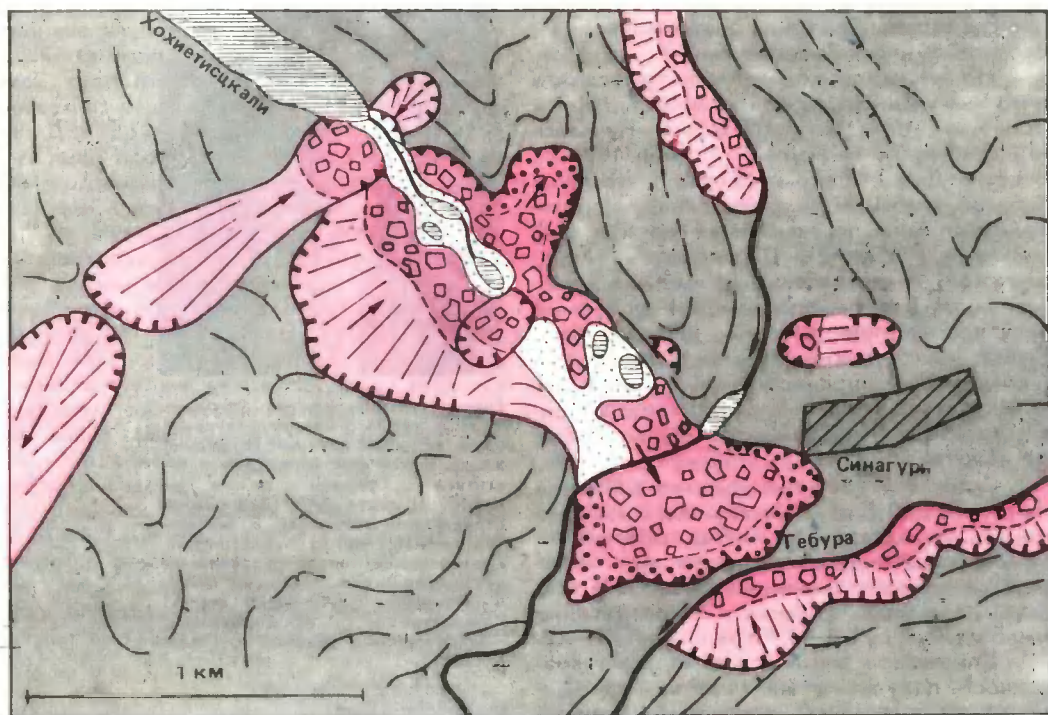


Евгений Александрович Рогожин, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сейсмотектоники Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. Занимается структурной геологией и сейсмотектоникой. Автор монографий: Палеозойская тектоника западной части Туранского хребта (М., 1977). В «Природе» опубликовал статью (совместно с Б. А. Борисовым) «Сейсмогенный разрыв» (1989, № 12).



Борис Михайлович Богачкин, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Область научных интересов — новейшая тектоника, сейсмотектоника, геоморфология. Автор монографии (совместно с Г. И. Рейснером): Стратиграфия и тектоника антропогена Центрального Предкавказья (М., 1989).

гребенных почв, определенному радиоуглеродным методом, два таких древних землетрясения произошли здесь около 25 и 17 тыс. лет назад. Они возникли в том же самом очаге и проявились на поверхности в виде смещений по той же системе активных разломов.



Возникшие в результате Рачинского землетрясения крупные обвалы и огромная грабекаменная лавина, которая уничтожила селение Хохети.

-  Условные изолинии рельефа
-  Селение Синагури
-  Озера, возникшие в результате завалов
- Структурные составляющие обвалов:
-  бровка отрыва
-  обнажившаяся стенка отрыва
-  перемещенные горные породы
-  фронтальная зона продвижения пород
-  направления перемещения
-  Русловые отложения, возникшие после обвала

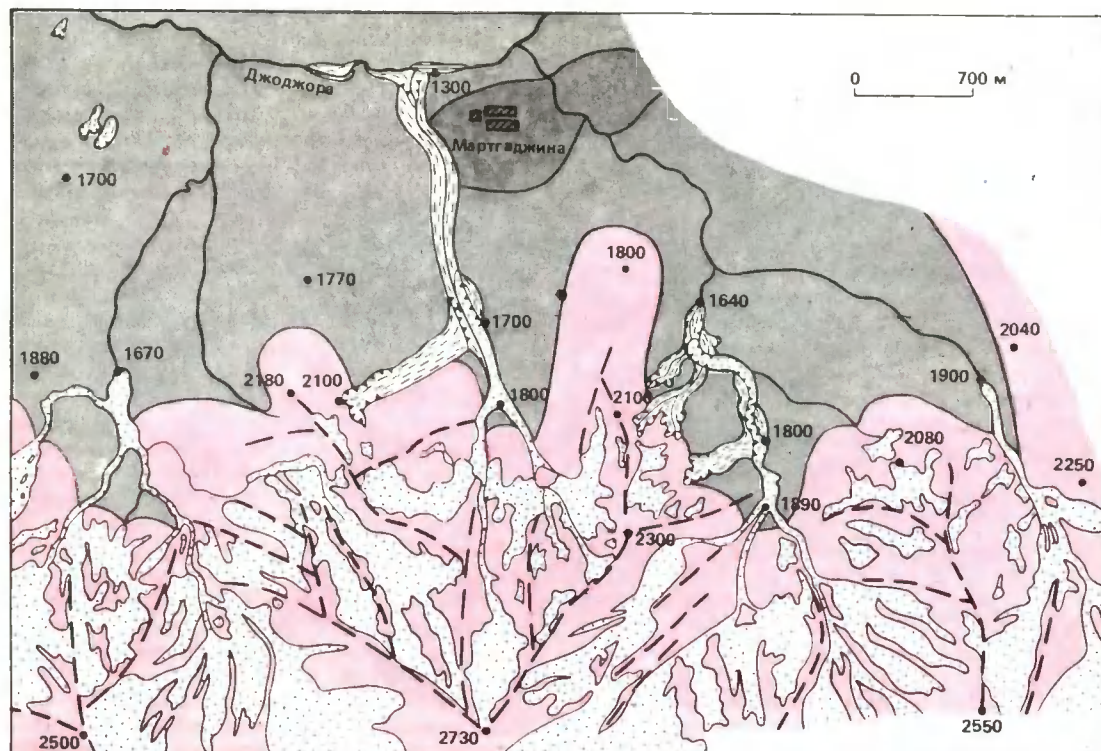
Рачинское землетрясение 1991 г. захватило Южный склон Большого Кавказа в районах Рачи (провинции на севере Грузии, в верхней и средней частях бассейна р. Риони) и Южной Осетии. Магнитуда главного толчка составила, по различным данным, 6,9—7,2,

глубина центра очага, опять-таки по разным определениям, — 6—14 км. Судя по оценкам сейсмологов, Рачинское землетрясение было сильнейшим на Кавказе за всю историю его сейсмичности¹.

Удивительно, что при большой магнитуде и малой глубине очага интенсивность этого землетрясения оказалась сравнительно низкой (8 баллов по шкале MSK-64). Это выразилось в значительно меньших разрушениях зданий и сооружений, чем можно было бы ожидать при такой магнитуде землетрясения. Правда, обманчивая «мягкость» главного толчка с лихвой восполнилась сотрясениями, вызванными сильными повторными ударами. Энергия этих афтершоков такова, что каждое из них стало заметным сейсмическим событием на Кавказе. При этих толчках, следовавших сразу же вслед за главным ударом — 29 апреля, а затем 3 мая и 15 июня, отмечались новые разрушения в городах Амбролаури, Они, Цхинвал, поселке Джава и многих селениях.

Для Рачинского землетрясения характерно, что значительный материальный ущерб и большое число человеческих жертв были обусловлены не собственно сейсмическими колебаниями, а резко активизиро-

¹Арефьев С. С., Борисов Б. А. // Земля и Вселенная. 1991. № 6. С.



Снежно-селевые и грязекаменные потоки, образовавшиеся на склонах горного массива Сырляберт. Им удалось обнаружить при дешифровании аэрофотоснимков, сделанных вскоре после Рачинского землетрясения.

-  Грязекаменные потоки
-  Снежники и снежно-селевые потоки
-  Оси горных отрогов
-  1990 Абсолютная высота, м
-  Скальные выходы и альпийские луга
-  Лесные массивы
-  Сельхозугодья

вавшимися после землетрясения склоновыми процессами: крупными обвалами горных масс, разнообразными оползнями, срывами осыпей, каменных и грязекаменных лавин. Впрочем, подобные гравитационные явления обычны в горных районах, и в частности на южном склоне Большого Кавказа.

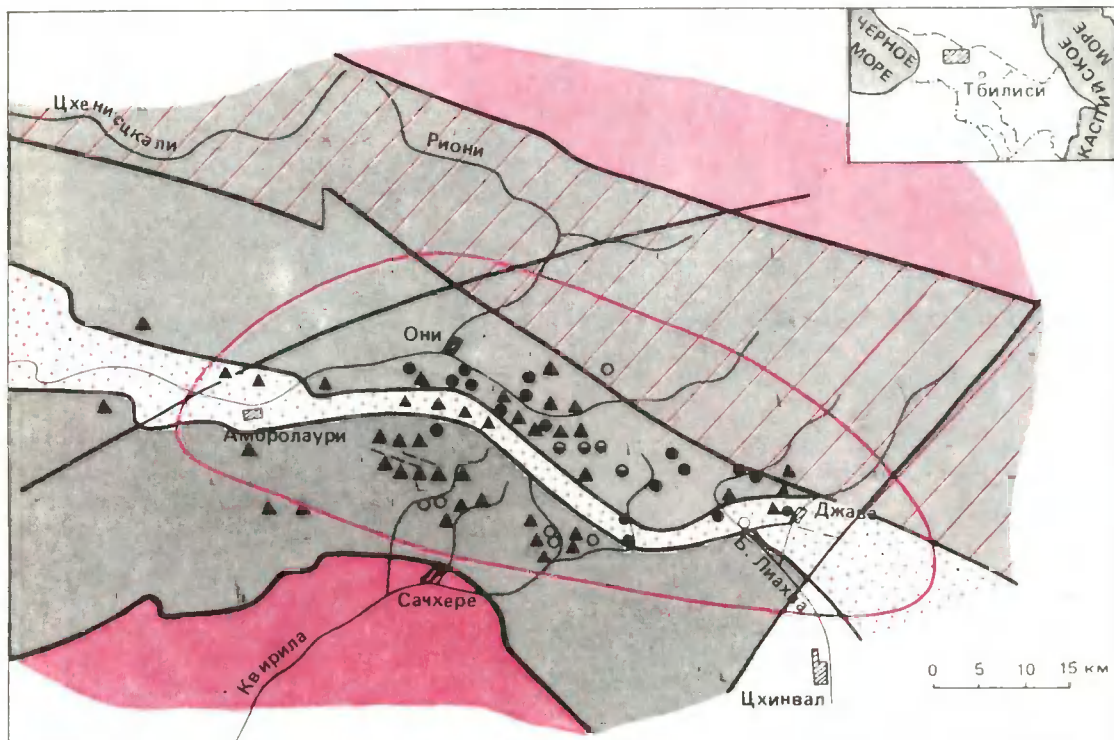
Большое количество древних оползней и обвалов известно и в эпицентральной области Рачинского землетрясения. Некоторые из них сравнительно недавние. Так, в 1896 г. в среднем течении р. Кведрулы случился горный обвал, который запрудил реку

громадными глыбами на протяжении почти 1,5 км. Возникло большое подпрудное озеро, существующее и поныне. Довольно крупный оползень (объемом более 10 млн. м³) сошел в долину р. Чешоры в 1968 г.

В любой горной стране примеры асейсмичных дислокаций поверхности настолько многочисленны, что о них не стоило бы и говорить, если бы иной раз их ошибочно не интерпретировали как следы древних землетрясений. Однако при Рачинском землетрясении после главного удара и сильных повторных толчков возникло большое количество явно сейсмогенных деформаций поверхности.

Подробное полевое их изучение и внимательный анализ фотоснимков, сделанных с самолета через неделю после землетрясения, показали, что первичных, сейсмотектонических деформаций грунта, которые бы прямо отражали подвижку в очаге (как это было при Спитакском землетрясении), не возникло. Вместе с тем необычно широко оказались представлены вторичные сейсморасположения гравитационного и вибрационного происхождения.

Разнообразие и обилие этих деформаций превратили эпицентральной области Рачинского землетрясения в своего рода музей сейсмогравитационных структур.



Основные тектонические зоны и разломы Южного склона Большого Кавказа в районе Рачинского землетрясения.

- Зона главного хребта с выходами кристаллического фундамента
- Чиатурский флишевый синклиниорий
- Гагро-Джавская антиклинорная зона
- Рача-Лечхумский прогиб
- Окрибо-Сачхерская зона
- Дзирульский выступ кристаллического фундамента
- Контур очаговой зоны
- Глубинные разломы

Сейсмодислокации:

- обвалы
- оползни
- вибрационные трещины
- каменные лавины
- снежно-селевые потоки

Внимание специалистов, участвовавших в обследовании плейстосейстовой зоны, прежде всего привлекли крупные оползни, а также каменные и грязекаменные лавины. Обводненные глинистые оползни, охватившие сравнительно пологие склоны (крутизной 5—10°), полностью разрушили селение Чорди, повредили селение Жашква, нанесли урон садам, полям и сенокосам вокруг этих населенных пунктов на северном склоне Рачинского хребта. Объем оползшего глинистого материала в первом случае составлял 15—25 млн. м³, а во втором, по-видимому, превышал 75—100 млн. м³. Эти оползни, хотя и не относятся к крупнейшим структурам такого рода, но все же достаточно впечатляющи.

Интересно, что оба оползня образовались не в момент землетрясения (при сейсмическом толчке возникли лишь тонкие зачаточные трещины на склонах), а два-три дня спустя. Максимальная скорость движения оползней оценивалась местными жителями в 8 м/сут. Дома и постройки селений устояли при главном толчке, но были повреждены или полностью разрушены при последующем скольжении оползней.

Как глинистые, так и структурные оползни возникли на тех же склонах, где было много старых, уже омертвевших и

скрытых растительностью оползней. Но даже для профессиональных исследователей склоновых процессов — специалистов инженерно-геологической службы Республики Грузия — такая активизация оползневых процессов была неожиданной: места схода этих оползней не оценивались как потенциально опасные. Все это свидетельствует о катастрофическом нарастании оползневых явлений именно в результате сильного землетрясения.

Наряду с оползнями к наиболее грандиозным и впечатляющим сейсмодислокациям относятся каменные и грязекаменные лавины. Эти образовавшиеся в результате обвалов потоки горных масс по скорости движения сравнимы со снежными лавинами. Они обнаружены главным образом на территории Южной Осетии.

Самая крупная грязекаменная лавина возникла в приустьевой части р. Хохетисцкали, правого притока р. Квирилы. Здесь из-за сейсмического сотрясения от крутого скалистого склона высотой около 500 м отделилась огромная масса (30 млн. м³) твердых кристаллических пород — древних вулканитов — и обрушилась в долину реки на обводненные отложения поймы. Эти водонасыщенные породы сыграли роль смазки, и каменный обвал превратился в грязекаменную лавину, которая с ревом и грохотом пронеслась вниз по долине р. Хохетисцкали свыше километра и вырвалась в более крупную долину р. Гебуры, уничтожив по пути селение Хохети вместе с его 43 жителями.

В долине Гебуры лавинный поток распластался огромным языком, который по внешнему облику весьма похож на выбросы селевых потоков. Здесь перемешаны коренные породы склона, раздробившиеся на обломки, и соданные с бортов и днища долины рыхлые осадки. Из этого «месива» торчат стволы деревьев и остатки домов.

Часть лавины «взлетела» на противоположный борт долины р. Хохетисцкали более чем на 100 м. Смесь остроугольных обломков вулканитов и валунов, слагавших речные террасы, заполнила боковой лог. На протяжении более километра лавина запрудила реку, образовав цепочку завальных озер.

Еще одна каменная лавина возникла в долине р. Квирилы. При сейсмическом ударе от верхней бровки склона на высоте примерно 600 м над рекой откололся блок горных пород длиной около 400 м, шириной 200—250 м и соскользнул вниз более чем на 200 м. Обрушившийся блок «вытолкнул» массу обломков пород, которые образовали грязекаменный поток, прошедший по склону более 1 км и подпрудивший р. Квирилу.

В обнажившейся отвесной стенке хорошо виден разрез толщи, подвергшейся обрушению: верхние 60—70 м сложены неогеновыми глинами и песками, которые залегают на пологой поверхности вулканогенных пород юрского возраста. Обвал вскрыл водоносный горизонт на контакте глин и вулканитов, и прямо из стенки бьет мощный родник, который, низвергается водопадом.

Обвальные массы перекрыли 120-метровую речную террасу, на которой расположено небольшое селение Тбети. Лавина задела край селения, раздавив один дом и вплотную придвинувшись к другому. Весь лавинный поток километровой длины усеян стволами деревьев. Интересно, что некоторые деревья вместе с дерниной, удерживаемой корневой системой, «доехали» в вертикальном положении почти до самого конца потока.

Поскольку грязекаменные массы перегородили русло р. Квирилы 10—15-метровой плотиной, быстро образовалось подпрудное озеро, длина которого достигала примерно 300 м. Еще более крупное озеро возникло в результате обвальной подпруды в долине р. Пацы, правого притока р. Большая Лиахва. Длина его превысила 800 м, ширина — 200 м. В первые дни существования этого озера имела реальная угроза прорыва завала и возникновения катастрофического паводка, который мог бы нанести значительный материальный ущерб населенным пунктам, расположенным в долине р. Большая Лиахва, в том числе и городу Цхинвалу.

Следы вызванных землетрясением процессов были обнаружены нами и при знакомстве с материалами аэрофотосъемки, произведенной через 7 дней после главного толчка. Сейсмический удар спровоцировал массовый сход снежных лавин с северного склона хребта Сырхлеберт — одного из горных массивов Рачинского хребта.

Обрушившиеся в долины ручьев и рек огромные массы снега напитались водой и превратились в мощные снежно-селевые потоки, которые на несколько километров спустились вниз по долинам, оставляя за собой шлейфы из снега с примесью мелких скальных обломков. На аэрофотоснимках эти снежные шлейфы выглядят как настоящие долинские ледники. Области сгуживания материала имеют вид языков с концентрическими валами. В некоторых долинах снежно-селевые потоки прорезают каменно-земляные завалы, которые только-только образовались в результате обвалов и осыпей со склонов.

И хотя при обследовании зоны Рачинского землетрясения на поверхности не уда-



Разрушения, причиненные одним из крупных оползней, возникших в результате Рачинского землетрясения. Хорошо различимы также трещины в грунте.



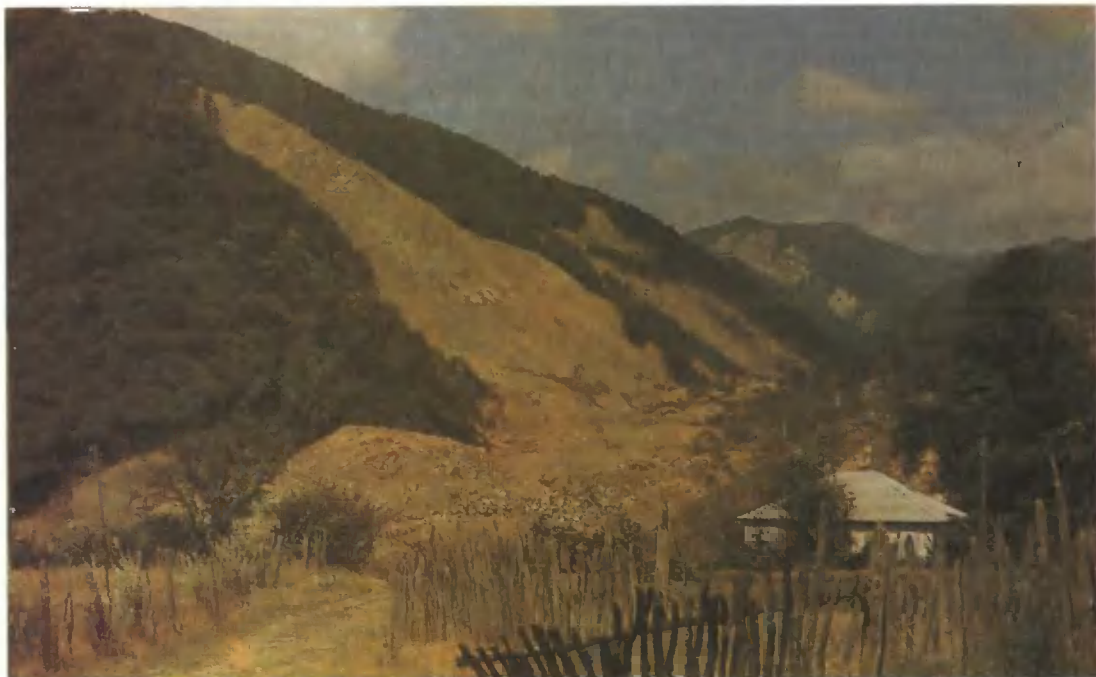
Оползень, перерезавший горную дорогу.

лось обнаружить явных сейсмогенных разрывов, прямо отражающих подвижку в очаге, по характеру и распределению вторичных, сейсмогравитационных нарушений можно составить представление о геологических структурах, породивших сейсмический очаг.

Обычно обширные очаги связаны с подвижками по крупным расколам земной коры — разломами. Существуют также представления о приуроченности очагов к дизъюнктивным узлам, в которых разломы пересекаются. При Рачинском землетрясе-

нии склоновые и вибрационные нарушения охватили поверхность овальной формы размером около 70×30 км. Этот «овал» ориентирован длинной осью на запад-северо-запад, т. е. параллельно простиранию Большого Кавказа. Как бы вдоль длинной оси «овала» протягивается самый крупный разлом южного склона Большого Кавказа — Кахетино-Лечхумский шов, отделяющий хребты этой горной системы от расположенных южнее впадин Закавказья.

На участке, где произошло Рачинское



Одна из многочисленных грязе-каменных лавин, образовавшихся при землетрясении. На заднем плане — зона зарождения лавины, на переднем — ее фронтальная часть на окраине селения Синагури.

землетрясение, сегмент этого крупного раскола земной коры носит собственное название — Рача-Лечхумский разлом. В других местах южного склона Кавказа с этим разрывным нарушением также связаны сейсмические проявления. Например, в его восточной части, на территории Азербайджана, уже не раз происходили сейсмические катастрофы, унесшие много жизней.

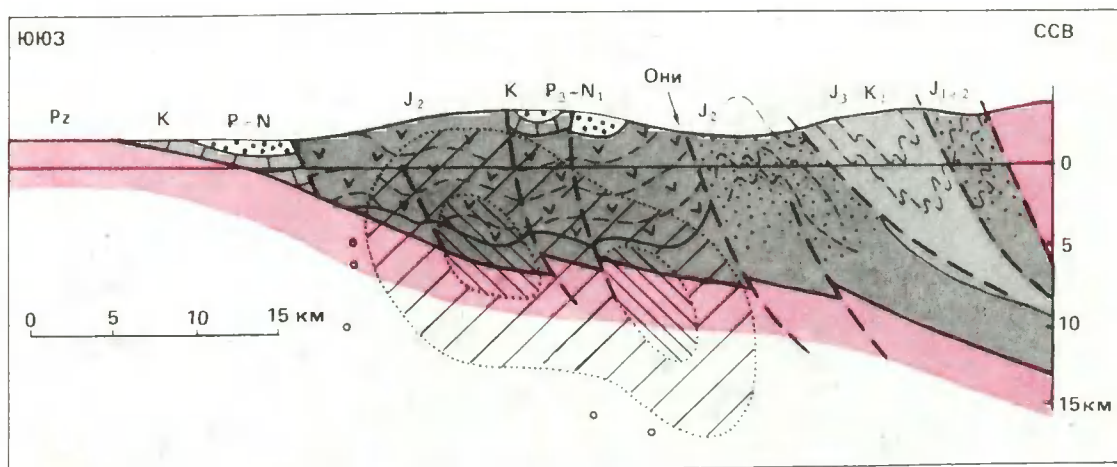
Таким образом, сейсмогенные поверхностные деформации показывают, что Рачинское землетрясение связано с крупным сейсмоопасным разломом земной коры. Любопытно, что в эпицентральной зоне землетрясения имеются еще два крупных разлома, поперечных первому: Цхинвали-Казбекский и Риони-Казбекский. При пересечении с Рача-Лечхумским разломом они образуют систему сложных дизъюнктивных узлов. Так что Рачинское землетрясение связано с реальными геологическими структурами и имеет вполне естественную природу. Это не вызывает сомнений.

И все же у Рачинского землетрясения имеется одна странность: на поверхности земли, как уже отмечалось, отсутствуют пер-

вичные тектонические сейсмодислокации. И это при высокой энергии землетрясения и сравнительно малой глубине очага (при меньшей магнитуде и примерно той же глубине очаг Спитакского землетрясения вышел на поверхность!). Эта необычность очага Рачинского землетрясения, а также относительно слабый разрушительный эффект сотрясений (низкая балльность), «вялый» характер колебаний и широкое распространение вторичных сейсмогравитационных нарушений позволили ряду сейсмологов и сейсмогеологов предположить, что плоскость главного сейсмического удара имеет пологий наклон.

Срыв в очаге мог произойти по полого наклоненной в сторону Большого Кавказа поверхности древнего кристаллического фундамента, который перекрыт более поздними осадочными и вулканическими образованиями. Такие представления о характере подвижки в очаге выглядят довольно правдоподобными с общетектонических позиций: недаром геологи грузинской школы, например Ш. А. Адамия, И. П. Гамкрелидзе, пишут о надвигании Большого Кавказа на Закавказье. И все же полной ясности тут пока нет, поскольку отсутствуют результаты окончательной обработки сейсмологических данных.

Важным представляется, что все три сильных землетрясения последних лет на Кавказе «попали» в область Транскавказского



Геологический разрез Южного склона Большого Кавказа.

-  Кристаллический фундамент
-  Раннеюрские терригенные породы
-  Среднеюрские вулканогенные образования
-  Флишевые толщи поздней юры и раннего мела
-  Карбонатные породы мела
-  Песчано-глинистые отложения палеогена и неогена
-  Разломы
-  Контуры облака афтершоков
-  Участки наибольшей концентрации афтершоков
-  Отдельные гипоцентры афтершоков

поперечного поднятия. Транскавказский «поперечник» — крупнейшая меридионально ориентированная тектоническая зона Кавказского региона. В Предкавказье он выражен Ставропольским поднятием, южнее разделяет центральный и восточный сегменты Большого Кавказа, а в Закавказье в пределах «поперечника» находится Дзирульский выступ древнего кристаллического фундамента, к которому с запада и востока примыкают Рионская и Куринская депрессии.

На Малом Кавказе Транскавказское поднятие располагается как бы по оси дугообразно изогнутых к северу основных тектонических зон этой горной страны. Оно отделяет западный сегмент Малого Кавказа, где крупные хребты, главные разломы коры и

большие складки геологических пород имеют северо-восточное простирание, от восточного сегмента, в пределах которого преобладает северо-западная ориентировка этих структур. Здесь же, на участке пересечения горной системы Малого Кавказа и Транскавказского поперечного поднятия, расположены обширнейшие вулканические плато Закавказья: Джавахетское (Ахалкалакское) и Армянское.

Транскавказское поперечное поднятие разделяет бассейны рек, текущих на запад — в Черное море и на восток — в Каспийское. Таким образом, его можно рассматривать как единый становой хребет, пересекающий весь Кавказский регион, что четко выражено и в геологическом, и в геоморфологическом строении Кавказа.

Транскавказское поперечное поднятие представляет собой активную подвижную структуру очень высокого ранга. В его пределах имеются многочисленные меридионально ориентированные разломы. Наиболее крупные из них — Джавахетский, Абул-Самсарский и Арагац-Спитакский расколы коры, сопровождающиеся цепочками еще недавно «работавших» вулканов. Крупные вулканические постройки Арарата и Арагаца «насажены» на Арагац-Спитакский разлом.

Транскавказское поперечное поднятие является не только областью молодого вулканизма, но и зоной повышенной сейсмической активности. На Джавахетском нагорье часто повторяются слабые землетрясения, в районе города Гори в 1920 г. произошло 8-балльное землетрясение, а на востоке Турции, на южном продолжении Транскавказского поперечного поднятия, известны даже 9-балльные землетрясения: Араратское 1840 г. и Чалдыранское 1976 г. Дополняют этот список Параванское (1986 г.), Спитакское

(1988 г.) и Рачинское (1991 г.) землетрясения.

Хотя все эти сейсмические толчки возникли в недрах Транскавказского поперечного поднятия, но очаги их реализовались по разломам общего для Кавказа северо-западного или запад-северо-западного простирания. Иными словами, такие крупные зоны разломов, как упомянутая уже Кахетинско-Лечхумская или Памбак-Севанская (с ней связано Спитакское землетрясение), Северо-Аджарская и некоторые другие, приобретают способность генерировать очень сильные землетрясения. Это объясняется тем, что пересечение разломов меридионального и субшироотно-диагонального направлений образует систему дизъюнктивных узлов высокого ранга. Подобные узлы способны накапливать большие напряжения, разрядка которых и выражается в сильных землетрясениях. Очаги трех самых сильных из кавказских землетрясений последнего времени находились в таких узлах.

Поскольку в центральной части Кавказского региона за последние шесть лет произошло три сильных землетрясения, можно утверждать, что действительно началась сейсмическая активизация Транскавказского поперечного поднятия. Примеры подобной

сейсмической активизации крупных геологических структур были известны и ранее. Так, на севере Турции Североанатолийский разлом с 1939 по 1944 г. породил четыре сильнейших землетрясения с магнитудами более 7 и сотрясениями 9—11 баллов, следовавших одно за другим. Три знаменитых Газлийских землетрясения 1976 и 1984 гг. с магнитудами более 7 возникли в пределах одной геологической структуры — Бухаро-Гиссарского разлома.

Как Рачинское, так и Спитакское землетрясения произошли в районах, где на памяти человечества не было таких крупных событий. Однако, как показали полевые исследования в районе города Спитак, сильные землетрясения неоднократно случались в далеком прошлом, много тысяч лет назад. Поэтому угроза возникновения новых катастрофических землетрясений во многих других узлах пересечения крупных разломов «кавказского» (широтного и диагонального) и «транскавказского» (меридионального) простирания представляется вполне реальной. Тем более, что в последние годы эти участки не проявляли повышенной сейсмической активности и поэтому могут рассматриваться как «сейсмические бреши» — временные зоны затишья.

Механизм Рачинского землетрясения (с позиции геолога)

Б. А. Борисов

КАК ТОЛЬКО днем 29 апреля 1991 г. стало известно о сильном землетрясении на севере Грузии, некоторые из моих коллег, хорошо знакомых с геологией Кавказских гор, сразу же высказали предположение, что это сейсмическое событие вызвано воздыманием Главного хребта Большого Кавказа и надвиганием его осевой зоны на южный склон. Это первоначальное предположение, ставшее основой модели механизма главного толчка землетрясения, подтверждалось следующими обстоятельствами.

Во-первых, сильнейшие сотрясения распространились на большой площади вдоль зоны южного склона, но сейсмогенный разрыв¹ не вышел при этом на земную поверхность. Во-вторых, согласно предварительным сообщениям, поступившим в самом начале мая из ведущих сейсмологических обсерваторий мира, где был проведен оперативный анализ сейсмограмм, подвижка в очаге произошла по пологой плоскости, наклоненной к северо-северо-востоку, т. е. под основание гор. В-третьих, глубина очага была небольшой — до 10 км. И, наконец, в-четвер-

©Борисов Б. А. Механизм Рачинского землетрясения (с позиции геолога).

¹Борисов Б. А., Рогожин Е. А. Сейсмогенный разрыв // Природа. 1988. № 12. С. 26—31.



Борис Аронович Борисов, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории сильных землетрясений Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. Специалист в области сейсмотектоники, автор многих научных работ по геологии сейсмоактивных районов. Неоднократно публиковался в «Природе».

тых, поразительно высокой оказалась магнитуда² этого землетрясения — около 7.

Сопоставим сейсмограммы Рачинского землетрясения 29 апреля 1991 г. и Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г., считавшегося до Рачинского сильнейшим в документированной сейсмической истории Кавказа³. Обе сейсмограммы записаны на одной и той же аппаратуре во французском городе Страсбуре, находящемся достаточно далеко

и примерно на одинаковом расстоянии от обоих очагов. Ясно видно, что сигналы от Рачинского землетрясения были сильнее, чем от Спитакского.

Очаг Спитакского землетрясения, как известно, вышел на дневную поверхность: возник сейсмогенный разрыв, по которому с полной определенностью можно было судить о характере подвижки в очаге. Естественно, что и в Раче исследователи стремились найти такой же первичный разрыв. Особенно настойчиво требовал этого от геологов А. Систернас — руководитель французской группы сейсмологов, сыгравший, как и в Спитаке, выдающуюся роль при исследовании эпицентральной области.

Впрочем, понукать геологов и не требовалось. Самым тщательным образом — на машинах, вертолетах, но в основном пешком — ими были обследованы большие территории, проведены геолого-геоморфологические наблюдения в наиболее «сотрясенных» местах, проанализирован характер крупных сейсмогенных нарушений грунта. Ничего напоминающего первичный сейсмогенный разрыв, подобный Спитакскому, найти не удалось.

И дело было, конечно, не в недостатке внимания или опыта исследователей. Просто этот разрыв не вышел на поверхность из-за слишком полого залегания. По первой оценке NEIC (Национального центра сейсмологических исследований Геологической службы США) — одной из самых авторитетных сейсмологических организаций мира, наклон плоскости надвига в очаге составил 15° к горизонту.

В последние годы в сейсмологии появились методы и приборы, позволяющие с большой точностью определять местоположение и характер сейсмического очага, а также тип подвижки — смещения блоков пород в момент землетрясения. Возникла надежда, что сейсмологические исследования помогут разобраться в глубинном строении сейсмичных областей, в геологических процессах, протекающих в земных недрах. Во

²Магнитуда землетрясения — показатель величины энергии, выделившейся в сейсмическом очаге.

³Шебалин Н. В., Борисов Б. А. Спитакское землетрясение // Природа. 1988. № 4. С. 69—72.

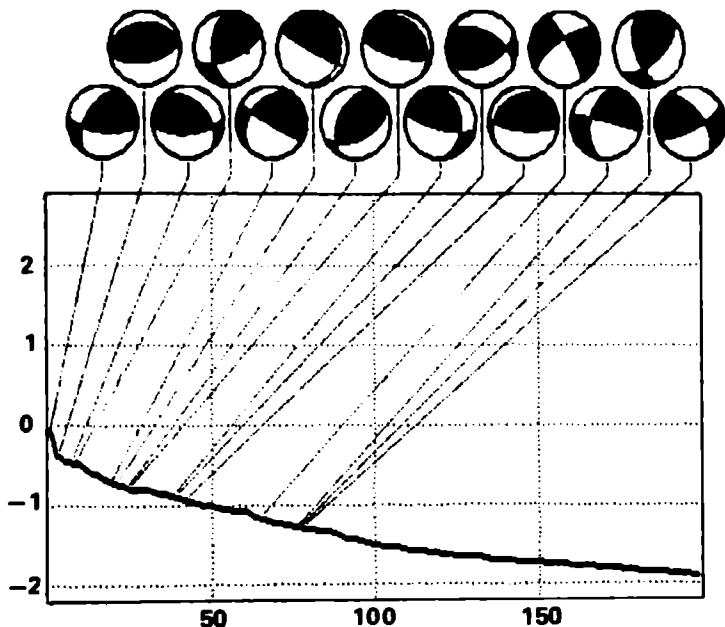
Сейсмограммы главных толчков Спитакского и Рачинского землетрясений, записанные на широкополосной аппаратуре в Страсбуре (Франция). Указаны значения магнитуды, определенные по амплитуде поверхностных волн.

Спитак 7 декабря 1988 г. $M_s = 6,7$

Грузия 25 апреля 1991 г. $M_s = 6,9$

1 мин

Возможные механизмы главного толчка Рачинского землетрясения 29 апреля 1991 г. и функция правдоподобия. В качестве наиболее вероятного (согласующегося с геологическими данными и с материалами сейсмологических обсерваторий мира) выбрано решение, находящееся по значению функции правдоподобия на втором слева месте. Материал подготовлен Ж. Я. Аптекман.



многую такую надежду оправдывается. Но тех геологов, которые хотели бы получить от сейсмологии точные и объективные данные о глубинных процессах, ждет разочарование: многие параметры сейсмических событий определяются не по фактическим наблюдениям, а на основе моделей и допущений.

Например, такой широко используемый в сейсмологии параметр, как сейсмический момент⁴ (т. е. количественная оценка энергии подвижки горных пород в очаге), вычисляется на основе целого ряда допущений. При этом величина модуля сдвига всегда принимается одинаковой, хотя все понимают, что такие свойства горных пород, как прочность и трещиноватость, определяющие внутреннее трение и модуль сдвига при подвижках в очаге, в разных тектонических зонах различны. Это касается не только прочности и трещиноватости, но и иных важных свойств горных пород.

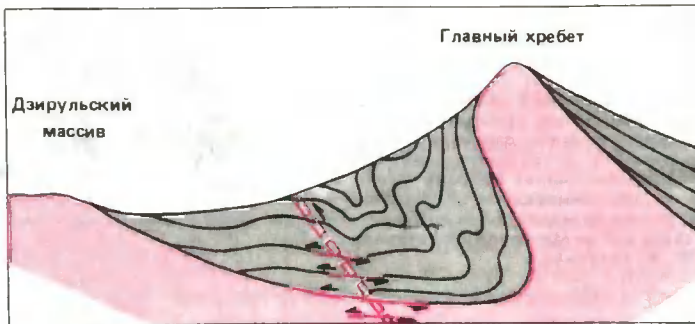
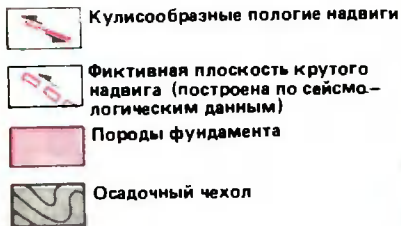
Другие неопределенности открываются при попытках определить механизм очага по первым вступлениям сейсмических волн. Это делается так: на каждой станции землетрясение вызывает смещение грунта вверх или вниз — в зависимости от того, в какую сторону была направлена подвижка в очаге и как расположена станция относительно очага.

Положение каждой станции изображают точкой на стереографической проекции и помечают эту точку знаком смещения — плюсом или минусом. Затем отделяют плюсы от минусов так называемыми узловыми, или нодальными, плоскостями (следы пересечения сферы этими плоскостями выглядят в стереографической проекции дугами). Согласно теории, на нодальных плоскостях не происходит ни сжатия, ни растяжения. Поэтому на сейсмических станциях, расположенных вблизи таких плоскостей, смещается ни вверх, ни вниз — на вертикальной компоненте сейсмической записи нет четкого первого вступления продольной волны.

Одна из нодальных плоскостей совпадает с плоскостью разрыва (смещения), другая — перпендикулярна к ней. Поскольку принимающие сейсмические станции располагаются на земном шаре относительно редко, сейсмический сигнал бывает нечетким и, кроме того, некоторые особенности геологического разреза вызывают смену полярности сейсмических волн, какая-то часть плюсов и минусов оказывается при проведении нодальных плоскостей не в «своих» квадрантах. И с этим приходится мириться.

Таким образом, существует возможность провести нодальные плоскости многими способами, и в каждом случае возникает сколько-то неправильных — «экзотических» — точек. Качество решения можно оценить с помощью так называемой функции правдоподобия, величина которой зависит от

⁴Сейсмический момент — произведение площади перемещенного блока горных пород (в проекции на площадь разрыва) на величину смещения по разрыву и на модуль сдвига.



Схематическая модель подвижки в очаговой зоне Рачинского землетрясения в виде кулисообразной (эшелонированной) системы пологих надвигов.

числа «неправильных» знаков на проекции, разделенной дугами нодальных плоскостей. Часто на графике функции правдоподобия в непосредственной близости находятся очень непохожие друг на друга определения механизма, и требуются какие-то дополнительные данные или соображения (чаще всего геологические). В результате геолог уже не может рассматривать готовое решение механизма землетрясения как бесспорный фактический материал, свидетельствующий о характере глубинного тектонического процесса.

В случае Рачинского землетрясения первое решение (падение плоскости надвига 15° и небольшая глубина центра очага) было впоследствии пересмотрено. Глубина возросла до 17 км, а угол падения плоскости разрыва — до 39° , хотя и по-прежнему к северо-востоку. Это не очень вяжется с геологическими данными⁵: подошва альпийского чехла, по которой наиболее вероятен срыв, залегает в районе землетрясения на глубине 5–10 км. Но реально о структуре фундамента и расположении разрывов в нем мы знаем крайне мало, так что твердые аргументы в подтверждение или опровержение сейсмологических выводов геологам найти нелегко.

Автор предлагал многим видным сейсмологам модель эшелонированного поло-

гого надвига, т. е. серии разрывов, расположенных кулисообразно один над другим. Ответ специалистов был один: никакими способами нельзя отличить по сейсмическим данным этот механизм от обычного механизма подвижки по более крутому разрыву. Между тем расслоенность коры и верхней мантии Земли, приводящая к появлению эшелонированных надвигов, — привычное для геологов понятие, и в случае Рачинского землетрясения оно вполне подходит для геологической среды альпийского чехла, а может быть, и для фундамента очаговой зоны землетрясения.

Даже если сейсмологам удастся — путем тщательного анализа сейсмограмм — разложить запись сложного главного толчка на серию сигналов от разных «субочагов», они скорее всего, сделают вывод, что эти субочаги появились вследствие дискретного характера «вспарывания» разрыва на разных участках одной поверхности, а не в результате подвижек по разным кулисообразным разрывам.

Остается надеяться, что со временем будут найдены методы, которые позволят расширить арсенал моделей механизма очага землетрясения или же сузить рамки выбора наиболее надежного варианта среди множества «правдоподобных» решений.

⁵См. статью Рогожина Е. А. и Богачкина Б. М. в этом номере.

Еще раз о применимости ядерно-взрывных технологий

В. Б. Адамский,

доктор физико-математических наук
Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики
Арзамас-16

ПОСЛЕ Чернобыльской аварии в средствах массовой информации появился поток публикаций, направленных против ядерных технологий, и в частности против ядерных взрывов в интересах народного хозяйства. В качестве примера можно привести письмо главному редактору журнала «Природа» от члена-корреспондента РАН А. В. Яблокова. Он даже осуждает редакцию журнала за «публикацию двух объемных статей, безответственно пропагандирующих продолжение ядерных взрывов на территории России» (Природа, 1992, № 4, с. 162—164). Автор имеет в виду публикации, в которых рассматриваются конкретные варианты экономического выгодного применения ядерных взрывов¹. Весьма характерно для такого рода выступлений в печати, что, не обсуждая вопрос по существу, авторы считают недопустимым и чуть ли не преступным само предоставление возможности выйти на читателя с теми или иными предложениями, относящимися к ядерно-взрывной технологии. Это уже скорее идеологизированный, нежели научный подход к вопросу.

Публикации против ядерных технологий (я имею в виду не только письмо Яблокова) построены по определенному стереотипу. Обычно они содер-

жат три основные мысли: во-первых, ядерные, и в особенности ядерно-взрывные, технологии очень вредны и опасны, во-вторых, произведенные по этим технологиям работы уже принесли огромный экологический ущерб и, в-третьих, ученые и инженеры, предлагающие использовать ядерные технологии,— технократы-карьеристы, далекие от подлинных интересов народа и озабоченные лишь интересами своего ведомства и реализацией собственных проектов.

Критикуя ядерно-взрывные технологии, защитники природы не приемлют эти технологии в принципе, полностью исключая возможность того, что они могут оказаться полезными. Видимо, поэтому они никогда не интересуются конкретностями того или иного предложения, не обсуждают конкретные решения. Между тем каждый проект тщательно готовится и подвергается всесторонней экспертизе. В чем можно было бы упрекнуть разработчиков ядерно-взрывной технологии, так это в секретности, которая до недавнего времени не давала возможности вести содержательный диалог с общественностью тех районов, где предполагалось использование этих технологий. Но это была не вина, а беда сторонников ядерно-взрывных технологий, которая на десятилетие задержала открытое разъяснение технологических особенностей взрывов и ожидаемых от них полезных результатов. Видимо, следует на примере конкретной ядерно-взрывной технологии продемонстрировать ее возможности, восполняя тем самым обычно отсутствующее звено в критических обсуждениях этих технологий. Это мы и сделаем после некоторых более общих замечаний.

Крупные очаги радиационного загрязнения, появившиеся на территории России и Казахстана, конечно, связаны с ядерными технологиями. Это зона Чернобыльской аварии, так называемый Восточно-Уральский радиоактивный след и Семипалатинский полигон. Первые два очага связаны с ядерными, но не ядерно-взрывными технологиями. Что же касается Семипалатинского полигона, то радиационная обстановка на этом объекте определяется в основном теми воздушными испытаниями, которые проводились там до 1963 г. Следует отметить, что количество и масштаб разного рода отклонений от нормального технологического процесса так или иначе связаны, можно даже сказать, пропорциональны обороту радиоактивных материалов. При этом негативных последствий тем меньше, чем выше общая технологическая культура и производственная дисциплина. Так вот, оборот радиоактивных материалов в сфере ядерной энергетики несравнимо более велик, чем в подотрасли, связанной с ядерными взрывами. Поэтому-то и масштаб последствий, вызванных отклонениями от нормы в сфере ядерно-взрывных технологий, незначителен по сравнению со сферой ядерной энергетики, от которой не собираются, да уже и невозможно отказаться.

Теперь о нашей, как пишет Яблоков, «сверхмилитаризованной науке» и о людях, в ней работающих. Нельзя, конечно, отрицать, что из различных направлений в науке именно те, которые связаны с обороной, лучше других сумели удержаться на мировом уровне. Это связано с долговременной государственной поддержкой, которую ощущало не одно поколение ученых. Работа в этой сфере считалась престижной, и в нее приходили и занимали ведущее положение серьезные, авторитетные ученые. Такая поддержка приводила также и к тому, что корпорация ученых-оборонщиков пополнялась наиболее способными выпускниками институтов и университетских факультетов соответствующего профиля. Поэтому для этой корпорации был характерен не только высокий

©Адамский В. Б. Еще раз о применимости ядерно-взрывных технологий.

¹Васильев А. П., Приходько Н. К., Симоненко В. А. Подземные ядерные взрывы... для улучшения экологической обстановки // Природа. 1991. № 2. С. 36—42; Мусинов В. И. Добыча нефти и газа с помощью ядерных взрывов // Природа. 1991. № 11. С. 25—33.

профессионализм, но и широкий общенаучный и гуманитарный кругозор. Я думаю, что это относится к ученым различного профиля, в том числе и (может быть, в большей степени, чем к другим) к физикам-ядерщикам. Если в их профессиональной деятельности реализация научно-технических мероприятий и проектов обнаруживает побочные негативные явления, например неблагоприятное влияние на экологическую ситуацию в каком-либо регионе, то ученые первыми сталкиваются с этим явлением и первыми обращают внимание на него и высшего руководства, и общественности.

Вредное воздействие радиоактивного излучения осколков деления, возникающих при ядерном взрыве и оседающих на поверхность земли, было очевидно сразу. Один из создателей и конструкторов ядерного оружия А. Д. Сахаров, тогда еще не известной широкой общественности, боролся сначала против тех воздушных испытаний, которые он считал излишними, необязательными, а потом и против таких испытаний вообще. В этом он был не одинок. После двух серий многочисленных воздушных испытаний, проведенных и американской стороной и нами в 1960—1962 гг., в воздух было выброшено огромное количество радиоактивных осколков — существенно превосходящее все то, что было выпущено в атмосферу до тех пор. Эта ситуация заставила вспомнить не принятое в свое время предложение американской стороны запретить испытания в воздухе, под водой и в космосе, сохранить право проводить их под землей. Мне показалось тогда, что наступил момент, когда такое предложение надо выдвинуть от имени Советского правительства и добиться заключения соответствующего договора. О своих соображениях я рассказал Андрею Дмитриевичу Сахарову. Идея ему очень понравилась, и на следующий день он поехал к нашему министру Е. П. Славскому, который поддерживал предложение и обратился с ним в Министерство иностранных дел. Вся процедура прохождения по инстанциям,

а затем и советско-американских переговоров прошла довольно быстро, и договор, получивший название Московского, был вскоре заключен.

Что касается экономической и производственной целесообразности того или иного конкретного предложения, то в соответствии с убеждением о невозможности иметь что-либо полезное от ядерных взрывов А. В. Яблоков уверен, что авторы опубликованных на эту тему в «Природе» статей идут на заведомую дезинформацию, отрицая существование технологий, альтернативных ядерно-взрывным, например, для закачки промышленных стоков смоллистых веществ или интенсификации добычи нефти из отработанных скважин. Но ведь все очень просто. Вместо безоговорочного осуждения нужно только еще раз провести экспертизу предлагаемых проектов и сопоставить с альтернативными вариантами, если они имеются.

Очень часто, и в письме Яблокова также, приводится дежурный аргумент следующего содержания. Зачем, мол, применять сомнительного свойства способы захоронения отходов, когда следует совершенствовать технологию и добиваться безотходности. Золотые слова! Но вот беда. Хотя в принципе любое отдельно взятое производство можно сделать безотходным, все же идеальных производств не бывает. И пока идет совершенствование, все равно работают производства по старым технологиям и производят требующие захоронения отходы.

Вообще, для общественного мнения в нашей стране, и для экологического движения в частности, характерно непонимание того, что бесплатно ничего не дается. Хотим закрыть экологически вредные производства, но при этом не желаем лишиться выпускаемой ими продукции. Хотим иметь экологически чистое энергопроизводство, но не приемлем атомную энергетику, не доверяя этой технологии. Хотим, чтобы нам не досаждали технические отходы вредных производств, но отказываемся от любых способов их захоронения.

Эти настроения приводят к тому, что, не найдя безупречных решений проблем захоронения отходов, их просто не захоранивают. Отходы накапливаются, что действительно создает опасную ситуацию. Уже не знаю, в крови ли, в генах ли у нас заложено необъяснимое желание отложить окончательное решение «на потом», а пока довольствоваться временными.

А. В. Яблоков уповает на совершенствование всевозможных технологий и превращение их в безотходные. Но есть отрасль, в которой реально всегда будет какое-то количество отходов. Это ядерная энергетика, создающая столько же по весу радиоактивных осколков, сколько было сожжено ядерного горючего. (Мы не имеем в виду вновь образовавшиеся актиниды, которые можно утилизировать.) Они образуют фракцию высокоактивных отходов, которая требует в конечном счете удаления из биосферы или, говоря проще, захоронения. Кроме основной массы осколков, содержащихся в отработавшем ядерном горючем, при эксплуатации АЭС технологически неизбежно образование средне- и низкоактивных отходов, которые хотя по сумме активности и малы по сравнению с высокоактивными отходами, но по объему значительно их превосходят. Они также подлежат захоронению. Используемые в настоящее время способы — по своей сути временные и требуют постоянного внимания и обслуживания.

Можно утверждать, что ядерно-взрывная технология предоставляет возможность осуществления простого и надежного варианта захоронения радиоактивных отходов всех уровней активности.

При проведении подземного ядерного взрыва может быть выбрана в соответствии с мощностью такая глубина, чтобы над точкой взрыва на поверхности не возникло никаких нарушений. Такой взрыв называется камуфлетным. Полость, образующаяся при камуфлетном взрыве в горной породе, при благоприятных свойствах породы не обрушивается и сохраняет устойчивость. К

таким породам относится каменная соль, пластичность которой при достаточной прочности обеспечивает устойчивости созданной в ней полости. Гранит, например, относительно хрупок, и в полости, образовавшейся в нем при взрыве, возникает сеть трещин, приводящих к ее обрушению. В глине — породе, обладающей пластическими свойствами, полость обрушивается из-за ее низких прочностных качеств: свод полости не выдерживает собственной тяжести.

Способность ядерного взрыва создавать полость, размер которой зависит от мощности взрыва и достигал на практике 200 тыс. м³ (по-видимому, можно получать и полости больших размеров), дает возможность использовать эти полости в народном хозяйстве. Каким-либо другим способом такие огромные емкости быстро и дешево получить вряд ли возможно. Для производства взрывов можно использовать ядерные заряды, подлежащие уничтожению. Получение и использование искусственных полостей можно рассмотреть как один из вариантов конверсии ядерно-взрывной технологии.

Предлагая использовать соляные массивы для захоронения радиоактивных и других отходов, мы имеем в виду наличие в странах СНГ, и в первую очередь в России и Казахстане, обширных соленосных площадей. Наиболее удобной представляется Прикаспийская соленосная провинция в районе, ограниченном с юга Каспийским морем, с запада — Волгой, с востока — Эмбой, а с севера — линией Саратов—Оренбург. Это сплошная соляная платформа, подошва которой прослежена средствами сейсморазведки до глубины 7 км. Кровля соли варьируется от глубины 2—3 км до выхода на дневную поверхность. Территория, занимаемая этой провинцией, по площади примерно равна Франции.

Физическая картина возникновения и эволюции полости такова. В момент взрыва выделяется большое количество энергии, порождающее сильную расходящуюся ударную волну. Происходит раздвижение породы и образование вокруг точки

заложения заряда пустоты (полости), расширяющейся до установления равновесия между горным давлением, давлением внутри полости и напряжением в массиве. Основная энергия взрыва переходит в тепловую энергию испарившейся соли и постепенно передается в массив, вследствие чего полость медленно остывает. Радиоактивные продукты взрыва имеют более высокую температуру конденсации, чем соль. Поэтому они оседают на дно полости раньше, чем нижняя чаша полости в процессе остывания заполнится расплавом. Вследствие этого основная часть радиоактивных продуктов взрыва оказывается прикрытой толщей расплава, что служит дополнительной ступенью предохранения от неконтролируемого распространения продуктов взрыва. Радиоактивные продукты взрыва надежно локализируются внутри полости.

В проведенных многочисленных экспериментах определялось соотношение между мощностью взрыва и размером полости, отрабатывалась технология герметизации, и в частности гидроизоляция, полости, изучалось воздействие близко производимого (на расстоянии до 2 км) взрыва, более сильное, чем любое мыслимое землетрясение. Проводились также повторные взрывы в самой полости.

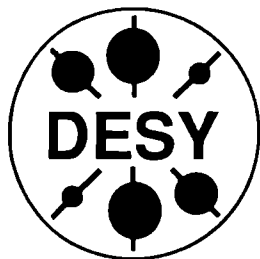
Особого внимания при создании полости требует скважина, через которую опускается до нужной глубины ядерный заряд и которая затем восстанавливается для связи с полостью. Стандартная глубина, на которой производится взрыв, — 1000 м. После спуска заряда скважина перекрывается цементной пробкой длиной до сотни метров. Такая технология обеспечивает герметичность скважины при воздействии на нее взрыва и удержание радиоактивности от проникновения на поверхность. По этой технологии было проведено порядка 30 взрывов. Часть из искусственных полостей используются как хранилища газового конденсата, однако несколько пустых полостей суммарным объемом 600 тыс. м³ пока не нашли применения.

Это тем более досадно, что основная направленность их использования — захоро-

нение и уничтожение отходов, а это сегодня одна из важнейших экологических проблем. Причина — в невозможности убедить общественность, что предложенная технология безопасна. Особенно удивительным представляется нежелание использовать уже готовые полости, не требующие проведения никаких взрывов.

То, что каменная соль является наиболее благоприятной и надежной средой для изоляции любых объектов от биосферы, признается специалистами во всем мире. В Германии уже имеется опыт захоронения отходов средней активности в отработанных соляных выработках.

Обозначим еще один аспект ядерно-взрывной технологии, далекий, на первый взгляд, от наших реальных сегодняшних забот, и тем не менее, как известно, наша планета сталкивается с небесными телами различных размеров. Это могут быть мелкие обломки весом всего несколько тонн, которые сгорают в атмосфере и не всегда достигают поверхности Земли. Падение крупного метеорита, например такого, что привел к образованию Аризонского кратера, явилось бы катастрофой общепланетарного масштаба, сравнимой с ядерной войной. До недавнего времени человечество было беззащитно перед такой опасностью. Теперь, когда оно располагает технологией ядерного взрыва, ситуация не столь беспомощная. Ядерный взрыв большой мощности на поверхности приближающегося к Земле небесного тела может чуть изменить траекторию метеорита. И этого окажется достаточно, чтобы небесное тело не столкнулось с Землей. Этим примером я хочу подчеркнуть, что овладение ядерными технологиями и ракетной техникой может помочь избежать катастрофы, пусть и ничтожной по своей вероятности, но уж очень тяжелой по последствиям, никаким другим мыслимым способом ее не предотвратить. Остается добавить, что техническое рассмотрение этой ситуации и разработка соответствующего заряда никаких испытательных взрывов не требует.



«Дэзи» на Эльбе

И. Н. Арутюнян
Москва

Но труд все-таки прельщает, труд установившийся, веками сложившийся, с обозначившимся методом и приемом, дающим каждому чуть не со дня рождения, а потому каждый умеет подойти к своему делу и овладеть им вполне.

Ф. М. Достоевский. Дневник писателя 1876 г.
Немцы и труд.

МНОГОЧИСЛЕННОЕ семейство ускорителей элементарных частиц пополнилось новой установкой, которую назвали «Гера» (HERA). Известное из греческой мифологии имя супруги Зевса имеет в данном случае физическое содержание: это аббревиатура от англ. Hadron-Electron Ring Accelerator — адрон-электронный кольцевой ускоритель.

В мае 1985 г. проходческая машина «Геркулес» вырыла первые кубометры грунта из будущего туннеля «Геры», расположенного теперь под улицами и садами respectable района в западной части Гамбурга. Семь лет, в течение которых советская интеллигенция была занята перестройкой и ее последствиями, в Гамбурге шла методичная работа на благо фундаментальной науки, Германии и всего мирового сообщества. Семь лет понадобилось на сооружение и оснащение туннеля необходимыми физическими устройствами, превращающими его в ускоритель, для постройки экспериментальных залов и установки детекторов. Даже хрестоматийного немецкого трудолюбия оказалось бы недостаточно, если бы проект «Гера» не был поддержан Федеральным правительством, правительством Гамбурга и мировым сообществом физиков.

Выступая на официальной церемонии закладки ускорителя, руководитель министерства науки и техники Х. Ризенхюбер подчеркнул важность фундаментальных исследований и абсолютную необходимость свободного развития науки. «Границы нашего познания определяются учеными, — заявил

...Всем им присущ тот же облик: жесткие голубые глаза, русые волосы, рослые тела, способные только к кратковременному усилию; вместе с тем им не хватает терпения, чтобы упорно трудиться...

К. Тацит. Германия. 98 г.

министр, — и они же должны выбирать средства для расширения этих границ. Прикладные исследования никогда не должны сталкиваться с интересами фундаментальной науки. Узконаправленные исследования могут лишь воспроизвести статус-кво. Должно существовать нечто «неизведанное», что волнует ученых и стимулирует новые исследования, не имеющие ярко выраженной практической направленности». С другой стороны, министр подчеркнул важность проекта «Гера» с точки зрения развития современных технологий: «Когда удастся достичь научного и технического прогресса, когда что-то новое начинает успешно функционировать, то множество людей находят этому новому практические применения, что открывает доселе невиданные горизонты».

Сооружение каждого крупного ускорителя — событие в мире физиков. И всякий крупный ускоритель уникален, не похож на своих предшественников. В этом есть логика, так как ускорители стоят дорого и дублирование исследований — непозволительная роскошь даже для богатых стран. И потому в физике высоких энергий, пожалуй как нигде больше, развита международная кооперация. Своеобразие пути, выбранного в Гамбурге для расширения границ наших знаний, состоит в изучении последствий соударений совершенно различных по своей природе частиц — электронов и протонов. До сих пор в мире функционировали лишь «симметричные» коллайдеры, на которых осуществлялись столкновения «родственных» частиц, например электронов с позитронами или протонов с антипротонами.

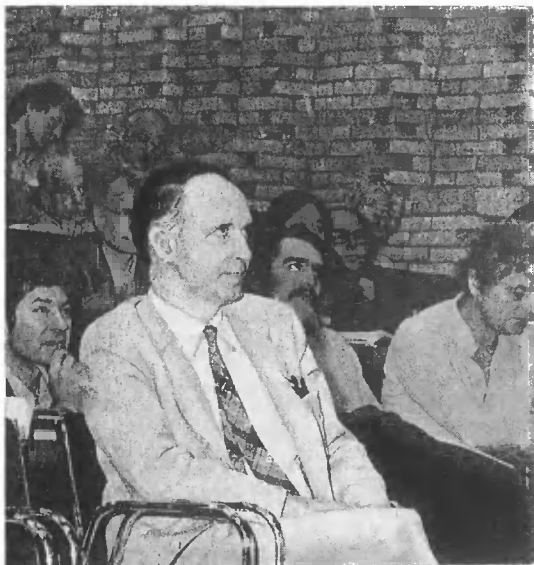
«Гера» стала четвертым ускорителем,

сооруженным в Национальном исследовательском центре по физике элементарных частиц «Дэзи» (DESY) в Гамбурге. Название центра совпадает с именем его первого ускорителя, которое, несмотря на ласковое женское звучание, расшифровывается вполне прозаически как Deutsches Elektronen Synchrotron. Автору этой статьи довелось посетить «Дэзи» в мае 1992 г. в знаменательные для лаборатории дни, когда протонный пучок на «Гере» впервые достиг проектной энергии. Это был один из последних рубежей на пути к осуществлению экспериментальной программы на новой установке. Не могу сказать, что столь важное событие прошло под победные звуки фанфар и огни фейерверков. Все было по-хорошему буднично и деловито. Сотрудники «Дэзи» получили информацию по компьютерной сети и продолжали работать. У меня сложилось впечатление, что для «Дэзи» справедлив девиз «Ничто не слишком»: к своим достижениям там относятся со сдержанным достоинством.

Визит в «Дэзи» стал возможен благодаря рекомендациям, данным журналу «Природа» российскими учеными М. А. Даниловым и Ю. М. Зайцевым из Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ, Москва), многие годы тесно сотрудничающими с «Дэзи» в рамках эксперимента «Аргус». В этой статье использованы мои беседы с директором «Дэзи» профессором Ф. Зёргелем и материалы, любезно предоставленные главой информационной службы «Дэзи» Петрой Хармс. Всем им я пишу искреннюю признательность.

УСКОРИТЕЛИ С ЛАСКОВЫМИ ИМЕНАМИ

После кошмара второй мировой войны изнуренная Европа, помимо решения безотлагательных текущих проблем, взялась за обеспечение своего интеллектуального будущего. В 1954 г. было подписано соглашение об учреждении Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН, Женева)¹. Западная Германия вошла в число стран-участниц ЦЕРНа. Но у германской физики было блестящее прошлое. Достаточно взглянуть на список германских ученых — лауреатов Нобелевской премии: В.-К. Рентген, М. фон Лауэ, М. Планк, И. Штарк, А. Эйнштейн, Дж. Франк, Г.-Л. Герц, В. Гейзенберг, О. Ган. Для страны с таким богатым



Профессор Ф. Зёргель — директор лаборатории «Дэзи» с 1981 по 1993 г. Он известен своими работами в области ядерной физики и физики элементарных частиц. Ф. Зёргель возглавлял исследовательскую группу в Гейдельбергском университете, был исполняющим директором Физического института при этом университете, входил в комитет ЦЕРНа по экспериментам с синхротронным излучением. В этом году Ф. Зёргель вернулся на должность профессора в Гейдельберг. На посту директора «Дэзи» его сменил Б. Вик — один из руководителей проекта «Гера».

научным наследием в физике мало было участия в международной лаборатории, национальные научные кадры нуждались в собственной программе физических исследований.

Ф. Зёргель вспоминает: «В ЦЕРНе сооружался протонный ускоритель и в конце 50-х годов возникла идея построить в Германии относительно небольшой и дешевый электронный синхротрон с перспективой вскоре превратить его в более мощную установку. Такой ускоритель давал бы дополнительные к ЦЕРНу возможности изучения физического мира и одновременно был бы открыт преимущественно ученым германских университетов.

Своим основанием лаборатория «Дэзи» в большой степени обязана профессору В. Ентчке, австрийцу по происхождению. Ентчке тогда только вернулся из США в Гамбургский физический институт. Он и стал руководителем проекта и первым директором «Дэзи». Официальное соглашение между правительством ФРГ и местным правительством Гамбурга было подписано 18

¹ Арутюнян И. Н. Физический Вавилон в центре Европы // Природа. 1992. № 6. С. 48—62.



Схема расположения туннелей двух самых крупных ускорителей — «Гера» и «Петра» — Национального исследовательского центра по физике элементарных частиц «Дэзи» в Гамбурге [Германия]. В отличие от «Петры», уместяющейся на территории «Дэзи», большая часть 6,3-километрового туннеля «Геры» пролегает под общественным парком и городскими постройками.

Здесь и далее — фото «Дэзи»

декабря 1959 г., а в 1964 г. уже заработал электронный синхротрон «Дэзи» на энергию 6 ГэВ. В течение нескольких лет он оставался крупнейшим электронным ускорителем в мире.

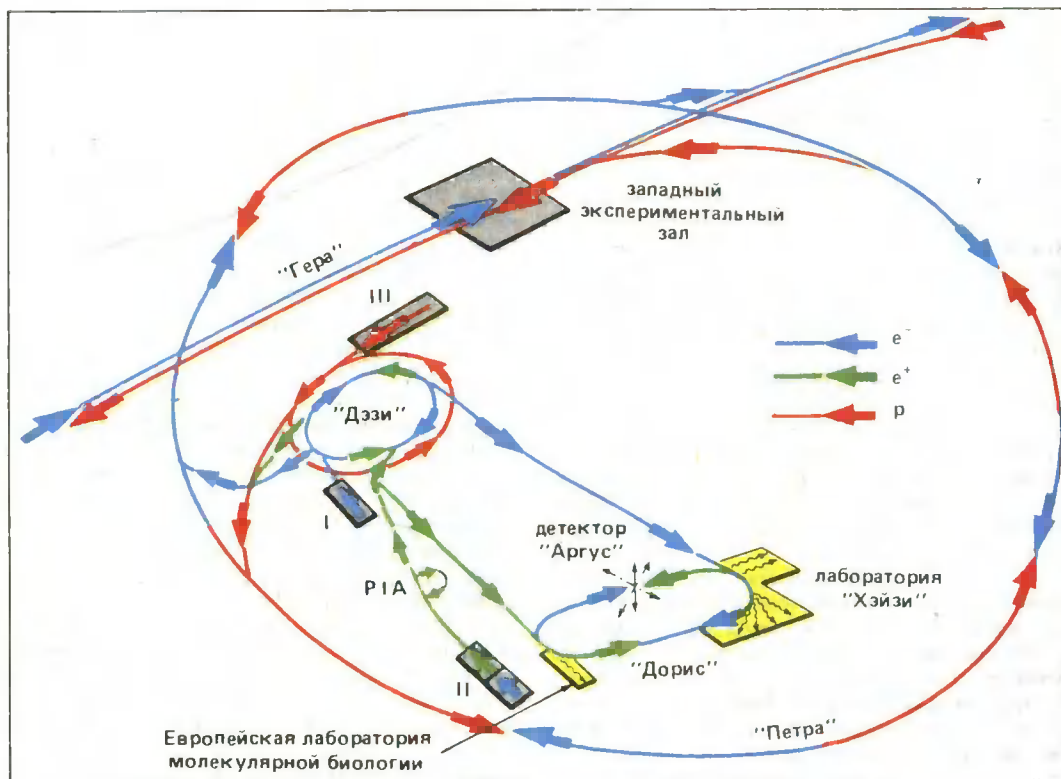
С научной точки зрения первые международно признанные результаты были получены на синхротроне «Дэзи» группой во главе с будущим нобелевским лауреатом С. Тингом. Изучался процесс рождения электрон-позитронных пар под действием квантов тормозного излучения. Предыдущие измерения в Кембридже, казалось, указывали на отклонения от квантовой электродинамики, но данные «Дэзи» подтвердили ее справедливость».

Научные исследования на первом гамбургском ускорителе продолжались до 1975 г. Здесь изучалось упругое рассеяние электронов на нуклонах, процессы

рождения мезонов при столкновении фотонов с ядрами. Здесь же была предпринята первая попытка заглянуть внутрь протона с помощью пучка ускоренных электронов. Эти эксперименты были чрезвычайно важны, но, к сожалению, гамбургских энергий оказалось недостаточно для открытия сложной структуры протона. Это было сделано позже в Станфордском ускорительном центре (SLAC, США).

Вторым важным решением, принятым в бытность Ентчке директором «Дэзи», стало одобрение в 1967 г. проекта создания коллайдера, в котором бы сталкивались встречные электрон-позитронные пучки. Это решение предопределило все будущее развитие «Дэзи» и позволило на равных конкурировать с другими крупными центрами в области физики высоких энергий.

В 1974 г. — «Дорис» (DORIS — от нем. Doppel-Ring Speicheranlage — двухкольцевая накопительная установка) была готова к выполнению научной программы. Энергия столкновения e^+e^- -пучков на «Дорис» составила 7 ГэВ (3,5 ГэВ в каждом пучке). Это превысило эффективную энергию столкновений (6,3 ГэВ в системе центра масс) на линейном ускорителе в Станфорде, где электронный пучок ускорялся до энергии 20 ГэВ, но направлялся на неподвижную мишень,



Система ускорителей и инжекторов, «снабжающих» установки «Дорис» и «Гера», на которых ведутся физические эксперименты в «Дэзи», пучками электронов e^- , позитронов e^+ и протонов p . Волнистыми стрелками обозначены пучки синхротронного излучения, на которых ведутся исследования в лаборатории «Хэйзи»

и гамбургском филиале Европейской лаборатории молекулярной биологии. I, II, III — линейные ускорители соответственно на энергии 200, 450 и 50 МэВ, PIA — накопитель позитронов. В туннеле синхротрона «Дэзи» расположены сейчас два кольца: в одном ускоряются электроны и позитроны до энергии 9 ГэВ, в другом —

протоны до энергии 7,5 ГэВ. Коллайдер «Петра» также переоборудован для ускорения как электронов [позитронов] до энергии 14 ГэВ, так и протонов до энергии 40 ГэВ. Из него частицы инжектируются в «Геру».

так что основная часть энергии расходовалась «вхолостую». Здесь наглядно проявились преимущества ускорителей на встречных пучках.

Однако провидение было не слишком благосклонно к Гамбургу. «Дорис» опоздала к наиболее значительному открытию того времени. Чуть раньше ее запуска С. Тинг и Б. Рихтер обнаружили J/ψ -частицы, состоящие из тяжелых c -кварков (от англ. charm — очарование). Перед учеными открылись двери в «очарованный» мир. Энергия «Дорис» позволила физикам «Дэзи» сразу же войти туда и активно включиться в исследования свойств этих частиц и их возбужденных состояний («чармония»). Многими нашими знаниями о «чармонии» мы обязаны «Дэзи».

В 1975 г. в Станфорде обнаружили новую частицу — t -лептон. К этому открытию «Дорис» добавила очень важную информацию, установив тождественность свойств электрона и t -лептона во всем, за исключением массы, которая оказалась почти в 3500 раз большей.

И, наконец, в 1977 г. в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США) открыли еще одно семейство частиц — Y , состоящих из b -кварков (от англ. beauty — красота, прелесть), более тяжелых, нежели c -кварки. Для их получения энергии «Дорис» не хватало. К 1978 г. в «Дэзи» слегка «поднатужились» и подняли энергию столкновения выше порога рождения Y . Это позволило провести на «Дорис» детальные исследования свойств и спектроскопии

этих частиц. «Прелестная» физика оказалась столь богатой и перспективной, что «Дорис» была реконструирована еще раз с целью увеличения энергии столкновения до 10,6 ГэВ. На обновленном коллайдере с 1982 г. заработал детектор «Аргус», в сооружении и последующей эксплуатации которого самое активное участие принимали физики ИТЭФ. Исследования на «Аргусе» оказались исключительно плодотворными²: наблюдения осцилляций В-мезонов (связанных состояний «прелестных» b и $\bar{b}$ -кварков) признаны одним из лучших экспериментов десятилетия, а соответствующие публикации относятся к самым цитируемым работам.

Друзья-соперники из Станфорда оценили возможность «Дорис» и в том же году переместили в Гамбург прекрасно зарекомендовавший себя детектор Crystal Ball («Хрустальный шар»), на котором ранее были совершены многие из открытий американских физиков.

«Дорис» функционирует по сию пору, причем с максимальной нагрузкой. С 1978 г. там обосновалась еще одна лаборатория, в традиции «Дэзи» нежно названная «Хэйзи» (HASYLAB — от англ. Hamburg Synchrotron Laboratory — Гамбургская лаборатория синхротронного излучения). Вращение электронов по кольцевым орбитам ускорителей непременно приводит к испусканию ими электромагнитного излучения, называемого синхротронным. Уникальный набор свойств этого излучения (интенсивность, направленность, поляризация и пр.) делают его великолепным инструментом не только для детального изучения структуры вещества на молекулярных и атомных масштабах, но и для тонких технологических процессов. В специально построенный для исследований зал выводятся 27 пучков синхротронного излучения, на которых проводятся биологические, химические, физические, технологические и медицинские эксперименты.

Не могу сказать, что необходимость делить время работы ускорителя между двумя направлениями исследований приводит в восторг экспериментаторов, у которых желания всегда превышают возможности. Не случайно Ф. Зёргель добродушно пошутил, что профессор Зайцев (член группы «Аргус») страдает от синхротронного излучения, а синхротронное излучение —

от Зайцева. Говорят, что в каждой шутке есть доля правды, хотя в наше время в шутке зачастую содержится лишь доля шутки, а остальное все — правда. Так вот, правда, по словам Зёргеля, в том, что обе программы исследований очень хороши, и физика высоких энергий должна потесниться и сосуществовать с исследованиями «Хэйзи». Работа с синхротронным излучением — долгосрочная программа исследований для установки «Дорис».

Что ж, возможно, спринтерские качества «Дорис» оказались не блестящими, и она пропустила вперед другие ускорительные установки. Но из нее получился прекрасный стайер, что не менее важно как для фундаментальной науки, так и для прикладных исследований. За сенсационными открытиями обычно наступает период кропотливого труда, детального изучения новых явлений и объектов, без чего даже важнейшие научные прорывы и озарения останутся не более чем этюдами (пусть гениальными) к целостной картине мира.

Пока «Дорис» строилась и боролась за жизнь в условиях жесткой международной конкуренции, в «Дэзи» продумывались дальнейшие планы развития лаборатории. Очередная козырная карта была разыграна в 1974 г., в год запуска «Дорис». Именно тогда был выдвинут проект нового электрон-позитронного коллайдера «Петра» (PETRA — от англ. Positron-Electron Ring Accelerator) с длиной окружности 2,3 км и энергией столкновения 2×19 ГэВ. (В дальнейшем энергия каждого из пучков была повышена до 23,5 ГэВ.) На первый взгляд установка могла показаться очень дорогой, но с учетом инфляции она, как оказалось, стоила не больше первого синхротрона «Дэзи». Возможности же она представляла широкие, тем более, что были хорошо усвоены уроки «Дорис».

«Петра» вошла в строй в апреле 1979 г. — на 9 месяцев раньше намеченного срока — и на два года опередила ближайшего конкурента, электрон-позитронное накопительное кольцо PEP в Станфорде. «Петра» оставалась мировым лидером в этом классе ускорителей с первого до последнего дня своего существования. Физические эксперименты на ней были весьма предусмотрительно прекращены в 1986 г., за две недели до начала программы исследований на японском e^+e^- -коллайдере «Тристан» с энергией 2×30 ГэВ.

Из физических результатов, полученных на установке «Петра», Зёргель особо отметил два безусловных достижения. Здесь впервые наблюдались события, интерпрети-

²Данилов М. В., Зайцев Ю. М. Спектроскопия Υ -мезонов // Природа. 1986. № 5. С. 30—33; Голутвин А. И., Зайцев Ю. М. Осцилляции в системе «прелестных» мезонов // Природа. 1989. № 5. С. 64—69; Уралцев Н. Г., Хозе В. А. ARGUS на страже стандартной модели фундаментальных взаимодействий // Там же. С. 69—75.

рованные как доказательство существования глюонов — переносчиков сильных «цветовых» взаимодействий, ответственных за «склеивание» кварков в адронах. Вторым достижением стало открытие асимметрии при аннигиляции электронов и позитронов в мюонные пары, что свидетельствовало о правильности теоретической модели, объединившей электромагнитные и слабые взаимодействия, и косвенно подтверждало существование Z^0 -бозона, одного из переносчиков электрослабых сил. Для прямого наблюдения Z^0 -энергии в Гамбурге не хватило, пару лет спустя их «увидели» в ЦЕРНе на рр-коллайдере SPS³. Признаюсь, что физические заслуги установки «Петра» не были для меня новостью: «Природа» никогда не проходила мимо событий такого масштаба и с доступной ей оперативностью освещала их⁴.

Дальнейшая судьба коллайдера «Петра» укладывается в уже хорошо себя зарекомендовавшую и очень естественную схему использования «отработавших свое» ускорителей: они становятся инжекторами для новых, более мощных установок. Так уже не раз поступали в ЦЕРНе, так сделали в «Дэзи», когда было принято решение о строительстве ускорителя «Гера», в значительной степени определяющего современные позиции «Дэзи» в мировой науке.

НЕБОЖИТЕЛИ СПУСКАЮТСЯ ПОД ЗЕМЛЮ

«Идея создать встречные электрон-протонные пучки возникла очень давно, еще до моего появления в «Дэзи», — вспоминал Ф. Зёргель. — Существовал проект модернизации двухкольцевого коллайдера «Дорис», согласно которому в одном из колец должны были бы накапливаться протоны. Однако открытие J/ψ -частиц изменило эти планы, так как программа исследований на «Дорис» была резко переориентирована на их детальное исследование.

В конце 70-х годов стало ясно, что ЦЕРН вступает в «электронную» эру. Сооружение там электрон-позитронного коллайдера LEP означало вторжение в область, которую физики «Дэзи» привыкли считать своей. В этих обстоятельствах возврат к идее сооружения ер-коллайдера был для нас совершенно естественным шагом.»

Идея была успешно воплощена в жизнь, и летом 1992 г. физики «Дэзи» приступили к выполнению экспериментальной программы на новом коллайдере с электронным кольцом на энергию 30 ГэВ и с протонным — на энергию 820 ГэВ.

По сравнению с ускорителями с неподвижной мишенью коллайдеры дают колоссальный выигрыш в энергии столкновения E , т. е. в полезной энергии, которая может быть затрачена на рождение новых частиц. Кинематика специальной теории относительности дает для энергии столкновения высокоэнергетических частиц выражение $E = 2\sqrt{E_1 E_2}$, где $E_{1(2)}$ — энергия частиц в первом (втором) пучках. В случае «Геры» $E = 2\sqrt{820 \cdot 30} = 314$ ГэВ. Чтобы добиться такой же энергии столкновения на электронном ускорителе с неподвижной протонной мишенью, надо было бы ускорить электроны до недостижимых пока энергий порядка 50 000 ГэВ.

Коллайдер «Гера» расположен в просторном туннеле диаметром 5,2 м и длиной 6,3 км, прорытом на глубине 10—25 м. Протонное кольцо помещено непосредственно над электронным в том же туннеле. Электроны и протоны раздельно группируются примерно в 200 сгустков, каждый из которых содержит около 100 млрд. частиц. Протонные и электронные сгустки вращаются в коллайдере в противоположных направлениях с частотой почти 50 тыс. оборотов в секунду. Там, где пути электронов и протонов пересекаются (в «Гере» предусмотрено четыре таких места), происходят лобовые столкновения этих частиц, которые регистрируются детекторами и анализируются физиками.

Сооружение электронного кольца было привычным для «Дэзи» делом. Для удержания электронов на орбите в данном случае было достаточно сравнительно небольшого магнитного поля — 0,16 Тл. Поэтому в электронном кольце были установлены обычные электромагниты. А вот для возмещения потерь энергии за счет испускания вращающимися электронами синхротронного излучения здесь пришлось использовать сверхпроводящие резонаторы, нуждающиеся в охлаждении жидким гелием.

Протонное кольцо «Геры» резко отличается от электронного, и доведение его до проектных параметров потребовало огромной работы. Протоны ускоряются здесь до огромной энергии 820 ГэВ (это — почти рекорд, чуть большие энергии достигнуты пока только на американском протонном коллайдере «Теватрон» в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Фер-

³Смондырев М. А. Промежуточные векторные бозоны // Природа. 1983. № 12. С. 21—35.

⁴Долгов А. Д. Открытие глюона // Природа. 1980. № 2. С. 105—106; Новый эффект в электрослабых взаимодействиях // Природа. 1982. № 5. С. 110—111.



Специальная проходческая машина «Геркулес» в момент появления в южном экспериментальном зале «Геры». За «плечами» «Геркулеса» два года работы под землей и прорытый туннель «Геры».

ми в Батавии, США). Чтобы удержатъ столь «энергичные» протоны на кольцевой орбите, нужны колоссальные магнитные поля, которые способны создать лишь сверхпроводящие магниты. Оснащение протонного кольца такими магнитами со всеми сопутствующими криогенными устройствами потребовало усилий ученых и промышленников нескольких стран.

Магнитная система протонного кольца «Геры» состоит из 246 квадрупольных (фокусирующих) магнитов и 453 дипольных (отклоняющих) магнитов, не считая более тысячи корректирующих мультипольных катушек. Производство корректирующих катушек почти целиком взяла на себя Голландия, квадруполь делались пополам Германией и Францией, а диполи — Германией и Италией.

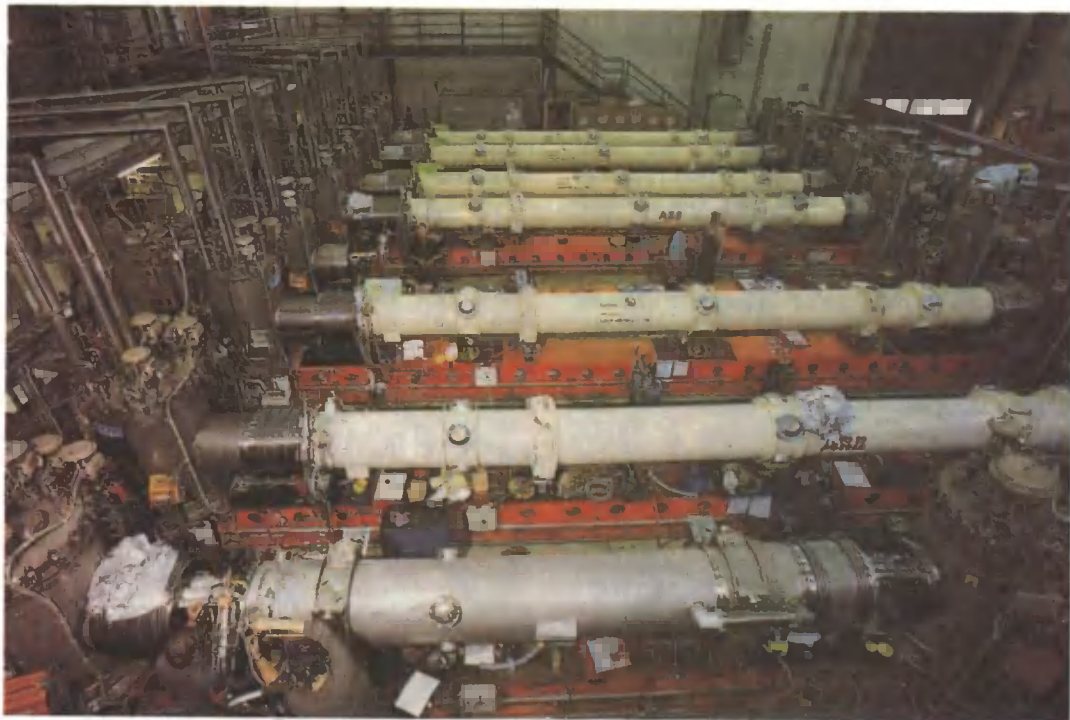
Чтобы представить себе масштаб и сложность выполненной работы по оснащению «Геры» сверхпроводящим оборудованием, приведу несколько красноречивых подробностей. Так, дипольный магнит, со-

здающий отклоняющее поле 4,7 Тл, имеет в длину 9 м. Для обмоток сверхпроводящих магнитов «Геры» понадобилось 1000 км специального кабеля. Его основу составляют тончайшие нити диаметром 0,014 мм, выполненные из сверхпроводящего ниобий-титанового сплава. Из 1230 нитей сплеталась сверхпроводящая проволока диаметром 0,8 мм, а из 24 таких проволочек изготовлялся уже сам кабель. Готовые магниты прошли всестороннюю проверку, и ученые остались довольны работой западноевропейской промышленности: забракованными оказались не более одного магнита на сотню изделий.

Для охлаждения такого количества сверхпроводящих магнитов до их «нормальной» рабочей температуры 4,4 К (-269°C) нужна целая река жидкого гелия, текущая по трубопроводу, размещенному в туннеле ускорителя непосредственно над протонным кольцом. Жидкий гелий производится в «Дэзи» на специально построенной крупнейшей в Европе холодильной системе, состоящей из трех независимых линий. Нормальную работу «Геры» способны обеспечить даже две из них, а третья запланирована как резервная — на случай необходимости резкого повышения производства жидкого гелия или замены одной из двух основных линий.

«Гера» стала первым в «Дэзи» ускорителем, не только эксплуатируемым, но и построенным при широком международном сотрудничестве. Вклад исследовательских центров шести стран был внесен в виде компонент ускорителя и инжектора, разработанных и изготовленных в сотрудничестве с местной промышленностью. Кроме упоминавшихся Голландии, Италии и Франции сюда относятся Израиль, Канада и США. Еще пять стран (КНР, Чехословакия, ГДР, Польша и Англия) послали в «Дэзи» квалифицированный персонал, непосредственно участвовавший в сооружении «Геры».

Для выполнения научной программы построены четыре экспериментальных зала размерами 25×43 м, уходящих на семь этажей под землю. В северном зале установлен детектор H1, в южном — детектор «Зевс» (ZEUS). Оба детектора — также плод усилий международных команд, в которых участвует и Россия. Выходы из экспериментальных залов на поверхность оформлены в виде «небольших приятных сооружений» (цитата из буклета о «Дэзи»). Дело в том, что три из них расположены вне территории «Дэзи» — вблизи школы, в общественном парке и около гамбургского ипподрома, а в «Дэзи» всегда принимали



Десятиметровые дипольные (отклоняющие) магниты протонного кольца «Герн» в зале для испытаний. Внизу — кабель для этих магнитов, разработанный в лаборатории «Дэзи». Он состоит из 24 проводочков диаметром 0,8 мм, каждая из которых сплетается из 1230 нитей диаметром 0,014 мм из сверхпроводящего титан-ниобиевого сплава. Для сверхпроводящих магнитов «Герн» понадобилось около 1000 км такого кабеля.



Редактор отдела физики журнала «Природа» И. Н. Арутюнян у детектора «Аргус».

в расчет тот факт, что это — единственный в мире ускорительный центр, расположенный непосредственно в границах большого города. Ф. Зёргель отмечал, что они предпринимают значительные усилия по формированию положительной реакции

властей и жителей Гамбурга на деятельность лаборатории. Здесь явно не жалеют времени на планомерную работу со школьниками и студентами, стайки которых то тут, то там мелькают на дорожках между корпусами «Дэзи». Предпринимаются также

меры явно предупредительного характера. Так, я с изумлением обнаружила, что силовая подстанция на территории «Дэзи» с одной стороны отгорожена звукопоглощающей стеной, покрашенной в бело-голубые тона. Назначение стены — не пропускать характерное низкочастотное гудение в сторону жилого квартала. Как мне показалось, гудение не слишком заметно и с той стороны, где стены нет, но такой жест, конечно же, должен импонировать жителям уютных особняков, соседствующих с «Дэзи». Другой пример — труба, возвышающаяся над территорией лаборатории. Она придавала бы всей округе угрюмо-индустриальный вид, если бы не те же небесно-голубые тона, в которые она окрашена, и белые облака и силуэты птиц, которыми разрисована. Говорят, что это сделано не только из эстетических соображений, но и для того, чтобы предотвращать столкновения настоящих птиц с трубой.

Так или иначе, но жители Гамбурга не имеют ничего против того, чтобы «Гер» и «Зевс», встречаясь под их домами, выполняли миссию, возложенную на них физиками.

НАУЧНАЯ МИССИЯ «ГЕРЫ»

1 октября 1992 г. более 600 ученых из разных стран собрались в «Дэзи» на специальный торжественный colloquium в честь официального начала экспериментов на «Гер»⁵. Среди выступавших был К. Ллевеллин Смит, давний энтузиаст исследований на электрон-протонных пучках, выбранный недавно генеральным директором ЦЕРНа (этот пост он займет с начала 1994 г.).

Что же так влечет физиков к «Гер» и почему она сможет конкурировать с самыми мощными в мире коллайдерами: электрон-позитронным LEP (2×50 ГэВ) в ЦЕРНе и протон-антипротонным «Теватроном» (2×900 ГэВ) в Лаборатории им. Э. Ферми? Для физиков ответ формулируется всего в нескольких словах: на «Гер» можно изучать глубоконеупругое рассеяние электронов на протонах при недоступных до этого энергиях. Попробуем расшифровать этот профессионально-лаконичный ответ.

Слово «рассеяние» понять нетрудно: электрон налетает на протон и отклоняется («рассеивается») на некоторый угол. Наблюдая за отклонениями, физики пытаются «разглядеть» внутреннее устройство протона. Похожим образом микроскоп, улавливая световые волны, рассеянные какой-нибудь инфузурией, позволяет нам увидеть ее. Согласно квантовой механике, электроны и

прочие микрочастицы обладают волновыми свойствами, так что их можно использовать с той же целью в «микроскопах микромира», как иногда называют ускорители.

Слово «неупругий» в применении к процессу рассеяния означает, что в конечном состоянии мы имеем иной набор частиц, нежели в начальном. Иначе говоря, при столкновении с электроном протон может породить множество других сильно-взаимодействующих частиц — адронов. Да и сам электрон может изменить свою природу, превратившись в электронное нейтрино.

Наконец, слово «глубоко» показывает, что электрон наталкивается не на протон как целое, а проникает вглубь и сталкивается с одним из трех составляющих его кварков. Согласно общепринятым теориям, кварки представляют собой фундаментальные точечные объекты без внутренней структуры и, следовательно, размеров. Но так ли это на самом деле? «Гер» может помочь ответить на этот важный вопрос.

Одной из характеристик обычных микроскопов является их разрешающая способность, т. е. доступные наблюдению минимальные размеры объектов. Из-за явлений дифракции в микроскоп невозможно разглядеть объекты, размеры которых меньше длины световой волны. Если уподобить коллайдер микроскопу⁵, то используемая «длина волны» обратно пропорциональна величине изменения импульса электрона Q, так что его «разрешающая способность» $d = \hbar/Q$. (Эта формула — одно из проявлений соотношений неопределенности Гейзенберга, $\hbar$ — постоянная Планка.) Чем больше отклонение электрона при столкновении, тем больше переданный протону импульс Q и тем меньшие размеры доступны для изучения с помощью коллайдера. Максимальное значение переданного импульса связано с энергией столкновения простым соотношением: $Q = E/c$ (с — скорость света). В результате для «разрешающей способности» коллайдера имеем

$$d = \frac{\hbar c}{E} \approx \frac{197,4}{E(\text{ГэВ})} \times 10^{-18} \text{ м.}$$

Подставляя сюда энергию столкновения электронов с протонами в «Гер» $E = 314 \text{ ГэВ}$, получаем $d = 0,6 \times 10^{-18} \text{ м}$. Именно такие малые расстояния могут быть «прощупаны» в экспериментах на этой установке. Если

⁵ А р у т ю н я н И. Н. Ускорители нового поколения и их задачи // Природа. 1981. № 12. С. 36—48.

кварки имеют такие или большие размеры, это будет замечено. Пока на «Теватроне» получены косвенные указания на то, что в пределах расстояний 3×10^{-18} м кварки можно считать точечными объектами.

Высокая энергия столкновения делает возможным рождение на «Гере» новых частиц, масса которых не превышает $314 \text{ ГэВ}/c^2$. Здесь могут обнаружиться новые лептоны (двойники электрона или нейтрино) и кварки. Не слишком общепринятые пока теории предсказывают целый «зоопарк» таких частиц. Здесь и возбужденные состояния кварков и лептонов, что предполагает их сложную внутреннюю структуру. Здесь и различные суперсимметричные частицы — результат упражнений физиков, пытающихся объединить теории элементарных частиц с теорией гравитации. Здесь и своеобразные «дуальные животные» (вроде древнегреческого кентавра или английского шарка) — гипотетические лептокварки, несущие квантовые числа как кварков, так и лептонов. Большая часть моделей, объединяющих сильные и электро-слабые взаимодействия, содержат лептокварки. В протон-антипротонных соударениях такие частицы должны рождаться парами. Поэтому данные, полученные на «Теватроне», исключают существование лептокварков с массой, меньшей $100 \text{ ГэВ}/c^2$, но ничего не говорят о более массивных частицах. В то же время, некоторые теории предсказывают массу лептокварков в пределах $100\text{—}300 \text{ ГэВ}/c^2$. На «Гере» лептокварки, если они существуют, смогут родиться поодиночке и будут обнаружены, если их масса не превышает $314 \text{ ГэВ}/c^2$. Есть теории, в которых существуют так называемые дилептоны, несущие двойной электронный заряд. Словом, объектов для охоты предостаточно, если только все это — не плоды слишком (или, наоборот, не слишком?) богатого воображения теоретиков.

Никто не знает, какие экзотические явления или объекты проявятся в экспериментах на «Гере». Очень может быть, что ничего сенсационного так и не будет обнаружено. Но мысль о том, что «Гера» была построена напрасно, может прийти в голову только совершенно неискушенному в специфике научного поиска человеку. Во-первых, отрицательный результат — это тоже результат. Теоретики будут вынуждены пересмотреть некоторые из своих моделей и поискать более изощренные пути постижения тайн природы. Во-вторых, главная задача «Геры», как представляется, это детальная проверка уже хорошо себя зарекомендовавшей теории электрослабых

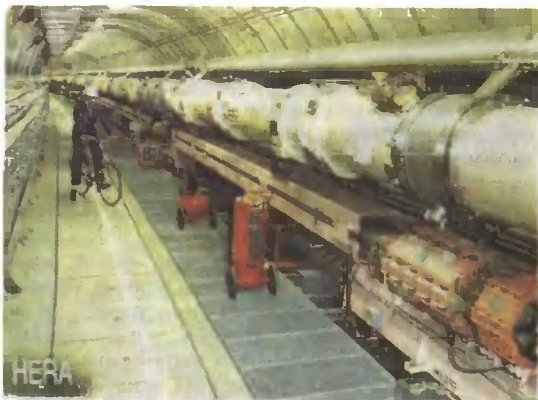
взаимодействий. Именно на пути рутинной проверки всех следствий «хороших» теорий и совершаются неожиданные открытия. Согласно современным воззрениям, при небольших переданных импульсах электрон взаимодействует с протоном путем обмена квантом электромагнитного поля — фотоном. Когда значения переданного протону импульса Q приближаются к $100 \text{ ГэВ}/c$, к фотону присоединяется массивный векторный бозон Z^0 , а в случае если в конечном состоянии возникает нейтрино, то и $W^\pm$. Как говорят физики, в процесс включаются нейтральные и заряженные слабые токи. Изучение структуры этих токов — важная задача «Геры». Наконец, на «Гере» будет проверяться и вторая из «хороших» современных теорий — квантовая хромодинамика, т. е. теория сильных взаимодействий. Данные «Геры» позволят уточнить законы распределения кварков и соединяющих их глюонов внутри протона.

ЛЮДИ И ДЕНЬГИ

Нетленная мудрость, рожденная некогда в нашей стране, гласила, что «кадры решают все». Денег тогда особо не считали, как, впрочем, зачастую и людей. Сейчас, пытаясь сотворить систему то ли с «человеческим», то ли с «нечеловеческим» лицом, о деньгах говорят много и везде, будь то на коммунальных кухнях или высоких научных собраниях. Обсудим и мы такой немаловажный аспект физики высоких энергий, как ее финансирование, тем более что, стремясь в светлое будущее рыночных отношений, небесполезно уяснить для себя, как формируется материальная основа фундаментальных исследований в странах с нормально функционирующей экономикой.

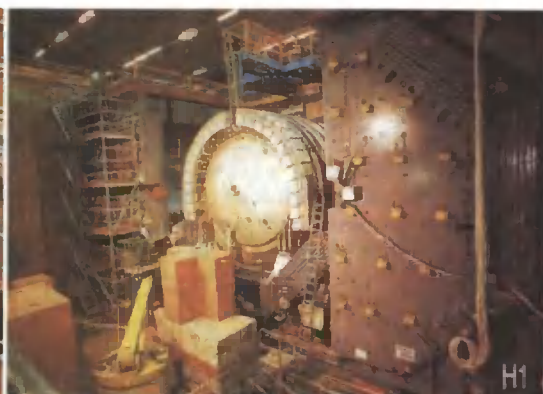
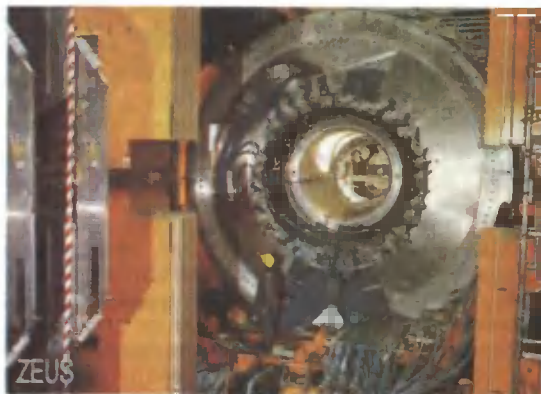
Концепция финансирования «Дэзи» не отличается от предлагаемой другим национальным научно-исследовательским центрам Германии, а их там 13. Федеральное правительство берет на себя 90 % расходов, а 10 % выделяют местные власти (в случае «Дэзи» это — правительство Гамбурга). В прошлом году бюджет «Дэзи» составил 250 млн. марок. Из них 110 млн. пошло на зарплату сотрудников, а их в постоянном штате «Дэзи» около 1300 чел. Более 30 млн. было израсходовано на оплату электро-энергии, и примерно столько же средств поглотили другие эксплуатационные расходы. Остальные деньги пошли на развитие лаборатории: закупку нового оборудования, капитальное строительство и т. п.

Финансирование крупных проектов требует самостоятельных решений. Так, когда была выдвинута идея создания



Участок туннеля ер-коллайдера «Гера». Внизу находится электронное кольцо ускорителя на энергию 30 ГэВ, оснащенное системой обычных («теплых») магнитов. Над ним — протонное кольцо на энергию 820 ГэВ со сверхпроводящей системой магнитов и трубопровод с жидким гелием для их охлаждения.

Два детектора — H1 и «Зевс», на которых начата экспериментальная программа «Геры». «Сердце» детектора — калориметр для измерения энергии образовавшихся в процессе ер-соударений. Калориметр «Зевса» составлен из пластин обедненного урана и специального сцинтиллятора и весит 575 т, а жидкокристаллический калориметр H1 весит 350 т. Сами же детекторы примерно в 10 раз тяжелее. Размеры детекторов не менее впечатляющие — по высоте они превышают четырехэтажный дом.

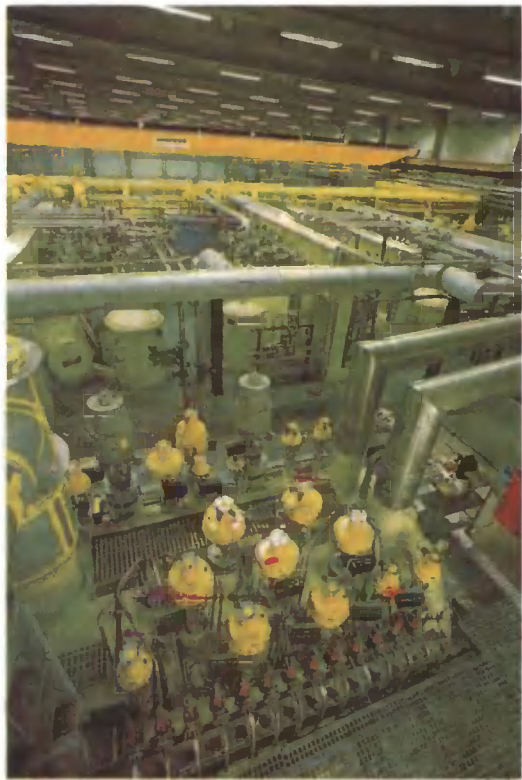


«Геры», Федеральное правительство поддержало ее при условии, что часть расходов по сооружению установки возьмут на себя государства, заинтересованные в исследованиях на «Гере». В результате полная стоимость «Геры», составившая 1010 млн. марок, была на 72 % оплачена Федеральным правительством, на 13 % — властями Гамбурга, а оставшиеся 15 % пришлось на долю иностранных государств, изъявивших желание участвовать в проекте (эти поступления, как уже упоминалось, были сделаны в виде различных компонент ускорителя).

Ф. Зёргель подчеркивал, что годовой бюджет приходится тщательно обосновывать, отстаивая каждую марку. Тем более сейчас, когда все ассигнования, в том числе на науку, несколько урезаются, поскольку больших материальных вложений требует процесс объединения Германии. Тем более примечательно, что бюджет «Дэзи» от этого пока не пострадал: немецкое правительство прекрасно осознает, что дорогостоящую «Геру» надо должным образом эксплуатировать, чтобы оправдать уже вложенные в нее деньги и не вызвать неудовольствия зарубежных партнеров. Кстати, на уже упо-

минавшемся торжественном colloquium в «Дэзи» прозвучали заверения в том, что правительство Германии выполнит все взятые на себя обязательства по развитию физики высоких энергий, на которую ежегодно выделяется 500 млн. марок. Эти немалые средства расходуются в основном на участие страны в ЦЕРНе и на исследования в «Дэзи».

Говоря об обязательствах перед иностранными коллегами, Ф. Зёргель вспомнил визит в «Дэзи» академика П. А. Черенкова, которого настолько восхитили перспективы экспериментов на «Гере», что он принял решение об участии в них руководимой им лаборатории из Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН). Впоследствии одним из вкладов России в эксперимент H1 стала поставка изготовленного на Ижорском заводе по заказу ФИАН стального ярма магнита весом 2000 т. Рассказав мне эту историю, Ф. Зёргель добавил: «Профессора Черенкова, увы, уже нет с нами, но Россия потратила много средств на этот эксперимент. Теперь пришло время воспользоваться установкой. Русские были бы справедливо недовольны, если бы «Геру» не удалось эксплуатировать с максимальной отдачей». Кстати сказать, если участие ино-



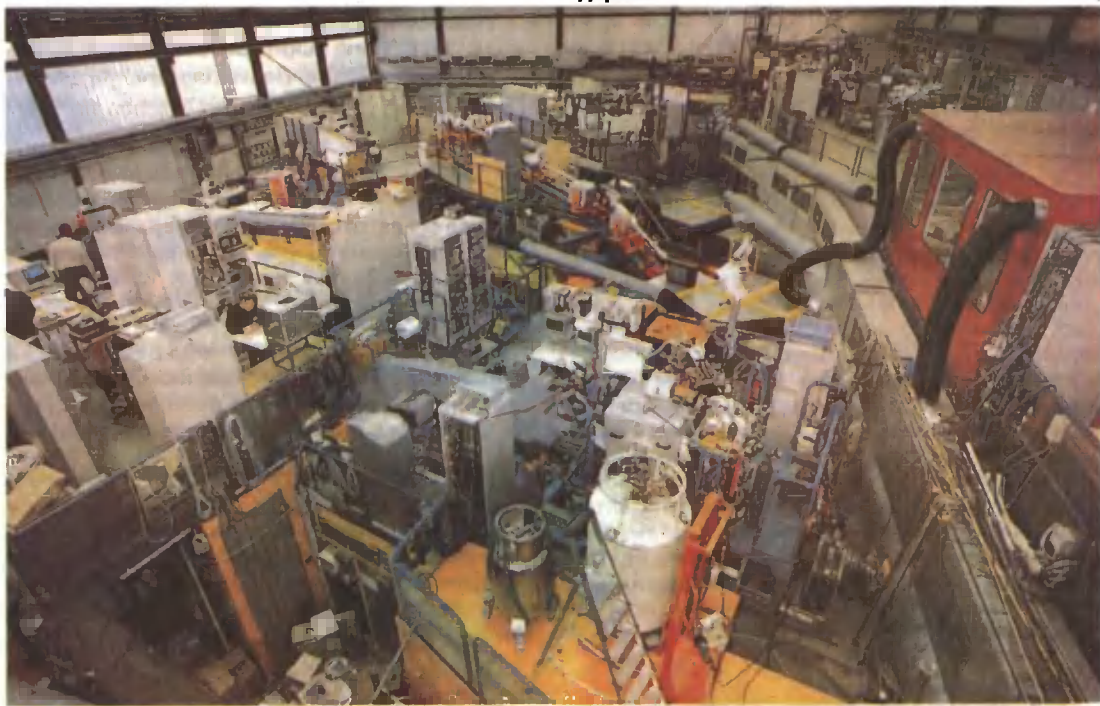
Самый большой «холодильник» Европы — криогенная система «Герн».

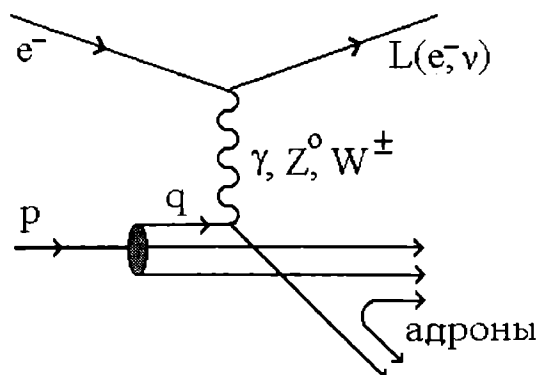
странных партнеров в строительстве собственно коллайдера было ощутимым (15 %), то их вклад в создание детекторов был во многом определяющим — они обеспечили 60 % их полной стоимости.

В «Дэзи» умеют ценить, поддерживать и развивать плодотворное международное сотрудничество. Число приглашенных физиков, работающих в «Дэзи» временно, превышает число постоянных сотрудников: 700 чел. из 17 стран мира работают на детекторах «Аргус», «Зевс» и H1, и еще 1000 (!) чел. из 22 стран ведут исследования на пучках синхротронного излучения в лаборатории «Хэйзи». Ф. Зёргель особо подчеркнул, что, в отличие от ЦЕРНа, в «Дэзи» не берут денег за эксплуатацию ускорителей, хотя это и немаловажная статья расходов в бюджете лаборатории. Гости приезжают со своим оборудованием и платят взнос лишь за эксплуатацию детекторов.

Однако эти общие для всех правила сейчас не касаются России, у которой научные связи с «Дэзи» — давние и прочные. Чтобы не оборвать эти связи из-за бедственного материального положения российской науки, в «Дэзи» оперативно приняли вполне конкретные и эффективные

Главный экспериментальный зал лаборатории «Хэйзи», где проводятся исследования в пучках синхротронного излучения, испускаемого электронами в кольце «Дорис».





Схематическое изображение (диаграмма Фейнмана) глубоконеупругого рассеяния электрона e^- на протоне p . В таком процессе электрон фактически взаимодействует не с протоном, а с одним из входящих в его состав кварков q . [Поэтому «Гера», на которой такие процессы будут изучаться в более широкой, чем до сих пор была доступна, области переменных, по сути, является электрон-кварковым коллайдером.] В зависимости от того, какой частицей обмениваются электрон и кварк при взаимодействии — нейтральным фотоном либо Z^0 -бозоном или заряженным W -бозоном — в конечном состоянии мы будем иметь заряженный или нейтральный лептон L соответственно. В стандартной модели — это электрон либо нейтрино ν , однако при энергиях столкновения, доступных «Гере», нельзя исключить появления лептонов другой природы. Что касается кварка q , «вышибленного» из протона, он порождает адронную струю.

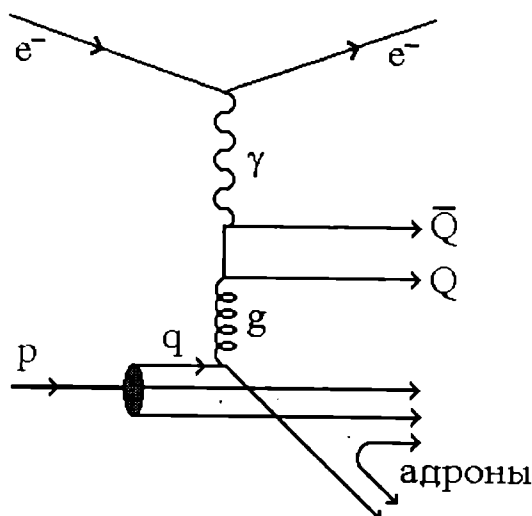


Диаграмма Фейнмана, описывающая процесс рождения пары $Q\bar{Q}$ тяжелых кварков в глубоконеупругом рассеянии электрона e на протоне p . Образование кварковой пары происходит за счет взаимодействия фотона γ , испущенного электроном, с глюоном g , испущенного кварком q протона (так называемое фотон-глюонное слияние). Установка «Гера» предоставляет новые уникальные возможности для изучения таких процессов, в которых могут быть обнаружены новые кварки.

шаги. Понимая проблемы с нехваткой валюты, немецкие коллеги решили временно взять на себя оплату пребывания российских ученых в Германии, а для обеспечения эффективной работы групп, занятых в программе «Дэзи», попросили нашу сторону поддержать их на территории России.

Говоря о перспективах помощи российской науке, Ф. Зёргель не был слишком оптимистичен: «Вряд ли мы можем сделать нечто большее, чем оказывать поддержку отдельным научным группам. Не скрою, что действуем мы, в первую очередь, в собственных интересах. Если русские вдруг не смогут более оставаться в «Дэзи», это приведет к самым серьезным проблемам в выполнении намеченной научной программы. России важно сейчас удерживать свой интеллектуальный потенциал внутри страны. Думаю, что предложенный нами способ будет отчасти этому способствовать. Ваш министр Салтыков платит ученым в России, мы платим им здесь, и они могут свободно передвигаться между Россией и Германией».

Конечно, все это не более чем локальные и временные меры. Да, Запад в той

или иной степени готов оказывать помощь российской науке, но в первую очередь там, где у него есть заинтересованность, и это естественно. Противоестественно то, что в стране с богатейшими научными и культурными традициями именно заинтересованность Запада служит главным аргументом, который используют наши ученые, борющиеся за выживание в неблагоприятных условиях тотальной коммерциализации. Создается впечатление, что наше общество нуждается только в колбасе и пуховках, но не в науке мирового уровня. А ведь науку нам пока еще не предстоит создавать с нуля, она уже есть, и ей по крайней мере не надо дать умереть. Но вернемся в «Дэзи», потому что, как известно, разговоры о судьбах России не имеют временных границ.

ЭПИЛОГ

Композиция этой статьи вполне традиционна и требует, чтобы в финале мы коснулись будущего «Дэзи». Собственно, этим закончилась и моя беседа с профессором Зёргелем, по мнению которого,

все планы лаборатории на ближайшее десятилетие связаны в первую очередь с исследованиями на «Герме». Именно столько лет понадобится для набора статистически достоверных данных, модификацию детекторов и т. п. Кроме того, предстоит оснастить экспериментальным оборудованием еще один, восточный, зал. Судьба запланированного для него детектора «Гермес» окончательно определится, если удастся добиться устойчивой 50 %-ной поляризации электронного пучка «Гермы». Взаимодействие такого пучка с поляризованной протонной мишенью (в «Гермесе» она будет неподвижной, потому что поляризовать должным образом протонный пучок «Гермы» невозможно) позволит детально изучить спиновую структуру протона.

Свободным остается и западный экспериментальный зал, расположенный на территории «Дэзи». На него претендует группа физиков, в которой активно участвуют ученые ИТЭФа. Цель предлагаемого ими нового эксперимента весьма амбициозна — обнаружение нарушения СР-симметрии в распадах В-мезонов. Если отразить наш обычный мир в зеркале и заменить все частицы на соответствующие античастицы, то получившееся «Антиазеркалье» почти ничем не будет отличаться от прежнего мира. Это «почти» и означает нарушение СР-инвариантности. До сих пор такое явление наблюдалось только в системе нейтральных K^0 -мезонов⁶, и природа его до настоящего времени не совсем ясна. Очевидно только, что это явление носит фундаментальный характер и непосредственно связано с какими-то глобальными закономерностями. Так, нарушение СР-симметрии «автоматически» означает выделенность одного из направлений течения времени. Согласно гипотезе А. Д. Сахарова, нарушение СР-симметрии ответственно также за преобладание частиц над античастицами во Вселенной⁷.

В свете такой долгосрочной программы экспериментов, какой является программа «Гермы», в «Дэзи» считают пока неуместным выступать с новыми крупными проектами. Учитывая, однако, что в ЦЕРНе предполагается возврат к физике pp-столкновений (проект LHC) и на это же нацелен

сверхпроводящий суперколлайдер SSC, строящийся в Техасе, с большой долей уверенности можно утверждать, что следующий этап в истории «Дэзи» будет опять связан с e^+e^- -установкой. Тогда, по мнению Ф. Зёргля, прекрасным выбором мог бы стать линейный коллайдер.

Технические проработки таких установок ведутся сейчас в США, Японии и у нас в России. Все они основаны на том, чтобы добиться высокого темпа ускорения с помощью высокочастотных (10 ГГц и выше) электромагнитных полей. В «Дэзи» развивается свой собственный подход, который предполагает использовать частоты не выше 3 ГГц. Он имеет целый ряд преимуществ, например возможность применения уже хорошо развитой технологии осуществления e^+e^- -столкновений на коллайдерах. Правда, это приводит к увеличению длины туннеля ускорителя, но, как отметил Ф. Зёргель, это не самое дорогостоящее мероприятие, особенно в Гамбурге, где исключительно благоприятный для подземного строительства грунт и доброжелательное отношение общественности. Обсуждаются еще более серьезные планы — сделать этот ускоритель «сверхпроводящим», причем потратив не больше денег, чем понадобилось бы на обыкновенный «теплый». Жизнь, как водится, еще скорректирует эти намерения, хотя есть все основания полагать, что в «Дэзи» выполнят любые намеченные планы. Залогом тому служит вся история «Дэзи», которая, возможно, была бы совсем иной без известного немецкого трудолюбия, страсти к порядку, «железной воли» и «германского гения».

Судя по мнениям авторитетов, приведенным в эпиграфе, эти замечательные качества не были заданы априори, на их формирование ушло достаточно много времени. Хочется верить, что немецкий народ уже преодолел один из самых трудных и длинных участков своего эволюционного пути и приблизился к идеалу, сформулированному Ф. Шиллером:

Доблесть немца и величие —
Не в неправде ратных дел.
Битвы против заблуждений,
Чванных, злобных обольщений,
Мир духовных достижений —
Вот достойный нас удел!

Впрочем, это может послужить вполне достойным идеалом и для любого другого народа.

⁶Смондырев М. А. Лауреаты Нобелевской премии 1980 года. По физике — Дж. Кронин и В. Фитч // Природа. 1981. № 1. С. 98—101.

⁷Сахаров А. Д. Симметрия Вселенной // Природа. 1990. № 8. С. 56—59; Линдс А. Д. «Неположенные» вопросы — отгадка или безумие? // Там же. С. 60—61.

Древности затопленного Белоозера

Н. А. Макаров,
С. Д. Захаров



Николай Андреевич Макаров, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Института археологии РАН. Научные интересы связаны с археологией и средневековой историей северных областей России. Автор около 70 научных работ. В «Природе» опубликовал статью «На волокх Русского Севера» (1992, № 4).



Сергей Дмитриевич Захаров, археолог, аспирант Института археологии РАН. В течение четырех последних лет ведет постоянные наблюдения за состоянием затопленного Белоозера.

ЛЕТОМ 1992 г. на территории Белоозера — одного из древнейших городов Северной Руси — были обнаружены интереснейшие вещи: два миниатюрных образка-подвески, вырезанные из темного сланца. Выброшенные волнами Шексны к нашим ногам, эти находки дают повод для разговора о необычной и трагической судьбе Белоозера, ныне ставшего археологическим памятником, на две трети затопленным Волго-Балтийской водной системой.

Редкие упоминания в летописи о Белоозере высвечивают лишь отдельные вехи его истории. Первыми его насельниками летописец называет весь — одно из финно-угорских племен¹. «Сказание о призвании варягов» сообщает о вокняжении на Белоозере в 862 г. Синеуса, брата Рюрика, занявшего новгородский стол. Летописная статья 1071 г. рассказывает о мятеже на Белоозере пришедших из Ярославля язычников-волхвов против местных старейшин, который сопровождался ритуальными убийствами «лучших жен», обвиненных в том, что они колдовством вызвали голод. Выступление волхвов было подавлено киевским боярином Яном Вышатичем, который собирал дань на Белоозере и случайно оказался очевидцем этих событий. С конца XI в. Белоозеро входило в состав Ростово-Суздальской земли. Благодаря своему удаленному географическому положению город в 1238 г. избежал монголо-татарского разгрома и послужил убежищем для ростовского епископа Кирилла. Возвращаясь из Белоозера после ухода татар, Кирилл подобрал на р. Сити обезглавленное тело великого князя Юрия Всеволодовича, погибшего в бою с татарами, и привез его для погребения в Ростов. К страшному 1238 г. относится образование самостоятельного Белоозерского княжества. Белоозерский

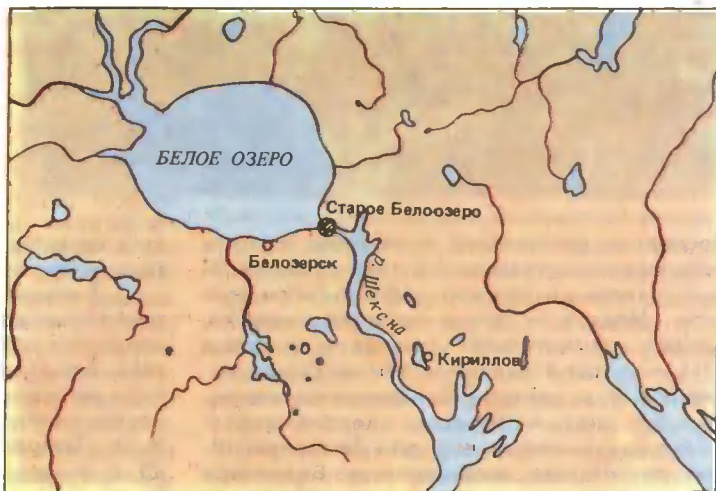
© Макаров Н. А., Захаров С. Д. Древности затопленного Белоозера.

¹ Голубев Л. А. Весь и славяне на Белом озере. X—XIII вв. М., 1973; Рябинин Е. А. Весь // Природа. 1993. № 1. С. 86—93.



Вид на Старый город. Справа: виден — лагерь экспедиции.

Фото авторов.



Район археологических исследований на Белом озере.

стол получил Глеб — годовалый сын князя Василька Константиновича, взятого в плен на Сити, а затем казнённого татарами. Глеб прибыл на Белоозеро и вступил во владение лишь в 1251 г., после достижения совершеннолетия. Белоозерское княжество сохраняло независимость до начала 1380-х годов, когда,

после гибели на Куликовом поле белоозерских князей старшей линии, оно перешло под власть московского великого князя Дмитрия Ивановича Донского, что было закреплено в его завещании 1389 г. Источники XIV в. фиксируют сосуществование на Белом озере двух «городков» — старого и нового.



Приходская церковь в с. Крохине — одном из старых сел в окрестностях Белоозера. Подтопленная Волго-Балтийской водной системой, она рухнет в ближайшие годы.



Миниатюрный (2,3×1,5 см) каменный образок XII—XIII вв. из Белоозера.

Деревянные мостовые XII—XIII вв., открытые в Белоозере раскопками Л. А. Голубевой.

Последнее упоминание о «старом городке Белозерском» относится к 1398 г., когда он был захвачен и сожжен новгородским войском. Упадок «старого городка» начался, однако, значительно раньше — в конце XIII — первой половине XIV в. Очевидно, уже в XIV в. центром Белозерского княжества был «новый городок», идентифицируемый с современным городом Белозерском. Все летописные сообщения о Белоозере XV в. относятся уже к новому городу.

За скухими летописными упоминаниями о Белоозере угадываются высокий статус его как политико-административного центра и особая роль как города на славяно-финском пограничье — тесно связанного с метрополией и в то же время защищенного благодаря своему географическому положе-

нию от многих военных и политических катаклизмов, потрясавших центр.

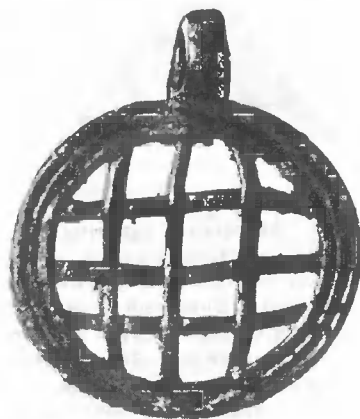
Белоозеро оказалось в поле зрения археологов раньше, чем многие другие древнерусские города. Летом 1860 г. Императорская Археологическая комиссия отправила «для археологических разысканий в окрестностях Белого озера» коллежского секретаря Я. М. Лазаревского и титулярного советника Ю. Б. Иверсена, ассигновав на эти цели солидную по тем временам сумму — около 550 руб. Объехав Белое озеро, Лазаревский оставил подробное описание нескольких мест, прочно связанных в белозерских преданиях с событиями далекого прошлого. Среди них было урочище Старый город на правом берегу р. Шексны в 2,5 версты от ее истока из Белого озера. Составленное в



Кресты, найденные в Белоозере в 1991 г. (в левом нижнем углу — мраморный крестик). XII—XIV вв.



Круглая подвеска из темно-серого камня диаметром около 2 см со стилизованным изображением креста. Вторая половина XII—XIII в.



Бронзовая решетчатая подвеска XII — начала XIV в. Возможный прототип каменного образца с крестом. ►

XVII в. историческое сочинение «О зачале и о создании Троицкого монастыря, что на Усть-Шексны» помещало на это место древнейшее Белоозеро, впоследствии перенесенное на 15 км к западу. В 1860-х годах Старый город представлял собой невысокий ровный берег р. Шексны, занятый полями и лугом, с тремя земляными насыпями, на одной из которых стояла часовня св. Василия Великого. Прорезав траншеями две насыпи, Иверсен обнаружил в них средневековые погребения, а в основании — культурный слой с камнями от печей и кухонными остатками. Выяснилось, что предания о Старом городе у истока Шексны имеют под собой историческую почву; таким образом, были получены ориентиры для дальнейших исследований.

Широкие раскопки в урочище Старый город были начаты в 1949 г. московским археологом Л. А. Голубевой и продолжались с перерывами 12 лет. Когда Голубева

впервые обследовала территорию средневекового Белоозера, памятник представлял собой своеобразный археологический заповедник. На ровном лугу заметно выделялись небольшие бугры, тянувшиеся цепочками вдоль берега, — это были задернованные развалы печей-каменок, оставшиеся на местах средневековых построек. Отметив их на плане, исследовательница смогла еще до начала раскопок составить представление о планировке города, вытянутого вдоль Шексны. После периода запустения Белоозера в XIV в. его территория, за исключением нескольких участков, никогда не застраивалась и не нарушалась земляными работами. На глубине 30—40 см, а иногда прямо под дерном, залегал непотревоженный культурный слой с четким чередованием напластований, относящихся к различным эпохам и содержащих остатки построек и сотни средневековых вещей.



Часовня св. Василия Великого. Постройка XIX в., по преданию, стояла на месте соборной церкви Белоозера. Фото 1929 г.

Благодаря работам Голубевой открылась панорама древнерусского города с яркой и своеобразной материальной культурой, синтезирующей славянские и финские элементы. Влажный грунт здесь, как и в Новгороде, сохранял остатки средневековых построек — жилых домов, кузниц, хлевов, а также уличные мостовые, деревянное замощение дворов, частоколы, разделявшие городские усадьбы. Выяснилось, что древнейшие слои относятся к X в., причем культура Белоозера в это время носит отчетливо выраженный финно-угорский характер. Лишь в XI в. славянский элемент становится господствующим. XI и в особенности XII века ознаменовались бурным ростом городской территории, прекратившимся в следующем столетии.

Хотя прежними раскопками удалось вскрыть значительные площади — около 5,5 тыс. м², сегодня мы знаем, что это всего лишь примерно одна сотая часть территории средневекового города. Белоозеро давало перспективу работ на многие десятилетия. Однако в 1965 г. сооружение плотины на Шексне и подъем уровня воды вынудили археологов прекратить раскопки. Большая часть средневекового города оказалась затопленной.

Создание водохранилища сыграло роковую роль в судьбе замечательного памятника, но этим не исчерпывались все разрушения, которым подверглись обе его части, как

ушедшая под воду, так и незатопленная. Символическим актом уничтожения главной святыни города можно считать устройство силосной ямы на кургане, на месте снесенной часовни Василия Великого. Согласно белоозерским преданиям, часовня была сооружена там, где стояла соборная церковь Белоозера, а еще ранее находилось языческое святилище. Местные легенды помещали в часовне могилу князя Глеба Васильковича, в действительности умершего в 1278 г. на ростовском княжении и погребенного в Ростове Великом. Над мнимой могилой Глеба была сооружена каменная гробница и дважды в году на празднике св. Бориса и Глеба служилась панихида. В 1950-х годах и часовня и курган были уже разрушены, а в 60—70-е — почти полностью срыт карьером могильник средневекового города; примерно тогда же по незатопленной части Белоозера была проложена новая дорога. В 1985 г. объектом разрушения стала подводная часть города — она была срыта земснарядом для более удобного судоходства.

Сегодня Старый город представляет собой заболоченную низину с уродливыми лодочными сараями, грудой битого кирпича на месте разрушенной церкви XIX в., двумя изрытыми ямами и заросшими крапивой буграми, в которых трудно узнать «курганы», привлекавшие любознательных путешественников прошлого века. Исследовать Белоозеро привычными археологическими метода-

ми — путем раскопок — сейчас невозможно, так как на глубине 30—40 см под лопатой появляется вода. Но невозможно и оставить Старый город без надзора, поскольку каждый квадратный метр земли здесь насыщен десятками древних вещей. С 1990 г. постоянный сбор их на разрушаемых участках ведется по специальной методике С. Д. Захаровым. За три года собрана огромная коллекция, включающая самые разнообразные предметы — от стеклянных бисерин до железных топоров и лопат.

Среди находок 1992 г. привлекает внимание необычный предмет — круглая подвеска из темно-серого камня диаметром около 2 см. В сложном геометрическом орнаменте, выполненном в технике необыкновенно тонкой резьбы, с трудом угадывается стилизованное изображение четырехконечного креста, в средокрестие которого вписан еще один крест в ромбической раме. Если изображение в средокрестии вполне традиционно для древнерусского прикладного искусства, то общая схема рисунка на подвеске и орнамент из пересекающихся под прямым углом лент не имеют аналогий в памятниках культовой мелкой пластики. При этом обнаруживается сходство с некоторыми ювелирными украшениями (прежде всего с так называемыми решетчатыми подвесками), которые изготавливались в смешанной славяно-финской среде и пользовались широким спросом на Севере. Но можно ли предположить, что резчик по камню, мастер, ориентированный на вкусы аристократической части общества, копировал бронзовые украшения — массовую продукцию провинциальных ювелиров? Мы привыкли считать, что направление заимствований было обратным: ювелиры, работавшие с бронзой и свинцово-оловянистыми сплавами, воспроизводили в этих материалах орнаментальные мотивы, первоначально воплощенные в более дорогих и трудных для обработки материалах: золоте, серебре и камне. Кроме того, нет никаких свидетельств, что искусный резчик, изготовивший миниатюрную подвеску, работал на Севере. Т. В. Николаева, крупнейший специалист по древнерусскому прикладному искусству, считала две другие каменные иконки, найденные в Белоозере ранее, продукцией киевских мастеров².

Разрешить вопрос о возможности работы резчиков по камню в Белоозере позволяет вторая находка — миниатюрная иконка с изображением святого в рост. Она оста-

лась незаконченной: одна половина фигуры святого выделена рельефом, другая лишь процарапана на камне. На образке нет надписи, обозначающей имя святого, однако некоторые детали изображения — полукруглая княжеская шапка; крест (символ мученичества) в правой руке святого и меч, на рукояти которого покоится левая рука; плащ, спускающийся с левого плеча и частично прикрывающий руку, — не оставляют сомнения в том, что перед нами изображение святого князя — Бориса или Глеба. Безбородое лицо с выступающими подбородком и длинные, спускающиеся на плечи волосы позволяют с большой вероятностью идентифицировать его как Глеба.

Борис и Глеб, сыновья киевского князя Владимира Святославича, погибшие от руки наемных убийц, посланных их братом Святополком, стали первыми русскими святыми. Они почитались как заступники и покровители Русской земли, в особенности ее князей и воинов, и изображались с оружием и атрибутами княжеской власти и почти всегда — вместе. Одиночное изображение святого князя на образке из Белоозера не совсем обычно и связано, вероятно, с тем, что он предназначался для человека, особо рассчитывавшего на его заступничество — очевидно, потому, что при крещении получил имя Глеб.

Оба образка не имеют четких стратиграфических дат. Участки города, на которых они найдены, были заселены с XI в.; на одном жизнь продолжалась до XIV в., второй запустел в XIII в. Учитывая общую хронологию материалов Старого города и стилистические особенности этих двух находок, их можно, скорее всего, отнести ко второй половине XII—XIII в.

Традиция изготовления каменных иконок пришла на Русь из Византии. В XII—XIII вв. они производились в наиболее крупных городах, таких, прежде всего, как Киев и Новгород. В отличие от медных образков, которые отливались большими партиями и предназначались для всех слоев населения, каменные иконки мастера изготавливали по специальному заказу. Обычно их носили в дорогих оправах из серебра и золота — вот почему на белоозерской иконке с изображением Глеба нет ушка для подвешивания. Круг заказчиков каменных иконок был сравнительно узок и ограничивался в основном феодальной аристократией. На Севере каменные иконки XII—XV вв. встречаются исключительно редко: три экземпляра найдены ранее в Белоозере, по одному — в Луковце под Череповцом, в Вологде и Вели-

² Николаева Т. В. Древнерусская мелкая пластика из камня. XI—XV вв. // Свод археологических источников. Выпуск Е1-60. М., 1983. С. 57, 59.

ком Устюге. Далеко за Полярным кругом, на о. Вайгач, при раскопках языческого жертвенного места Болванский Нос обнаружена серебряная оправа от каменной иконки такой же формы, что и белозерская, — с закругленными верхними углами.

Новые находки каменных образков несколько меняют сложившиеся представления о роли Белоозера в культурной истории Севера. В монографии Л. А. Голубевой этот город рассматривается как своеобразный форпост древнерусской культуры на таежных окраинах. Действительно, в течение нескольких столетий Белоозеро оставалось крайней географической точкой, которая поддерживала тесные связи с южными областями, прежде всего с Киевом. Свидетельств этих связей немало: свинцовые печати Святополка Изяславича и его преемника на киевском столе Владимира Мономаха; неопределимая византийская печать; обломки красноглиняных амфор из Северного Причерноморья, служивших для перевозки вина и масла; гладкие четырехконечные крестики из розового шифера, мрамора и яшмы; византийские стеклянные браслеты с переплетением. Археологические материалы раскрыли особый облик этого памятника как точки «скрещения» славянских и финских традиций, места, где славянские колонисты осваивали культурные достижения финно-угорского мира. Например, именно в Белоозере некоторые типы архаичных финно-угорских украшений — коньков и уток — стали воспроизводиться городскими ремесленниками и изготавливаться для широкого сбыта, в том числе и в среде славянского населения. Однако все известные ранее изделия художественного ремесла, связанные по своему происхождению с Белоозером, — это продукция, предназначенная — при всех ее эстетических достоинствах — для массового, рядового потребителя.

Находка неоконченного образка свидетельствует, что культурные связи Белоозера

с метрополией не ограничивались импортом готовых предметов художественного ремесла. Здесь работали резчики по камню — выходцы из центральных или южных областей Руси или местные уроженцы, освоившие это редкое, сохранявшее элитарный характер искусство. Мастера, в совершенстве овладевшие техникой резьбы, не всегда придерживались обычной для древнерусской школы орнаментики и стилистики. Один из них решился на совершенно необычный для средневекового искусства эксперимент: попытался перенести в «аристократический» камень орнаментальные мотивы «простонародных» бронзовых украшений, восходящие к традициям финно-угорской металлопластики.

Случайно ли, что святой, изображенный на каменной иконке, соименен первому белозерскому князю? Нельзя ли предположить, что именно Глеб Васильевич или кто-либо из членов его семьи был заказчиком каменного образка? Дата иконки и высокое мастерство резчика, наметившего на камне миниатюрную фигуру святого, делают это предположение весьма вероятным. Но для доказательства нужны дополнительные факты. Если бы образец происходил из раскопок и был связан с определенными культурными слоями, постройками и другими находками, возможности точной идентификации его заказчика были бы несравненно большими.

Древности затопленного Белоозера вызывают сегодня у исследователей смешанные чувства: к ощущению удачи, сопутствующему всяким археологическим находкам, примешивается острое сожаление о неполноте информации, о колоссальных потерях в исторической памяти. В то же время находки не оставляют сомнения в том, что средневековый город, даже ушедший под воду, полуразмытый и почти не доступный для обычных раскопок, представляет огромную ценность и требует особого режима охраны.

Уникальное неолитическое святилище в Каракумах

Н. Ф. Соловьева

Институт истории материальной культуры РАН
Санкт-Петербург

ПРЕДПРИЯТЫЕ за последние 30 лет широкомаштабные археологические исследования в Южном Туркменистане не только дали интересные богатые находки, относящиеся к IV тысячелетию до н. э., но и позволили решить часть проблем, связанных со становлением и развитием древнеземледельческих комплексов, генетической преемственностью неолитических культур и культур эпохи бронзы вплоть до возникновения протогородской цивилизации¹. Однако для восточной группы памятников Прикопетдажья оставалась нерешенной проблема происхождения позднеэнеолитического (геоксюрского) комплекса. Из материалов небольшого числа раскопанных ранее в Геоксюрском оазисе поселений следовало, что позднеэнеолитическим (конец IV тысячелетия до н. э.) геоксюрским слоям, содержащим богато орнаментированную полихромную керамику, предшествуют среднеэнеолитические слои с блеклой расписной посудой ялангачского типа. Связь этих двух — столь разных — культур выглядела очень ненадежно, да и сами памятники эпохи среднего энеолита были еще слабо изучены.

Поэтому в середине 80-х годов внимание археологов было обращено на поселение Илгынлы-депе, расположенное в предгорьях Копетдага, в междуречье Меана — Чаача, примерно в 260 км к юго-востоку от Ашгабата. Внешне это поселение представляло собой распылчатый холм высотой около 15 м и площадью 14 га.

Еще в начале 50-х годов благодаря разведочным раскопкам археологам удалось обнаружить здесь культурные слои, содержащие остатки стен домов, сложенных из сырцовых кирпичей, и керамику ялангачского и геоксюрского типов, причем последний оказался самым верхним, что облегчало исследование.

И вот, начиная с 1986 г. Южно-Туркменистанская археологическая комплексная экспедиция и Каракумская экспедиция Ленинградского отделения Института археологии (ныне — Институт истории материальной культуры), приступили под руководством В. М. Массона к планомерным раскопкам Илгынлы-депе. С самого начала исследование этого поселения велось в двух направлениях: во-первых, изучение его как крупного земледельческого центра ялангачской культуры эпохи среднего энеолита и, во-вторых, стратиграфии культурных слоев, образовавших холм, что позволило бы проследить развитие самого ялангачского комплекса и смену его геоксюрским.

Шесть лет раскопок дали хорошие результаты. Здесь был, по сути, открыт новый интересный культурный комплекс второй половины — конца IV тысячелетия до н. э. Найденные на поселении вещи составили богатую коллекцию медных изделий, прекрасных терракот и уникальных женских статуй. Устойчивым компонентом культуры Илгынлы-депе оказались — обнаруженные пока только здесь — святилища с красными скамьями, состоявшие из большой парадной комнаты и двух узких подсобных помещений, соединенных с парадным залом низким лазом². Оп-

ределяющий признак такого святилища — наличие в парадной комнате сырцовых глиняных скамеек, окрашенных в интенсивный красный цвет, и круглого очага-алтаря. Явная неординарность внутреннего убранства и в то же время обилие таких домов на одном поселении позволяют считать их домашними святилищами, имевшимися у каждой большесемейной общины³.

Для решения вопросов второго направления исследования был заложен стратиграфический раскоп в центре поселения, где геоксюрский слой оказался наиболее мощным. В результате удалось выявить полную преемственность ялангачской и геоксюрской культур, тем более убедительную, что преемственность прослеживается и на святилищах с красными скамьями, пока уникальными для неолитических памятников Средней Азии.

Два ритуальных комплекса, расположенных буквально друг над другом, были раскопаны нами во втором и третьем строительных горизонтах, причем верхнее святилище относилось уже к раннегеоксюрскому времени, а нижнее было еще позднеялангачским.

Осенью 1991 г. мы начали исследовать четвертый строительный горизонт, относящийся к развитой ялангачской культуре второй половины IV тысячелетия до н. э. Приступая к раскопкам, мы втайне надеялись получить определенную стратиграфию святилищ. И нам повезло: в той же юго-западной части раскопка, непосредственно под святилищами второго и третьего горизонтов находи-

© Соловьева Н. Ф. Уникальное неолитическое святилище в Каракумах.

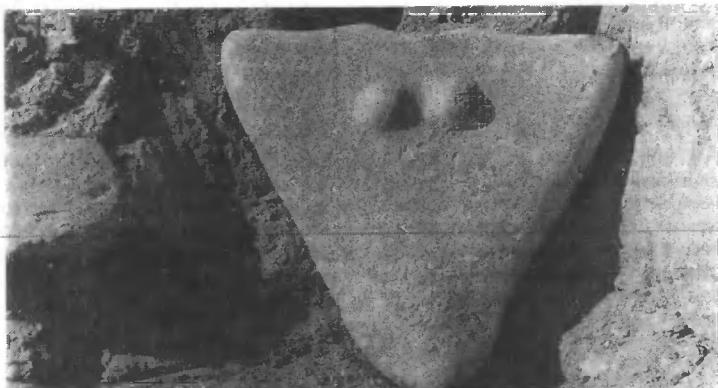
¹ Массон В. М. Первые цивилизации. М., 1989. С. 142—148.

² Массон В. М. // Изв. АН СССР. 1989. Вып. 6.

³ Березкин Ю. Е. Святилища медно-каменного века на юге Туркмении // Природа. 1990. № 7. С. 55—59.



Общий вид открытого в 1991 г. святилища. Парадная комната и два узких подсобных помещения (на переднем плане) отделены от крытого двора тумбой. На заднем плане у юго-западной стены двора — два стула из необожженной глины. На печке возле тумбы — крупная женская скульптура (подробное описание в тексте).



Женская скульптура из белого песчаника, обнаруженная в парадной комнате на пристроенной к тумбе печке.

лось еще одно, но, в отличие от верхних и всех ранее раскопанных на Илгынлы-депе, этот комплекс был больших размеров, лучшей сохранности и содержал уникальные находки.

Комплекс включал большой (около 80 м²) квадратный в плане дом, состоявший из парадной комнаты и двух узких подсобных помещений, и крытый двор, часть которого уходит за пределы раскопа. Единственный вход в дом, сделанный со стороны двора, вел в парадную комнату и имел невысокий овальный порог из сырца, окрашенный в черный цвет, как и весь пол в помещении.

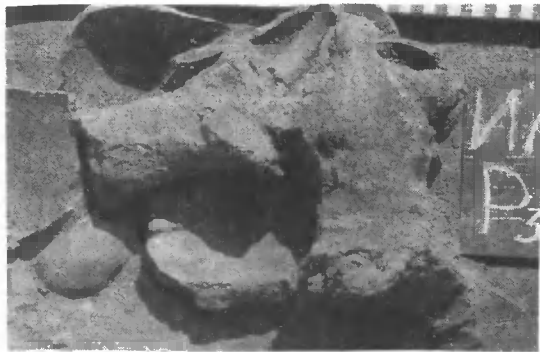
Сложенные из сырцовых кирпичей стены святилища со-

хранились на высоту немногим более 1 м. Они были тщательно оштукатурены, примерно в 20 см от пола имели рельефный выступ и были окрашены от выступа вверх в белый цвет, а от пола до выступа — в черный.

В парадной комнате, как обычно, стояли две красные скамьи, но сделаны они были не из глины, а из дерева. Это подтвердило наши предположения, что глиняные скамьи имитировали более ранние деревянные. Одна скамья стояла у стены, другая, большая, протянулась поперек комнаты, как бы разделяя все внутреннее пространство на две части. Параллельно ей вдоль боковых стен

комнаты стояли в два ряда, по четыре в каждом, большие расписные сосуды (хумы) с зерном.

В первой половине комнаты, куда входящий попадал прямо с порога, основную смысловую нагрузку несла композиция у дальней стены, непосредственно напротив входа. Взору вошедшего открывался вид на орнаментированную стену. На высоте около полуметра в стене сохранилась нижняя часть широкого проема, пока неясного предназначения, а на участок стены под ним был нанесен орнамент из белых кругов на черном фоне. Выполнена роспись в технике сграффито, т. е. путем соскабливания с отдельных участков (в нашем случае —



Предполагаемые остатки алтаря с необычно крупными по размеру антропоморфными статуэтками из необожженной глины.

с кругов) верхнего слоя штукатурки до обнажения нижнего, контрастного по цвету.

Можно с уверенностью сказать, что находка такой настенной росписи пока уникальна для восточной группы археологических памятников Южного Туркменистана второй половины IV тысячелетия до н. э., да и на всем Ближнем Востоке можно найти лишь отдаленные аналогии.

На полу у стены с росписью находился сырцовый диск диаметром около 60 см, игравший, вероятно, роль алтаря. На нем лежал расписной кувшинообразный сосуд, еще два стояли на полу перед алтарем. Рядом с одним из них найдены две антропоморфные статуэтки из необожженной глины необычно крупных размеров. Возможно, их обряжали и они участвовали в каких-то ритуальных представлениях. Между алтарем и скамейкой находились остатки двух выкрашенных красной краской предметов, напоминающих основания колонн. Интересно отметить, что один сделан из ствола дерева, а другой — из необожженной глины с угольками и обломками керамики.

Во вторую половину комнаты можно было попасть через неширокий проход между скамьей и своеобразным сырцовым сооружением, имевшимся в каждом доме с красными скамьями. Мы условно называем такое сооружение тумбой — опорой для перекрытия. В нашем святилище тумба тоже выглядит не традиционной: она слишком массивна, к западному углу ее пристроен контрфорс. Окрашена она в черный и белый цвета, а по низу, как и на всех стенах помещения, идет рельефный выступ.

Традиционный круглый

очаг — алтарь, обычно расположенный во второй половине святилища, здесь отсутствовал. Зато к тумбе была пристроена небольшая печка с топкой, поддувалом и дымоходом, окрашенная сверху и сбоку в красный цвет. На печке стояла прекрасная женская скульптура из белого песчаника, выполненная в лучших традициях мастеров Илгынлы.

Неординарность святилища полностью находит отражение и в организации крытого двора, расположенного перед домом. Двор был окружен тщательно оштукатуренной сырцовой стеной, имевшей рельефный выступ, как и стены самого святилища. В центре двора перед входом в дом находилась сырцовая тумба прямоугольной в плане формы с двумя контрфорсами (возможно, опора для перекрытия), а к юго-западной стене были пристроены два, не имеющих пока аналогов, стула из необожженной глины. Один из них сохранился прекрасно, разрушена лишь верхняя часть прямой спинки. Сиденье стула (с небольшой вмятиной в центре) трапециевидно расширяется от спинки к передней грани, где на поверхности вылеплены два сходящихся друг к другу каплевидных валика. Довольно массивное основание стула с торцов имеет рельефный выступ, аналогичный настенному.

И в доме, и во дворе — повсюду видны следы сильного пожара, а пол в парадной комнате полностью устлан сгоревшим хворостом. О том, что дом не был просто заброшен, свидетельствуют и хорошая сохранность деталей внутреннего убранства, и наличие в нем специально разложенных на полу медных предметов, и, наконец,

микростратиграфия заполнения самого помещения. Скорее всего, это было ритуальное сожжение, перед которым пол тщательно вымести и выставили хворостом, хумы заполнили зерном (пшеницей и ячменем) и специально расставили статуэтки.

Богатству интерьера этого святилища соответствует богатство и разнообразие найденных в нем поделок. Безусловно, предпочтение здесь следует отдать изделиям из меди: это, в первую очередь, дисковидное слегка вогнутое зеркало большого размера, прекрасно сохранившееся. сверло, наконечник копья и нож. Обнаруженная здесь терракотовая статуэтка по изяществу и технике исполнения, пожалуй, превосходит все предыдущие аналогичные находки.

Отличается комплекс и по набору каменного инвентаря. Преобладают орудия для обработки зерна и для изготовления металлических изделий.

Что касается керамики, то — при всей бедности типичной для ялангачской культуры росписи — посуда этого комплекса интересна разнообразием форм: здесь и большие хумы для хранения зерна, и кухонная посуда (котлы, горшочки, кувшинообразные сосуды), и столовая (чаши, вазы на высокой ножке).

Своеобразие комплекса нашло отражение даже в палео-зоологических остатках. Если в ранее раскопанных на Илгынлы святилищах соотношение костей домашних и диких животных 2:1, то здесь их примерно поровну, а среди диких преобладают мелкие охотничьи виды.

Пока трудно говорить что-либо определенное о ритуалах, совершавшихся в святилищах Илгынлы-депе. Отметим лишь, что обнаруженный на поселении столь яркий и самобытный комплекс, безусловно, свидетельствует о том, что во второй половине VI тысячелетия до н. э., в эпоху среднего энеолита, Илгынлы-депе представлял собой крупный центр древнеземледельческого мира со сложившимися определенными идеологическими представлениями и высоким уровнем технологии и художественного ремесла.

«Секреты» наших спутников-разведчиков

Ю. М. Фрумкин



Юрий Михайлович Фрумкин, кандидат технических наук, заместитель руководителя проектного отдела Научно-производственного объединения «Энергия». Специалист по проектированию пилотируемых и автоматических космических аппаратов. Один из непосредственных участников разработки и летных испытаний спутника «Зенит» и многих других образцов космической техники.

В ИСТОРИИ космонавтики много ярких, известных всему миру страниц. Но много и тайн.

Настоящая публикация посвящена одной из самых крупных советских секретных программ — рассказу о разработке и летных испытаниях спутников-разведчиков. Именно таким было назначение каждого третьего спутника, запущенного в 60—70-е годы в СССР по программе «Космос».

Парадокс истории! Принципиально новый инструмент для получения подробнейшей информации по огромным районам Земли, позволяющий добывать эту информацию оперативно и практически с любой частотой ее обновлять, долгие годы служил лишь политическим целям США и СССР. Неоценимые данные о состоянии и динамике процессов, непосредственно связанных с экологией, использованием природных ресурсов, а также другие, столь необходимые человечеству сведения о Земле хранились в военных департаментах за семью печатями.

Соединенные Штаты, как правило, все же объявляли о запусках своих секретных спутников, хотя и не раскрывали их назначения и характеристик. Советский Союз долгие годы ни в одной из официальных публикаций ни о чем таком даже не упоминал.

Теперь все по порядку. Сначала — события и факты, связанные с разработкой в Советском Союзе спутника-разведчика «Зенит», а также проблемы создания этого нового типа космического аппарата, затем некоторые соображения о загадочной программе «Космос», по которой число запусков за более чем 30-летнюю историю уже перешло двухтысячный рубеж. Запуски космических аппаратов «Зенит» являлись крупной составной частью этой глобальной программы.

ХРОНИКА ОСНОВНЫХ СОБЫТИЙ

Активные исследования и проектная разработка спутника-разведчика «Зенит» на-

чались в Опытном-конструкторском бюро № 1 (ОКБ-1) в 1957 г., через год после его организации. Возглавлял ОКБ-1 легендарный Главный конструктор Сергей Павлович Королев.

Работа над проектом спутника-разведчика завершилась в середине 1961 г. К этому времени (такие темпы составляли особенность стиля С. П. Королева) в ОКБ-1 был уже изготовлен первый космический аппарат и велись многочисленные и разносторонние его наземные испытания.

Королев придавал огромное значение начальному проектному этапу. Как правило, рассматривалось много вариантов, он поддерживал борьбу мнений и способствовал поиску оригинальных решений. После выбора варианта, принимаемого к реализации, Сергей Павлович становился жестким, требовательным, задавал высокий темп, который все участники принимали с энтузиазмом.

Дела шли параллельно, нерешенные частные вопросы не останавливали создания макетов, узлов, агрегатов и установок для проверки и отработки всех элементов и космического аппарата в целом. Потом темп замедлялся. Это был период анализа полученных результатов. Принимались решения о доработках, если они были нужны. Вообще же такие понятия, как замедление, с трудом применимы, когда речь идет о Королеве.

Первый старт ракеты-носителя с космическим аппаратом «Зенит» относится к концу 1961 г. Пуск был аварийным, из-за отказа третьей ступени ракеты-носителя космический аппарат не вышел на орбиту. Следующий старт состоялся в апреле 1962 г. Спутник получил официальное наименование «Космос-4».

Не все прошло нормально и в этом полете: выявились сбои в работе фотоаппаратуры, погрешности в системе ориентации. Тем не менее через трое суток, как и планировалось, спускаемый аппарат приземлился в заданном районе. Так начались летно-конструкторские испытания спутника-разведчика «Зенит». За полтора месяца удалось устранить замечания, и уже в июле того же года состоялся новый полет, во время которого бортовые системы работали хорошо и задачи были выполнены полностью.

Всего по программе летно-конструкторских испытаний, которые продолжались полтора года, было осуществлено 10 полетов. Увеличивалась их продолжительность, отрабатывались новые режимы, методики управления, средства поиска и эвакуации спускаемых аппаратов.

Кроме фотоаппаратуры на спутнике устанавливалась специальная радиоразведывательная аппаратура, передававшая информацию в центр управления полетом в сеансах связи. Каждый испытательный полет давал огромный объем сведений о поверхности Земли.

Десятый, последний испытательный полет состоялся в октябре 1963 г. Как и все предыдущие, он был объявлен в программе «Космос». Таким образом, из 20 спутников, которые насчитывала к тому времени программа «Космос», 10 были на самом деле секретными спутниками «Зенит». Их старты иногда осуществлялись каждый месяц, и даже бывали случаи, когда старт следующего производился через сутки после посадки предыдущего спускаемого аппарата. Этот высокий темп запусков «Зенита» поддерживался и после завершения его летно-конструкторских испытаний.

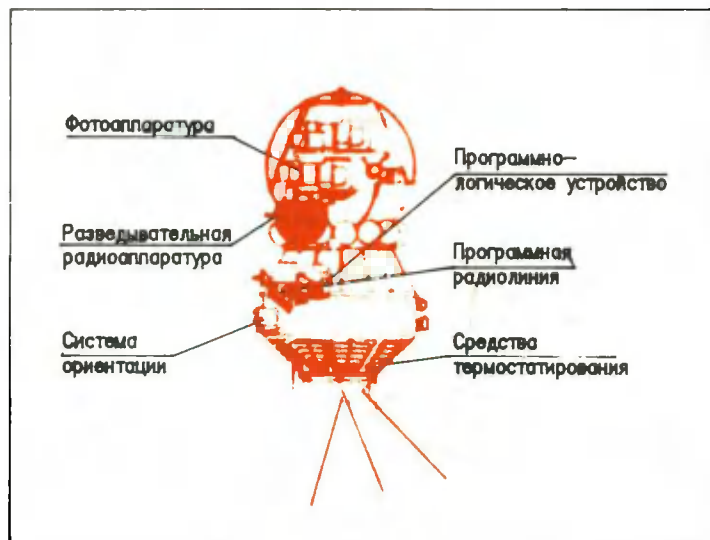
Результаты превзошли все даже самые оптимистические ожидания заказчика. «Зенит» стал первым космическим аппаратом, сданным в штатную эксплуатацию Министерству обороны. Естественно, передавался не только спутник, а целый комплекс, обеспечивающий его подготовку к запуску, выведение с помощью ракеты-носителя на орбиту ИСЗ, управление полетом, поиск и обслуживание спускаемого аппарата после его приземления.

Какими возможностями обладал спутник «Зенит»?

В каждом полете могло быть произведено фотографирование районов общей площадью более 10 млн. км² (для справки: площадь США равна 9,36 млн. км²). При этом разрешающая способность снимков была так высока, что позволяла, например, определить количество автомобилей на стоянке.

Для обеспечения таких возможностей на спутнике стояли четыре фотоаппарата, три из них с длиннофокусными объективами ($F=1$ м), каждый имел запас пленки на 1500 кадров. Ширина полосы съемки составляла 180 км. Комплекс средств спутника позволял производить съемку протяженных трасс большими сериями. За счет программных разворотов можно было фотографировать районы, расположенные в стороне от трассы полета, аппарат давал также просторанственное изображение местности и позволял решить очень сложную задачу — получить основу для картографирования многих районов и свести их в единую систему.

Трудно даже сравнивать возможности



Принципиально новые системы и средства, разработанные для космического аппарата «Зенит».

спутника-разведчика по получению фотоинформации с возможностями традиционных средств и систем.

Один пяти-семисуточный полет позволял сделать то, на что средствами аэрофотосъемки требовались годы и несоизмеримо большие затраты. Аэрофотосъемка не могла бы справиться с такой задачей, как периодическое фотографирование больших районов для определения тенденций в изменениях, равно как и с инспекционным наблюдением за территориями, расположенными далеко от границ СССР.

Большое значение для решения оборонных задач, а также задач навигации имеет приведение картографической основы разных континентов (а исторически сложилось так, что у каждого из них своя) к единой системе. Полеты первых космических аппаратов «Зенит» помогли повысить точность решения этой задачи.

Фотоаппаратура, поднятая на высоту 200 км и выше, позволила увидеть глобальные образования, оценить характеристики крупных территорий (позднее это стало использоваться для поиска природных ископаемых). Таким образом, исследования, проведенные в конце 50-х годов, и практические работы по созданию спутников-разведчиков «Зенит» в начале 60-х заложили основу для разработки средств наблюдения Земли из космоса, используемых сегодня для решения широкого круга задач.

В 1964 г. в ОКБ-1 был разработан эскизный проект нового спутника-разведчика, оснащенного фотоаппаратурой с фокус-

ным расстоянием объектива существенно больших размеров. Выпуском этого проекта практически завершились работы по созданию спутников-разведчиков в ОКБ-1. Уже на стадии летно-конструкторских испытаний они начали передаваться в один из филиалов ОКБ-1, который с 1963 г. занимается этой областью космической техники и многие годы представляет собой крупную самостоятельную организацию.

Спутники-разведчики — не единственное направление, которое ушло из ОКБ-1. До 1963 г. возглавляемая академиком С. П. Королевым организация была монополистом по созданию космических аппаратов и ракет-носителей. За очень короткое время в конструкторском бюро были проведены разработки по трем стратегическим путям развития космонавтики, созданы и осуществлены полеты: автоматических искусственных спутников Земли; пилотируемых космических кораблей для полета в ближнем околоземном пространстве; автоматических аппаратов для полетов к Луне и планетам Солнечной системы.

С 1962 г. Королев, задумав грандиозную программу развития пилотируемой космонавтики, в том числе полет человека на Луну и к Марсу, создание больших орбитальных станций, передает другим организациям такие отрасли космонавтики, как исследование, с помощью автоматических аппаратов, Луны и планет («Луна», «Марс», «Венера»), разведка («Зенит»), радиосвязь («Молния-1») и ряд других. Причем передавались не проекты, а «живые» летающие космические аппараты, весь опыт работ

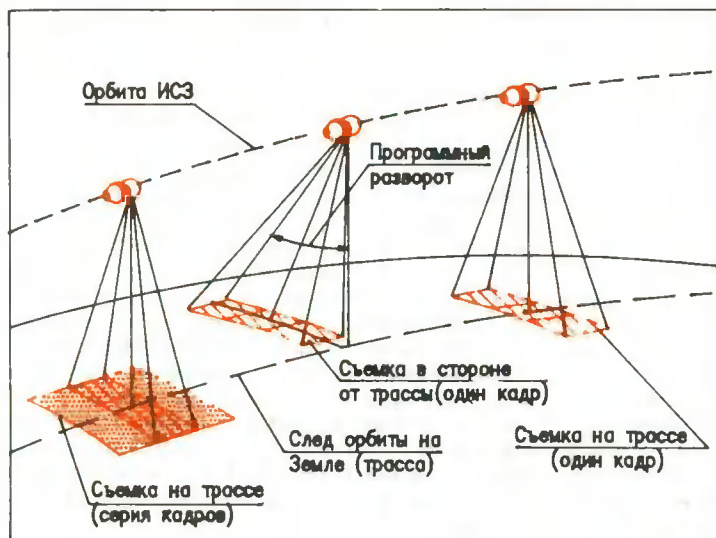


Схема фотографирования со спутника.

над ними, опыт управления полетами и перспективные разработки.

Практически Королев сохранил за ОКБ-1 главную мечту своей жизни — пилотируемую космонавтику.

Дважды меняло свое наименование ОКБ-1: после неожиданной смерти Королева в 1966 г. на Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ), затем на Научно-производственное объединение «Энергия». Несмотря на перемены в названии, организация, созданная Королевым, продолжает его основное, задуманное им дело.

Сегодня НПО «Энергия» — головная организация страны в области пилотируемой космонавтики, фирма очень авторитетная, хорошо известная в мире, возглавляемая Генеральным конструктором Ю. П. Семеновым.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНОЙ РАЗРАБОТКИ

Разработка спутника-разведчика привела к необходимости решить ряд принципиальных научных и технических задач.

Очень трудной оказалась начальная стадия, особенно все, что было связано с комплексом проблем, имеющих отношение к фотоинформации. Речь шла о фотоинформации высокого качества с распознаванием объектов, имеющих размеры порядка 10—15 м. Тогда главная сложность заключалась в том, чтобы, во-первых, оценить принципиальную возможность получения

такой информации и определить характеристики нужной для этого фотоаппаратуры, а во-вторых, проверить, возможно ли создать на борту космического аппарата условия, необходимые для ее функционирования.

Чтобы получить фотоизображение высокой разрешающей способности с летательного аппарата, который движется со скоростью порядка 8000 м/с на высотах 200—400 км, потребовалось создать теоретические основы построения и расчета оптической системы с длиннофокусными объективами и большими по размерам многослойными иллюминаторами.

Приходилось преодолевать и другие препятствия. Так, в процессе экспонирования пленка должна двигаться со скоростью, позволяющей как бы заморозить изображение местности. Этот процесс называется компенсацией сдвига изображения. Качество и разрешающая способность снимка могут быть обеспечены только в том случае, если отклонения от заданной скорости компенсационного движения пленки не приводят к смещению «замороженного» изображения более чем на 0,01 мм. Этого можно достигнуть при следующих условиях: если, во-первых, с высокой точностью знать в момент фотографирования высоту съемки, скорость движения космического аппарата, его угловое положение в пространстве; а во-вторых, точно обеспечить в самой аппаратуре заданную скорость движения пленки. Оказалось, что и то и другое возможно.

Не углубляясь в механизм влияния температуры на качество получаемого фотоизображения, приведем некоторые требо-

вания к системе терморегулирования космического аппарата. Чтобы получить снимки необходимой разрешающей способности, температура объектива и самого фотоаппарата должна была поддерживаться с отклонением от заданного значения менее чем на 1°C , а скорость ее изменения должна находиться в пределах порядка $0,1^{\circ}\text{C}$ в час. При этом необходимо учесть, что в процессе полета космический аппарат по-разному ориентирован по отношению к Солнцу, а это означает, что внешние тепловые потоки существенно изменяются, особенно с учетом «захода» космического аппарата в тень Земли.

Усугубляет проблему обеспечения теплого режима иллюминатор, являющийся элементом объектива, так как от незначительной разницы температуры на стеклах иллюминатора изменится их кривизна, что в длиннофокусных оптических системах существенно отражается на качестве изображения.

Эти примеры только частично отражают масштаб трудностей. Необходимо особо отметить проблемы создания комплекса бортовых систем космического аппарата, обеспечивающих управление его движением и программное управление фотоаппаратурой. Эти системы не имели аналогов в предшествующих разработках. Первая система должна была поддерживать длительную, практически в течение всего орбитального полета, трехосную ориентацию в орбитальной системе координат. При такой ориентации одна из осей направлена на Землю, другая — по движению аппарата. Очень высокие требования по точности ориентации осей предъявлялись к этой системе в связи с тем, что нескомпенсированная ошибка ориентации, выходящая за предел одного градуса, пагубна для качества получаемого изображения.

Впервые для спутника-разведчика в системе ориентации использовались особые гироскопические датчики, были отработаны режимы датчиков построителя инфракрасной вертикали и ряда других элементов системы.

Достаточно сложной оказалась проблема управления комплексом фотоаппаратуры с Земли. По сравнению с предшествующими разработками, когда управление осуществлялось с помощью разовых команд (включение-выключение системы или элемента системы) и «установок» (заданное числовое значение для ограниченного числа параметров), объем информации, которую нужно было передать на борт, увеличился

более чем на порядок. Это прежде всего относится к большому числу сложных программ для настройки каждого сеанса фотографирования.

Для спутника «Зенит» впервые были разработаны программная радиолиния и сопряженное с ней бортовое программно-логическое устройство. Это был первый образ широко используемых теперь космических радиосистем, предназначенных для обмена значительными объемами информации между космическим аппаратом и комплексом средств центра управления полетом.

В процессе проектной разработки спутника-разведчика рассматривались варианты спутника различных размеров, массой от 1,5 до 4,5 т. Уже на ранней стадии, по соображениям, связанным с эффективностью, предпочтение было отдано тяжелому спутнику массой, близкой к предельному значению.

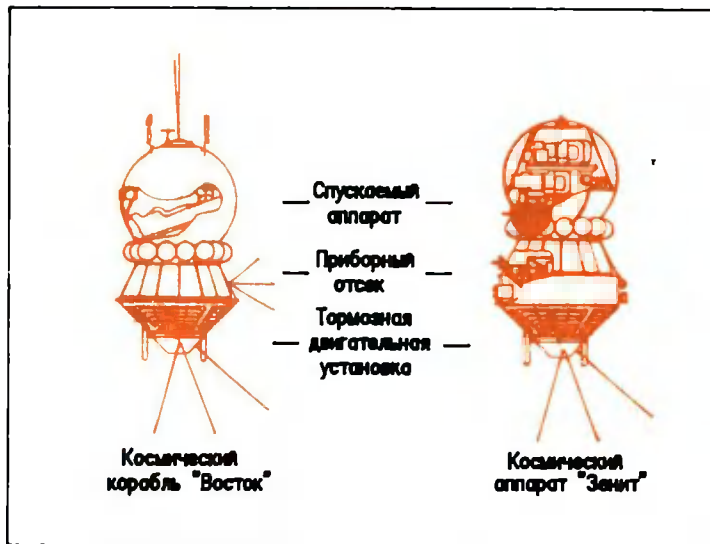
Очень характерен для Главного конструктора выбор внешнего облика спутника. Если бы где-нибудь на выставке показать рядом два космических аппарата — всем известный «Восток» и никогда не демонстрировавшийся «Зенит», — посетители, не заглядывающие внутрь отсеков, скорее всего, не увидели бы разницы.

Случайно ли это сходство? Сходство двух принципиально различающихся по назначению, составу аппаратуры, программам и управлению в полете космических аппаратов, один из которых был пилотируемым космическим кораблем, другой — автоматическим спутником-разведчиком? Нет, конечно!

До определенного времени компоновочная схема «Зенита» не имела ничего общего с внешним видом «Востока», основу которой составляют сферический спускаемый аппарат и приборный отсек, состоящий из как бы сложенных двумя основаниями конусов. «Зенит» по предварительным разработкам тоже имел два отсека, но совсем не той формы и размерности: большой цилиндрический приборный отсек и малую коническую формы капсулу с кассетами, в которые перематывалась экспонированная пленка. Возвращалась с орбиты на Землю только капсула.

В 1958 г. Королев пришел к другому решению. Для спутника-разведчика была принята схема активно разрабатывавшегося в то время пилотируемого корабля «Восток». Вариант сложный для компоновки фотоаппаратуры, однако позволяющий избежать многих новых проблем, в том числе обработку спускаемого аппарата-капсулы,

Компоновочные схемы, определяющие облик космического корабля «Восток» и космического аппарата «Зенит».



по геометрии существенно отличающейся от принятой для «Востока». Это решение намного сократило сроки появления на свет «Зенита» и существенно повысило его надежность в полете, поскольку уже существовал опыт пилотируемого корабля, к которому предъявлялись особые, исключительно высокие требования по обеспечению безопасности.

Создание спутника «Зенит», начавшееся с глубоких исследований и закончившееся передачей надежно функционирующих средств в штатную эксплуатацию заказчику, было ценным опытом, нашедшим в дальнейшем продолжение и развитие в крупных космических проектах.

Сегодня трудно поверить, что от запуска первого в мире спутника до решения комплекса проблем, связанных с получением при помощи космических аппаратов фотоинформации высокого разрешения, прошло всего пять лет.

ПРОГРАММА «КОСМОС»

В энциклопедии «Космонавтика» дается такое определение программы «Космос»: «Программа запусков ИСЗ «Космос» включает исследование космических лучей, радиационного пояса Земли, ионосферы, солнечной активности, отработку узлов КА, изучение влияния невесомости и других космических факторов на биологические объекты и т. д.» Приводятся также выборочные данные о запусках некоторых космических аппаратов.

Специалисты, имеющие отношение к

космической технике, знают, что в программе «Космос», кроме указанных в энциклопедии, есть большие необъявленные направления, серии спутников и целые космические системы спутников.

Возникает много вопросов по существу программы «Космос», которая продолжается вот уже 30 лет. Между тем в открытых публикациях не сформулированы ее стратегические направления и цели, не определены этапы реализации и полученные результаты.

Много вопросов возникает и о связи программы «Космос» с другими космическими программами страны, по которым данные публикуются. К ним относятся программы пилотируемых космических кораблей «Восток», «Восход», «Союз», орбитальных станций «Салют», «Мир», а также программы использования автоматических аппаратов для научных исследований («Электрон», «Луна», «Марс», «Венера», «Зонд» и др.) для обеспечения радиосвязи («Молния», «Экран», «Горизонт» и др.), прогноза погоды («Метеор») и многие другие.

По-видимому, в новых исследованиях неизбежны секреты. Можно объяснить закрытый характер ряда космических программ СССР и США в разные периоды истории, особенно в период «холодной войны». Может быть, и сегодня часть программ и разработок должна быть за семью печатями, однако секретность — враг прогресса, и все, что не составляет государственную или коммерческую тайну, должно быть раскрыто. В наше время обстановка, без-

условно, позволяет и обязывает для создания атмосферы доверия снять печать секретности со многих направлений развития космической техники, тем более если дело касается событий, происходивших несколько десятилетий назад.

Кроме спутника-разведчика в программу «Космос» входит создание спутников предупреждения о ракетном нападении, спутников для морской разведки и других космических аппаратов.

В программу «Космос» по разным причинам попадали также и невоенные спутники, например ряд разработок ОКБ-1 по пилотируемым кораблям, автоматическим лунным и межпланетным станциям.

Из соображений «секретности» в эту программу были включены те лунные и межпланетные автоматические аппараты, которые из-за аварии последней ступени ракеты-носителя не выводились на траекторию полета к Луне или планете и оставались на орбите Земли. По этой же причине отработочные беспилотные пуски одного из кораблей советской лунной экспедиции также включены в программу «Космос», естественно, без объявления целей и результатов полетов.

Надо отметить, что и по сегодняшний день мало публикаций по истории разработки в СССР ракетно-космического лунного экспедиционного комплекса Н1-Л3. Объясняется это, по-видимому, тем, что из-за сложностей с ракетой-носителем работы по комплексу не завершились полетами к Луне.

Советская экспедиция не состоялась, и тема была закрыта. Закрыта в то время, когда американская программа «Сатурн — Аполлон», при реализации которой люди Земли впервые высадились на Луну, была успешно завершена. История создания лунных автоматических аппаратов, проектирования и отработки лунного экспедиционного комплекса Н1-Л3, перспективные исследования, направленные на изучение и использование Луны, должны быть темой отдель-

ной серьезной публикации или ряда публикаций, из которых читатели могли бы извлечь факты и данные по основным разработкам, а также характеристики технических средств комплексов.

Сегодня можно с уверенностью сказать, что грандиозная программа «Космос», объявленная в 1962 г., представляет собой в значительной степени искусственное объединение различных, мало связанных между собой направлений, в освещении которых много белых пятен. Без устранения этих пробелов невозможно понять и правильно оценить даже начальный этап развития космонавтики.

О чем же говорит нам приоткрытая страница истории космонавтики — один из фрагментов загадочной программы «Космос»? Напрашиваются два вывода.

Во-первых, даже краткая «биография» спутника-разведчика «Зенит» подтверждает уже упомянутую истину, что секретность в науке, технике и технологии — явление вредное.

Второй вывод касается ситуации, сложившейся сегодня. Более чем 30-летний опыт ведения космических программ, анализ истории их становления и развития показывают, что наша страна обладает уникальными кадрами ученых и специалистов в области разработки проблем космонавтики и создания космических аппаратов.

Эта отрасль, в отличие от других, и в наши дни находится на самом высоком уровне, а по некоторым направлениям, например в области освоения длительных пилотируемых полетов и эксплуатации орбитальных комплексов, имеет признанный в мире приоритет. Последнее время космонавтика подвергается серьезной критике. Ряд критических положений справедлив, другие сомнительны, а некоторые, безусловно, в корне ошибочны.

Высказывания могут быть разными, а действия не должны привести к развалу научных центров и предприятий. Космонавтика — национальное богатство страны.



arc info

ARC/INFO™ - это мощное, универсальное и наиболее распространенное в мире средство

- * создания геоинформационных систем
- * обеспечения автоматизированного картирования
- * оперативного принятия решений

ARC/INFO — система, позволяющая работать с любыми видами информации, имеющей пространственный аспект, т. е. «привязку» к территории. С помощью ARC/INFO можно легко получить в цифровой форме любую карту, схему, видеоизображение или рисунок, ввести табличные, статистические и другие тематические данные. ARC/INFO позволяет работать с серией карт, накладывая одну карту на другую и проводить их сопряженный анализ, создавать «твердые» копии необходимых карт, схем и других географических материалов.

ARC/INFO — революционная западная технология из списка КОКОМ, ограничения на поставку которой в СНГ были сняты только в последнее время.

Эта система удобна для создания земельных, лесных, геологических и других кадастров, принятия хозяйственных решений по организации промышленности, сельского хозяйства, рационального природопользования, охраны окружающей среды и т. д.

ARC/INFO применяется также для принятия решений по обустройству, преобразованию и использованию городских территорий, перераспределению, учету и приватизации жилого фонда, организации и контролю коммуникаций, оптимизации работы транспорта, служб скорой помощи, милиции, пожарных служб, подготовки выборов, подведению итогов переписи населения, составления туристических маршрутов и др.

Система ARC/INFO с успехом используется коммерческими структурами для маркетинговых исследований, военными ведомствами — для подготовки и проведения боевых операций и оборонного строительства.

Среди 17 000 пользователей ARC/INFO в 80 странах мира — муниципалитеты Лос-Анджелеса, Парижа и Гонконга, районные полицейские участки и Диснейленд, ЮНЕСКО, ФАО, ЮНЕП, ВМО, ВОЗ и другие организации ООН, университеты, академические институты и управления школ, Международный банк, компания «Локхид», Пентагон, ВВС Швеции, различные национальные парки, нефтяные компании, лесхозы и многие другие организации.

Если Вы уже работаете в системе ARC/INFO и Вашему заказчику необходимо получить выполненную Вами работу в электронном виде, Вам не обойтись без современного пользовательского пакета ArcView тм.

ArcView — это мощное средство анализа и отображения географической информации, не требующее специальной предварительной подготовки пользователя. Это система позволит Вам осуществлять сложные запросы по имеющейся базе данных, исследовать обширные географические районы и составлять высококачественные цветные карты простым нажатием кнопки.

Приверженцам AutoCAD тм не обязательно отказываться от полюбившейся им системы. В этом им поможет ArcCAD тм — новейший программный продукт, объединяющий в себе преимущества геоинформационной системы и системы автоматизированного проектирования — ARC/INFO и AutoCAD.

Совместное предприятие «Дата+», учрежденное Институтом географии Российской академии наук и американским Институтом исследований систем окружающей среды (ERSI), — эксклюзивный в СНГ дистрибьютор ARC/INFO и других программных продуктов, разработанных всемирно известным ERSI, Инс. Ознакомиться с этими продуктами и получить дополнительную информацию можно по адресу:

109017, МОСКВА, СТАРОМОНОТНЫЙ ПЕР., 29, КОМН. 50.
ТЕЛ.: 238-91-11. ФАКС: 230-20-90. ТЕЛЕКС: 411781 GLOBE SU.

Происхождение современного человека с точки зрения цитогенетика

А. И. Ибраимов, Г. У. Курманова



Абыт Ибраимович Ибраимов, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, член Международной ассоциации по биологии человека, заведующий лабораторией генетики человека Научно-исследовательского института кардиологии Кыргызстана. Основные научные интересы связаны с генетикой, адаптацией и конституцией человека.



Гульнара Учкунзона Курманова, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — изучение изменчивости хромосом человека и генетика популяций.

ГОВОРЯ о современном человеке — *Homo sapiens*, обычно имеют в виду три важнейшие особенности, отделяющие его от остальных гоминидов: высокую физиологическую пластичность, особенности строения верхних конечностей и способность к концептуальному мышлению¹.

Полагают, что существа, неотличимые от современного человека, появились в Африке 100 тыс. лет назад, 30—40 тыс. лет назад они достигли Европы, Азии и Австралии и более 20 тыс. лет назад — Северной и Южной Америки².

Таким образом, человек достиг наибольшего распространения среди сухопутных позвоночных, оставаясь при этом единым видом. Кроме масштабов заселенных территорий поражает быстрота и эффективность адаптации наших предков к столь разным природным условиям — явление, необычайное с точки зрения биологической эволюции.

Не останавливаясь специально на общеизвестных представлениях о происхождении *H. sapiens*, мы хотим лишь попытаться представить, насколько перечисленные отличительные особенности современного человека могли оказаться существенными для его столь впечатляющей экспансии.

Как ни странно, моделей происхождения человека не так уж много. Скажем, К. Джолли предположила, что скудный пищевой рацион ранних гоминид привел к развитию адаптаций к травянистым саваннам. На две ноги человек встал, потому что в такой позе ему было удобнее питаться³.

Существует мнение, что комплекс человеческих черт сформировался под влиянием селективного давления жизни в травянистых саваннах. Двуногое хождение появилось как адаптация, позволяющая исполь-

© Ибраимов А. И., Курманова Г. У. Происхождение современного человека с точки зрения цитогенетика.

¹Харрисон Дж. и пр. Биология человека. М., 1979.

²Davis K. // Sci. American. 1974. V. 231. N. 3. P. 93—105.

³Jolly C. J. // Man 1970. V. 5. P. 5—26.

зовать оружие при нападении хищников. Интеллект стал развиваться, поскольку для отражения нападений хищников потребовалась организация войска.

Однако такая точка зрения весьма уязвима: двуногое хождение крайне невыгодно как для нападения, так и для бегства. Чтобы применить оружие, достаточно временно встать на две конечности.

Согласно другой модели, условием возникновения *Homo sapiens* было уникальное половое и репродуктивное поведение человека⁴.

Эти гипотезы пришли на смену традиционным представлениям о том, что ранняя эволюция человека была исключительным следствием укрупнения мозга и становления сознания «в процессе коллективного труда». К. Лавджой считает, что крупный мозг и материальная культура возникли после дивергенции гоминид. Ископаемые находки, анализ поведения приматов и демографические исследования свидетельствуют о том, что традиционная точка зрения на раннюю эволюцию человека как на непосредственный результат увеличения размеров мозга и развития материальной культуры некорrekтна.

Если мы обратимся к генетическим характеристикам вида, остается вопрос, насколько существенны эти отличия человека от высших обезьян.

Сравнение хромосом человека и шимпанзе показало, что суммарное количество хромосомного материала у них практически одинаково. Кроме того, тонкая структура и генетическая организация хромосом этих видов очень схожи. Наши наборы хромосом отличаются лишь по распределению гетерохроматиновых районов, по ряду хромосомных перестроек — перичентрических инверсий и реципрокных транслокаций⁵.

Эксперименты по гибридизации ДНК доказывают, что по крайней мере 98 % повторяющейся (смысловой) ДНК у человека и шимпанзе идентичны. Такая степень подобия затрудняет точное объяснение крупных биологических различий, наблюдаемых между этими двумя близкородственными видами.

До настоящего времени никому не удалось назвать хотя бы один ген, который мог бы считаться «виновником» нашего возникновения. Согласно сравнительным генетическим исследованиям, между обезьянами

и человеком различий меньше, чем сходства⁶. При таком подобии неизбежно возникают два вопроса. Во-первых, можно ли считать быстрое расселение человека следствием преимуществ, возникших у него ранее, или комплекс морфофункциональных и поведенческих особенностей, а в конечном счете и разума, есть результат экспансии и необходимости приспосабливаться к новым условиям среды? И во-вторых, если решающим условием эволюции человека была высокая физиологическая пластичность, то какими генетическими особенностями она обусловлена?

Общеизвестные сведения из генетики человека и высших приматов никак не дают ответа на эти вопросы. Именно поэтому мы обратились к цитогенетике человека и его ближайших родственников.

Только люди, гориллы и шимпанзе имеют одну уникальную особенность: наши хромосомы несут структурный гетерохроматин особого класса, так называемый Q-гетерохроматин⁷. Эти специфические участки хромосом выявляются с помощью особых флуоресцентных красителей (акрихина и его аналогов). Будучи окрашены, они ярко светятся при ультрафиолетовом облучении, что легко наблюдать под люминесцентным микроскопом.

У человека Q-гетерохроматин обнаружен только в 12 локусах семи аутосом, а также на Y-хромосоме, у шимпанзе — только на пяти парах аутосом, а у гориллы — на восьми парах аутосом и Y-хромосоме⁸.

В отличие от таковых обезьян, гетерохроматиновые структуры человека очень изменчивы: в популяциях трудно найти двух абсолютно одинаковых по Q-гетерохроматину (числу, локализации, размерам и интенсивности свечения) людей. Q-гетерохроматин вообще может отсутствовать у индивида, что внешне никак не проявляется. Принято говорить об отсутствии фенотипических проявлений Q-гетерохроматина.

Несмотря на то, что в кариотипе человека имеется 13 локусов с Q-гетерохроматиновыми участками, т. е. теоретически могли бы существовать индивиды, имеющие 25 Q-гетерохроматина в геноме, такие случаи до сих пор не описаны. Обычно в по-

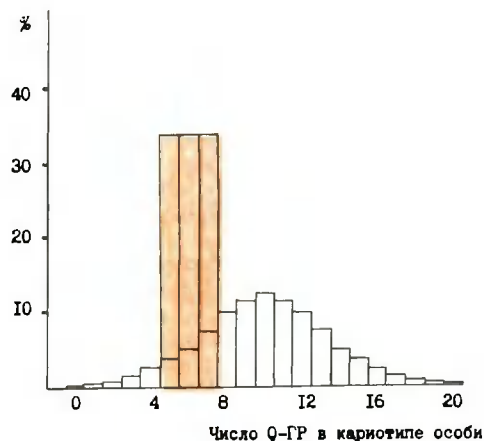
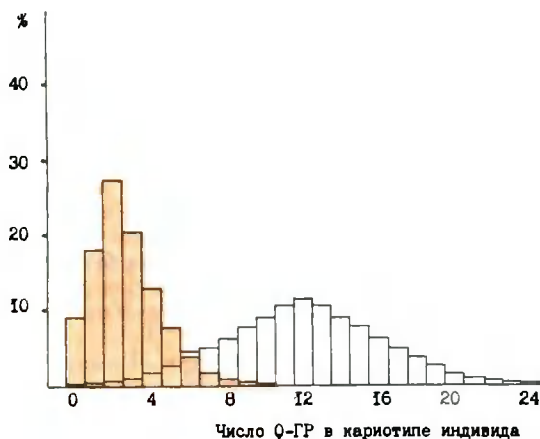
⁴Lovejoy C. O. // Science. 1981. V. 211. N 4480. P. 341—350.

⁵Yunis J. J. et al. // Science. 1980. V. 208. N 4447. P. 1145—1148.

⁶Le Gros Clark W. E. The Antecedents of Man. Ed. 2. Edinburgh, 1962.

⁷Ибраимов А. И., Миррахимов М. М. Q-гетерохроматин в геноме человека // Природа. 1991. № 6. С. 8—14.

⁸Pearson P. L. // Nobel Symp. 1973. N. Y., 1973. V. 23. P. 145—151.



Гистограммы индивидуального распределения средних чисел Q-гетерохроматина в кариотипе человека (вверху) и шимпанзе. Цвето м указано реальное распределение Q-гетерохроматина. У человека, в отличие от теоретического значения [0—25], оно колеблется лишь от 0 до 10, у шимпанзе — еще в менее узких пределах (от 5 до 7), зато его суммарное количество значительно больше. По оси абсцисс — число Q-гетерохроматина в кариотипе, по оси ординат — средние числа Q-гетерохроматина в %.

пуляции⁹ встречаются индивиды с числом Q-гетерохроматина от 0 до 10.

К сожалению, о количестве Q-гетерохроматина в природных популяциях шимпанзе и гориллы судить трудно: специальных работ, посвященных этому вопросу, пока нет. Но литературные данные гово-

рят, что больше всего Q-гетерохроматина в геноме гориллы и шимпанзе и меньше всего у человека. У шимпанзе аутосомные ярко светящиеся районы обычно крупнее, чем таковые у человека. Некоторые районы, как, например, на аутосомах гориллы, могут быть так же велики, как таковые на Y-хромосоме человека. У орангутана такие ярко флуоресцирующие хромосомные сегменты отсутствуют¹⁰.

Результаты наших многолетних исследований показали, что популяции современного человека значительно отличаются одна от другой по количеству Q-гетерохроматина (обычно его характеризуют средним числом Q-гетерохроматина, рассчитанным на индивида). Нам удалось показать, что эти различия не случайны. Если проследить, как изменяется количество Q-гетерохроматина в геноме популяций в зависимости от условий, в которых эти популяции проживают, окажется, что среднее число Q-гетерохроматина тем меньше, чем более суровы природные условия существования популяции.

Эта серия наблюдений и легла в основу нашей гипотезы о возможной сплективной ценности Q-гетерохроматина хромосом для приспособления человеческих популяций к некоторым экстремальным условиям среды. Отметим, что количество Q-гетерохроматина в геноме популяции, по-видимому, никак не связано с ее расовой, национальной или этнической принадлежностью¹¹. Так, у жителей горных районов субэкваториальной Африки (эфиопы) и горцев Памира и Тянь-Шаня (киргизы) среднее число Q-гетерохроматина меньше, чем у низкогорных популяций негроидов и монголоидов, проживающих на тех же широтах.

На наш взгляд, эти факты можно объяснить, если предположить, что мы имеем дело с отбором индивидов, обладающих определенным числом Q-гетерохроматина в кариотипе под воздействием климатических условий среды. При этом наиболее приспособленными оказываются индивиды с низким числом Q-гетерохроматина. В то же время человеческие популяции существенно не различаются по относительным частотам (долям) Q-гетерохроматина в изменчивых локусах семи аутосом: они неизменно чаще встречаются на аутосомах 3 и 13 (всего более 50 %), а остальное количество Q-гетерохроматина распределено почти равномерно на аутосомах 4, 14, 15, 21 и 22.

⁹Ibraimov A. I., Mirrakhimov M. M. // Progress and Topics in Cytogenetics. N. Y., 1985. V. 6. Pt. A. P. 213—287.

¹⁰Seuanez H. et al. // Cytogenet. Cell Genet. 1976. V. 17. P. 317—326.

¹¹Ibraimov A. I. et al. // Cytobios. 1990. V. 63. P. 71—82.

Что касается обезьян, то в маленькой выборке шимпанзе вида *Pan troglodytes* (10 животных) от 5 до 7 акроцентрических хромосом имели интенсивно флуоресцирующие районы. Похоже, что уровень Q-гетерохроматина на этих полиморфных районах стабилизирован на более высоких значениях у шимпанзе, чем у человека. Эти исследования позволили П. Пирсону, пионеру работ по эволюции Q-гетерохроматина прийти к следующим выводам: «...отсутствие Q-гетерохроматина у orangutana (*Pongo pygmaeus*), у других приматов и млекопитающих указывает на то, что они должны иметь относительно недавнее происхождение, что человек, шимпанзе и горилла образуют естественную группу и что они имеют в недавней истории общего предка... у которого возник интенсивно флуоресцирующий хроматин в какой-то момент истории после обособления orangutana».

Пытаясь ответить на поставленные выше вопросы, мы неизбежно сталкиваемся с рядом затруднений.

У человека не найдено ни одного белка или фермента, который бы полностью отсутствовал у других позвоночных. Неизвестны и гены, обеспечивающие эволюционное преимущество человека. Если верить, что расселению человека по Земле способствовали в основном три свойства — высокая физиологическая пластичность, особенности строения рук и способность к концептуальному мышлению, — то на каком этапе эволюции он стал обладателем столь мощных преимуществ? Каковы были предпосылки их формирования? Возникли они до или после того, как человек стал осваивать новые природные среды? Можем ли мы постулировать, что за этими особенностями человека стоят структурные гены? Если да, то когда и почему они возникли именно у человека?

Изменчивость Q-гетерохроматина в геноме обуславливает большую часть изменчивости кариотипа нормальных индивидов¹². Другими словами, основная доля изменчивости «массы»¹³ генома должна приходиться на изменчивость его Q-гетерохроматиновой части. Эти различия в масштабах количества пар оснований могут оказаться довольно значительными. Поскольку содержание ДНК определялось с помощью мето-

дики, основанной на тех же принципах, что и Q-окраска, результат таких измерений отражает различия именно по Q-гетерохроматиновому материалу. Напомним, что эти участки достаточно крупны, чтобы их можно было легко наблюдать под оптическим микроскопом, причем они хорошо различимы даже в интерфазных ядрах.

Если предположить, что эволюционное значение Q-гетерохроматина человека связано с регулированием массы генома, то можно предложить «цитогенетическую» модель формирования *H. sapiens* как современного вида.

Мы полагаем, что в происхождении человека разумного решающую роль могло сыграть не появление новых генов или генных комплексов, а особенности системы Q-гетерохроматина, присущие нашим ближайшим предкам и унаследованные нами. Такое предположение основано на следующих фактах. Во-первых, Q-гетерохроматиновые участки не содержат структурных генов и, следовательно, их изменения не влияют на информативную часть генома и могут осуществляться чрезвычайно высокими темпами. Во-вторых, количество Q-гетерохроматина имеет адаптивное значение в неблагоприятных условиях среды. И, наконец, Q-гетерохроматиновый материал, полученный человеком, шимпанзе и гориллой от общего предка, распределен в их хромосомах по-разному.

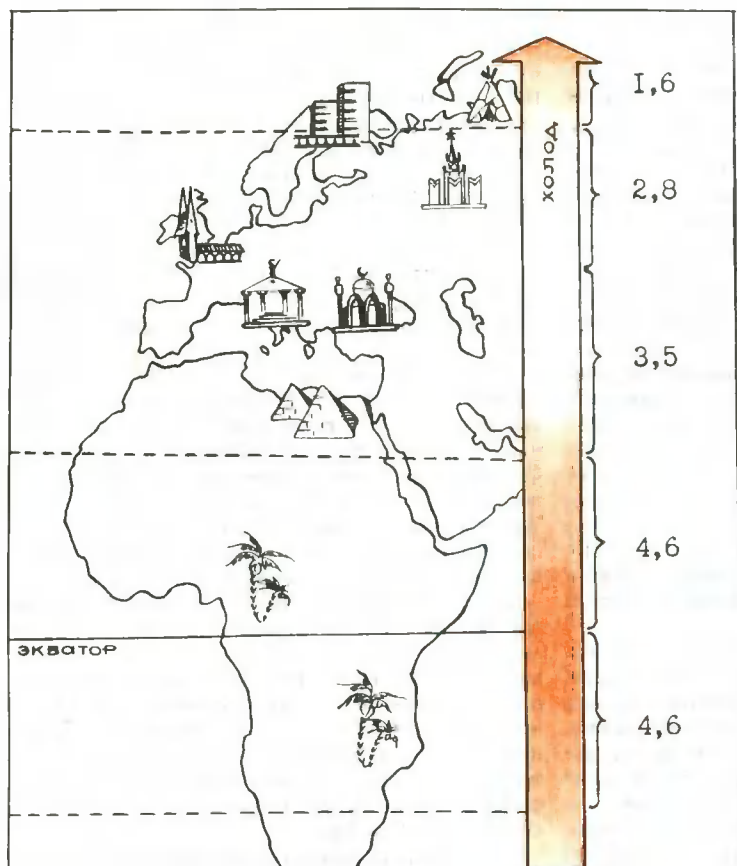
Эпоха среднего и позднего миоцена отличалась неблагоприятными климатическими изменениями (похолодание, сухость, сезонные и суточные колебания температур), что вынудило наших предков еще до выхода за пределы Африки приспосабливаться к новым, более суровым природным условиям, отличающимся от климата саванны¹⁴.

Согласно нашей модели, с тех пор, как в исходных популяциях предков современного человека стали выплывать индивиды с разным количеством Q-гетерохроматина, появились особи с относительно «легким» и «тяжелым» геномом. Это было возможно именно потому, что число изменчивых локусов аутосом было достаточно велико, чтобы обеспечить появление в популяции индивидов с разным числом Q-гетерохроматина. Кроме того, благодаря различию относительных частот Q-гетерохроматина в этих локусах одно и то же число Q-гетерохроматина в кариотипе у разных индивидов могло обеспечиваться его самыми разнообразными комбинациями. Таким образом, мы имеем дело со сложной само-

¹²Müller H. J. et al. // Cytogenet. Cell Genet. 1975. V. 15. P. 239—255.

¹³Здесь и далее, где появляются термины «легкий геном», «тяжелый геном», «масса генома», мы имеем в виду различия между индивидами по количеству пар оснований в их геноме.

¹⁴Andrews P., Couvering A. H. van Approaches to Primate Paleobiology. Basel, 1975.



Содержание Q-гетерохроматина в зависимости от условий жизни и популяции человека. По нашим данным, чем более суровые условия жизни, тем меньше Q-гетерохроматина в геноме популяции (с п р а в а — значения средних чисел Q-гетерохроматина).

поддерживающейся генетической системой, аналоги которой среди классических генетических систем назвать трудно.

Этой уникальной особенностью наши предки воспользовались должным образом, по-видимому, с началом изменений климата саванны и с того времени, когда они попытались выйти за ее пределы в поисках новых мест обитаний, по мере возникновения необходимости в приспособлении к новой, более суровой среде. Это предположение хорошо согласуется с тем фактом, что приспособление у человека не сопровождается видообразованием, ибо, как мы знаем, в отличие от любых других животных и растений человек приспособился ко всем возможным на Земле местам обитания не за счет изменения информативной (эухроматиновой) части генома, что и позволило ему остаться единым видом.

В сохранении гомеостаза организма лимитирующими факторами, очевидно, были температурный режим и запасы пищи. В таких условиях, как это чаще всего случает-

ся, преимущество получили особи, способные к более длительной и высокой физической активности. При прочих равных условиях наиболее приспособленными могли оказываться особи с меньшей «энергетической ценой» генома, в первую очередь с меньшими энергетическими затратами организма на репликацию ДНК и сопряженные с ней процессы.

Если наши рассуждения верны, то нет необходимости предполагать наличия особого структурного гена или комплекса «генов адаптации» у наиболее приспособленных индивидов.

Особи с меньшим количеством Q-гетерохроматина и, соответственно, с меньшей массой генома, обладая некоторым преимуществом в выживании, могли образовывать новые популяции с малым количеством геномного Q-гетерохроматина, и, хотя выщепление особей с большим количеством Q-гетерохроматина продолжалось, давление отбора на такие популяции было ниже, чем на исходные. Таким образом, эти по-

пуляции, не меняя информативную часть генома, приобретали менее «энергоемкий» геном, «используя» при этом только инертную, наиболее изменчивую в количественном отношении часть генетического материала.

Трудно сказать, почему предки шимпанзе и гориллы не пошли по тому же пути. Однако можно предположить, что их высокие и равномерные по всем изменчивым локусам исходные частоты Q-гетерохроматина (и в прошлом, и сегодня) не позволили выщепляться достаточному количеству особей с отличающимися числами Q-гетерохроматина. Значит, вероятность появления популяций с «легким» геномом, способных выжить в неблагоприятных условиях, была невелика.

В пользу такой гипотезы свидетельствует более широкий размах гетерохроматиновой изменчивости в геноме человека (от 0 до 10), чем у шимпанзе (от 5 до 7). Кроме того, у гориллы и шимпанзе обнаружен второй тип Q-гетерохроматина, расположенный на дистальных концах некоторых хромосом (7, 11, 20 и 23 — у гориллы, 20, 21, 22, 23 — у шимпанзе). Природа этих дистальных ярких Q-полос неясна, однако они окрашиваются акрихин-ипритом и интенсивно флуоресцируют, что позволяет говорить о том, что это тоже Q-гетерохроматин¹⁵.

Если наша модель правдоподобна, то кроме *Homo sapiens* ни один из высших приматов не мог достаточно широко менять массу своего генома. Возможно, поэтому эти виды и не смогли выйти за пределы субэкваториальной Африки и пройти путь, подобный пути наших предков.

О возможном эволюционном значении гетерохроматина Дарлингтон говорил еще в 1937 г. А классик отечественной цитогенетики А. А. Прокофьевой-Бельговской принадлежат следующие слова: «...изменения содержания гетерохроматина в гетерохроматических районах хромосом у видов приспособительны. Они обеспечивают, по-видимому, генотипическую адаптацию к изменяющимся условиям среды быстрее, чем мутационный процесс. Чтобы пережить и оставить потомство в новых условиях среды, организмы используют разные механизмы, и не всегда для этого требуется участие генов. Количественные изменения гетерохроматина могли иметь суще-

ственное значение»¹⁶. Наша гипотеза является логическим продолжением этой мысли. Нам повезло лишь в том, что наш объект — Q-гетерохроматин — настолько изменчив, что не составляет труда обнаружить количественные различия по его содержанию между хромосомами, организмами и популяциями даже с использованием рутинных технических средств.

Очень близка к нашей гипотезе экспериментально подтвержденная теория Беннета о способности ядерной ДНК влиять своей массой или размером на фенотип растений (так называемый нуклеотипический эффект). Изменчивость ДНК, о которой говорит Беннетт, — это изменения в размере S-гетерохроматиновых районов, отличающихся от Q-гетерохроматиновых, но также являющихся структурным гетерохроматином. Содержание ДНК, как показал Беннетт, «может определять, какие именно виды выживают в той или иной среде»¹⁷. Мы не можем исключить, что в дальнейшем сходный эффект может быть обнаружен и у животных, в том числе у человека.

Подведем итоги. Широкая изменчивость Q-гетерохроматина позволяла индивидам менять массу генома, что позволяло особям выживать в новых условиях и лишь затем приобретать вторичные морфофункциональные изменения. Возможно, события развивались по следующей схеме: у предка человека, шимпанзе и гориллы появляются Q-гетерохроматиновые участки. Они случайно по-разному распределяются на хромосомах этих трех видов. В популяциях ранних гоминид начинают выщепляться особи с разным числом Q-гетерохроматина в геноме. Затем возникают субпопуляции с «легким» геномом (преадаптированные, высокопластичные). Их ареал расширяется, появляется спектр идиоадаптивных изменений в морфологии и поведении. Накапливается опыт, возникает концептуальное мышление и речь. Дальнейшую судьбу вида определяет в основном социальное, а не биологическое наследование.

Из этого предположения следует, что, в частности, возникновение современного человека было исключительно случайным событием, причем довольно маловероятным. Но ведь настолько же маловероятные эпизоды характерны для всей истории жизни на нашей планете. Человек разумный — уни-

¹⁵ Miller D. A. et al. // Cytogenet. Cell. Genet. 1974. V. 13. P. 536—550.

¹⁶ Прокофьева-Бельговская А. А. Гетерохроматические районы хромосом. М., 1986.

¹⁷ Беннетт М. Д. Эволюция генома. М., 1986. С. 234—256.

кальное порождение уникальной природы. Именно поэтому так трудно делать обоснованные предположения об истоках истории этого вида.

Известно, что развитие материальной культуры распространялось в направлении от теплых регионов Земли к более холодным. Так, например, в Средиземноморье и Европе цивилизация, возникшая в Египте и Месопотамии, уступила место античной Греции и Риму, а затем — странам северной части континента. Такая же тенденция была характерна для Азии (Индия → Китай → Япония). Смена цивилизаций — результат технического прогресса, а с точки зрения биологии человека — результат успешной адаптации к новым природным условиям. По нашим данным, чем более суровы условия проживания человека, тем меньше Q-гетерохроматина остается в геноме популяций, независимо от их расово-этнических особенностей. Поэтому можно предположить, что между зональностью прогресса материальной культуры и распределением количества Q-гетерохроматиновых районов в различных популяциях, возможно, существует некоторая связь. Однако относительно невысокий уровень развития материальной культуры народов циркумполярного пояса, для которых характерно крайне низкое содержание Q-гетерохроматина в геноме, видимо, связано с их малой численностью, ограниченностью природных ресурсов и непродолжительным временем освоения ими этих экстремальных природных зон.

Мы попытались рационально объяснить возникновение именно у человека принципиальных отличий от других животных — особенностей морфологического строения и концептуального мышления — считая, что условием их формирования была необычайная физиологическая пластичность, которая, в свою очередь, обеспечивалась варьированием массы генома и энергетических затрат, связанных с процессами его функционирования. Физиологическая пластичность, характерная для человека, возникла в ходе эволюции и представляет собой такой же продукт ее, как строение конечностей и мышление.

Предположение о том, что естественный отбор в процессе адаптации лишь поверхностно мог затронуть генотип различных человеческих популяций, само по себе не ново¹⁸. Поэтому можно утверждать, что адаптация человека к разным природным ус-

ловиям происходила не за счет возникновения и отбора специфических структурных генов либо генотипов. Адаптационная пластичность человека позволила ему накопить необходимый опыт и тем самым сыграла решающую роль в его эволюции, сделав его способным менять среду обитания в соответствии со своими потребностями и делать это целенаправленно. Это утверждение может показаться тривиальным, но лишь на первый взгляд. К сожалению, уже со второго взгляда видно, что оно противоречит традиционному положению — о труде, создавшем человека. Не имея ни малейшего желания обсуждать этот вопрос с точки зрения философии, мы хотели лишь привлечь к нему внимание специалистов — естественников. Мы отдаем себе отчет в том, что наша попытка добавить новый штрих к картине происхождения современного человека может быть названа спекулятивной. Тем не менее нельзя исключить возможность того, что кто-либо из наших коллег пожелает поймать нас *in flagrante delicto* и с этой целью проверит наши утверждения.

Даже если результаты новых исследований наглядно продемонстрируют, что наше предположение о возможной роли Q-гетерохроматина в антропогенезе — слишком большая натяжка, вопрос о том, выжил ли человек, потому что стал разумным, или стал разумным, лишь сумев выжить, не будет снят. Заранее об этом ничего нельзя сказать. И, конечно, это — самое интересное.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Прокофьева-Бельговская А. А. ГЕТЕРОХРОМАТИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ ХРОМОСОМ. М.: Наука, 1986.

Харрисон Дж. А., Уайнер Дж. С., Тэннер Дж. М., Барникот Н. А. БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. М.: Мир, 1979.

БИОЛОГИЯ ЖИТЕЛЕЙ ВЫСОКОГОРЬЯ. Под ред. П. Т. Бейкера. М.: Мир, 1981.

Фоули Р. ЕЩЕ ОДИН НЕПОВТОРИМЫЙ ВИД. Экологические аспекты эволюции человека. М.: Мир, 1990.

¹⁸Биология жителей высокогорья / Под ред. П. Т. Бейкера. М., 1981. С. 349—388.

Конкурс на получение стипендий Джорджа Сороса по биологическому разнообразию

В ИЮНЕ — ИЮЛЕ 1992 г. в газетах появились объявления о конкурсе на получение стипендий для ученых, исследующих биологическое разнообразие. Конкурс был учрежден совместно Международным фондом «Культурная инициатива» (Фонд Джорджа Сороса) и Академией естественных наук Российской Федерации. Инициатором выступил вице-президент АЕН, народный депутат России Николай Николаевич Воронцов.

Организаторы конкурса увидели в стипендиях способ поддержать кадры классической биологии, положение которых оказалось особенно тревожным. Классическая биология и прежде субсидировалась более чем скромно, в условиях же экономического развала ее будущее вообще становится проблематичным. В то же время воспроизводство ее кадров — процесс более долгий, чем в «современных» разделах биологии, и более зависимый от сохранения традиций и преемственности обучения.

Для более эффективной поддержки кадров классической биологии, а также с целью избежать нежелательных административных перекосов была выбрана форма индивидуальных заявок на участие в конкурсе. Коллективные заявки не рассматривались, а ходатайства руководителей принимались во внимание только в отношении заявок научно-технических работников (хранителей наиболее важных коллекций, а также редакторных, библиотечных работников и художников-иллюстраторов научной литературы по биоразнообразию).

Дж. Сорос выделил для конкурса чуть меньше 1 млн. долл., предполагая распределить их между почти 4000 сти-

Распределение заявок на стипендию Дж. Сороса

Государство	Число поданных заявок	Число отклоненных заявок
Российская Федерация	1885	129
Армения	72	4
Казахстан	34	2
Беларусь	27	2
Грузия	26	—
Кыргызстан	18	1
Таджикистан	9	4
Туркменистан	13	—
Узбекистан	11	—
Азербайджан	11	—
Украина (в виде единственного исключения)	4	—
	2252	142

пендиатов в республиках бывшего СССР (кроме Прибалтики, Молдовы и Украины, где подобные вопросы решают собственные отделения Фонда Сороса).

К сожалению, из-за того, что время сбора заявок пришлось на полевой сезон, а также из-за медлительности и необязательности почты, заявок поступило меньше, чем предполагалось, — всего 2252 (табл.). Поэтому возник вопрос о проведении второго тура конкурса, в котором пропустившие первый тур могли бы оспаривать оставшиеся не использованными стипендии. Решение вопроса оставлено до завершения выплат стипендий первого тура.

Для проведения конкурса были созданы две экспертные комиссии — московская и петербургская, первая под председательством Н. Н. Воронцова, вторая — академика АЕН Ю. И. Полянского. Московские заявки рассматривала петербургская комиссия, остальные — московская. Каждую заявку оце-

нивали не менее трех экспертов, и в случае разногласий решение принималось на заседании комиссии. Работа комиссий была завершена в конце сентября. В начале октября в связи с длительной зарубежной командировкой Н. Н. Воронцова его решением обязанности председателя объединенной комиссии были возложены на А. П. Расницына (Палеонтологический институт РАН).

К марту 1993 г. все стадии утверждения результатов конкурса были пройдены и началась выдача стипендий в долларах (250 долл. за вычетом нескольких долларов за банковские услуги) и вручение дипломов стипендиатам.

Насколько нам известно, первый тур конкурса на получение стипендии Сороса — это и первый случай финансовой поддержки сразу широкого круга работников науки в странах СНГ со стороны зарубежных фондов.

А. П. Расницын

ПРОБЛЕМА МАЛЯРИИ ВСЕ ЕЩЕ СУЩЕСТВУЕТ

Е. О. Якушева,
кандидат медицинских наук
Москва

О. И. Шутова
Москва

В ОКТЯБРЕ 1992 г., в Амстердаме состоялась международная конференция, на которой был одобрен план глобальной стратегии борьбы с малярией.¹

Согласно статистическим данным Отдела ООН по народонаселению, малярия сегодня — это единственная, не считая СПИДа, болезнь, которая имеет тенденции к росту. Недаром она признается самым опасным для человека паразитарным заболеванием.

Заражение происходит при укусе самкой комара (к счастью, из 2 тыс. видов комаров только 60 являются переносчиком этой болезни). Прокалывая кожу, она выпускает микроскопического паразита (*Plasmodium falciparum*, *P. malariae*, *P. vivax*, *P. ovale*), который с кровотоком попадает в печень пострадавшего. Спустя одну-две недели зараженные клетки печени разрываются, высвобождая размножившегося паразита, который тут же проникает в эритроциты. Через два дня (для *P. malariae* — через три) разрушенные клетки лопа-



Переносчик малярии

ются, а расплодившийся паразит перебирается в другие. Так развивается болезнь, при этом ухудшение самочувствия наступает только через неделю. Первый симптом заболевания — ощущение недомогания и слабости, после чего поднимается температура, появляются головная боль, тошнота, рвота и боль в эпигастриальной области. Все симптомы похожи на грипп, и больной не всегда обращается к врачу. Между тем заболевание

прогрессирует, и если не принять срочных мер (введение противомаларийных препаратов), возможен смертельный исход.

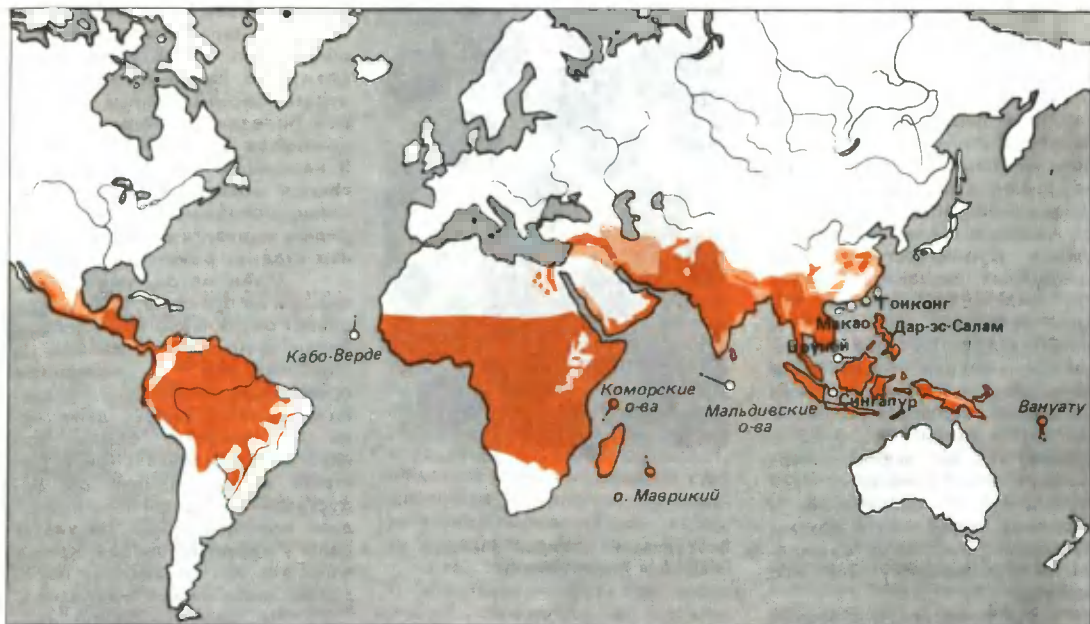
По данным ВОЗ, ежегодно в мире заболевают 100 млн. чел. и более 1 млн. умирают. Около 280 млн. чел. являются носителями малярийного паразита и примерно 2 млрд. чел. в 100 странах мира подвергаются риску заражения.

Более 90 % из всех регистрируемых в мире случаев приходится на Африку — районы, расположенные к югу от Сахары. Большинство больных (90 %) заражаются малярией наиболее опасным возбудителем — *P. falciparum*, который быстро привыкает к широко используемому препарату — хлорохину. По этой причине, а так же из-за затруднений эпидемиологического контроля и лечения болезни во многих частях Африки, малярия распространилась и на некоторые исходно свободные от нее районы, что привело к вспышкам эпидемий с высокой смертностью. Сейчас Африка — главный источник распространения самой опасной формы малярии (вызываемой *P. falciparum*) для других регионов.

Еще в 60—70-х годах в большинстве районов Азии и Латинской Америки почти удалось справиться с этим заболеванием, однако сейчас положение ухудшилось из-за освоения джунг-

©Якушева Е. О., Шутова О. И.
Проблема малярии все еще существует.

¹Материал подготовлен по результатам конференции по проблемам малярии (Ministerial Conference on malaria. Amsterdam, Netherlands, 26—27 October 1992 // World Health organization. Press Release).



Распространенность малярии в мире.

- Районы, где малярия искоренена, была ликвидирована или отсутствует
- Районы с ограниченным риском заражения
- Районы, где происходит передача малярии

лей, развития добывающей промышленности, незаконной торговли, военных действий и миграции беженцев. В Афганистане и Шри-Ланке болезнь достигла эпидемических масштабов. Вспышки эпидемии отмечались на Мадагаскаре, в Намибии, Сан-Томе и Принсипи, а также на севере Судана. На американском континенте малярия поражает преимущественно жителей сельских районов, значительно удаленных от медицинских учреждений, однако сегодня там многое делается по профилактике и предупреждению распространения этого заболевания.

Из 22 стран Средиземноморского бассейна в восьми (Бахрейн, Кипр, Иордания, Кувейт, Ливан, Ливия, Катар и Тунис) малярии нет, 14 других (Афганистан, Джибути, Египет,

Иран, Ирак, Марокко, Оман, Пакистан, Саудовская Аравия, Сомали, Судан, Сирия, Объединенные Арабские Эмираты, Йемен) можно считать «малярийными». Из 350 млн. чел., проживающих в последней группе стран, риску заражения подвержены около 214 млн.

В Юго-Восточной Азии малярии нет только в Монголии и Северной Корее, в остальных девяти странах (Бангладеш, Бутан, Индия, Индонезия, Малайзия, Непал, Шри-Ланка, Таиланд, Мьянма) она буквально свирепствует. Ежегодно в этих странах регистрируется 2,5—2,8 млн. новых случаев заболевания (40 % из них связывают с *P. falciparum*), кроме того, примерно 76 % жителей рискуют заразиться.

На западе Тихоокеанского региона малярия распространена также в девяти странах: Камбодже, Китае, Лаосе, Малайзии, Папуа-Новой Гвинее, Филиппинах, Соломоновых Островах, Вануату и Вьетнаме. Если в Китае малярию вызывает в основном *P. vivax*, а на заражение *P. falciparum* приходится лишь 9 % случаев, то в других странах оно варьирует от 62 % (на Филиппинах) до 90 % (в Камбодже). Из 1172 млн. чел.,

населяющих «малярийные» страны, около 115 млн. живут в районах, где высок риск заражения и *P. falciparum*, и *P. vivax*, но 360 млн. китайцев угрожает только *P. vivax*.

Малярия особенно опасна для детей. Из миллиона ежегодно погибающих на планете людей 800 тыс. — дети, не достигшие пяти лет. В Африке умирает каждый 20-й ребенок в возрасте от 6 мес. до 5 лет. Дети становятся жертвами малярии потому, что у них нет к ней иммунитета, эффективных вакцин пока не разработано, а кроме того, болезнь трудно распознать сразу. Поэтому почти каждый заболевший малыш погибает, у тех же, кто выжил, иммунитет может развиться лишь постепенно, и последующие приступы становятся все менее тяжелыми.

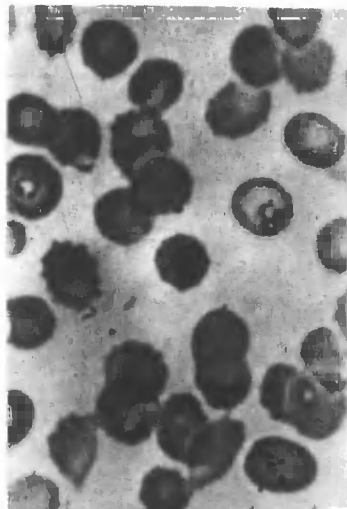
Малярия опасна не только сама по себе, она нередко дает тяжелые осложнения. У африканских детей приступы болезни (один — четыре раза в год) отражаются главным образом на их физическом и психическом развитии, часто сопровождаются анемией. У беременных женщин болезнь может вызвать выкидыши и гипотрофию плода.

И все же малярия — болезнь излечимая. Существует немало лекарств, способных разрушать паразитирующего в организме человека возбудителя. Благодаря эффективности, невысокой стоимости и безопасности лучшим препаратом долгое время считался хлорохин. Однако в 50—60-х годах в Южной Америке и Азии была обнаружена устойчивость к нему малярийных паразитов. Сейчас устойчивость возбудителей малярии к этому препарату (а также и к другим) стала серьезным препятствием в медикаментозном лечении. Но несмотря на это, его применяют в большинстве стран мира, особенно в Африке, так как выбор лекарственных средств невелик. Если же пациент невосприимчив к хлорохину, прибегают к другим препаратам, например сульфадоксин-пириметамину или его аналогам.

Эти средства, достаточно эффективные для лечения малярии в большинстве африканских стран, совершенно бесполезны против тропической малярии в Азии. Более того, они обладают побочными действиями и не могут применяться для лечения детей. В странах Юго-Восточной Азии до сих пор используется традиционный хинин, хотя даже в обычных терапевтических дозах он может вызвать комплекс симптомов, именуемых «хинином отравлением» (головокружение, шум в ушах, тремор), передозировка же грозит больным глухотой и слепотой. Кроме того, хинин противопоказан беременным женщинам, а также детям, поскольку замедляет у них рост трубчатых костей.

Из новых лекарственных средств популярными стали мефлохин и галофантрин. Однако к первому уже появилась и постепенно распространилась резистентность, эффективность и безопасность второго еще только изучается.

В странах, где распространена малярия, используются традиционные народные средства, видное место среди которых занимают местные лекарственные



Возбудитель малярии *Plasmodium falciparum* в эритроцитах.

растения. Наиболее перспективной оказалась полынь однолетняя (*Artemisia annua*), около 2 тыс. лет применяемая в Китае для лечения лихорадки. Сейчас из листьев и соцветий кингала (местное название полыни) получено новое лекарство — артемезинин. Оно очищает кровь от малярийных паразитов быстрее, чем другие антималярийные препараты, а настоящее время проходит заключительную стадию испытаний для международной регистрации. Есть надежда, что с помощью артемезинина и его аналогов число смертельных исходов от церебральной (самой опасной) формы малярии сократится. Практический опыт китайских медиков свидетельствует, что это средство эффективно и хорошо переносится пациентом.

Конечно, успех борьбы с малярией обеспечивают эффективные и безопасные лекарства, но многое зависит от ранней диагностики. Сейчас, как и столет назад, она основана на микроскопическом исследовании крови человека для выявления малярийных возбудителей. Но

если в крови циркулирует небольшое количество паразитов, обнаружить их не удастся, невозможно также дифференцировать бессимптомных носителей болезни от больных, нуждающихся в срочном лечении. В настоящее время разрабатываются новые методы диагностики, которыми можно определить паразита в крови на разных стадиях развития.

Один метод, уже применяемый на практике, предусматривает разделение компонентов крови центрифугированием и окрашиванием акридином оранжевым, после чего паразиты становятся видны, даже если их немного. Сейчас это наиболее чувствительный и быстрый метод, однако он недостаточно специфичен и иногда дает положительный результат даже у здоровых людей. Кроме того, для его проведения необходим специальный микроскоп.

На международной конференции в Амстердаме, в которой участвовали 95 стран, была выработана стратегия контроля малярии. Эта стратегия направлена на предупреждение смертности, снижение заболеваемости, социально-экономических потерь, связанных с малярией, путем постепенного улучшения и укрепления местных национальных возможностей. Основные принципы этой стратегии: ранняя диагностика и своевременное начало лечения; профилактика; раннее выявление, предупреждение или сдерживание эпидемий.

К борьбе с этой болезнью привлечены все заинтересованные страны. ВОЗ полна решимости добиться успеха. Всемирная ассамблея здравоохранения, которая созывается ежегодно в Женеве с 1989 г., приняла резолюцию о том, что борьба с малярией — это приоритетная задача всего мира. Выполнение резолюции — залог здоровья всего населения Земли, а ВОЗ играет ведущую роль в этой работе.

Малярия в Москве

О. Н. Гороненкова

Городская санитарно-эпидемиологическая станция
Москва

В НАШЕЙ стране до 50-х годов малярия была заболеванием массовым: в 1913 г. зарегистрировано 3,5 млн. случаев, в годы гражданской войны — 12 млн., в 1929 г. — около 3 млн., в 1941 г. — 2,5 млн. В период Великой Отечественной войны число заболевших опять возросло и в 1944 г. достигло 4 млн.

В эти годы заболеваемость малярией была высокой и в Москве, хотя определялась в основном завозом инфекции из Московской области и других территорий. Случаи местного заражения составляли примерно 20 % от общего числа больных в городе. Последним годом высокой заболеваемости был 1949 г., когда было зарегистрировано 10 767 случаев, из них 2057 — местного заражения. С 1957 г. случаи местного заражения не регистрировались, и в 1960 г. было объявлено о практической ликвидации инфекции в стране.

С середины 50-х годов, когда начали расширяться культурные и экономические связи с развивающимися странами, все большее значение стала приобретать проблема завоза паразитарных тропических болезней в нашу страну, в том числе и малярии. Поэтому, несмотря на резкое снижение заболеваемости в 1960 г., обстановка оставалась напряженной из-за опасности возобновления эпидемий почти повсеместно. Москва расположена на территории умеренных широт, здесь ранее был ареал малярии и есть благоприятные условия для размножения переносчика сейчас. Поэтому завоз в Москву тропического вида малярии (*P. vivax*), свойственного

этим широтам, может привести к серьезным эпидемиологическим последствиям и угрозе образования на территории города местных очагов. Случаи передачи тропической малярии от иностранных граждан (в основном студентов) и наших соотечественников (военнослужащих, специалистов и туристов), приехавших из «малярийных» стран, наблюдались в Москве в 1972—1973 гг., 1981—1982 гг. и 1990 г. В 80-е годы наибольшее число людей заразилось в Афганистане.

В 1991 г. в России зарегистрировано 203 случая диагностированной малярии, из них 103 — в Москве (69 — иностранцев и 34 россиянина). Малярия попадала к нам из стран Азии и Африки. Заболевали в основном иностранцы, прибывшие на учебу или работу, и только в двух случаях произошли отдельные рецидивы у больных, ранее служивших в Афганистане. Одиннадцать человек плавсостава заразились при заходе судов в порты Анголы, Кот-д'Ивуара, Мозамбика, Нигерии, Либерии, Индии; три человека летного состава — в аэропортах Заира и Гвинеи. Кроме того, россияне заразились малярией в странах содружества независимых государств, а именно в Таджикистане (15 случаев) и Кыргызстане (1).

Система эпидемиологического надзора за малярией в Москве обширна и включает работу лечебно-профилактических учреждений по своевременному выявлению зараженных малярией людей. В 1991 г. за медицинской помощью обратились 62,07 % больных, а диагноз установлен (в первые три дня обращения) у 78,32 %. К сожалению, бывают случаи ошибочной диагностики малярии. Так, например, в Смоленской области ребенку африканцу первоначально

ставился диагноз ветряной оспы, а школьнику, приехавшему из Индии, устанавливались разные диагнозы, вплоть до ОРВИ, и только в Москве на 20-й день со дня заболевания была обнаружена малярия. В Архангельской области умерший от тропической малярии больной лечился от острого гастроэнтерита.

Напомним, что Москва является потенциальным очагом малярии, поэтому особое внимание уделяется борьбе с переносчиком инфекции, чтобы поддерживать его численность на низком уровне. Ежегодно в городе проводится паспортизация водоемов: прудов, русел рек, ручьев, заболоченностей, карьеров, канав, копанок. В течение весенне-летнего сезона за всеми водоемами осуществляется регулярный энтомологический контроль. Площадь, заселяемая малярийными комарами, за последние годы увеличилась, видимо, из-за плохой очистки водоемов и зарастания их водной растительностью, что создает благоприятные условия для увеличения численности комаров.

Совместно с дезинфекционной службой города личинок комаров уничтожают обработкой водоемов экологически безвредным препаратом — бактолуцидом.

Сейчас санитарно-профилактические мероприятия стоят довольно дорого. Дезинфекционная служба не обеспечена в полной мере необходимой аппаратурой, транспортом, не хватает препаратов для борьбы с личинками комаров. Проблема малярии для Москвы остается актуальной и сегодня. И только хороший эпидемиологический надзор за инфекцией, включая меры по борьбе с переносчиком, может предотвратить возврат малярии как массового заболевания горожан.

РУССКИЕ БИОЛОГИ В АВСТРАЛИИ

Часть II. С. Я. Парамонов

М. Д. Голубовский

доктор биологических наук

Институт истории естествознания и техники РАН
Санкт-Петербург

СЕРГЕЙ ЯКОВЛЕВИЧ ПАРАМОНОВ был одаренной натурой. Он творил в двух ипостасях: как биолог — под своей фамилией и как писатель-историк — под псевдонимом Сергей Лесной. Его имя биолога-эволюциониста было хорошо известно киевским биологам еще до войны. В 1940 г. он опубликовал программную статью по теории вида¹. В августе 1992 г. известный генетик С. М. Гершензон написал мне, что хорошо помнит один семинар в 1937 г., на котором остро дискутировали С. Я. Парамонов и А. А. Любищев. (Такова память ученого о событии, состоявшемся 55 лет назад. Но ведь и дискутировали яркие личности!) Вышедшие в 50-х годах в Париже и Мельбурне книги С. Лесного о русской истории и истории славянства вызвали большие споры, и до сих пор историки помнят это имя, порой не подозревая об основной профессии автора. Мне удалось ознакомиться с личным делом Парамонова в архиве Института энтомологии CSIRO в Канберре, а также отыскать его личный архив, состоящий из 16 больших папок в библиотеке Австралийского национального университета в Канберре. Жизненный путь Парамонова прекрасно описан в памятной заметке его коллеги Е. Рика².

«Сергей Яковлевич Парамонов родился в Харькове (Украина) в семье лесничего 4 ноября 1894 г. и умер в Канберре (Австралия) 22 сентября 1967 г. Он окончил Киевский университет в 1917 г. и получил звание доктора биологических наук в 1939 г. за исследование «Семейство бомбилид (дву-

крылые) в фауне СССР». В период с 1917 по 1924 г. он работал на Сельскохозяйственной станции в Киеве, занимаясь вопросами контроля над насекомыми-вредителями, и опубликовал ряд работ на эту тему. Он также читал лекции по зоосистематике в Киевском университете в 1922—1924 гг. До 1939 г. он работал научным сотрудником в Зоологическом музее Украинской академии наук и в 1939 г. стал заведовать музеем. С 1935 г. он член Комиссии по науке Украинской академии наук и принимает активное участие в работе Академии. Читал лекции аспирантам по экологии, систематике, палеонтологии и прикладной энтомологии. Парамонов считал необходимой для аспирантов-биологов солидную подготовку в области палеонтологии и энтомологии, а с другой стороны, полагал, что палеонтологи должны хорошо знать зоологию и ботанику. В 1941 г. получил звание профессора. Парамонов, как и многие другие ученые, особо политикой не интересовался. Когда все украинские научные институты были вывезены в Германию оккупационным правительством, Парамонов при самых неблагоприятных условиях оставался директором Зоологического музея. Когда Зоологический музей был переведен сначала в Познань, а затем в Ганновер, он оберегал коллекции, среди которых было много и его собственных. В 1945 г. сохранившиеся коллекции были возвращены в Россию. Парамонов решил остаться в Западной Европе, получив место энтомолога-исследователя в Парижском музее. В 1946 г. Парамонов подумывал об эмиграции в Америку. Однако в это же время появилась возможность получить место в Австралии, и Парамонов принял это приглашение: фауна Австралии была и интересна, и плохо изучена.

До того как начать работу в Отделе энтомологии в Канберре, он некоторое время работал в Британском музее в Лондоне,

©Голубовский М. Д. Русские биологи в Австралии. Ч. II. С. Я. Парамонов.

¹Парамонов С. Я. Что такое вид в биологии // Сов. ботаника. 1940. № 2. С. 3—18.

²Rick E. F. A tribute to S. Y. Paramonov // J. Ent. Soc. AUSTR. (N. S. W.). 1968. V. 4.



С. Я. Парамонов в Канберре.

изучая коллекционные сборы австралийских двукрылых. В Австралию прибыл в марте 1947 г. До выхода на пенсию в 1959 г. изучал систематику двукрылых Австралии, в особенности некоторых паразитических, экономически важных семейств среди высших двукрылых. После выхода на пенсию продолжал работать в отделе как научный консультант и закончил монографическое описание ряда семейств. В области энтомологии он опубликовал около 185 работ, треть из них посвящена австралийским видам.

Парамонов был одним из последних «старомодных» ученых — натуралист с широкими интересами. Он часто сожалел, что время таких натуралистов прошло, и порицал современную тенденцию ранней сверхспециализации и узких исследовательских горизонтов. После окончания университета много путешествовал (1914—1933), особенно в юж-

ных областях (Крым, Армения, Туркестан и Кавказ). С молодости и всю жизнь он интересовался как энтомологией, так и орнитологией. Во время работы на Украине возглавлял обширные ботанические и зоологические экспедиции в Армению, в долину реки Аракс. Нередко подробно рассказывал о некоторых из этих экспедиций, восторгаясь замечательными картинами весенних, ярко окрашенных цветов.

В Австралии Парамонов работал с энтузиазмом, и первые годы проводил большую часть времени в поле, знакомясь с фауной и собирая коллекции своих любимых групп двукрылых — в особенности семейства бомбилид и очень привлекательных особей из рода *Rutilla* (Tachinidae). При знакомстве с его публикациями может создаться впечатление, что он «музейный человек». Но это не так. Он хорошо знал биологию большинства видов. Я провел много замечательных дней в поле с Парамоновым, когда он собирал коллекцию видов двукрылых, а я — перепончатокрылых

среди фауны, которая была крайне интересна для нас обоих. Собирать коллекции с Парамоновым не было скучным делом. Он неизменно брал с собой несколько мешочков для ящериц и змей. Многих ящериц сохранял живыми в лаборатории, и они легко становились ручными.

Живя в Канберре, он перенес свой интерес к садоводству в мой сад. Многие из растущих в нем диких видов были выращены им из семян, собранных в поле, или перенесены в виде саженцев из природы. В первые годы жизни в Австралии, до того как его настигла болезнь сердца, он украшал наши путешествия множеством песен, исполняемых низким, твердым голосом. Он любил музицировать, и некоторые песни, видимо, были сочинены им самим.

Его подход к жизненным проблемам был сбалансированным и зрелым. Он возбуждался только тогда, когда отстаивал свои научные взгляды. В свои ранние годы был членом многих научных обществ. В течение ряда лет курировал библиотеку Украинской академии наук. В 1926 г. основал периодическое издание «Труды Музея зоологии» (*Travaux du Musée Zoologique*) и был редактором первых выпусков.

Он также известен как историк юга России, опубликовал серию из 12 книг и собрал обширную литературу по этой теме. Он выпустил также рассказы о своих путешествиях и сборник стихов. В одном из эссе «Натуралист в Австралии» он живо описывает уникальность животного мира этого континента.

В своей научной работе он выступал сторонником традиций. Он следовал принятым ключам по классификации, давал подробные, полные описания новых видов, которые, однако, могли быть основаны нередко на одном образце, а не на серии экземпляров. В Австралии, к сожалению, много времени тратил на рутинную классификацию видов и наведение порядка в коллекциях двукрылых, которая во многом базировалась на его обширных сборах в период создания Австралийской национальной коллекции насекомых. Поэтому до выхода на пенсию у него оставалось мало времени заниматься теоретическими вопросами систематики, которые его интересовали.

Семейство бомбилид было его первой любовью: «*meine Lieblinge*», как он называет их в своих сочинениях и письмах. Он останется в нашей памяти как настоящий натуралист и специалист по бомбилидам. Характерно, что его первая статья по систематике была посвящена систематике южнорусских бомбилид и опубликована в

1921 г., а последняя статья, вышедшая незадолго до смерти, в 1967 г., была обзором австралийских бомбилид рода *Ligula*. Он знал, что никогда не увидит своей любимой Украины, и его последней волей было, чтобы за него это сделал я. Я надеюсь выполнить просьбу моего замечательного коллеги и близкого друга.

К этой замечательной заметке приложен обширный список публикаций Парамонова, составленный его ассистенткой Дзентой Лиёпа (видимо, эмигранткой из Латвии).

История переезда Парамонова в Австралию и прием его на работу — настоящий детектив.

В личном деле С. Я. Парамонова, которое мне любезно предоставил Архив CSIRO, при помощи Яна Ньюмана, работающего в организованном Парамоновым отделе двукрылых, мне удалось найти письма Ф. Г. Добржанского и Б. П. Уварова. Сам же процесс прохождения по конкурсу и переезд в Австралию оказались драматичными. Представляю эту драму в виде последовательных актов.

Действие I. В конце 1945 г. С. Я. Парамонов обращается к известным русским биологам к Ф. Г. Добржанскому в США и к Б. П. Уварову в Англии (первый — член Национальной Академии наук США, второй — член Лондонского Королевского общества) с просьбой помочь найти соответствующее его рангу место работы энтомолога-систематика. Добржанский соглашается пригласить его в будущем в свою лабораторию с целью ревизии семейств дрозифилид. 27 ноября 1945 г. Уваров направляет письмо доктору Никольсону, директору отдела энтомологии. В письме говорится:

«Дорогой доктор Никольсон, я пишу Вам по поводу возможной вакансии в Вашем отделе для диптеролога выдающейся квалификации и опыта. Это профессор С. Я. Парамонов, работавший в Зоологическом институте Академии наук Украины. Во время германской оккупации Украины он, как и другие сотрудники его отдела, был депортирован в Германию, освобожден союзниками и сейчас работает в Париже без прав и будущего. Ему 52 года, у него нет семьи, он готов занять соответствующий пост в любом месте мира, предпочитая быть как можно дальше от Европы. Его научную квалификацию Вы можете оценить по предвоенным статьям в зоологических журналах. Он работал в основном по систематике семейств бомбилид. Но, будучи систематиком, готов изу-

чать любую другую группу. Знает языки: русский, украинский, немецкий, французский, в определенной степени английский, достаточной, чтобы читать общую и специальную литературу. Разговорным английским он не владеет, но сейчас занимается.

Я был бы признателен узнать любые Ваши соображения, и если есть возможности получить место, пожалуйста, сообщите мне и также научному секретарю в Австралийском консульстве в Англии, поскольку через него легче утрясти различные административные детали.

После войны мы медленно возвращаемся к нормальной жизни, но требуется время, чтобы восстановить здания и вернуть на место коллекции назад в Лондон.

С дружескими пожеланиями искренне Ваш Б. Уваров.»

Действие II. Получив рекомендательное письмо от такого корифея в области энтомологии, как Уваров, заведующий Отделом энтомологии доктор Никольсон немедленно 7 декабря 1945 г. обращается в Совет по науке и технике Австралии. Это обращение, на мой взгляд, образец административной мудрости: сообщая об острой нужде отдела в таком специалисте, Никольсон упреждает возможные опасения начальства и пишет, что «здесь есть политический аспект, который может затруднить дело». А чтобы начальство не очень боялось, он, как бы между делом, напоминает в конце письма: «Между прочим, есть определенное сходство между историями профессора Парамонова и мистера Уварова. Много лет тому назад профессор Бэкстон нашел м-ра Уварова в Тифлисе в состоянии отчаяния и лишений. Будучи поражен его способностями, он устроил ему приглашение в Англию. Этот поступок оказался большим благодеянием для британской энтомологии, так как мистер Уваров сейчас — один из самых выдающихся энтомологов в стране».

На запрос Никольсона, как он, видимо, и ожидал, последовал вежливо замаскированный отказ. Заместитель председателя Совета по науке и технике Австралии Ричардсон спрашивал, почему, если, согласно рекомендации Уварова, квалификация Парамонова столь высока, он не вернется на Украину, где его заслуги признаны Украинской академией наук и где «есть возможности, чтобы проявить свои способности? Одновременно следует совет объявить конкурс и найти «своего» специалиста. В то же время секретарь Совета 14 декабря 1945 г. посылает на всякий случай запрос в Лондон

атташе по науке Австралийского консульства д-ру Грэфсфорду с просьбой уточнить у Уварова, знает ли он лично Парамонова и почему тот не хочет возвращаться на Украину, в Киев, не потому ли, что «русские считают его коллаборационистом».

Действие III. 18 декабря 1945 г. Никольсон вновь дипломатично парирует вежливый отказ Ричардсона тем, что, во-первых, он вынужден будет сообщить Уварову, что «из-за политических осложнений», к сожалению, места для профессора Парамонова нет, и, во-вторых, пожелание путем конкурса найти «своего специалиста» вряд ли реально, так как он, Ричардсон, уже пытался это сделать; в Австралии подобных специалистов нет, а из Америки, куда он обратился, рекомендовали лишь одного беженца и ответили, что «хорошие систематики очень редки и больше никого на примете нет».

3 января 1946 г. научный атташе консульства Австралии в Лондоне сообщает, что он говорил с Уваровым: Уваров лично не знает Парамонова, но более 20 лет переписывается с ним; что у него нет семьи, трудное положение, статус беженца без государственной принадлежности и что он готов принять любое достойное предложение. Далее атташе Грэфсфорд поясняет с полным пониманием дела: «Если бы Парамонов захотел вернуться в Киев, он должен был бы доказать, что в Германии оказался насильно, а не по своей воле. А это очень трудно, ибо русские сейчас не принимают во внимание тех обстоятельств, когда в реальности добровольный выезд мог быть только в результате выбора: ехать или быть застреленным (выделено мной. — М. Г.). Ясное, без иллюзий, понимание драматичности ситуации!»

В конце февраля Грэфсфорд едет в Париж, где встречается с Парамоновым. И хотя разговор ведется по-французски, через переводчика (Парамонов плохо говорит по-английски), Парамонов в целом производит на Грэфсфорда хорошее впечатление: «Он с энтузиазмом относится к своей работе и находится в переписке с исследователями во всем мире». «Определенно, он произвел на меня впечатление как «хороший тип», с импозантной внешностью, спокойной речью и способный к интенсивной систематической работе». Это письмо Грэфсфорд посылает в Совет.

В то же время Никольсон пересылает в Совет полученное им второе письмо от Уварова (3.01.46), в котором Парамонов вновь решительно характеризуется как систематик высокой квалификации с большим желанием работать, а шансы найти другого

подходящего кандидата очень малы, ибо энтомологи требуются везде, и даже в Англии заполнены не все вакансии. Далее Уваров пишет: «Личные обстоятельства Парамонова таковы, что лишь **быстрое решение** вопроса спасет его от лишений. Возможно, это звучит драматично, но это грустная правда. В Европе тысячи «перемещенных лиц», которые не знают, что с ними случится в будущем. Конечно, моя поддержка Парамонова не диктуется одними сентиментальными соображениями, я лишь хочу содействовать обеим сторонам к их взаимной выгоде».

Действие IV. Как реагирует на это научное начальство? Ответ Ричардсона от 14 мая 1946 г. напоминает «ход конем». Он не сомневается в необходимости приема в Отдел энтомологии специалиста-систематика по двукрылым, но считает все же лучшей возможностью объявить конкурс здесь и за границей. Кроме того, он напоминает, что требуется также и одобрение Министерства (вводит «в бой» новые силы).

Действие V. Никольсон не сдается. Объявляется конкурс, проходит лето 1946 г. и в начале осени, 11 сентября 1946 г., он сообщает в Совет, что конкурс проведен, было несколько кандидатур, и лучшей, без сомнения, оказался Парамонов, и поэтому он «настоятельно рекомендует послать Парамонову приглашение через Австралийское консульство не позднее 1 ноября 1946 г. Лед тронулся... В октябре 1946 г. Парамонов посылает в Совет свой «послужной список» (Curriculum Vitae) одновременно с рекомендательными письмами Добржанского и Уварова.

Действие VI. Победа! Секретарь Совета сообщает Никольсону, что на заседании 11 ноября 1946 г. Совет одобрил кандидатуру Парамонова и через консульство в Англии сообщит об этом Парамонову, а также спросит одобрения министра по науке. Теперь все идет гладко. В декабре Парамонову посылается приглашение, и 31 декабря в Совет по науке идет каблогграмма с грифом «Секретно»: «Парамонов принял приглашение и готов уехать из Англии в начале февраля».

Никольсон, в свою очередь, просит, чтобы, не дожидаясь приезда, Парамонова зачислили на ставку, и пусть он в это время знакомится с коллекциями в Британском музее. Вот отрывок из письма Никольсона: «Я чувствую, что надо сделать определенные усилия, чтобы помочь Парамонову финансами, так как он практически без денег. Нельзя ли выслать ему немного денег на личные расходы еще до его отплытия?

Я думаю, что его командировочные во время переезда на корабле следует выдать авансом немедленно. Возможно, определенные средства может выделить консульство в Лондоне». Совет поддерживает просьбу Никольсона. Парамонов отправляется в Лондон, где 8 февраля садится на лайнер «Астурия» и отплывает в Мельбурн.

Действие VII. 11 марта 1947 г., через месяц путешествия, которое он красочно описывает в своем дневнике, Парамонов в Мельбурне вступает на землю Австралии, а 15 марта приезжает в Канберру. Пока он плывет, информация о его приезде просачивается в газеты. И возникают неожиданные политические осложнения, которые предвидел Никольсон. В разгар холодной войны, недоверия к Советской России вдруг отсюда принимают на работу ученого... Как, почему? Не шпион ли? Газета «Геральд» в Мельбурне 11 марта помещает фотографию Парамонова и статью под названием «Русский эксперт здесь, в CSIRO» и далее в благожелательном тоне сообщает, что европейски образованный ученый, профессор Парамонов, автор более 100 работ, приглашен для изучения мух в Австралии.

Корреспондент со слов Парамонова приводит такую легенду. Когда нацисты оккупировали Киев, Парамонов стал их пленником, «и они использовали его сначала на квазинаучной работе — составлять каталог коллекций, которые были награблены на Украине, и посылать в Германию. Но профессор Парамонов был ненадежен, он не любил нацистов. Поэтому они отправили его в концентрационный лагерь. Он переходил из лагеря в лагерь в Польше, ожидая поражения нацистов». Далее говорится, что Парамонов, благодаря своим научным знаниям, тайно раздавал со склада медикаменты людям и они отправляли их партизанам, пока запасы не кончились. Наконец, немцы в течение 20 дней пытали его, но потом отпустили, думая, что он сможет пригодиться. В конце войны он сбежал и оказался в Париже. Он пытался узнать, что стало с его семьей, но знает лишь судьбу своего брата.

Многие газеты писали в таком же благожелательном духе. Однако уже на следующий день после прибытия депутат Аббот сделал запрос правительству в палате представителей:

- 1) Действительно ли профессор Парамонов приехал по приглашению?
- 2) Кто сделал это приглашение?
- 3) Есть ли намерение приглашать дру-

гих русских профессоров и в каких областях?

Министр министерства послевоенной реконструкции Дэдмон ответил, что он исследует этот вопрос. 16 марта газета «Телеграф» в Сиднее печатает сообщение: «Русское посольство говорит, что прибывший ученый не является русским гражданином». 11 апреля секретарь Совета по науке Кук отправляет министру конфиденциальное разъяснение всей истории. 25 марта 1947 г. газета «Телеграф» помещает остроумный фельетон, высмеивающий шпиономанские опасения. Фельетон сделан в виде письма в газету: «Сэр! Зловещие сообщения, несомненно, связаны с прибытием в Австралию бородатого русского профессора, который находится здесь под предлогом изучения мух в CSIR³. Этот профессор следовал на корабле из Англии вместе с шестью ключевыми специалистами Британии в области ракет. Тратя в среднем неделю на каждого, профессор имел достаточно времени, чтобы загипнотизировать их или ввести таинственное тибетское лекарство и таким образом узнать от них секреты военных ракет. Нельзя начисто отрицать, что русские, возможно, вывели муху-курьера величиной с голубя, которая ночью секретно выпускалась с корабля, унося на своей безобразной шее секреты, добытые от шести специалистов. Профессор, несомненно, посетит Канберру, даже если он не собирается остаться там. Хорошо известно, что мэгпай⁴ в Канберре довольно злобны. Однажды они даже атаковали министра Фэнтона около парламента. Если этот вид мэгпая будет скрещен с гигантской большевистской мухой, какое будущее ожидает наших политиков?! Что думает Содружество, чтобы предотвратить именно эту ситуацию, а не заниматься все время вопросами полной занятости? Кто знает, а вдруг этот конвой из большевистских мух сможет сесть на хвост ракеты и направить ее в сторону Канберры? Что станет с нашими австралийскими мухами, если они проникнутся чужой идеологией? В качестве минимальной предосторожности надо сделать так, чтобы этот профессор мог работать только с мухами, чья лояльность принципам демократии была бы доказана. Дж. Бэртон». Забавная сатира на шпиономанию.

В 1948 г. главой Отдела энтомологии, вместо ушедшего на пенсию Никольсона,

стал выдающийся ученый, специалист по физиологии и систематике насекомых Д. Ватерхауз. Он член многих академий мира, в том числе один из двух ученых Австралии — иностранный член бывшей АН СССР. Несколько лет назад Ватерхауз вышел на пенсию, но продолжает активно работать. Он рассказал мне, что к нему в 1948 г. приходили люди из австралийской контрразведки и спрашивали, не шпион ли Парамонов. После беседы с Ватерхаузом они успокоились.

Уже в июне 1948 г. Парамонов совершил двухмесячную экспедицию в северные районы Австралии, а затем собрал и изучал коллекцию в самых разнообразных областях, включая отдаленные острова. Им впервые описаны десятки видов в разных семействах двукрылых. В архиве Парамонова я обнаружил большую рукопись по теории систематики и видообразования, которую он закончил до войны, но так и не успел ее доработать и издать. Многие подходы и сообщения в ней актуальны и сейчас, а некоторые главы могут быть изданы в почти неизменном виде.

В 1959 г. в возрасте 65 лет Парамонов вышел на пенсию, но продолжал работать по специальному гранту и консультировал работу группы по систематике двукрылых. Постпенсионный грант возобновлялся каждые три года.

Несколько слов о его литературно-историческом творчестве.

Под псевдонимом С. Лесной Парамонов выпустил в Париже в 50-е годы две небольшие книжки стихов, путевые заметки, а потом увлекся историей славянства и Руси. В последние 15 лет жизни все свое свободное время отдавал изысканиям и публикациям в этой области. В 1964 г. издал в Мельбурне на русском языке несколько выпусков книги «Пересмотр основ истории славян», а затем книгу «Русь, откуда ты?»

Парамонов критиковал концепцию норманизма в русской истории. Он хотел доказать, что «варяги, призванные на Русь, были западными славянами из племени русинов (т. е. русь), они же руги, ругияне, руяне и т. д. Призывалось потомство новгородского князя Гостомысла по женской линии, ибо мужская линия угасла, а государственные интересы требовали продолжения династии, имевшей уже минимум 8 поколений.» Далее, он считал, что история Руси начинается не с Олега, что есть «500-летняя история Руси доолеговской, сидевшей издревле на Днепре, Буге, Днестре и на Карпатах, ядро же древней Руси было в нижнем Полабьи, т. е. на Эльбе и

³CSIR — Council for Scientific and Industrial Research, т. е. Совет по науке и технике, в дальнейшем стал именоваться CSIRO.

⁴Мэгпай — птица величиной с ворону, типична для Канберры.

на острове Ругине (современный Рюген), ибо русины и руги — одно и то же. Доолеговская Русь была, по Парамонову, уже сложившимся государством. Парамонов старался доказать, что славяне, еще до кириллицы, имели примитивное письмо (руны), все сведения о нахождении которых Парамонов тщательно анализирует. В книге «Русь, откуда ты?» большой раздел посвящен так называемой «Влесовой книге», будто бы найденной полковником Изенбеком, будто бы начертанной на дощечках в глубокой древности и напечатанной в отрывках в одном малоизвестном эмигрантском журнале.

Парамонов был увлечен этим открытием. Но историки не признавали подлинности «Влесовой книги». В архиве Парамонова я нашел письмо акад. Л. Виноградова от 15 апреля 1959 г., направленное в Славянский комитет, в котором он суммирует экспертизу «Влесовой книги» и пишет, что «факты языка, отразившиеся в тексте, не позволяют признать рассматриваемый памятник подлинным... есть основания предполагать, что «дощечки Изенбе-

ка» представляют собой одну из подделок И. И. Сулукадзева (начало XIX века)». Т. е. это фальсификация. Одна из тех, на которую попался и А. С. Пушкин, переводя «Песни южных славян». Парамонов потратил много времени на расшифровку и толкование «Влесовой книги». Вся эта история может найти достойное место среди страниц литературных и исторических подделок и мистификаций.

Вполне определенное представление об общебиологических, философских и исторических взглядах Парамонова можно получить из его переписки с А. А. Любищевым, который дружески полемизировал и критиковал своего коллегу.

Небольшое эссе «В Канберре — столице Австралии (первые впечатления натуралиста)», насколько я могу судить по собственным ощущениям, прекрасно передает впечатления европейца, впервые соприкоснувшегося с природой Австралии. Способность выразить это ощущение только несколькими яркими импрессионистскими мазками наряду с точными фаунистическими описаниями — это особый дар, присущий Парамонову.

НОВОСТИ НАУКИ



Экология

Краснеют реки

Национальное гидрологическое управление Великобритании сообщило о загрязнении рек в ходе горнодобывающих работ, в особенности после закрытия шахт, когда из них перестают откачивать воду. Среди наиболее пострадавших районов — графство Йоркшир, где насчитывается 36 подобных объектов загрязнения. Так, р. Дон в районе Пеннистона, некогда славившаяся изобилием форели, теперь совершенно безжизненна: ее воды окрашены в оранжевый цвет в связи с утечкой «хвостов» из заброшенной железорудной шахты. По аналогичной причине

приобрели красный цвет воды р. Колдер в той части Пеннинских гор, которая находится в графстве Ланкашир. Сильно загрязнен и Бриджуотерский канал, открытый еще в 1761 г. для перевозки угля от мест добычи в Уормли к фабрикам Манчестера. В Южном Уэльсе, где двум из трех угольных шахт угрожает закрытие, 4,5 % всех водных запасов объявлено загрязненными.

Сейчас Управление угледобычи Великобритании закрывает множество шахт, в том числе и существовавших более столетия. С остановкой насосов уровень подземных вод в ряде мест возвращается к тому, каким он был до промышленной революции. Зачастую шахтные воды распространяются на значительные расстояния от ис-

точника загрязнения. В связи с этим разрабатываются методы очистки старых шахтных вод. В Стокбридже (графство Йоркшир) строят экспериментальное водоочистное предприятие — комплекс из отстойников и каскада для аэрирования воды. Опробование продлится весь 1993 г.

Гидрологическое управление настаивает на обложении владельцев шахт, намеренных прекращать добычу полезных ископаемых, специальным налогом, который полностью пойдет на предотвращение возникающего при этом загрязнения рек и подземных вод страны.

New Scientist. 1992. V. 136. N 1845. P. 9 (Великобритания).



Пользовательский инструмент для систем обработки данных

Постоянный рост требований к управлению означает, что все заинтересованные руководители и специалисты — главы администраций, финансовые директора, эксперты, проектировщики, консультанты по вопросам экологии и др., — выдвигают сегодня как никогда высокие требования к технологии, с помощью которой принимаются практические решения.

При создании любых информационных систем на базе персональных ЭВМ, ядром которых служит база знаний об управляемой территории. Вашим лучшим помощником могут стать инструментальные программные средства КАПРИЗ, ЭКОКАРТ, ПАЛИТРА, предлагаемые нашей фирмой.

Эти программные продукты реализуют прогрессивную геоинформационную технологию работы с данными и предназначены для использования в качестве средств информационной поддержки решения задач территориального управления и принятия решений, включая вопросы оценки состояния и рационального использования природных ресурсов, оценки развития территориальной инфраструктуры, охраны окружающей среды, анализа и прогнозирования ситуаций в сфере торговли, товарооборота, маркетинга и др.

КАПРИЗ — эффективное программное средство быстрой и самостоятельной организации, визуализации, анализа и манипулирования территориально распределенными данными.

ЭКОКАРТ — программный комплекс отображения на «электронном» картографическом фоне результатов обработки, анализа и моделирования данных об экологической обстановке на территории в форме дисплейных тематических карт.

ПАЛИТРА — программный комплекс для пространственного анализа информации о состоянии и развитии инфраструктуры и ресурсов городских территорий.

КАПРИЗ, ЭКОКАРТ, ПАЛИТРА обеспечивают возможность поиска, отображения и географического анализа Ваших данных. От уровня городского района до мирового географического пространства это программное обеспечение позволит соединять Ваши данные с картографическим дисплейным изображением заданной территории. В наглядной форме Вы сможете проигрывать сценарии «Что, если...» с Вашими данными.

Мы предлагаем предприятиям и организациям, специализирующимся на внедрении и распространении программной продукции, стать нашими дилерами.

Дилерам предоставляется скидка от 10 % до 50 %.

Наша программная продукция доступна пользователю любого уровня подготовки.

129594, Москва, 5-й проезд Марьиной рощи, 15А.

Тел. (095) 971-67-90 288-61-96

Факс: (095) 971-66-88

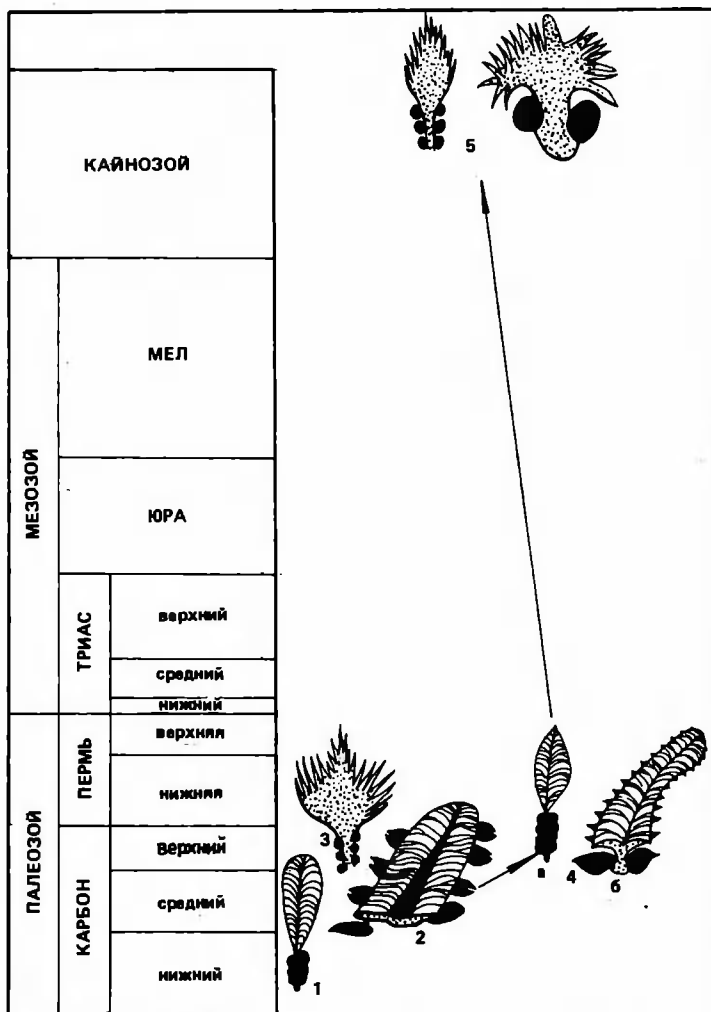
E-mail (Relcom) root@face.msk.su

Происхождение цикадовых: гипотезы и находки

А. В. Гоманьков,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

ЦИКАДОВЫХ, или саговниковых, ныне всего 10 родов. Эта сравнительно небольшая группа голосеменных растений обитает исключительно в тропиках и субтропиках. Наш соотечественник, хоть раз бывавший в каком-либо крупном ботаническом саду, наверное, видел древовидные вечнозеленые растения с колонновидным или коротким, похожим на клубень или бочонок стволом, увенчанным пучком перистых, как у папоротников, листьев. Современные цикадовые могут по праву считаться «живыми ископаемыми», так как эта группа процветала в растительном покрове Земли в мезозое. В ту эру разнообразие и географическое распространение было несравнимо большим, чем сейчас. До недавнего времени находки цикадовых были известны начиная со среднего триаса, а их происхождение оставалось неясным.

Остатки растений, которые могли бы претендовать на роль предков цикадовых (они названы археоцикас и фасматоцикас), впервые описал (1969) американский палеоботаник С. Мамей¹. Эти остатки, найденные в нижнепермских отложениях, представляли собой оси, по бокам которых в два ряда сидели семена. Мамей предположил, что они родственны семеносным органам — кладо-спермам — современных цикадовых. Каждый такой кладо-сперм состоит из узкой основной части, несущей семена, и конечного расширения в форме щитка или пластинки, которая может быть тем или иным образом рассеченной. У большин-



Кладо-спермы цикадовых и их предполагаемых предков. 1 — листья типа леслейи с прикрепленными семенами; 2 — сперматерис; 3 — кладо-спермы, описанные Гао Чжи-феном и Томасом; 4 — фасматоцикас (а — по Мамею, б — по Джилесли и Перфферхорну); 5 — цикас. Стрелками показаны филогенетические связи (по Мамею).

ства современных цикадовых каждый кладо-сперм несет два семени, хотя у некоторых видов их бывает и больше, и тогда они располагаются двумя рядами по бокам узкой части этого семенного органа. Так же расположены семена у археоцикаса и фасматоцикаса. Согласно гипотезе Мамея, эти предки ци-

© Гоманьков А. В. Происхождение цикадовых: гипотезы и находки. М а т а у С. Н. // Science. 1969. V. 164. P. 295—296.

кадовых произошли от птеридоспермов («семенных папоротников»), близких к верхнекаменноугольному роду спермоптерис, у которого семена образуют два ряда на цельном листе, так как основание листовых пластинок редуцировано. Дальнейшая редукция и модификация конечной пластинки, а также уменьшение числа семян у такого кладосперма привела к образованию семенных органов современных цикадовых.

Эта гипотеза, обстоятельно обоснованная Мамеем в специальной работе², получила дополнительное подтверждение благодаря еще одной находке. Также в нижнепермских отложениях США были найдены семенные оси фасматоцикаса, прикрепленные не к осям, а к листовым пластинкам типа тениоптериса³ (тениоптерис — формальный род, объединяющий растения с простыми цельнокрайними листьями и перистым жилкованием). Вегетативные листья этого типа характерны для некоторых мезозойских цикадовых, к ним близки также кладоспермы спермоптериса.

Концепция Мамея была, однако, подвергнута критике русским палеоботаником С. В. Мейеном. Рассматривая эволюцию голосеменных в целом, Мейен пришел к выводу, что наиболее устойчивым эволюционным признаком был тип

симметрии семян⁴. Семена современных и ископаемых цикадовых радиально-симметричны, тогда как спермоптериса — двусторонне-симметричны (к сожалению, тип симметрии семян у археоцикаса и фасматоцикаса неизвестен из-за плохой сохранности их остатков, однако близость этих родов к спермоптерису представляется весьма вероятной). Следовательно, спермоптерис не может рассматриваться в качестве предка цикадовых, так как он принадлежит к иной эволюционной ветви голосеменных. А предков цикадовых, по мнению Мейена, следует искать среди группы каменноугольных птеридоспермов — тригонокарповых, или медуллезовых, семена которых были радиально-симметричными.

Еще один противоречащий гипотезе Мамея факт обнаружили в 1989 г. китайский палеоботаник Гао Чжифен и англичанин Б. Томас⁵. Из нижнепермских отложений Китая эти исследователи описали кладоспермы, фактически ничем не отличающиеся от современных цикадовых рода цикас. Археоцикас и фасматоцикас, таким образом, исключаются из числа возможных предков цикадовых, так как они существовали одновременно с весьма продвинутыми в эволюционном отношении представителями этой группы. Для длительной эволюции, приведшей, по Ма-

мею, от археоцикаса и фасматоцикаса к современным цикадовым, просто не остается времени.

Однако последнее слово в дискуссии о происхождении цикадовых еще не сказано. Недавно соотечественник Мамея Р. Лири описал из среднего карбона США листья рода леслейя, к черешкам которых двумя рядами прикреплялись семена⁶. Леслейя — формальный род, объединяющий растения с листьями, очень близкими к листьям рода тениоптерис, они отличаются от него лишь характером изгиба боковых жилок. А семенная часть описанных кладоспермов весьма сходна с таковыми рода фасматоцикаса. Если в духе концепции Мамея связывать эти остатки с происхождением цикадовых, то оказывается, что обособление «цикадовой» филогенетической ветви отодвигается примерно на 35 млн. лет — с ранней перми на средний карбон. Тогда возражение Гао Чжифена и Томаса теряет свою силу. Правда, становится весьма проблематичной связь этой «исходной группы цикадовых» с родом спермоптерис, более молодым, чем остатки, описанные Лири.

Итак, и до сегодня происхождение цикадовых остается загадкой. Будем надеяться, что новые находки дадут наконец в руки исследователей ключ к ее пониманию.

²Мамей С. Н. // U. S. Geol. Surv. Prof. Paper. 1976. N 934. P. 1—48.

³Gillespie W. H., Pfefferkorn H. W. // Rev. Palaeobot. and Palynol. 1986. V. 49. N 1—2. P. 99—116.

⁴Mayen S. V. // Bot. Rev. 1984. V. 50. N1. P. 1—111.

⁵Gao Zhifeng, Thomas B. A. // Rev. Palaeobot. and Palynol. 1989. V. 60. N 3—4. P. 205—233.

⁶Leary R. L. // Science. 1990. V. 249. P. 1152—1154.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СНГ: ноябрь — декабрь 1992 г.

В указанный период с космодромов СНГ (Байконур и Плесецк), а также с борта научно-исследовательского комплекса «Мир» было запущено 14 спутников, в том числе 11 — серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

Возвращаемая капсула российского спутника «Ресурс-500» содержала гуманитарный груз: послание американскому народу от правительства и ВС РФ с поздравлением в честь 500-летия открытия Америки, рекламную продукцию российских и зарубежных фирм и др. Капсула приводнилась в нейтральных водах 22 ноября 1992 г. в 21 час 39 мин московского времени в 300 км западнее г. Сиэтла, где 26 ноября начались празднования в честь 500-летия открытия Америки.

Малогобаритный автономный спутник «МАК-2» был запущен с борта научно-исследовательского комплекса «Мир» с научной аппаратурой для широкомасштабных исследований физических характеристик и параметров верхней атмосферы Земли.

Очередной спутник связи «Горизонт» выведен на близкую к стационарной круговую орбиту в целях дальнейшего развития систем связи и телевизионного вещания.

Запуск биоспутника «Космос-2229» осуществлялся в рамках Международного года космоса. На его борту были размещены научная аппаратура и на-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Ресурс-500»	16.XI	194	270	82,6	88,8
«Космос-2219»	17.XI	852	881	71	102
«Космос-2220»	20.XI	178	368	67,2	89,6
«МАК-2»	20.XI	398	418	51,6	92,4
«Космос-2221»	24.XI	651	678	82,6	97,8
«Космос-2222»	25.XI	615	39 340	62,8	708
«Горизонт»	27.XI	36 500	36 500	1,4	1472
«Космос-2223»	9.XII	189	300	64,7	89
«Космос-2224»	17.XII	35 837	35 837	2,3	1440
«Космос-2225»	22.XII	179	337	64,9	89,4
«Космос-2226»	22.XII	1498	1538	73,7	116
«Космос-2227»	25.XII	852	880	71	102
«Космос-2228»	25.XII	646	681	82,5	97,8
«Космос-2229»	29.XII	226	397	62,8	90,5

учно-экспериментальные системы с биологическими объектами (две обезьяны, насекомые, земноводные, растения, культуры клеток и тканей) для комплексного изучения механизмов адаптации живых организмов к факторам космического полета. В разработке научно-экспериментальной и исследовательской аппаратуры и проведении экспериментов принимали участие ученые и специалисты СНГ, Австрии, Германии, Канады, Китая, Литвы, Франции, Чехо-Словакии, а также Европейского космического агентства. 10 января 1993 г. возвращаемый аппарат этого биоспутника с аппаратурой и биологическими объектами совершил мягкую посадку в заданном районе на территории СНГ.

Запуски спутников осуществлены ракетами-носителями «Союз», «Молния», «Зенит», «Циклон», «Протон».

Таким образом, всего в 1992 г. в СНГ было запущено 75 космических аппаратов,

в том числе два пилотируемых космических корабля «Союз ТМ», пять автоматических грузовых кораблей «Прогресс М», 55 спутников серии «Космос», семь спутников связи «Молния», «Экран», «Горизонт», четыре спутника для изучения природных ресурсов типа «Ресурс» и исследовательский спутник «Фотон». Кроме того, с борта научно-исследовательского комплекса «Мир» космонавты А. Я. Соловьев и С. В. Авдеев — члены 12-й длительной экспедиции — запустили малогобаритный автономный спутник «МАК-2».

Сравнение числа космических объектов, запускавшихся в СССР и СНГ в последние годы (1989 г. — 95, 1990 г. — 96, 1991 г. — 82, 1992 г. — 75), с зарубежными запусками свидетельствует, что, несмотря на тяжелый экономический кризис, космические службы РФ, запустили по крайней мере вдвое больше космических объектов, чем все зарубежные государства, вместе взятые.

Астрофизика

Японские исследования физики Солнца

30 августа 1991 г. с космодрома Кагосима (о. Кюсю, Япония) был запущен спутник «Solar-A» для наблюдения солнечной активности в гамма- и рентгеновском диапазонах. Он вышел на близкую к круговой орбиту на высоте около 600 км с наклоном 31° и периодом обращения около 97 мин.

На его борту установлены телескопы для регистрации жесткого и мягкого излучения Солнца, широкополосный спектрометр и кристаллический спектрометр Брэгга. Полученные данные направляются на станции Сети глубокого космоса в Голдстоне (штат Калифорния, США), Мадриде и Канберре, а также в Космический центр Кагосима (Япония).

Некоторые из проведенных экспериментов уникальны. Так, получаемые изображения источников жесткого рентгеновского излучения с высокой степенью временного разрешения в четырех энергетических полосах до 100 кэВ впервые дают представление о быстрых процессах, происходящих во время импульсивной фазы солнечной вспышки.

С октября 1991 г., когда наблюдения жесткого рентгеновского излучения стали повседневным делом, по 1 июля 1992 г. получено около 100 тыс. полных и 200 тыс. частичных изображений. Подтверждено, что подобный телескоп может служить для регистрации не только ярких корональных структур, вызываемых мощными солнечными вспышками, но и таких слабых, как корональные «дыры» и выбросы масс. Прибор позволяет выявлять тонкие структуры жесткого рентгеновского излучения с угловым разрешением менее 10 дуговых секунд. Обнаружено несколько высокоэнергетичных вспышек, обладающих весьма интенсивными характеристиками. Удалось наблюдать процессы: крупномасштабной перестройки структур магнитного поля, т. е. последовательное образование замкнутых петель в открытом поле;

слияние двух отдельных петель, указывающее на ход магнитного пересоединения; временное усиление яркости мелких петель в районах активности; быструю переменность интенсивности и конфигурации поля; выбросы корональных газов и магнитного поля из активных районов; образование короткоживущих корональных дыр, связанных с исчезновением волокон; хромосферное испарение во всех вспышках; излучение в полосе серы в пределах спокойных активных районов, указывающее на присутствие плазмы с температурой выше 4 млн. $^\circ\text{C}$; сверхгорячие компоненты с температурой более 30 млн. $^\circ\text{C}$, возникающие даже в малых вспышках, и др.

В экспериментах приняли участие Институт космических и астрономических исследований (Сагамихара, Япония), Токийский, Киотский и Нагойский университеты; лаборатория компании «Локхид» (Пало-Альто, штат Калифорния, США), Стэнфордский, Калифорнийский (Беркли) и Гавайский университеты (США); Маллордовская лаборатория космических наук и Лаборатория им. Резерфорда и Эпплтона (Великобритания).

Solar-Terrestrial Physics News. 1992. V. 2. N 2. P. 3—4 (США).

Астрономия

Планеты у пульсаров — реальность!

В конце 1991 г. А. Волшан и Д. Фрейл (А. Wolszcan, D. Frail) с помощью гигантского радиотелескопа Обсерватории Аресибо (Пуэрто-Рико), судя по всему, обнаружили две планеты, обращающиеся вокруг пульсара PSR 1257 $\pm$ 12, расположенного на расстоянии 1600 св. лет, в созвездии Девы.

Пульсар представляет собой нейтронную звезду, период вращения которой равен 6,2 мс. Этот период постепенно меняется; видимо, пульсар входит в некую систему, содержащую также два небольших тела, веро-

ятно, планеты. Их массы примерно втрое превышают земную, период обращения вокруг пульсара одной из них составляет 67, а другой — 95 сут. В отличие от многих быстро вращающихся пульсаров PSR 1257 $\pm$ 12 не является парным.

По мнению Й. Стивенса и Ф. Подсядловского (J. Stevens, P. Podsiadlowski; Астрономический институт, Кембридж, Великобритания), этот пульсар разрушил имевшегося у него ранее «напарника», в результате чего возникли две его планеты.

Построена модель, в которой исчезнувший «напарник» был обычной звездой, подобной Солнцу, но вдвое менее массивной и обращавшейся вокруг пульсара со скоростью около 1 об/сут. Часть массы «напарника» обрушилась на пульсар, уменьшив его период обращения до нескольких миллисекунд. При столь быстром вращении пульсар стал мощным источником излучения, причем внешние слои звезды начали бурно «испаряться». (Еще в 1988 г. астрономы Обсерватории Аресибо открыли пульсар, получивший название «Черная вдова», который сейчас проходит аналогичный процесс «поедания» своего «напарника».)

Теряя вещество, пульсар постепенно уменьшается в массе, силы тяготения его ослабевают, пока, наконец, он не взрывается за несколько часов. Составлявшее его вещество распространяется по орбите, образуя вокруг пульсара узкое газовое кольцо, радиус которого меньше, чем у орбиты Меркурия. Затем кольцо превращается в плоский диск, газ из его внутренней части движется к центру и в итоге падает на поверхность пульсара. Внешняя же часть диска расширяется до размеров, сравнимых с орбитой Земли вокруг Солнца.

Диск состоит из газов, находившихся в центре разрушенной звезды, где ядерные реакции превратили часть первоналичного водорода в более тяжелые элементы. Так как масса звезды была невелика, эти реакции далеко не зашли. Поэтому диск в основном должен состоять из водорода с небольшим количеством гелия. По мере рас-

ширения диск охлаждается, и вместо температур порядка нескольких миллионов градусов в его центре наблюдается, вероятно, всего несколько сотен градусов.

В результате этих процессов возникает газовый диск, сходный с тем, что окружал Солнце во время его образования около 4,6 млрд. лет назад. Подобно тому, как этот газ, сконденсировавшись, образовал девять планет Солнечной системы, так и диск нового пульсара, по мнению кембриджских исследователей, должен был породить свои планеты.

Если гипотеза верна, у большинства одиночных миллисекундных пульсаров должен возникать газовый диск по мере испарения «напарника», что во многих случаях должно приводить к образованию планетных систем вокруг этих пульсаров.

Согласно прежним теориям, для возникновения «припульсарных» планет необходимо довольно редкое событие — столкновение «бродячего» пульсара со звездой, уже обладающей планетами, или же слияние двух белых карликов, приводящее к рождению пульсара, окруженного газовым диском.

Новая гипотеза в столь экзотических явлениях не нуждается.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 1992. V. 254; New Scientist. 1992. V. 133. N 1809. P. 18 (Великобритания).

Планетология

Подвергалась ли Луна интенсивной бомбардировке

Распространенная гипотеза гласит, что после того, как около 4,5 млн. лет назад Земля сформировалась из отдельных сравнительно мелких планетезималей, произошло ее столкновение с другим небесным телом величиной приблизительно с Марс. Это событие привело к отрыву от молодой планеты обломков, которые затем образовали Луну.

Вызов этой гипотезе недавно бросили геохронолог Б. Далримпл (B. Dalrymple; Геологическое управление США, Менло-Парк, штат Калифорния) и специалист по сравнительной планетологии Г. Райдер (G. Ryder; Институт наук о Луне и планетах, Хьюстон, штат Техас, США).

Опираясь на новый анализ образцов лунных пород, доставленных на Землю участниками проекта «Аполлон», эти исследователи пытались возродить выдвинутую более 20 лет назад теорию, согласно которой примерно через 600 млн. лет после своего образования Луна подверглась новой интенсивной бомбардировке мелкими телами, источник которых остается неясным.

Далримпл и Райдер полагают, что именно эта бомбардировка ответственна за все основные черты топографии Луны, включая крупные бассейны, заполнившиеся затем потоками лавы. А так как и Земля, возможно, не избежала подобной катастрофы, бомбардировка могла повлиять на развитие жизни на нашей планете.

Еще в начале 70-х годов была проведена датировка образцов лунных магматических пород, образовавшихся при падении метеоритов. Ожидалось, что обнаружится постепенное снижение количества подобных падений после завершения формирования Луны (4,5 млрд. лет назад). Однако следов столкновений, которые произошли бы более 3,9 млрд. лет назад (когда их было много), найдено не было. Так родилась концепция «завершающего лунного катаклизма».

В 80-х годах дискутировался вопрос, почему интенсивная бомбардировка была «отложена» на столь значительное время после образования Земли и ее спутника. По мнению некоторых специалистов, при датировке допускаются ошибки, связанные с тем, что анализируются образцы широко разбросанных обломков единственного гигантского тела, столкнувшегося с Луной около 3,9 млрд. лет назад. В качестве другой причины ошибки называют загрязнение древних

расплавленных пород более молодыми.

Далримпл и Райдер представили результаты анализа 12 образцов лунных пород, подвергнувшихся плавлению при падении небесного тела. Образцы были взяты в области нагорья между лунными морями Дождя и Покоя.

При этом Райдер отобрал образцы с разным составом, полагая, что каждый из них — следствие падения разных тел. А Далримпл применил новейший способ радиометрической датировки — аргон-аргоновую методику, позволяющую использовать образцы массой всего 60 мкг. Это дает возможность анализировать мельчайшие образцы, а не крупные обломки, которые могли быть конгломератом пород различного возраста.

В результате оказалось, что все 12 образцов имеют возраст менее 3,87 млрд. лет. Отсюда делается вывод, что около 3,9 млрд. лет назад частота столкновений Луны с мелкими небесными телами внезапно возросла примерно в 100 раз и оставалась на этом уровне несколько десятков миллионов лет.

Оппонентом данной гипотезы выступил У. Хартман (W. Hartmann; Институт планетарных наук, Тусон, штат Аризона, США). Он утверждает, что следы столкновений с возрастом больше 3,9 млрд. лет уничтожены. При интенсивной бомбардировке следы более ранних столкновений стираются последующими. И лишь когда интенсивность бомбардировки падает, расплавы получают шанс сохраниться.

В качестве вероятного источника бомбардирующих тел Райдер называет несколько «лун», образовавшихся первоначально вокруг Земли, но распавшихся около 3,9 млрд. лет назад. Не исключено, что именно эта бомбардировка могла повлиять на условия возникновения жизни на нашей планете.

Science. 1992. V. 256. P. 1635 (США)

Метеоритика

Химия атмосферы

«Тунгусское диво» в Голландии!

Вечером 26 августа 1992 г. жители северной голландской провинции Фрисланд услышали громкий взрывной звук и почувствовали под ногами сотрясение; задрожали двери и оконные стекла. Так как незадолго до того на юге Нидерландов случилось землетрясение, многие и это событие приписали глубинным недрам. Другие же посчитали, что это — звуковая волна от пролетающего истребителя.

С разъяснением немедленно выступил заведующий сейсмическим отделом Королевского метеорологического института в Де-Билте Х. Хаак (H. Haak), продемонстрировавший записи сейсмостанции, расположенной поблизости, в г. Ассен (восточная часть Фрисланда). На них зарегистрирован след акустической ударной волны в воздухе, что полностью опровергает предполагаемое землетрясение. Кроме того, командование голландских ВВС заявило, что реактивный самолет в это время и в этом месте не пролетал.

Хотя небо в тот вечер было затянуто облаками, все же более 10 человек наблюдали яркую быструю перемещающуюся вспышку. Все сошлись на том, что это был крупный метеорит.

По мнению Н. де Корта (N. de Kort; Центр метеоритной документации, Голландия), речь идет о каменном пористом небесном теле поперечником около 1 м. Войдя в плотные слои атмосферы, оно взорвалось, находясь менее чем в одной секунде пути до земной поверхности. Исследователь утверждает, что здесь природа продемонстрировала нечто вроде явления Тунгусского метеорита, на этот раз меньшего по масштабам. Н. де Корт надеется, что какие-то обломки голландского аналога Тунгусского метеорита будут обнаружены, так как он, скорее всего, полностью испарился в воздушном пространстве Земли.

New Scientist. 1992. V. 135. N 1836. P. 4 (Великобритания).

Как изучить древнюю атмосферу

Редкую возможность судить о химическом составе воздуха более 200 лет назад представляет находка в г. Сент-Мэрис-Сити (штат Мэриленд, США) захоронения трех членов семьи первого губернатора этого штата Ф. Калвера, скончавшихся в 1680-х годах. При зондировании почвы с помощью специального радара под развалинами старинной местной церкви были обнаружены три свинцовых гроба, а розыск в архивах позволил довольно точно установить время захоронения и личность покойных.

Свинцовые гробы в колониальной Америке из-за дороговизны были весьма редкими. Известны лишь еще два, но они, к сожалению, подвергались вскрытию в XVIII в. Если запаянные воздухопроницаемые гробы Калверов окажутся нетронутыми, изучение тканей тела, одежды, внутренней деревянной обшивки и растительной пылицы, попавшей туда, позволят изучить многие стороны жизни первых поколений поселенцев Мэриленда.

Но наиболее перспективны исследования состава воздуха, «законсервированного» в период, когда еще не начался процесс индустриализации с ее массовым загрязнением природной среды. В Исследовательском центре им. Ленгли НАСА США (Хамптон, штат Вирджиния) создана специальная группа во главе с Х. Миллером (H. Miller) и Дж. Левинем (J. Levine), в состав которой включены специалисты по химии и физике атмосферы, неразрушающему контролю материалов, геологи, криминалисты, антропологи. На работу выделено 500 тыс. долл.

Подготовка к операции продолжалась более двух лет. Место «бурения» гробов было перекрыто плексигласовым герметичным контейнером, в котором воздух находился под давлением, чтобы внешняя атмосфера не загрязняла внутреннюю и поднимаемые на поверхность образцы.

По мере взятия образцов на их место будет вводиться аргон — тяжелый инертный газ, не вступающий в реакцию с органикой, содержащейся внутри (иначе все содержимое гробов за считанные часы превратилось бы в прах). Внутреннее пространство будет осмотрено с помощью специального «перископа» на основе волоконной оптики.

В Исследовательском институте им. Ленгли подготовлена специальная лаборатория для анализа образцов 200-летнего воздуха. Это позволит сопоставить его состав с современной атмосферой, все более насыщаемой газами, способствующими парниковому эффекту. Особо интересен окисел азота, не взаимодействующий с органикой человеческих тканей и не являющийся продуктом их разложения. Поэтому его концентрация внутри свинцовых гробов позволит точно определить содержание этого газа в воздухе начала XVII в.

New Scientist. 1992. V. 135. N 1836. P. 7 (Великобритания).

Физика

Загадка солнечных нейтрино остается

С тех пор, как 20 лет назад детекторы, установленные в бассейне с перхлорэтиленом в заброшенной золотодобывающей шахте Хоумстейк (штат Южная Дакота, США) впервые зарегистрировали нейтрино от Солнца, их результаты активно обсуждаются специалистами¹.

Известно, что солнечные нейтрино возникают в ядерных реакциях превращения четырех ядер водорода в гелий. Так как эти частицы весьма слабо взаимодействуют с материей, они легко покидают Солнце и устремляются к Земле таким потоком, что достаточно большой детектор должен был бы фиксировать их в количестве одного-двух в сутки.

¹ Копысов Ю. С. Нейтринная спектроскопия солнечных недр // Природа. 1983. № 8. С. 59—69.

Однако в ходе хоумстейкского эксперимента была зарегистрирована лишь треть того потока частиц, что предсказывается «стандартной» солнечной моделью.

В 1990 г. в шахте Камиока (Япония) был установлен детектор иного типа, работающий на воде. Его измерения подтвердили дефицит нейтрино, но в количестве «лишь» 50 %. Впрочем, в обоих экспериментах улавливались только нейтрино относительно высоких энергий, возникающие при распаде ${}^8\text{B}$ (в Хоумстейке также и ${}^7\text{Be}$). Изотоп ${}^8\text{B}$ образуется не более чем в 0,02 % случаев превращения водорода в гелий. Интенсивность «производства» ${}^8\text{B}$ сильно зависит от температуры в ядре Солнца. Поэтому дефицит нейтрино мог быть связан с эффектом, хотя бы слегка меняющим эту температуру.

С другой стороны, нейтрино более низких энергий образуются в ходе первичных протон-протонных реакций во всех 100 % случаев превращений. Интенсивность реакции тесно связана со светимостью Солнца, а это хорошо известный параметр, так что «частота выброса» нейтрино низких энергий также известна. Их «дефицит» можно было бы объяснить, например, тем, что на пути к Земле эти частицы каким-то образом меняют свою природу, и детекторы не способны их улавливать.

Все это побудило две независимые группы астрофизиков построить детекторы на основе галлия, чувствительного к низкоэнергичным протон-протонным нейтрино.

Первые результаты поступили в 1991 г. от участников проекта «SAGE» (Soviet American Gallium Experiment — советско-американский галлиевый эксперимент), проведенного в Баксанской лаборатории на Кавказе. Согласно «стандартной» модели, галлиевый детектор должен регистрировать от 125 до 132 единиц солнечных нейтрино на фоне общего количества нейтрино, возникающих в различных реакциях, идущих на Солнце (1 единица солнечного нейтрино равна 10^{-36} событий на атомную мишень в секунду). Группа «SAGE» сообщила об об-

наружении 20 таких единиц, но уровень возможной ошибки был в то время слишком высок.

В июне 1992 г. на международную конференцию «Нейтрино-92» (Гранада, Испания) Т. Кирстен (Т. Kirsten; Институт ядерной физики Общества им. М. Планка, Гейдельберг, Германия) сообщил результаты эксперимента «Gallex», поставленного в подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия). В течение 295 сут было зарегистрировано 83 единицы солнечных нейтрино, причем статистическая ошибка составляла ± 19 , а систематическая ± 8 . Это весьма близко к 74 единицам, ожидаемым от протон-протонных реакций, описываемых теорией. Группа «SAGE» также представила свои новые результаты. Хотя они и не окончательны, но показатели и здесь повышаются ($58 \pm \frac{17}{24} \pm 14$), сближаясь с данными лаборатории Гран-Сассо.

И все же, даже если галлиевые эксперименты и подтвердили предсказания теории, «дефицит» нейтрино, наблюдавшийся в Хоумстейке и Камиоке, требует объяснений.

По мнению А. де Рухула (A. de Rújula, ЦЕРН, Швейцария) и Ш. Глэшоу (S. Glashow; Гарвардский университет, Кембридж, штат Массачусетс, США), возможно, здесь сказывается влияние гравитационных волн. Эти волны, с помощью которых колеблется материя в недрах Солнца, должны быть сильнее вблизи ядра, где тяготение наименьшее. Движения ядра, вероятно, вызываются энергией, высвобождаемой при образовании ${}^4\text{He}$ из ${}^3\text{He}$. В отличие от других реакций в ядре Солнца, эта создает тепловую энергию, возрастающую с ростом расстояния от центра светила, так что ядро может выйти из состояния гидростатического равновесия.

При периоде колебаний гравитационных волн, который, согласно теории, должен быть близок к 1 ч, их не могут зафиксировать существующие ныне детекторы, а более крупные и чувствительные приборы еще находятся в стадии строительства.

New Scientist. 1992. V. 135. N 1829. P. 17 (Великобритания).

Организация науки. Физика

Три новых сверхтяжелых элемента

Сразу три новых элемента появились в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева с атомными номерами 107, 108 и 109. Об этом объявлено специальной Рабочей группой по трансформированным элементам, образованной Международным союзом теоретической и прикладной физики (ИЮПАФ) и Международным союзом теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). В состав группы, возглавляемой Д. Вилкинсоном (Великобритания), входят авторитетные специалисты по ядерной физике и химии из Франции, Канады, Польши, Чехо-Словакии, Японии и других стран. Группа была создана во второй половине 80-х годов, чтобы выработать критерии открытия новых элементов и определить приоритеты открытия трансформированных элементов с атомными номерами, превышающими 100 — атомный номер фермия.

Исследования по синтезу элементов в трансформированной области ведутся с конца 50-х годов в Радиационной лаборатории им. Лоуренса (Беркли, США), в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна), а с 70-х годов — и в ФРГ, в Обществе по изучению тяжелых ионов (Дармштадт). Согласно решению Рабочей группы, именно немецким ученым принадлежит честь открытия трех самых тяжелых на настоящий момент элементов Периодической системы. Они были синтезированы в столкновениях тяжелых ядер на ускорителе тяжелых ионов в Дармштадте группой П. Армбрустера и Г. Мюнценберга в серии экспериментов 1981—1984 гг. После того, как решение Рабочей группы утвердил ИЮПАК, 7 сентября 1992 г. официально объявили имена новых элементов.

По предложению специалистов ОИЯИ элемент 107 назван нильсборий (nielsbohrium), элемент 108 — гассий (hassium), а элемент 109 — мейтнерий (meitnerium). Если название

«нильсборий» говорит само за себя, происхождение двух других требует пояснений. Гассий получен от латинского названия Hesse федеральной земли Гессен, на территории которой находится Дармштадт. Элемент 109 получил имя выдающегося ученого Лизе Мейтнер (1878—1968). Она родилась и училась в Вене, работала в Германии, а после прихода к власти нацистов — в Дании, Швеции и Англии. Мейтнер внесла огромный вклад в развитие ядерной физики и химии, в частности, ей и О. Фришу принадлежит первая правильная интерпретация опытов О. Гана и Ф. Штрассманна, в которых впервые наблюдалось деление ядер: ею же введен в научный обиход сам термин «деление».

Решения Рабочей группы подвели черту под многолетними дискуссиями о приоритетах в открытии более легких трансформированных элементов с атомными номерами от 101 до 106. Признано, что 101-й элемент (менделевий) был открыт учеными Радиационной лаборатории им. Лоренса. Нобелий (102-й элемент) открыт в Лаборатории ядерных реакций (ныне носящая имя Г. Н. Флерова) Объединенного института ядерных исследований. Эти лаборатории разделили также честь открытия элемента 103 (лоуренсий), равно как и элементов 104 (пока имеет два названия — курчатовий или резерфордий) и 105 (предварительное название ганий — hahnium); 106-й элемент, еще не имеющий названия, согласно выводам Рабочей группы, также открыт учеными Дубны и Беркли — Ливермора, причем отмечен больший вклад российских ученых.

CERN Courier. 1992. V. 32. N 9. P. 27 (Швейцария).

Генетика. Медицина

Генная терапия опухолей мозга

До последнего времени генная терапия опухолей заключалась во введении в опухолевые клетки здоровых копий генов, которые в таких клетках или отсутствовали, или имели дефекты.

Американские исследователи во главе с К. Калвером (K. Culver; Национальный институт исследования рака, Бетезда) предложил разрушать опухолевые клетки (в данном случае клетки опухолей мозга), вводя в них гены вируса простого герпеса. По предположению авторов, это сделает такие клетки чувствительными к действию противовирусных препаратов.

Известно, что ретровирус способен размножаться только в клетках, которые делятся. В мозге это опухолевые клетки, например клетки глиом (составляющие половину всех опухолей мозга у людей). Поэтому в экспериментах авторы использовали мышинный ретровирус, в геном которого был встроены ген вируса простого герпеса. Авторы ввели здоровым крысам в мозг клетки крысиной глиомы, смешанные с клетками мышей, зараженными измененным ретровирусом. Эти клетки продуцировали новые частицы вируса простого герпеса, которые, в свою очередь, заражали клетки глиомы. Через пять дней крысы стали лечить гангликловиром. Контрольные животные, которым ввели клетки глиомы с физиологическим раствором или в смеси с незараженными клетками мышей, оказались нечувствительными к гангликловиру. Все они погибли в результате развития у них глиом. Напротив, у 11 из 14 подопытных животных в результате лечения опухоли в мозге исчезли.

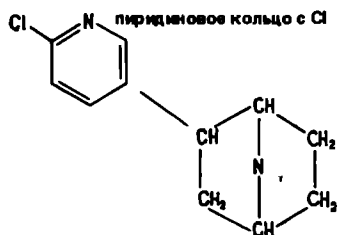
Авторы получили разрешение на клинические испытания своего метода.

Science. 1992. V. 256. P. 1550—1552 (США).

Биохимия

Анальгетик из кожи лягушки

Дж. Дейли с коллегами (J. Daly; Национальный институт здоровья, Бетезда, США) из кожи эквадорской лягушки (*Epidobates tricolor*) получили новый анальгетик, названный авторами эпибатидин (epibatidine). Исходный материал очищали с помощью метода хроматографии. С помощью спектральных



кольцо из шести углеродных атомов с азотным мостиком

Формула эпибатидина.

методов была установлена структура эпибатидина. Оказалось, что по химической формуле он родственен алкалоидам — азотсодержащим активным веществам, обычно выделяемым из растительных источников. Отличительной особенностью структуры эпибатидина является присутствие атома хлора, прикрепленного к пиридиновому кольцу. Полагают, что именно он играет ключевую роль в проявлении эпибатидином свойств анальгетика.

С помощью стандартного физиологического теста, позволяющего измерить активность анальгетиков, было установлено, что потеря болевой чувствительности к температуре у крыс достигалась в 200 раз меньшими дозами эпибатидина по сравнению с морфием.

Авторы вводили крысам наксолон — химическое вещество, нейтрализующее действие опиатов алкалоидов, таких, например, как морфий. Однако в отличие от морфия, наксолон не снимал болеутоляющее действие эпибатидина. Это позволяет предположить о существовании в мозге животных каких-то неизвестных до сих пор рецепторов для этого вещества.

New Scientist. 1992. V. 134. N 1823. P. 14 (Великобритания).

Биотехнология

Овцы продуцируют α₁-антитрипсин

Примерно один из 2 тыс. чел. в мире страдает врожденным дефицитом α₁-антитрипсина, в результате которого развиваются легочный фиброз, эмфизема, патологии печени. Для

10 % таких людей (около 100 тыс. чел.) в Европе и Северной Америке возмещение α_1 -антитрипсина — необходимое лечебное мероприятие. Каждый больной нуждается в 10 г препарата в месяц (стоимость 1 г около 100 долл.). Филиал известной немецкой фирмы «Bayer», выпускающий препарат α_1 -антитрипсин, не может удовлетворить эту потребность.

Первыми выделили ген, кодирующий синтез α_1 -антитрипсина человека, английские ученые во главе с Дж. Черфасом (J. Chérfas; Королевский институт физиологии животных и генетических исследований). Они «вшили» его в ген, «ответственный» за β -лактоглобулин (белок, который содержится только в молоке жвачных животных). Затем полная конструкция была введена в ядра сотен эмбрионов оплодотворенных овец породы Трасей. Для шести это оказалось эффективным: овцы продуцировали одновременно с овечьим β -лактоглобулином и α_1 -антитрипсин человека. Одна овца дает примерно 35 г α_1 -антитрипсина на 1 л молока. Чтобы получить α_1 -антитрипсин для лечения всех нуждающихся, достаточно около 3 тыс. овец Трасей. Сейчас такое стадо создается. У овец Трасей есть уже потомство женского пола — Трасей-2, унаследовавшее ген α_1 -антитрипсина.

В настоящее время фирма «Bayer» разрабатывает методы очистки α_1 -антитрипсина и организует клинические испытания генно-инженерного α_1 -антитрипсина в мире.

British Medical Journal. 1992. V. 304. N 6826. P. 527 (Великобритания).

Медицина

Материнская смертность

По данным ВОЗ, около 500 тыс. женщин умирают ежегодно в результате патологий беременности и родов. Помимо медицинских причин, высокая материнская смертность связана с недостатками в системе здравоохранения и трудностями с транспортом. Кроме того, на здоровье женщин и выполнение ими детородной функции влия-

ют социальные, культурные и политические факторы.

Хотя осложнения беременности наблюдаются в 10 % случаев, эта цифра намного выше в странах с общим плохим состоянием здоровья населения. Только половина всех родов в развивающихся странах проходит под наблюдением квалифицированного медицинского персонала, причем хуже всего дело обстоит в южноазиатских странах (ниже 10 %) и сельских районах Африки. В развитых странах, где система охраны материнства налажена лучше, 99 % родов в среднем проходят под наблюдением врачей.

Большую роль в спасении материнской жизни играет планирование семьи, так как нежелательная беременность часто становится причиной смерти матери. В Африке только около 17 % замужних женщин детородного возраста используют контрацепцию.

World Health Organization. Press Release. 1992. N 24 (Швейцария).

Медицина

Проказа может быть побеждена

В 1992 г. начались крупномасштабные испытания нового быстрого метода лечения проказы (лепры) — одного из старейших бедствий человечества.

По предварительным оценкам ВОЗ, проказой сегодня в мире болыны около 5—6 млн. чел. Больше всего (82 %) больных в Индии (2 млн. случаев), Бразилии (260 тыс.), Нигерии (160 тыс.), Мьянме (110 тыс.) и Индонезии (100 тыс.).

Ранний признак проказы — появление одного или нескольких беловатых, иногда красноватых пятен. Затем утолщаются или образуются складки на коже лица и вокруг ушей, теряется болевая и термочувствительность, воспаляются нервы. Все это может привести к разрушению костной и других тканей. Первые симптомы заболевания у некоторых людей возникают лишь спустя 20 лет после заражения.

Первый антилепрозный препарат — дапсон — был открыт в 40-х годах, до этого же времени никакого реального лечения проказы не существовало — больных просто изолировали от общества. Однако дапсон — слабый, медленно действующий препарат, который необходимо было принимать долгие годы, а иногда даже всю жизнь.

В 1981 г. ВОЗ рекомендовала для лечения проказы комбинацию двух препаратов, включающую два, а в тяжелых случаях три препарата. За последние пять лет этот метод позволил вылечить более 2 млн. больных в 91 стране. Однако около 40—50 % больных все еще не получают лечения.

В новом методе терапии используют комбинацию двух наиболее мощных антибактериальных препаратов. Один из них — офлоксацин (новый антибиотик), другой — рифампицин (антибиотик, созданный в 60-х годах и используемый в стандартной терапии проказы и туберкулеза). Офлоксацин был выпущен японской фармацевтической фирмой для лечения бактериальных инфекций мочевых путей и дыхательного тракта. Механизм его действия основан на дезактивации фермента, контролирующего синтез ДНК. В 1986 г. французский ученый Ж. Гроссе установил, что офлоксацин немного уступает рифампицину в скорости и эффективности, с которыми он убивает возбудителя проказы у лабораторных животных. Кроме того, офлоксацин губительно действует на мутантные штаммы *Mycobacterium leprae*, устойчивые к рифампицину. Ученые полагают, что комбинация этих двух препаратов позволит сократить срок лечения до одного месяца (сейчас лечение длится от шести месяцев до четырех лет). Клинические испытания нового метода и сравнение со стандартной терапией планируется провести в семи странах (Бразилии, Кении, Мали, Мьянме, Пакистане, Филиппинах, Вьетнаме). Исследование, в котором будет участвовать около 4 тыс. больных, продлится четыре-пять лет. В случае успеха этот метод станет большим достижением современной медицины в

терапии проказы. Единственное препятствие — пока еще высокая цена этих антибиотиков.

World Health Organization. Press Release. 1992. N 5. P. 1—3 (Швейцария).

Медицина. Экология

Выхлопные газы дизельных двигателей тоже небезобидны

По оценкам экспертов США, 1—2 % всех раковых заболеваний бронхов — следствие загрязнения воздуха (в районах, экологически неблагоприятных, — 5—10 %). Наиболее опасно присутствие в воздухе полициклических ароматических углеводородов.

Комиссия США, определяющая предельно допустимые концентрации токсических газов, паров и пылевых частиц для человека, установила, что и дизельное топливо, ранее считавшееся безобидным, может оказывать канцерогенное действие. Однако эксперименты проведены только на животных, и опасность, исходящую от дизельного топлива, для человека оценить трудно. Предполагается провести исследование в США, расчитанное на 10 лет, которое охватит 1700 чел. (в основном водителей автобусов). В настоящее время немецкие ученые во главе с Г. Вичманном (H. Wichmann; Вуперталь, ФРГ) уже получили данные, подтверждающие предположение об увеличении заболеваемости раком бронхов при продолжительном воздействии на человека выхлопных газов дизельных двигателей. Заболеваемость возрастает при контакте с этим видом загрязнения через 1—4 года на 1,16 %, через 5—9 лет — на 1,22 %, через 10—14 лет — 1,27 % и через 15—17 — на 1,7 %.

Fortschritte der Medizin. 1992. Bd. 110. N 8. S. 15 (ФРГ).

Организация науки

Семинар биосейсмологов

В последние годы стало актуальным формирование и развитие новых пограничных

естественно-научных дисциплин. 23—25 сентября 1992 г. в Ростове-на-Дону на базе Научно-исследовательского института нейрокибернетики Ростовского университета состоялся I семинар стран СНГ «Нейрокибернетические основы биосейсмологии», который проходил в рамках X Международной конференции по нейрокибернетике, посвященной памяти проф. А. Б. Когана. Фактически это был уже второй форум биосейсмологов, так как I Всесоюзный семинар «Биологические аспекты прогнозирования землетрясений» прошел в апреле 1991 г. в Крыму, на Карадаге. В их работе участвовали те же специалисты и ученые.

В ростовском семинаре приняли участие представители различных учреждений России и Украины из Москвы, Санкт-Петербурга, Томска, Донецка, Симферополя, Ялты. К сожалению, не смогли приехать коллеги из Армении и Казахстана. Различным вопросам изучения биологических предвестников землетрясений были посвящены доклады по проблемам зоологии, физиологии, геофизической экологии разных групп животных (зверей, птиц, рептилий, рыб, насекомых), в том числе и с точки зрения кибернетики. Много внимания было уделено поведенческим аспектам сейсмопрогнозирования, механизмам аномальных явлений в эпицентрах, нейрофизиологическим особенностям организмов-индикаторов, а также необходимости взаимодействия биологов и геофизиков для прогнозирования природных катастроф.

В настоящее время биосейсмология уже окончательно сформировалась как новая научная дисциплина. Благодаря налаженному экспериментальному биологическому мониторингу собран значительный материал в районах сильных землетрясений. Однако потеря и разрушение биосейсмологического полигона в Гарме (Таджикистан) может привести к замораживанию этих работ, и на семинаре был рассмотрен вопрос о создании нового полигона на Северном Кавказе. Это позволит сохранить и расширить связи биосейсмологов всех стран. Кроме того, на семинаре

было проведено заседание экспертов рабочей группы по проблеме «Биологические методы изучения и прогнозирования природных и техногенных катастроф». Актуальность этой проблемы сегодня ни у кого не может вызвать сомнений.

© С. А. Шарыгин,
кандидат биологических наук
Ялта

Биология

Лягушка в муравейнике

Муравьи, как правило, опасны для животных (особенно мелких), не имеющих защитных приспособлений: попадая в скопление муравьев, животное зачастую бывает съедено, если не сможет от них избавиться. Особенно агрессивны тропические муравьи. В то же время известно, что некоторые из животных выработали специальные приспособления к жизни в муравейниках и термитниках. Несколько видов земноводных, встречающихся в термитниках, даже питаются термитами.

Французские исследователи А. Дежан и Ж.-Л. Амье (A. Dejean, J.-L. Amiet; Лаборатория зоологии, Жунд, Камерун) обнаружили небольших бесхвостых земноводных (*Kassina senegalensis*) в муравейниках муравья (*Megaponera foetens*). Из 18 раскопанных муравейников в шести они нашли восемь таких лягушек. Как правило, лягушки располагались в верхних подземных частях муравейников. Им легко было туда проникнуть благодаря широким входным отверстиям, которые делают муравьи. В тех местах, где найдены лягушки, встречаются лишь коконы и неагрессивные рабочие особи муравья. Возможно, именно это и позволило лягушкам избежать нападения. В то же время, муравьи данного вида не найдены в пищеварительных трактах лягушек, так что их проникновение в муравейники не связано с охотой. Причины его пока не выяснены.

Alytes. 1992. V. 10. N 1. P. 31—36 (Франция).

Зоология



Экология

Паукам трудно глотать пищу!

Как известно, тело паука состоит из головогруды и брюшка, соединенных тонким стебельком. Стебелек позволяет пауку двигать брюшком, что способствует паутинной деятельности: построению сети, кокона и пр. Через стебелек проходят каналы кровеносной (аорта) и пищеварительной систем, а также нервы. Все это расположено вплотную друг к другу и окружено мускулатурой. Аорта работает регулярно, расширяясь при сокращении сердца. Пищеварительная система (средняя кишка) наполняется лишь временами, при питании — всасывании растворенного содержимого жертвы.

Английские физиологи из Университета в Лидсе¹, задавшись целью установить, как соотносится деятельность пищеварительной и кровеносной систем у паука, произвели эксперименты с пауком-птицеедом *Grammostola* *celata*, записывая электрокардиограмму и электромиограмму работы сосущего желудка во время питания. Оказалось, что нормальный ритм сердца (около 34 ударов в минуту) возрастает в период поглощения пищи до 52 ударов, что почти совпадает с ритмом работы сосущего желудка. Сдвиг по фазе между активностью мышц — сжимателей и разжимателей желудка — и систолой сердца невелик.

Получается, таким образом, что сердце вынуждено синхронизироваться с работой сосущего желудка, иначе кровеносная система закупорится. Паук просто может задохнуться! Однако для окончательного решения вопроса о синхронизации работы двух систем нужно исследовать циркуляцию гемолимфы по телу паука, а также изучить других представителей этого отряда.

© К. Г. Михайлов,
кандидат биологических наук
Москва

Задышается ли озеро Виктория?

В конце 80-х годов в оз. Виктория (втором по величине пресноводном бассейне мира) не раз отмечались массовые заморы рыбы, служащей важным продуктом питания для сотен тысяч жителей Кении, Танзании и Уганды. Каждый раз это бедствие совпадало с сильными ветрами, которые сгоняли поверхностный слой и выносили наверх глубинные воды.

Последние исследования показали, что нижняя часть этого бассейна представляет собой лишенную кислорода мертвую зону. В верхних слоях активно размножаются водоросли, питаемые канализационными, сельскохозяйственными и промышленными стоками; отмирающие растения опускаются на дно и, разлагаясь, эффективно поглощают кислород. Широко распространившийся на мелководьях водяной гиацинт препятствует проникновению солнечного света и кислорода в нижележащие слои. В прошлом численность водорослей держали под контролем более 400 видов обитавших в нем рыб, ныне более половины этих видов исчезли.

Этим проблемам была посвящена международная лимнологическая и ихтиологическая конференция, состоявшаяся в сентябре 1992 г. в Джиндже (Уганда). Выступивший на ней Л. Кауфман (L. Kaufman; Новоанглийский аквариум, США), который возглавляет комплексную исследовательскую группу, финансируемую США, назвал идущий в оз. Виктория процесс первым случаем в истории, когда на глазах ученых свершается экологическая катастрофа огромного масштаба за столь короткий период. По его мнению, одним из виновников стал нильский окунь (*Perca*) — прожорливый хищник, масса одной особи которого может достигать 200 кг. В 50-х годах этот вид был искусственно интродуцирован в озеро и с тех пор повсеместно хозяйничает в нем. К 1985 г. окунь

составлял почти 2/3 всего улова, и лишь в последнее время его численность начала несколько снижаться.

Засилье нильского окуня привело к изменению традиционной диеты и обычаев местного населения, которое ранее использовало в пищу более мелкую рыбу тилапию в вяленном на солнце виде. Нильский окунь слишком велик и перенасыщен жиром, что препятствует его вялению — приходится коптить его на огне, в связи с чем значительная часть прибрежного леса вырублена теперь на дрова.

Однако не все ихтиологи и экологи согласны с ролью, приписываемой нильскому окуню. Они указывают, что этот вид естественным образом населяет такие африканские озера, как Туркана, Альберт и Танганьика, никак не нарушая сложившуюся там пищевую цепь. Не исключено, что с начавшимся сокращением численности окуня в озере исчезающие там мелкие виды вновь размножатся. Такого мнения, например, ихтиолога Дж. Огари (J. Ogari), заместителя директора Кенийского института морских и рыболовных исследований; директор этого же института Э. Окемба (E. Okeimba) отрицает неизбежность гибели оз. Виктория в результате потери кислорода его глубинными водами. И все же специалисты сходятся на том, что совершенно необходимо прекратить сброс в озеро отходов, служащих пищей для бесконтрольно развивающихся водорослей.

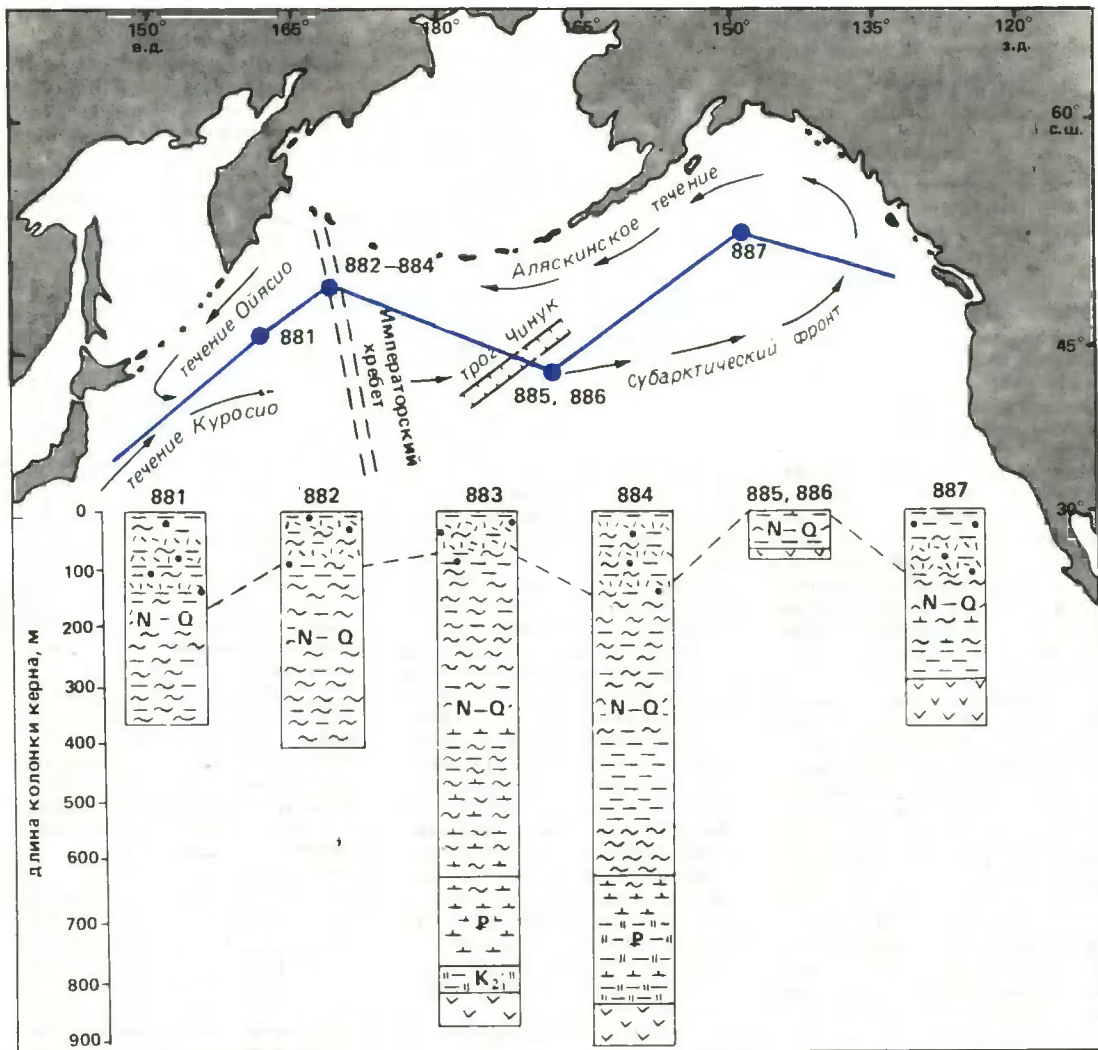
New Scientist. 1992. V. 135. N 1840. P. 8 (Великобритания).

Геология

145-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

Этот рейс, начавшийся 23 июля в порту Исогама (Япония) и завершившийся 19 сентября 1992 г. в порту Виктория (Канада), проходил в северной части Тихого океана. Научными руководителями экспедиции были Д. Р. Ри (D. R. Rea; Университет штата Мичиган,

¹ Dunlop J. A., Altringham J. D., Mill P. J. // J. of Exper. Biology. 1992. V. 166. P. 89—93.



Маршрут 145-го рейса «ДЖОЙДЕС Резолюшн», места бурения и колонки осадков. Возраст осадков: N-Q — неоген-четвертичный, P — палеогеновый, K₂ — позднемиоценовый. Пунктир, соединяющий колонки, соответствует возрасту 2,6 млн. лет.

Глины

Диатомовые илы

Карбонатные осадки

Вулканические глины

Вулканический пепел

Материал ледового разноса

Базальты

США) и И. А. Басов (Институт литосферы РАН); от России в рейсе принимали участие еще два специалиста — биостратиграфы А. Ю. Гладенков (Институт литосферы) и В. В. Шилов (ВНИИОкеангеологии). Рейс проводился в соот-

ветствии с программой исследования палеосреды океанов; в данном случае его основной целью было изучение позднемиоценовой — кайнозойской палеоокеанографии и палеоклиматологии высокоширотного региона Северной Пацифики.

Предполагалось, в частности, получить полные непрерывные разрезы осадков неогенового возраста для определения стратиграфического распределения диатомей и радиолярий с целью совершенствования зональных шкал по этим группам микро-

Основные характеристики скважин

Номер точки бурения	Координаты		Глубина океана, м	Количество скважин в точке	Максимальное проникновение, м	Выход зерна, %	Возраст наиболее древних осадков
	долгота	широта					
881	161°29,49 в.	47°16,14 с.	5542	4	363,8	78,6	Поздний миоцен
882	167°35,99	50°21,8	3254	2	398,3	103,5	—
883	167°46,13	50°11,9	2396	6	856,5	81,4	Поздний мел (нампан?)
884	168°20,22	51°27,03	3836	5	929,8	88,9	Палеоцен (?)
885	168°16,32 з.	44°41,3	5720	1	58,8	91,2	Неизвестно
886	168°14,42	44°41,4	5725	3	72,4	90,9	—
887	148°26,77	54°21,93	3643	4	373,1	79,7	Олигоцен

организмов; по данным бурения — восстановить эволюцию биогенного кремненакопления, характер распространения материала ледового разнота, историю эксплозивного (взрывного) вулканизма в Курило-Камчатской и Алеутской островных дугах и решить ряд других задач.

Бурение проводилось с использованием новейших технологий (позволяющих производить непрерывный отбор зерна) в четырех районах: в Северо-Западной котловине (скв. 881), на подводной горе Детройт (поднятие Обручева, скв. 882—884), на абиссальной равнине вблизи восточного окончания трога Чинук (скв. 885, 886) и на поднятии Паттон-Меррей в зал. Аляска (скв. 887). Основные характеристики этих скважин приведены в таблице.

Все скважины вскрыли разрезы неоген-четвертичных осадков, а на г. Детройт — также палеогеновые и частично верхнемеловые отложения.

Неоген — четвертичные осадки представлены, как правило, чередующимися чистыми, диатомовыми илами, глинистыми диатомовыми илами и глинами с тем или иным количеством кремнистых организмов. Для верхней части разрезов обычны прослои вулканического пепла и материал ледового разнота (от песка до крупной гальки). Появляется такой материал или резко увеличивается по объему в конце плиоцена (2,6 млн. лет назад). Это свидетельствует о начале континентального оледенения в Се-

веро-Тихоокеанском регионе именно в это время, т. е. синхронно с оледенением в Северной Атлантике. Подтверждается это и увеличением на том же уровне во всех пробуренных скважинах терригенного глинистого материала. Интересно, что одновременно в разрезах резко возрастает содержание вулканического пепла как в виде прослоев, так и в дисперсном состоянии. Пространственное распределение материала ледового разнота — его уменьшение от скв. 881 в юго-западном и северо-восточном направлениях — позволяет предположить, что он был принесен плавающими льдами из Охотского моря или же с южного окончания Камчатского п-ова; в зал. Аляска он переносился с Северо-Американского материка.

Верхнемеловые-палеогеновые отложения на г. Детройт представлены преимущественно карбонатными фациями с некоторой примесью терригенного глинистого и биогенного кремнистого вещества в верхней части разреза и вулканического глинистого материала — в нижней части, где последний играет породообразующую роль.

Океанический фундамент достигнут на г. Детройт скважинами 883 и 884 (где он сложен верхнемеловыми докампанскими базальтами типа базальтов океанических островов, изливавшимися на относительно небольших глубинах); на поднятии Паттон-Меррей — скважиной 887 (где он сложен

базальтами олигоценового возраста). Кроме того, базальты неизвестного возраста встречаются в скважинах 885 и 886 (где они интерпретированы как пластовая интрузия внутри осадочного разреза).

Бурение на г. Детройт позволяет восстановить историю формирования дрефта Мейджи — крупного (мощностью более 1 км) осадочного тела, залегающего вдоль восточного склона поднятия Обручева; оно сформировалось в результате поставки на протяжении длительного времени большой массы терригенного материала придонными течениями из Берингова моря, а также за счет высокой биологической продуктивности поверхностных вод и обильного поступления на дно биогенных кремнистых остатков. Согласно полученным данным, формирование дрефта началось, вероятно, в раннем олигоцене, однако основной объем осадков накапливался начиная с миоцена.

Интересны также сведения по эволюции биогенного кремненакопления в высоких широтах Северной Пацифики. Установлено, что диатомей — основной поставщик биогенного кремнезема в осадки — появляются здесь в эпоху позднего эоцена, но доминирующую роль приобретают со среднего миоцена. Наибольший расцвет диатомовых водорослей, когда абсолютные массы кремненакопления и, соответственно, скорости накопления осадков возрастают многократно, отмечен в конце миоцена и раннем плиоцене.

К важным достижениям рейса относится получение надежной магнитостратиграфической шкалы для последних 15 млн. лет, что позволяет провести калибровку зональных биостратиграфических схем, которые характеризуются здесь исключительно высоким разрешением, и точную датировку и корреляцию океанологических, климатических и биологических событий.

© И. А. Басов,
доктор геолого-
минералогических наук
Москва

Геология

Полезные ископаемые Индийского океана

Среди трех крупнейших океанов Земли наименее изучен Индийский. Тем не менее имеющиеся данные уже позволили сделать обобщение относительно связанных с ним полезных ископаемых.

Коллектив лаборатории морской геологии и геохимии Одесского государственного университета (В. П. Резник и др.) составил карту твердых полезных ископаемых как шельфов, так и центральных областей Индийской акватории (ее масштаб 1:10 000 000). В качестве основы использована Международная батиметрическая карта того же масштаба, а геологическое районирование выполнено в соответствии с морфоструктурным анализом.

На всех шельфах распространены россыпи титана, циркония, железа и редкоземельных элементов. Особенно выделяются Восточно-Африканско-Мадагаскарский, Индостанский и Западно-Австралийский пояса россыпей. Оловянные россыпи распространены преимущественно в Бирманско-Индийско-Малайском поясе.

Промышленные россыпи золота и алмазов пока не известны, но они прогнозируются в ряде шельфовых зон.

На дне открытого океана наибольшее распространение имеют железомарганцевые конкреции. Выделяются 12 полей ЖМК с общими прогнозными запасами более 24 млрд. т сухой массы руды. На первом месте стоит поле ЖМК Центральной котловины; на втором — пояс разлома Дамантина. С точки зрения кобальтоносных марганцевых корок привлекают внимание подводные хребты Карлсберг и Маскарениский.

Распространенные в Тихом и Атлантическом океанах черные курильщики в Индийском не обнаружены. Но жильно-штокерковые и вкрапленные сульфидные и окисные руды, гидротермальные корки и металлоносные осадки выявлены. Связаны они главным образом

со срединно-океаническими хребтами. Некоторые из них приурочены также к региональным разломам.

Самое значительное месторождение фосфоритов расположено на возвышенности Агульяс (140 млн. т P_2O_5). Океанское дно (в частности, африканские шельфы и Андамаско-Никобарский район) перспективно в этом отношении, но промышленных месторождений пока не обнаружено.

Тезисы докладов 10-й Международной школы морской геологии. Т. 3. Институт океанологии РАН. М., 1992. С. 91—92.

Геофизика

Новый геофизический проект

В 1990 г. под эгидой Европейского научного фонда была разработана новая международная программа — «Europrobe». Являясь своего рода продолжением и развитием проекта «Европейский геотраверс», она в большей степени сосредоточивает внимание на тектонической эволюции Европы от Урала до Атлантики, а как часть Международного литосферного проекта — ставит своей целью изучить различия в характеристиках коры и верхней мантии в западной и восточной частях Евразийского континента и те процессы, которые к этим различиям привели в ходе эволюции, продолжавшейся около 3,5 млрд. лет.

Основные работы по проекту «Europrobe» (в том числе глубокое и сверхглубокое бурение) будут проводиться в 1994—1998 гг. Помимо европейских ученых в проекте принимают участие специалисты из Корнеллского университета (Итака, штат Нью-Йорк, США). Возглавляет Организационный комитет Д. Г. Гее (D. G. Gee; Упсальский университет, Швеция); среди членов комитета К. Фукс (K. Fuchs; Университет в Карлсруэ, Германия), Э. Банда (E. Banda; Институт наук о Земле, Барселона, Испания), Р. Г. Гарецкий (Инсти-

тут геохимии и геофизики АН Беларуси, Минск) и др.

Communications. The Journal of the European Science Foundation. 1992. N 27. P. 14 (Франция)

Сейсмология

Американский сейсмолог «на хозрасчете»

Общее смятение из-за отсутствия должной информации нередко столь же пагубно, сколь и само вызвавшее его землетрясение: замедляется оказание помощи пострадавшим, восстановление поврежденных транспортных линий, тушение пожаров и т. п. Ныне под руководством Х. Канамори (H. Kanamori; Сейсмологическая лаборатория Калифорнийского технологического института в Пасадене, США) создана коммерческая система CUBE (Caltech — USGS Broadcast of Earthquakes — Извещение о землетрясениях от Калифорнийского технологического института и Геологической службы США), которая способна в первые же минуты после подземного толчка предоставлять лицам и учреждениям, являющимся подписчиками на ее услуги, сведения об его интенсивности, эпицентре и возможных последствиях землетрясения.

Система использует самую современную технику анализа сейсмического сигнала, мощный вычислительный центр и линии связи, выводящие всю информацию на персональный компьютер заказчика, где на экране возникает также изображение подробной карты пострадавшего района. Получатель данных может на этом же экране увидеть события, происходящие с его собственным объектом в общей картине последствий землетрясения, и принять необходимые меры: прекратить движение транспорта на опасном участке, отключить трубопроводы, телефонные и силовые кабели и т. п.

В системе задействованы 250 сейсмометров, принадлежащих институту и Геологической службе США; они непосредственно связаны по радио или телефону с Сейсмологической лабораторией в Пасадене, где

специалисты применяют метод экспресс-обработки данных, известный под названием «сейсмология в реальном времени».

Специальная компьютерная программа позволяет немедленно отличить сигнал, возникший в результате естественного подземного толчка, от различных шумов, которые привели бы к ложной тревоге. На определение места и интенсивности землетрясения, типа вспарывания земной коры и его направления уходит всего несколько минут.

Создание такой системы заняло несколько лет. Возможность опробовать ее в естественных условиях представилась 28 июня 1991 г.: в этот день в Пасадене произошло землетрясение с магнитудой 5,8 по шкале Рихтера. Все сведения о нем мгновенно поступили к подписчикам, среди которых — железнодорожная компания Санта-Фе. Получив сигнал тревоги и всю остальную информацию, управление дороги немедленно приостановило движение и приступило к проверке рельсового пути, силовых линий и связи. Движение было возобновлено на 2 ч раньше, чем стало бы возможным без услуг системы CUBE, что сэкономило компании 80 тыс. долл.

New Scientist. 1992. V. 134. N 1821. P. 19 (Великобритания).

Вулканология

Робот в жерле вулкана

Вулкан Эребус (3794 м над ур. м.) был открыт в 1841 г. британской южнополярной экспедицией, возглавлявшейся Дж. К. Россом. Однако бурная активность этого одного из немногих действующих вулканов ледяного континента до сих пор препятствовала его изучению. В 1974 и 1978 гг. американские, новозеландские и французские вулканологи попытались достигнуть дна внутреннего кратера Эребуса, но в обоих случаях отступили под градом вулканических бомб. Некоторые результаты дали установленные в районе кратера автоматические сейсмические станции, а также эпизодические

облеты вершины горы на самолетах, с борта которых собирались образцы непрерывно выделяющихся газов.

К настоящему времени известно, что в кратере Эребуса находится постоянное лавовое озеро, образованное высококислотной анортоклазовой магмой. Взрывы, происходящие в глубине озера и расположенных поблизости расселинах, временами выбрасывают вулканические бомбы на высоту до 500 м. Между сентябрем и декабрем 1984 г. произошел ряд мощных взрывов (бомбы залетали на расстояние до 2 км от кратера), затем активность несколько снизилась, но южнополярным летом 1990/91 г. снова значительно возросла — вулкан вступил в новый взрывоопасный период.

Особое значение придает ныне тому факту, что Эребус служит источником поступающих в атмосферу аэрозолей и может вносить существенный вклад в загрязнение ее хлором, фтором, диоксидом серы и другими веществами, которые затем вместе со снегом осаждаются на ледниках Восточной Антарктиды.

Всесторонние исследования активности Эребуса ведут на протяжении ряда лет сотрудники Института горного дела и технологии штата Нью-Мексико (Соккоро, США). Южнополярным летом 1992/93 г. в этих исследованиях будет участвовать робот «Dante», созданный ими совместно со специалистами из Университета им. Карнеги и Меллона (Питтсбург, штат Пенсильвания, США). Робот соединен кабелем с автономным самоходом, управляющим всеми его операциями. Этот самодвижущийся восьминогий аппарат предназначен для работы на дне 50-метрового кратера, непосредственно на берегу лавового озера в насыщенной ядовитыми газами атмосфере. Он способен переносить перепады температуры от -25°C , обычной на вершине горы, до 800°C , фиксируемой во внутренних расселинах. Робот снабжен «рукой» для сбора образцов геологических пород, аппаратом для видеосъемки, приборами для измерения температуры лавы,

первичного анализа выделяющихся газов и др. Окончательное изучение образцов и проб осуществляется в двух новых полевых лабораториях, оборудованных на склоне горы и у внешней кромки главного кратера.

На первом этапе робот действует под контролем наблюдающих за ним специалистов, однако в дальнейшем предстоит наделить его способностью принимать самостоятельные решения в зависимости от конкретной обстановки. Предполагается, что такая конструкция робота позволит использовать его не только для изучения других земных вулканов, но и при исследовании планет Солнечной системы. Этим объясняется интерес, проявленный к роботу «Dante» со стороны НАСА США, принявшей участие в финансировании данного проекта.

Antarctic Journal of the United States. 1992. V. 27. N 3. P. 1—3 (США).

Океанология

Российско - итальянская экспедиция в экваториальную Атлантику

Экспедиция 13-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Николай Страхов», организованная в рамках национального проекта «Глубинные геосферы» (руководитель проекта Ю. М. Пушаровский) и российско-итальянского проекта исследований Срединно-Атлантического хребта PRIMAR (Project Russian-Italian Middle Atlantic Ridge; руководитель проекта с итальянской стороны — Э. Бонатти, Институт морской геологии в Болонье, с российской — А. Л. Книппер, Геологический институт РАН), проходящая в зонах трансформных разломов экваториальной части Атлантики — Романш и Чейн. Этими исследованиями продолжено начатое Геологическим институтом РАН в 1986 г. детальное изучение разломов северной части приэкваториальной Атлантики¹.

Дно экваториальной Атлантики представляет собой ги-

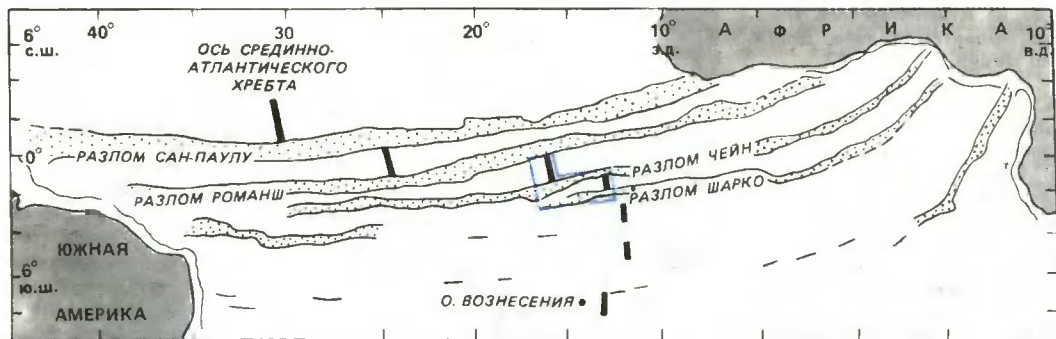
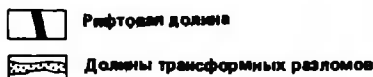


Схема трансформных разломов экваториальной Атлантики. Район исследований показан цветом.



гантскую тектоническую зону, которая характеризуется большим числом поперечных разломов, смещающих осевую часть Срединно-Атлантического хребта на многие сотни километров. Самый крупный по длине межрифтового участка разлом в Мировом океане — Романш — продолжается на континентальных шельфах Южной Америки и Африки, смещая ось хребта (рифтовую долину) на 950 км. Расположенный южнее разлом Чейн сдвигает ее еще более чем на 300 км.

Составление детальных батиметрических карт, изучение строения осадочного чехла, акустического фундамента и магнитного поля, исследование вещественного состава пород океанической коры и верхних слоев мантии — вот основные задачи экспедиции, прежде всего в части расшифровки строения зон пересечения разломов Романш и Чейн с сегментами рифтовой долины.

Многолучевое эхолотирование выявило очень сложный рельеф этих зон, отлича-

тельной чертой которых является отсутствие в местах пересечения разлома и рифта впадин и отчетливо выраженных поднятий. Ближайшая к рифтовой долине (всего в 20 милях от ее оси) субмеридиональная впадина заполнена 500-метровой толщей осадков, что может указывать на недавнее образование современного рифта в более древней литосфере. Размещение же разновозрастных комплексов осадков на разных гипсометрических уровнях свидетельствует о значительных современных вертикальных движениях.

С севера долину разлома Романш обрамляет грандиозный по размерам хребет. Глубина океана над ним в районе исследований (между 16 и 17° з. д.) не превышает 500—1000 м, что не согласуется с известной зависимостью глубины от возраста литосферы. Еще в начале 70-х годов с одной из вершин этого хребта Э. Бонатти были подняты коралловые известняки, свидетельствующие о былом высоком стоянии этой структуры. В 13-м рейсе здесь же с помощью драг нами подняты хорошо окатанные гальки базальтов. Установлено также, что свежие базальты сочетаются с сильно тектонически переработанными габброидами. Проведенные геологические исследования позволили дать обоснованную схему этапов развития этого хребта: воздымание океанического дна, сопровождавшееся контрастными вертикальными движениями отдельных блоков и глубинными срывами, что привело к выведению глубинных пород в верхние горизонты коры; вулканическая деятельность и последующее

медленное опускание; быстрое опускание на глубину около 1000 м.

Существенная роль вулканической деятельности в формировании северного хребта разломной зоны Романш позволяет поставить вопрос о внерифтовом вулканизме в пределах осевой части Срединно-Атлантического хребта, а анализ рельефа в сочетании с данными драгирования — предположить существование такого вулканизма на всем пространстве между разломами Романш и Чейн.

Для исследованного района характерно широкое пространство габброидов, слагающих различные, порой очень протяженные морфоструктуры. Большие размеры зерен габбро свидетельствуют о длительных спокойных условиях кристаллизации в крупных магматических камерах.

Удалось выявить отличия в строении расположенных рядом, но существенно разных по размерам разломных зон Романш и Чейн. Для первой характерен исключительно широкий спектр пород, включая щелочные габброиды и базальты; в вертикальном сечении бортов этой разломной долины наблюдается самое разнообразное сочетание пород, при этом нередко глубинные образования находятся в верхних частях разрезов. В разломе Чейн, напротив, выявлена упорядоченность типов пород: вверх по склону ультрабазиты сменяются габброидами, а затем базальтами. Такая последовательность соответствует нашим представлениям о нормальном разрезе океанической коры и верхней части мантии, что в пределах

↑ Подробнее см.: Разницы Ю. Н. Разлом Зеленого мыса в Центральной Атлантике // Природа. 1987. № 4. С. 113—114; Он же. Разлом Долдрамс в приэкваториальной Атлантике // 1988. № 9. С. 114; Он же. Атлантические разломы Марафон и Меркурий // 1990. № 12. С. 111—112.

Срединно-Атлантического хребта наблюдается, однако, достаточно редко.

На бортах рифтовой долины в местах ее пересечения с разломом Чейн установлен изначально аномальный разрез: базальты изливаются непосредственно на ультрабазиты либо ультрабазиты вместе с габброидами слагают склоны рифта. Подобная ситуация отмечена во многих других сегментах Срединно-Атлантического хребта и объясняется существованием под рифтовыми зонами пологих глубинных срывов, сформировавшихся в условиях растяжения, когда спрединг реализуется при недостатке магмы («сухой» спрединг), а глубинные породы оказываются выведенными на поверхность дна. На наш взгляд, это не что иное, как структурное выражение ранней тектонической расчлененности океанической коры.

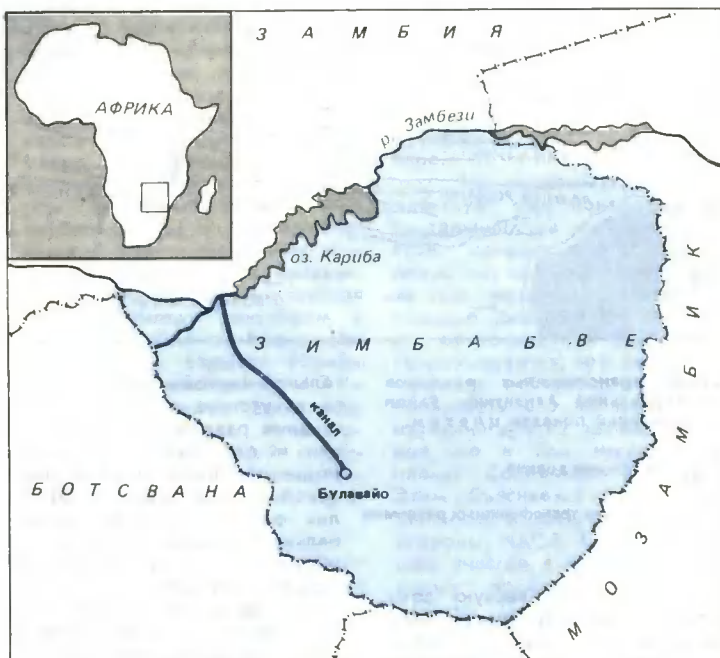
Исследования разломных зон Романш и Чейн в местах их пересечения с рифтовой долиной дополнили наши знания о структурах подобного типа и еще раз продемонстрировали автономность происходящих в них процессов, не зависящих от развития рифтовой системы. Среди них важную роль играют внутририфтовый вулканизм, вертикальные и горизонтальные перемещения горных масс, мантийный диапиризм и т. д.

© Ю. Н. Разницын,
кандидат
геолого-минералогических наук
Москва

География

Кого сможет напоить река Замбези!

Для южной Африки 1992 год оказался крайне засушливым. Среди наиболее пострадавших стран — Зимбабве. К сентябрю все пять водохранилищ, снабжающих г. Булавайо с его миллионным населением, были почти полностью опорожнены. В качестве срочной меры в окрестностях было пробурено 450 скважин, однако в долгосрочном аспекте они проблемы воды не решают, тем более что с начала 80-х годов



Карта-схема использования вод р. Замбези.

здешний климат неуклонно становится все более засушливым.

Все это заставило обратиться к планам 60-летней давности, отложенным тогда как слишком дорогостоящие. Речь идет о переброске части стока р. Замбези на 250 км, вплоть до Булавайо. Предполагается брать воду в ущелье между известным водопадом Виктория и искусственным озером Карива, с тем чтобы далее она шла по водотoku, параллельному существующей железной дороге. Главная сложность проекта, сильно его удорожающая, — необходимость поднимать воду на высоту около 1 км, на которой расположен Булавайо. Это потребует постройки одной из крупнейших в мире насосных станций. Чтобы сократить стоимость перекачки, планируют на канале создать крупный резервуар для удержания осадков, выпадающих в сезон дождей. Это позволит вести забор воды из Замбези лишь в сухие периоды, когда водохранилища иссыкают. Стоимость строительства в зависимости от пропускной способности канала оце-

нивается от 150 до 400 млн. фунт. ст.

Однако от засух страдают и соседи Зимбабве, граница которой с Зимбией идет как раз по р. Замбези. Власти Зимбии заказали специалистам проект плотины высотой 200 м, которая привела бы к затоплению всех порогов на отрезке р. Замбези длиной 100 км между водопадом Виктория и оз. Карива. На новой плотине предусматривается гидроэлектростанция, но она отрицательно повлияет на расположенную вниз по течению мощную Карибскую ГЭС, которая ныне поставляет большую часть энергии, потребляемой как в Зимбии, так и в Зимбабве. За последнее засушливое десятилетие уровень оз. Карива сильно упал, так как сток Замбези намного понизился. Любые преграды, воздвигнутые выше по течению этой реки, в засушливые периоды приведут к уменьшению выработки электроэнергии.

Определенные планы по поводу вод Замбези строит и ЮАР, находящаяся в 1 тыс. км к югу. Высокоразвитая горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство провинции Трансвааль крайне нуждаются

в воде. Несколько лет назад здешние специалисты разработали план строительства канала длиной 1300 км для переброски в столицу ЮАР Преторию части стока Замбези с территории Замбии, из пункта, лежащего выше водопада Виктория. Попутно этот канал мог бы питать влагой и территорию Ботсваны.

Все эти взаимопротиворечащие проекты потребуют серьезного международного соглашения.

New Scientist. 1992. V. 135. N 1835
P. 9 (Великобритания).

Антропология

Сколько лет американцу?

Р. Макниш (R. MacNeish; Андоверский фонд археологических исследований, Бостон, штат Массачусетс, США) провел раскопки на стоянке древнего человека (военный полигон Форт-Блосс, штат Нью-Мексико) и обнаружил остатки каменного очага, в котором сохранились угли. Их датирование по радиоактивному углероду показало, что костер здесь горел около 27 960 лет назад (± 970 лет).

Макниш утверждает, что в затвердевшей от огня глиняной стенке, которой обвалован очаг, сохранился отпечаток руки доисторического человека. Если это подтвердится, то придется пересмотреть общепризнанное мнение археологов, согласно которому люди впервые заселили Америку не более 12 тыс. лет назад.

Рядом с очагом в пещере найдены кости давно вымерших животных, а также остатки примитивных каменных орудий. Однако точно определить, к какому слою и времени каждое из них относится, довольно трудно, так как лесные хомяки, бурундуки и другие грызуны сильно перекопали здесь почву.

Многие археологи относятся к выводам Макниша с сомнением и предлагают провести независимое обследование пещеры и анализ ее содержимого.

New Scientist. 1992. V. 133. N 1804.
P. 10 (Великобритания).

Археология

Космические аппараты помогают археологам

Используя космические снимки со спутника «Лэндсат», с космического корабля многообразного использования «Спейс шаттл», а также изображения, полученные радиолокационными методами, археологи определили географическое положение исчезнувшего города Убар в пустынной части Саудовской Аравии; он существовал около 5 тыс. лет назад и находился на пересечении оживленных караванных дорог. Таким же образом в юго-западной части Омана недавно открыт город Саффара; его руины имеют примерно такой же возраст.

Правительство Иордании и компания «Спот-Имидж» сотрудничают в совместном проекте защиты древнего города Петра (30°20' с. ш., 35°26' в. д.) от его затопления водами р. Вади-Муса. Стереоскопические изображения города позволят реконструировать дренажную систему и выбрать место для сооружения плотины, которая предохраняла бы этот ценный археологический памятник.

Географы Университета Мак-Гилла в Торонто (Канада) методом дистанционного зондирования изучают древние системы водоснабжения и орошения в северной части Таиланда. Используя в комплексе космические и аэрофотоснимки, полученные в двух разных масштабах, специалисты открыли и нанесли на карту большое число древних поселений, возраст которых свыше 2 тыс. лет, а возле поселений обнаружили целую сеть каналов и водохранилищ.

ITC-Journal. 1992. N 2. P. 209 (Нидерланды).

Археология

На пути к экспериментальной археологии

Археология — наука не экспериментальная, и все же, в отличие от истории, эксперимент здесь возможен. Еще

в 1952 г. на конференции Британской ассоциации развития науки в Глазго (Шотландия) было принято решение захоронить в земле разнообразные объекты с тем, чтобы, изымая их впоследствии через определенные интервалы, установить, как они изменились со временем под воздействием различных природных факторов.

Первые такие захоронения были сделаны в 1960 г. на территории Англии в нижнемеловых почвах Овертон-Дауна (графство Уилтшир), а спустя три года — в песчанниках Уэйрем-Хит (графство Дорсет). Вскрывать эти экспериментальные захоронения предполагалось через 6 мес., 1 год, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 лет.

Недавно на очередной конференции Британской ассоциации развития науки археолог М. Болл (M. Ball; Университетский колледж Сент-Дэвид в Лампетере) изложил результаты только что завершившихся раскопок «современной стоянки», имеющей возраст 32 года. Оказалось, что в Овертон-Дауне все сохранилось на удивление хорошо, в особенности ткани и кожаные изделия; дерево разлагалось значительно быстрее, причем дуб пострадал здесь почему-то сильнее, чем лещина.

Различные в стенке раскопа чередующиеся слои осадочных пород (зимние — крупнозернистые, летние — мелкозернистые) подтверждают, что датировать находки по ним можно достаточно надежно.

Важно еще одно обстоятельство. Когда затевался этот эксперимент, не была известна методика датирования ископаемых организмов по содержащимся в их костях дезоксирибонуклеиновым кислотам, не владели еще ученые и микроморфологическим способом исследования почв. Теперь, благодаря тому, что участники эксперимента тщательно регистрировали все особенности объектов и их состояние, а также детально характеризовали свой подход, появилась возможность сопоставления и взаимной проверки различных методов.

New Scientist. 1992. V. 135. N 1837.
P. 9 (Великобритания).

По данным Института мировых ресурсов (США), со времени второй мировой войны 11 % всей покрытой растительностью поверхности Земли (примерно площадь Китая и Индии, вместе взятых) почти полностью потеряла биологическую продуктивность. Большая часть вины за это возлагается на человеческую деятельность: чрезмерное увеличение пастбищ, интенсивное земледелие, уничтожение лесов.

International Wildlife. 1992. V. 22. N 4. P. 25 (США).

По мнению М. Хочберга и Б. Хокена (М. Hochberg, B. Hawkin), основным фактором, воздействующим на разнообразие видов насекомых-паразитов, является количество укромных мест, в которых может прятаться их добыча (а к паразитам относятся около 20 % насекомых).

Создав компьютерную модель паразитирующих ос (откладывают яйца в тело других насекомых), исследователи пришли к выводу, что сообщество насекомых, имеющее некое среднее количество потайных мест для укрытия, сможет поддержать наибольшее количество паразитов; если же в укрытиях будет прятаться слишком много насекомых, паразиты в конце концов погибнут, а если смогут находить себе чересчур много жертв, тогда не останется насекомых для поддержания жизни следующих поколений паразитов.

International Wildlife. 1992. V. 22. N 4. P. 28 (США).

По данным ВОЗ, общее число инфицированных ВИЧ приближается к 11 млн. чел. и примерно 1,5 млн. больны СПИДом. Число жертв продолжает расти: ежедневно заражаются 5 тыс. чел., главным образом потому, что не принимаются меры предосторожности при половых контактах. На состоявшемся в Бангкоке (Таиланд) совещании ВОЗ говорилось о том, что первостепенное значение в борьбе с этим заболеванием необходимо придавать профилактике СПИДа и заручиться поддержкой государственных деятелей высокого уровня. Эта поддержка должна быть оказана незамедлительно.

Здоровье мира. 1992. Январь — февраль. С. 29 (Швейцария).

Британские орнитологи с тревогой отмечали падение численности морских пернатых на западе Шотландии и у берегов Шетландских о-вов (в 1990 г. 8 тыс. пар полярных крачки *Sterna* сумели благополучно вывести лишь двух птенцов). Специалисты связывают это с резким сокращением численности рыбы-песчанки (*Ammodytes*), служащей основной пищей для местных птиц. С конца 1991 г. ситуация изменилась: 24 тыс. гнездящихся пар крачки принесли 30 тыс. птенцов — свидетельство роста стада песчанки. Для проверки подобного мнения Королевское общество охраны птиц и Всемирный фонд охраны дикой природы проводят специальное обследование с участием рыбаков и ихтиологов.

New Scientist. 1992. V. 133. N 1810. P. 57 (Великобритания).

Итальянский врач Т. Ливраги (Т. Livraghi; Городская больница Милана) предложил новый метод лечения больных раком печени при наличии одноклоного опухолевого узла не больше 5 см диаметром и противопоказаний хирургического вмешательства. Метод основан на инъекциях стерильного этилового спирта тонкими иглами. Токсический эффект этанола, введенного непосредственно в опухолевую ткань, изучили на лабораторных животных и установили, что алкоголь диффундирует в клетки опухоли, вызывает немедленное образование некроза с частичным или полным тромбозом мелких сосудов, что препятствует дальнейшему развитию новообразования. Автор получил первые положительные результаты, используя новый метод для лечения людей.

Italian Journal of Gastroenterology. 1992. N 24. P. 72 — 74. (Италия).

Рыболовственные суда, работающие в полярных водах Южной Атлантики, были предупреждены о дрейфе огромного (периметр свыше 80 км) ледяного острова. Он образовался в 1986 г. в паковых льдах моря Уэдделла и ныне перемещается в северо-восточном направлении к о. Новая Георгия со среднесуточной скоростью 5 км. За ледяным островом, получившим индекс А-24, ведется непрерывное слежение по космическим снимкам. Наиболее вероятно, что А-24 обогнет о. Новая Георгия, а затем, вовлеченный в поток мощного Антарктического циркумполярного течения, медленно направится к южной Африке.

Polar Record. 1992. V. 28. N 164. P. 79 (США).

Уточненный перевод классического труда Ч. Дарвина

Член-корреспондент РАН
Ю. И. Полянский
Санкт-Петербург

ВЫШЛО из печати новое издание основного труда Чарлза Дарвина «Происхождение видов». Это событие важное для биологов и историков науки, ибо последний раз гениальный труд печатался на русском языке в полном виде более полувека назад — в 1939 г., в 3-м томе академического издания сочинений Дарвина, и стал библиографической редкостью. Правда, «Происхождение видов» публиковалось и в начале 50-х, но с комментариями и примечаниями в духе так называемого «творческого дарвинизма» Лысенко, но оно дезориентирует читателя в трактовке концепции Ч. Дарвина.

А. В. Яблоков и Б. М. Медников в 1987 г. издали «Происхождение видов», специально адаптировав его для учителей биологии, преподающих в средней школе. Однако эта в высшей степени полезная и прекрасно оформленная книга не заменяет собою полный текст дарвиновского труда, положившего начало новому периоду в науке о живой природе.

«Происхождение видов» Ч. Дарвина, вышедшее первым изданием в Англии в 1859 г., в русском переводе ботаника профессора С. А. Рагинского появилось уже в 1864 г. В 1896 г. перевод с 6-го английского издания был осуществлен К. А. Тимирязевым с участием М. А. Мензбира, И. П. Павлова и И. А. Петровского. Этот текст был положен в основу всех последующих публикаций «Происхождения видов». Однако работа над уточнением перевода продолжалась. В издании 1937 г. ряд уточнений принадлежит Н. И. Вавилову. В академическое издание 1939 г. много исправлений внесли А. Д. Некрасов и С. Л. Соболев.

По инициативе И. И. Шмальгаузена в начале

ЧАРЛЗ ДАРВИН ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИДОВ ПУТЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

ИЛИ
СОХРАНЕНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ РАС
В БОРЬБЕ ЗА ЖИЗНЬ

Перевод с английского издания (Лондон, 1872)

Отвечственный редактор
М. А. Л. ТАХТАДЖИАН



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»
ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1991

Чарлз Дарвин. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИДОВ ПУТЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА ИЛИ СОХРАНЕНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ РАС В БОРЬБЕ ЗА ЖИЗНЬ. СПб.: Наука, 1991. 539 с.

60-х годов предполагалось новое академическое издание «Происхождения видов», в связи с чем он поручил одному из своих сотрудников по кафедре дарвинизма Московского университета А. Л. Зеликману осуществить новый перевод, учитывая все предыдущие. Эта работа Зеликманом была выполнена, притом чрезвычайно тщательно, но публикация не состоялась. К счастью, работа эта не осталась втуне. После кончины Зеликмана рукопись была передана в Институт истории естествознания и техники РАН. Она широко использовалась при подготовке к печати книги, о которой и пойдет речь.

Перевод еще раз проверен и уточнен Я. М. Галлом и Я. И. Старобогатовым при участии А. Л. Тахтаджяна, а в литературном плане тщательно выверен Ф. И. Кричевской. Таким образом, можно говорить не об очередном переиздании классической работы Ч. Дарвина, а о новом видении этого труда. Некоторые новшества не пройдут мимо внимания читателя, привыкшего к старому переводу. Достаточно и одного примера. Мы привыкли, что труд Дарвина называется «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В новом издании слова «благоприятствуемых пород» заменены словами «благоприятных рас». Что ближе к оригиналу? Очевидно, второй вариант, ибо у Дарвина употребляется «favoured races», тогда как «породы» — «breeds». Аналогичных уточнений перевода в новом издании немало.

Кроме основного текста, в книгу включен ряд материалов, способствующих углубленному пониманию труда Дарвина. Развернутый «Комментарий», составленный Галлом и Старобогатовым, основан на постраничном сопоставлении всех шести изданий «Происхождения видов», подготовленных Дарвином. Итог этого исключительно трудоемкого исследования представляет большой интерес, так как наглядно показывает работу Дарвина над развитием эволюционной теории после 1859 г. и как бы дает возможность войти в его творческую лабораторию.

Восстановлению пути Дарвина к теории естественного отбора посвящены две статьи. В статье А. В. Яблокова убедительно показано, что в четырех «Записных книжках» Дарвина, составленных в течение

1837—1839 гг. уже отчетливо видны зерна будущих идей. Вторая статья принадлежит Я. М. Галлу. Она посвящена истории создания «Происхождения видов». В ней предварительные очерки Дарвина 1842 и 1844 гг. сравниваются с его более поздними сочинениями. Сравнивается роль в видообразовании абиотических и биотических факторов, значение дивергенции в обособлении систематических категорий, значение географической изоляции и ряд других факторов, влияющих на ход эволюционного процесса.

Академику А. Л. Тахтаджану принадлежит заключитель-

ная статья «Дарвин и современная теория эволюции». Статья весьма содержательна. В ней, с одной стороны, показано величие, историческое значение и роль теории естественного отбора, а с другой — кратко очерчены основные пути развития эволюционной теории в наши дни. Особое внимание уделено макроразнообразию, анализу вопроса «недарвиновских» факторов (дрейф генов и другие), соотношению эволюционной теории и генетики.

Издание снабжено подробным предметным и именным указателями, составленными М. Б. Кнышевым.

Книга выглядит хорошо, оформлена со вкусом. Единственное, что вызывает недоумение, — это тираж. Как можно такой фундаментальный классический труд, необходимый каждому биологу, каждой научной библиотеке, напечатать в количестве 11 000 экземпляров? Это значит сразу же, с первых дней после выхода, превратить его в библиографическую редкость. Так оно и произошло. Купить книгу, о которой мы кратко рассказали, читателям «Природы» уже вряд ли удастся...

ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

Дорогая редакция,

в истекшем году прошли два юбилея, которые не были отмечены на страницах «Природы». Я имею в виду 200-летие со дня рождения гениального математика, создателя неевклидовой геометрии Н. И. Лобачевского (1792—1856)¹ и 150-летие со времени впервые организованного на территории России наблюдения за полным солнечным затмением (1842). Напоминая об этих весьма разнохарактерных и разномасштабных датах, я не намеревалась упрекнуть журнал в невнимании к истории науки. Цель другая — привлечь интерес к их пересечению: отмечая одну дату, трудно не упомянуть о другой, и наоборот. А дело в том, что Н. И. Лобачевский принимал участие в

одной из астрономических экспедиций 1842 г. И это не случайный факт в его биографии — интерес к астрономии прослеживался в течение всей его жизни.

Начнем с того, что Лобачевский принадлежал к числу учеников Я. И. Литтрова — известного венского астронома, преподававшего в Казанском университете с 1810 по 1816 г. Переимником Литтрова в качестве профессора астрономии в Казани стал сверстник Лобачевского И. М. Симонов, и научные судьбы Лобачевского и Симонова несколько раз тесно переплетались. Оба они вместе со своим учителем занимались наблюдениями кометы 1811 г. с помощью секстанта. По определенным ими угловым расстояниям кометы до звезд Большой Медведицы Литтровом были вычислены ее координаты.

Во время двухлетнего плавания Симонова на шлюпе «Восток» в антарктической экспедиции М. П. Лазарева и Ф. Ф. Беллингаузена Лобачевский представил в Совет университета предложение: «Не угодно ли будет Совету возло-

жить на меня преподавание лекций астрономии на время отсутствия г-на профессора Симонова, которые лекции я вызываюсь продолжать даже и тогда, когда бы какие-нибудь обстоятельства удержали надолго г-на Симонова в отлучке»². Лобачевский заведует обсерваторией, проводит наблюдения и читает лекции по астрономии; пытается усовершенствовать курс высшей геодезии и вводит в него теорию фигуры Земли, опираясь на «Основание метрической системы» Ж. Б. Деламбра.

После возвращения Симонова, с 1821 г., Лобачевский полностью погружается в работу по созданию неевклидовой геометрии. На этом этапе астрономия остановлена. Но не она ли способствовала рождению иной геометрии, которая, как полагал Лобачевский, может быть геометрией космического пространства? Связь с астрономией проявляется в целом ряде

¹ Мы предполагаем до конца 1993 г. опубликовать подборку материалов о жизни и творчестве Н. И. Лобачевского. Материалы готовятся по следам торжеств и научных заседаний, связанных с 200-летием нашего великого соотечественника. — Прим. ред.

² М о д з л е в с к и й Л. Б. Материалы для биографии Н. И. Лобачевского. М., 1948. С. 85—86.

работ Лобачевского — от сочинения «Об эллиптическом движении небесных тел» до знаменитой «Пангеометрии».

Уже будучи ректором Казанского университета (1827—1846), Лобачевский отстраивает после пожара новую университетскую обсерваторию. Она не имеет аналогов в расположении астрономических приборов относительно оси здания — под углом 45°. Можно отметить также, что в 1832 г. Лобачевский наблюдал комету Энке.

А теперь о полном солнечном затмении 1842 г. Ожидалось, что оно будет благоприятно для изучения на территории России и Европы. По этому случаю директором Пулковской обсерватории В. Я. Струве было организовано четыре экспедиции. Одна из них — в Пензу, которая оказалась в полосе полной фазы. Туда с инструментами Казанской обсерватории должен был отправиться ее директор Симонов. Но в связи с отъездом за границу он передал это поручение астроному М. В. Ляпунову, к которому присоединились физик Э. А. Кнорр, а также Н. И. Лобачевский.

В это время он уже немолод, подумывает оставить службу из-за постоянного недомогания, но не мыслит пропустить такое событие, как полное солнечное затмение. И едет в Пензу, «желая воспользоваться таким случаем для наблюдений физических и чтоб удовлетворить собственное любопытство». Главную задачу он формулировал следующим образом: «Нам желательно с г. Кнорром наблюдать постепенность темноты и соединенного с ней охлаждения, как в атмосфере, так и в самих солнечных лучах»³.

³Лобачевский Н. И. Полное собр. соч. Т. 5. М.— Л., 1951. С. 434.

В своем отчете Лобачевский подробно описывает подготовку к работе, инструменты экспедиции, сами наблюдения. Сообщает собственные результаты и результаты Ляпунова. Но наряду с этим Лобачевский рассматривает «все предложения, какие можно бы сделать о происхождении венца вокруг Луны во время затмения» и анализирует данные наблюдения солнечных затмений с 1516 г. В тексте отчета нашли отражения неясные и противоречивые представления о природе Солнца, сложившиеся к середине XIX в. — рассуждения о солнечной короне соседствуют с теорией Гершеля, по которой Солнце — темное тело, окруженное тонкой светящейся оболочкой.

Исследование «погибания лучей» близ лунной поверхности позволило Лобачевскому предположить, что «ни погибание, ни разбрасывание лучей» не в состоянии производить солнечную корону, «на образование кольца вокруг Луны можно подозревать большое влияние воздуха»⁴. Наблюдения над температурой воздуха во время затмения, магнитные измерения, замечания о климате и образовании рек завершают астрономический отчет, столь необычный по полноте, разнообразию тем и насыщенности мыслями.

В целом же затмение 1842 г. не дало больших результатов для астрономов России — во многих случаях помешала облачность.

Профессор Петербургского университета А. Н. Савич в статье, посвященной итогам изучения затмения на территории Европы, в частности, сообщает, что некоторые иностранные ученые наблюдали круглое сияние около Луны и светлые точки на противоположных

краях сияния⁵, получившие впоследствии название «четок Бейли». Их видят в начале и конце полной фазы солнечного затмения, во время касания краев Луны и Солнца.

В отчете профессора Дерптского университета и директора университетской обсерватории И. Г. Медлера обращено особое внимание на красные огненные облака, которые показывались в венчике на краю Луны⁶. Уже при последующем затмении 1851 г. ученые особо занялись наблюдениями этих «солнечных придатков» — протуберанцев.

Затмение 1842 г. оставило след в истории астрономии. Отблеск имени Николая Ивановича Лобачевского освещает это событие.

© Е. Г. Лукьянец

Ишимский государственный педагогический институт

Тюменская область

⁵Савич А. Н. Известия о любопытных явлениях, замеченных в разных местах Европы во время полного солнечного затмения // ЖМНП. 1842. Вып. 40. Отд. 2.
⁶Медлер И. Г. О затмениях Солнца, особенно по отношению к большому затмению Солнца 26 июля 1842 г. // ЖМНП. 1842. Вып. 33. Отд. 2.

⁴Там же. С. 451.

«Академик-путешественник» П. К. Козлов

(из личных воспоминаний)

Сергей Лесной

Сергей Лесной — псевдоним натуралиста-систематика С. Я. Парамонова, который не нуждается здесь в представлении. Читатель найдет на страницах этого номера «Природы» статью М. Д. Голубовского, рассказывающую о научных работах и сложных перипетиях жизни ученого, заброшенного судьбой в послевоенные годы в далекую Австралию. Не публиковавшиеся ранее воспоминания С. Я. Парамонова (С. Лесного) о П. К. Козлове, обнаруженные в библиотеке Австралийского национального университета в Канберре, привлекательны не только и даже, может быть, не столько как факт творческой биографии С. Я. Парамонова. Они интересны как документ, передающий живые впечатления от встреч с другой весьма примечательной личностью.

Имя русского путешественника Петра Кузьмича Козлова (1863—1935) и сегодня известно достаточно широкому кругу людей. Но было время, когда популярность его была необыкновенно велика — ее можно сравнить разве что с популярностью первых авиаторов и космонавтов. И славу эту он заслужил. Большую часть своей жизни П. К. Козлов посвятил исследованию неизвестных территорий Центральной Азии. Ученик Н. М. Пржевальского, он провел в экспедициях 17 лет, прошел свыше 40 тыс. км и был участником шести экспедиций, три из которых возглавил лично. В значительной степени благодаря Козлову Центральная Азия перестала быть белым пятном на карте мира.

Козлову принадлежит одно из самых замечательных археологических открытий XX в. — развалины мертвого города Хара-Хото в северо-западной части Китая. Материалы, собранные на раскопках, позволили ученым воссоздать историю, изучить письменность и культуру самобытного, затерявшегося в глубине веков государства тангутов, просуществовавшего свыше 250 лет с середины X в. и погибшего в результате нашествия Чингисхана. Коллекция буддийских икон, привезенная Козловым из Хара-Хото и хранящаяся ныне в Эрмитаже, уникальна и по сей день не имеет себе равных ни в одном из художественных собраний мира.

Важен вклад Козлова и в развитие отношений между Тибетом и Россией. Он был одним из немногих чужеземцев, получивших аудиенцию у духовного главы Тибета далай-ламы XIII, и единственным из них, официальная миссия которого переросла в дружбу, связавшую этих столь непохожих людей.

Козлов много сделал для того, чтобы Россия и Европа познакомились с историей, культурой и бытом жителей Тибета — страны, долгие века закрытой для чужеземцев. В 1920 г. в Петрограде вышла книга Козлова «Тибет и Далай-Лама». Немало статей и сообщений посвятил он этой теме. Но рассказы о том или ином событии в неофициальной обстановке, в дружеской беседе часто дают новый, неожиданный взгляд на, казалось бы, известные вещи. Именно этим особенно интересны приводимые ниже воспоминания.

В настоящее время усилиями Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники РАН создается мемориальный музей-квартира П. К. Козлова (Смольный пр., д. 6, кв. 32). Воспоминания С. Я. Парамонова о П. К. Козлове, которые публикуются здесь с сокращениями, войдут в научный архив нового музея.

С ПЕТРОМ КУЗЬМИЧОМ КОЗЛОВЫМ я познакомился поздней осенью 1922 г. в Ленинграде, где я работал в Зоологическом музее Академии наук по командировке от Украинской академии, сотрудником которой я состоял. Затем мне пришлось встретиться с ним уже в декабре 1922 г. на I съезде зоологов.

С первой же встречи (а мы встречались в музее почти ежедневно) отношения между нами стали близкими, несмотря на большую разницу

в летах: Козлову было 59 лет, а мне 28. Сблизили нас общие интересы: любовь к путешествиям, орнитологии и страсть к охоте.

Я очень живо помню нашу первую встречу: я работал в кабинете Ф. Д. Плесске¹,

¹Плесске Федор Дмитриевич (1858—1932) — орнитолог, энтомолог, академик Петербургской АН с 1893 г., в 20-х годах — сотрудник Зоологического музея АН, обрабатывал собрания центрально-азиатских экспедиций.

где я специализировался в диптерологии (наука о двукрылых насекомых), которая в дальнейшем и стала моей специальностью на всю мою жизнь.

Федор Дмитриевич Плесске был большую часть жизни орнитологом, но от постоянного отравления мышьяком при работе с птичьими шкурками серьезно заболел и вынужден был оставить орнитологию. Во время лечения на каком-то западноевропейском курорте он познакомился с диптерологом Ковачем и по его примеру



Петр Кузьмич Козлов.
Фото 1912 г. из архива О. В. Козловой. Публикуется впервые.

увлекся изучением двухкрылых насекомых, оставив совершенно птиц, но следя за успехами орнитологии довольно внимательно.

В этот день стало известно, что приехал Козлов и посетит музей. Я вышел в библиотеку, и когда вернулся, навстречу мне поднялась высокая фигура Ф. Д. Плеске, с его неизменной красной турецкой феской на голове, и другой, тоже высокий мужчина с проседью, — это и был Козлов.

Козлов был хорошего роста и сложения, держался по-военному, хотя по профессии и не был военным, очевидно, это было следствием того, что он получил военное образование², а годы его путешествий протекали в обстановке, которая,

в сущности, была военной. Отсюда проистекали и его военная осанка и выдержка.

Прежде всего мне бросились в глаза его густые, длинные брови и глубоко сидящие, спокойные серые глаза. Достаточно было одного взгляда, чтобы понять, что перед вами сильный духом, волевой человек. Резкая складка в углах рта придавала Козлову несколько суровое выражение, и действительно характером он был довольно крут, хотя всегда был справедливым и понимал людей. Он редко улыбался, и я ни разу не видел, чтобы он хохотал.

Ф. Д. Плеске познакомил нас, П. К. Козлов сел и продолжал свою прерванную беседу, мы же, т. е. А. А. Штакельберг (ныне здравствующий) и я, остались внимательными слушателями.

Плеске расспрашивал, а Козлов рассказывал о нравах пустынных соек и других, чисто пустынных птиц. Рассказывал он толково, кратко и вместе с тем живо.

Задал несколько вопро-

сов и я, Козлов охотно ответил и попутно спросил: «Вы орнитолог?» Я ответил, что немного занимался орнитологией, кое-что напечатал и нашел нового, именно хохлатую кукушку в Бессарабии, теперь, мол, занимаюсь двухкрылыми и в меру сил обрабатываю и его сборы, сделанные в Монголии.

Козлов посидел с нами часа два и затем ушел. Через день или два я зашел «за пергородку» к П. П. Сушкину³, где помещались орнитологические коллекции, и застал его в оживленной беседе с Козловым, главным образом в связи с находками Петра Кузьмича в Монголии, и за рассмотрением шкурки птиц.

Я, конечно, слушал, «развесив уши», — интересны были П. К. Козлов и П. П. Сушкин. Последний был человеком обширнейших познаний в зоологии, и, кроме того, палеонтологом. Его путешествие по Северной Америке было настоящим триумфом: посещал он музеи — он поражал местных ученых своим знанием птиц и других животных, на ученых заседаниях он просто подавлял своих коллег замечательной эрудицией, а также оригинальностью и новизной взглядов в области теоретической биологии, с палеонтологами он был палеонтолог.

Неудивительно, что я был совершенно поглощен этими двумя замечательными людьми. Затем Сушкина куда-то вызвали. Остались Козлов и я. В музее было холодно, и мы пристроились в коридоре, усевшись на еле теплые радиаторы. Тут Козлов выспросил у меня все, что его интересовало, а он подбирал себе сотрудников для нового путешествия в Монголию.

В мою пользу говорило многое: мне было 28 лет, я был

³Сушкин Петр Петрович (1868—1928) — зоолог, академик (1923), автор работ по орнитологии Сибири и Центральной Азии. В 1914 г. вместе с Козловым работал в заповеднике Аскания-Нова. Вторая жена Козлова, Елизавета Владимировна, в девичестве Пушкарева (1892—1975), спутница мужа в экспедициях, несколько лет проработала в Зоологическом институте под руководством Сушкина.

²В 1887 г. П. К. Козлов окончил Петербургское пехотное юнкерское училище.



«Знаменитый» субурга (культовое сооружение в буддизме) у крепости Хара-Хото, в котором были сделаны основные знаменитые находки.

охотником, стрелявшим неплохо дробью и пулей, был отчасти орнитологом (что особенно интересовало Петра Кузьмича, ибо из всех групп животных он больше всего любил птиц), умел сдирать шкурки с птиц и зверей, знал довольно прилично насекомых и способы их коллекционирования и хранения, имел некоторый опыт в экскурсиях (на озера Баскунчак и Эльтон) и вообще был квалифицированным зоологом. Я не пил и не курил, что Козлов особенно высоко ценил, наконец, для добычи научного материала я готов был лезть и в огонь, и в воду.

О последнем я рассказывал, как, добывая птиц в устье Днестра для Украинской академии, я разбивал прикладом ружья лед и выстаивал целыми часами, поджидая добычу.

Были и крупные минусы: я не был военным, плохо ездил верхом, не знал местных языков, не отличался особенной физической силой и опыта больших путешествий не имел, наконец, был упрям и умел «показывать зубы».

Выбор же сотрудника в путешествие, которое длится два-три года, пожалуй, важнее, чем даже выбор спутницы в жизни, ибо от спутницы в слу-

чае чего можно и избавиться, а сотрудника надо дотерпеть до конца.

Козлов начал излагать мне план своего путешествия, я внимательно слушал, изредка ставя вопросы. По реакции на них я видел, что Петр Кузьмич заинтересован во мне: по-видимому, я был для него человеком подходящим.

Он жаловался, что одним из больших затруднений в тот момент был недостаток серебряной монеты для нужд экспедиции, необходимо иметь пуды серебра, так как монголы и другие племена никаких бумажек, конечно, не признают, не продают скот только на серебро, а серебра этого нужно на несколько лет расходов, чтобы делать подарки начальникам разных областей, оплачивать труд проводников и временных рабочих, покупать верблюдов и лошадей в случае надобности и, наконец, для покупки еды.

Козлов не скрывал от меня, что условия очень тяжелые, и не только физические — дисциплина железная. Во время экспедиции он являлся абсолютным деспотом, распоряжения которого надо выполнять беспрекословно. Ему было дано право расстрелять любого сотрудника, оказавшего неповиновение.

Только абсолютное единство горсточки людей среди необозримых пустынь могло обеспечить экспедиции ее успех. Нужна была постоянная готов-

ность сложить голову «за други своя», не рассуждая и не колеблясь. И, как результат, за время своих экспедиций Козлов не потерял ни одного человека!

Козлов спросил меня, знаком ли я с астрономией, я ответил, что теоретическую я немного знаю, даже сдавал зачет проф. Фогелю, а практическая совершенно мне неизвестна, знаю немного обращение с астролэбией и буссолью, ибо отец мой лесничий и мне случилось принимать небольшое участие в его работе. Козлов просиял: это давало ему надежду, что я смогу помогать ему в установлении астрономических пунктов, которых он за время своих путешествий установил несколько сот, а также в составлении карт. Чертить нечего, но дневник должен быть веден так, чтобы чертежник мог по окончании путешествия сделать хорошую карту.

Было много разговоров об одежде, снаряжении, оружии (у меня был прекрасный румынский карабин Манлихер — Шёнауэра) и т. д. Зимний день скоро кончился, и мы разошлись.

В последующие дни мы не раз встречались с Петром Кузьмичом, и я показывал ему новые виды насекомых, которые он открывал. <...>

Хотя между нами ничего решительно не было сказано, участие мое в экспедиции было предпринято, на это указывало хотя бы то, что, описывая очень подробно различные этапы путешествия, Козлов говорил: «...затем мы направимся к озеру Лоб-Нор» и т. д. Это «мы» было весьма красноречиво, но я не хотел ставить точки над «i», так как не знал, как отнесется Украинская академия наук к моей поездке, ведь Монголия и Украина так далеки друг от друга, что вряд ли поездку в Монголию можно подвести под интересы Украинской академии наук. Бросать же последнее мне не хотелось.

Вскоре я вернулся в Киев, договорившись с Козловым, что увидимся на съезде зоологов несколько позже. Он отлично понимал мое положение и давал возможность позондировать почву. Вообще Петр Кузьмич был очень деликатен и вни-

мателен к людям, но если уж человек попадал в его окружение, то он немедленно и бесповоротно «поглощал» его, подчиняя его целиком своим интересам. Однако он давал прежде всего полную возможность все хорошенько взвесить, обдумать, а потом уже решать окончательно.

В скором времени я вернулся в Ленинград специально для съезда. С Козловым я встретился бегло в коридоре того же Зоологического музея, но поговорить не успел. В тот же день, присев на радиатор, чтобы согреться, я почувствовал озноб и свалился в беспмятстве: у меня оказалась жесточайшая «испанка», инфлюэнца, унесшая в тот год многих в могилу в Европе.

В конце концов я оправился, но оказались какие-то нелады с легкими. От экспедиции Козлова пришлось отказаться: не будучи уверенным в своем здоровье, я не мог подвергать не только себя, но и экспедицию риску, ведь заболел я, я был бы хуже камня на шее. Так неудачно кончился мой проект участвовать в экспедиции Козлова, зато во время долгих разговоров я отлично узнал Петра Кузьмича и как человека, и как организатора.

Дальнейшие встречи мои с Козловым состоялись после возвращения его из его последней экспедиции (1923—1926 гг.) в Монголию — в Киев. Козлов приехал в Киев по приглашению президента Украинской академии наук В. И. Липского¹, известного ботаника и исследователя флоры Бухары и других частей Центральной Азии. (...)

Козлов при встрече со мной по старому русскому обычаю расцеловался и сразу же превратил меня в свою «правую руку», т. е. сложил на меня все хлопоты по отысканию аудиторий, эпидиаскопа, механика при нем и т. д., словом, всю хозяйственную часть.

В Академии он сделал доклад о своей поездке и

тотчас же после доклада был единогласно выбран академиком. С этого момента Петр Кузьмич стал подписываться: «академик-путешественник», отмечая свою характерную черту — скромность. Он не считал своей учености достойной звания академика, но, добавляя к титулу слово «путешественник», он уточнял свое положение среди ученого круга.

Сделал Козлов и несколько публичных докладов. Должен признаться, что мне часто во время их «влетало» от Козлова: прекратится ли ток, случатся ли какие-то неполадки с демонстрационным аппаратом, перепутает ли механик порядок диапозитивов и т. д. — во всем оказываюсь виноват я. Петр Кузьмич ворчит, нервничает, ибо привык к тому, что все происходит вокруг него как по расписанию; я стараюсь изо всех сил уладить дело

и ... молчу, иногда мысленно отвечая: «Как хорошо, что я не попал к тебе в лапы!» Но все налаживается, и доклад, как всегда, проходит блестяще.

Потом стороной узнаю, что Козлов сказал обо мне: «Умеет обходиться с людьми...» Так как он видел мое обращение только с ним, то я понимаю, что он говорит о себе. (...)

П. К. Козлов посещал сессии Украинской академии наук довольно регулярно, поэтому я встречался с ним сравнительно часто. Остановившись он у Липского, а затем являлся в Зоологический музей, где и рассказывал о ходе обработки собранных им материалов, о новых планах, о препятствиях, постоянно встававших на его пути, и т. д. Беседы наши длились часами, и я был совершенно в курсе дел Петра Кузьмича. Приезды его бывали для меня праздниками, и это он отлично чувствовал.

Почти каждый раз он делал публичные доклады в Академии, в Доме ученых, в Зоологическом музее. Докладывал живо и делдно и всегда имел большой успех: помещения, где бы он ни выступал, бывали переполнены народом.

Я живо помню его рассказы о далай-ламе. Далай-лама того времени представлял

для европейцев личность совершенно загадочную. Обстоятельства сложились, однако, так, что далай-лама вынужден был бежать из Лхасы, захваченной англичанами, в Монголию, где и повстречался с Козловым².

Далай-лама, по представлению буддистов, — живое воплощение Будды. Когда он умирает, старшие ламы отыскивают какого-нибудь младенца мужского пола и объявляют его новым перевоплощением Будды. Пока младенец растет, всеми делами в Тибете распоряжается так называемый «панчен-лама» и совет старших лам. Далай-лама — это верховный религиозный авторитет в Тибете, но и только.

Когда далай-лама достигает возраста 21—22 лет, т. е. зрелости, и может проявить и свои собственные желания, иначе говоря, пойти наперекор панчен-ламе или старшим ламам, его обычно... отравляют и избирают нового младенца далай-ламу, осуществляя таким образом непрерывную духовную олигархию.

Далай-лама, знакомый Козлова, оказался человеком недюжинным: прежде чем ламы успели сообразить, он перетравил всех лам, своих противников, и стал долгое время действительным главой всего Тибета. Это был человек сильного ума и характера³.

²В 1903 г. вице-король Индии лорд Керзон отправил в Тибет военную миссию под руководством Ф. Янгхазбенда, целью которой было подписание договора о сотрудничестве с Тибетом, а в случае неуспеха этого плана — объявление протектората Англии над Тибетом и разделение английского военного гарнизона в Лхасе (см. подробнее в кн.: Кулешов Н. С. Россия и Тибет в начале XX века. М., 1992). Немногочисленные и практически безоружные защитники тибетской границы были буквально сметены англичанами, путь в столицу Тибета был открыт, и далай-лама, избегая навязываемых соглашений, был вынужден покинуть Лхасу и отправиться в Ургу.

³Известно, что на протяжении ста с лишним лет далай-ламы погибали в детском возрасте или едва достигнув совершеннолетия. Страной в это время правили регенты. Существовал заговор с целью убийства и XIII далай-

¹Липский Владимир Ипполитович (1863—1937) — ботаник, член-корреспондент АН СССР (1924), академик (1919) и президент (1922—1928) АН УССР.

Любознательность его не имела предела. Он заставлял Козлова рассказывать обо всем буквально днями и ночами: о географии земного шара, о культуре и технике Европы, об истории разных стран и т. д. Особенно его интересовала астрономия, он переставал слушать только тогда, когда Козлов совершенно уставал говорить. Далай-лама интересовался и звездами, и планетами, и кометами и выудил из Козлова обещание в следующий приезд непременно привезти атлас звездного неба.

Они договорились о новом свидании, и далай-лама дал Петру Кузьмичу особый открытый лист, обеспечивавший Козлову свободное передвижение по Монголии и Тибету в любое время и любым путем, это был настоящий «карт бланш».

Так как экспедиция задер-

жалась из-за каких-то причин (новая), то далай-лама прислал Козлову письмо на китайском языке с напоминанием о его обещании. Я не ручаюсь за точность его передачи, но общий ход мысли и образы письма, вероятно, не будут далеки от оригинала.

«...Уже пожелтели поля и покрылись пылью, камыши стали сохнуть и дни заметно сократились... а тебя все нет!.. Уже по ночам начинают замерзать озера и болота, клубятся серые тучи и дышит холодный северный ветер, а тебя все нет! Уже летят на юг бесконечные стаи гусей, уже всюду чувствуется приближение зимы, а тебя все нет!..»

Так в поэтической форме писал далай-лама Козлову. Мне кажется, что это была не только форма обычной китайской учтивости, но и звучало искреннее нетерпение далай-ламы в отношении человека, открывшего ему новые миры, а также ласковый упрек.

Козлов проделал шесть больших путешествий по Центральной Азии, три из которых были под его руководством. Его мечтой было побывать в Тибете, к которому он подступал неоднократно; он, как и его учитель Н. М. Пржевальский, всей душой стремился в эту, почти совершенно неисследованную страну⁸.

Последняя экспедиция (1923—1926 гг.) была запланирована и для Тибета, но Козлова уже в Монголии поджидал удар: приехавший из Москвы полпред сообщил, что распоряжением правительства экспедиция в Тибет отменяется; вероятно, отказ был вызван опасениями политических осложнений. (...) Козлов тяжело переносил этот удар: Тибет был, так сказать, завершением его существования, конечной целью, к которой он постепенно под-

бирался: медленно, но уверенно. (...)

Много интересного (...) рассказывал о Тибете Козлов, так как часто встречался с тибетцами и бывал на подступах к нему, но это выходит за рамки моей задачи.

Особенно хорошо знал Козлов Монголию и изъяснялся по-монгольски так же свободно, как на родном языке, знал он и китайский, также и другие местные наречия. Это дало ему возможность узнать страну не только географически, узнал он и самый народ, у которого он пользовался огромным авторитетом. (...)

Знание языка, замечательный такт Козлова в обращении с туземцами, постоянная и абсолютная справедливость по отношению ко всем создали ему замечательную репутацию: его уважали и даже боялись разбойники, занимавшиеся кражей и грабежом баранты.

Если Козлов покупал у кого-нибудь скот и оставлял его временно у прежнего хозяина, то разбойники не трогали не только баранту Козлова, но и баранту продавшего из опасения, что они могут нечаянно увести скот, принадлежащий Козлову. Замечательная черта уважения и признан деликатности у разбойников.

Во время остановок Козлов умел войти в доверие к мелким монгольским князькам (могла опережала его за сотни и даже тысячи километров), и становился не только случайным гостем, но и постоянным другом, возвращении которого ждали с нетерпением и встречали с восторгом. Козлов всегда привозил подарки и всегда умел угодить. Благодаря Козлову имя русского стояло необыкновенно высоко среди племен Центральной Азии. (...)

Слово Козлова часто бывало словом справедливого судьи, монголы подчинялись его решениям беспрекословно, хотя часто видели его только в первый раз в жизни, — так велик был авторитет.

С огромными, однако, трудностями Козлову удалось преодолеть религиозные предрассудки туземцев, они крайне неохотно говорили о своих

ламы, но его не удалось осуществить. Далай-лама XIII был незаурядной личностью, много сделавшей для своей страны. Лорд Керзон считал необходимым вести переговоры именно с ним, так как впервые более чем за столетие далай-лама «не ребенок и не марионетка». А вот отзывы П. К. Козлова: «Будучи отличным проповедником, мыслителем... глава буддийской церкви в то же время по отношению к светским делам — незаменимый дипломат, заботящийся о благе народа» (Козлов П. К. Тибет и Далай-лама, Пг., 1920. С. 72).

⁷ Нам неизвестен подобный документ. Сам Козлов в упомянутой выше книге говорит лишь об устном обещании далай-ламы обеспечить свободный вход в столицу Тибета для русских, желающих проникнуть в Тибет с научными и коммерческими целями (там же). Позже, в 1923 г., когда Козлов отправился в свою последнюю, Монголо-Тибетскую экспедицию, далай-лама, выполнив свое обещание, выслал навстречу Козлову в Ургу ламу Галсана — проводника в Тибет. Лама имел при себе пропуск, написанный собственноручно далай-ламой на шелке, причудливо, в виде пилы разрезанном на две половинки. Одну из них хранила экспедиция Козлова, другую — стража горных перевалов на подступах к Лхасе. К сожалению, Козлов не смог воспользоваться этим пропуском из-за англо-русских разногласий по тибетскому вопросу.

⁸ Козлов неоднократно бывал в Тибете, исследуя его северо-западный, северный и восточный регионы. Однако осуществить свою мечту — побывать в центральных районах Тибета и в его столице Лхасе — ему так и не удалось.



Духовный глава Тибета XIII далай-лама Тубдэн чжампо (1876—1933).

священных местах, а вообще от малчивались или отговаривались незнанием.

Несмотря на то, что Козлова боялись, проводники намеренно уводили его в сторону от засыпанного песками города Хара-Хото, который Козлов упорно разыскивал. Петр Кузьмич тоже пускался на всякие хитрости, чтобы перехитрить монголов, и в результате мертвый город был открыт.

Вы представляете себе чувства человека, который открывает в развалинах города библиотеку, состоящую из сотен томов и манускриптов на неизвестном языке! Козлов только знал, что они принадлежат исчезнувшему уже народу китайского корня под названием «си-ся».

Следует добавить, что в настоящее время трудами русских ученых секреты неизвестного языка уже открыты и началось постепенное изучение найденных книг и манускриптов, которые принадлежали к

так называемым тангутам. Исследования эти далеко еще не окончены, и в настоящее время трудно подвести итоги найденному⁹.

Козлов был весьма разносторонним исследователем: он установил сотни астрономических пунктов, нанес на карту тысячи километров путей, определил множество высот, перевалов, поездов, гор, озер, рек и т. д. Его исследования изменили во многих отношениях географический лик Монголии и соседних стран.

Количество собранных им животных и растений огромно, и до сих пор его биологическое наследство еще до конца не изучено.

Очень много он дал для

⁹Исследованию находок из Хара-Хото посвящено более ста статей и десятков монографий. Особый интерес вызывают работы по реконструкции тангутского языка. В 1962 г. монография А. Н. Невского «Тангутская филология» была удостоена Ленинской премии. Материалы, привезенные из Хара-Хото, служат объектом изучения историков, ученых-востоковедов и искусствоведов до сего дня. Коллекция материалов о забытом тангутском государстве Си-Ся уникальна и получила мировую известность.

этнографии, фольклора указанных стран, обогатив музеи соответствующим материалом и дав многому весьма ценное описание в своих 70 научных работах.

Немало дал он и археологии, одно только открытие Хара-Хото достаточно, чтобы увековечить его имя. Его раскопки царского кургана в Монголии дали совершенно исключительные результаты¹⁰. Условия раскопок были весьма тяжелы, курган огромен, рабочих рук и оборудования недостаточно. Работе также мешала ужасно дождливая погода.

Скоро настала осень и начались холода. Условия были настолько тяжелы, что Козлов уже стоял перед возможностью открытого бунта. Когда настроение рабочих достигло уже «точки кипения», Козлов вынужден был уступить: он обещал, что если на 18-й сажени раскопки ничего не дадут, с раскопками в этом году будет покончено.

Случилось, как в сказке: на 18-й сажени натолкнулись на деревянный сруб, наполненный холодной, как лед, водой. Позже Козлов установил, что температура воды была около 0, т. е. наиболее благоприятной для сохранения предметов; оказывается, что в воде такой температуры предметы сохраняются гораздо лучше, чем на воздухе, даже очень сухом.

Когда убедились, что дошли до самого погребения, рабочие сами стали рваться, чтобы увидеть, что там в середине. Откачивали воду непрерывно совершенно замерзшими руками.

Наконец сруб был совершенно освобожден от воды. Первым вошел Козлов и установил, что захоронение принадлежит какой-то древней принцессе. Сохранилось оно исключительно хорошо. Козлов с трепетом и чрезвычайной осторожностью коснулся косы покойницы, которой было не менее 1500 лет, — коса не только

¹⁰Речь идет о раскопках гунских курганов, датированных I в. до н. э. — I в. н. э. в горах Номин-Ула (Северная Монголия) во время последней, шестой экспедиции Козлова (1923—1926).

не рассыпалась, но оказалась такой же крепости, как у живой. Вокруг находилось множество различных старинных предметов, в том числе и замечательный ковер с вышитым грифоном, т. е. крылатым львом, что указывало на культурные связи с ближним Востоком. Ковер оказался датированным, что помогло установить приблизительно время погребения. Ценность находки была совершенно уникальной. Только исключительное упорство, энергия и авторитет Козлова позволили довести это дело до конца и обогатить науку исключительно ценными данными. Не будь энергии и умения Козлова, раскопки прекратились бы и Бог весть когда возобновились бы и скорее всего погребение стало бы жертвой грабителей-кладоискателей и вся научная ценность находки была бы потеряна. Козлов же все сфотографировал, измерил, нанес на план, пересчитал и сохранил до мелочей, а нужно помнить, что именно мелочи иногда имеют особенно большое значение.

Жизненный путь Петра Кузьмича был необыкновенно прямым. Он избежал колебаний, «исканий», напрасной потери сил, от которых большинство

очень страдает. Еще 16-летним юношей он уже знал, кем он будет, и готовился к своей будущей деятельности.

Вся жизнь его — 6 больших путешествий, из которых некоторые длились по 2—3 года, т. е. в целом не менее 15 лет на шагание по пустыням. Остальное ушло на писание отчетов, на передачу материалов соответствующим лицам и учреждениям, на обработку и печатание результатов, а также на подготовку к дальнейшим экспедициям. Отдыха Петр Кузьмич за всю жизнь не знал, это было только яркое, непрестанное горение¹¹.

Он был типичным представителем того народа, который за свой собственный страх и риск перешел Урал, достиг Камчатки, пересек Берингов пролив, основал Русскую Аляску и ряд факторий, включая

порт Росс в Калифорнии, и даже владел 18 лет Сандвичевыми островами, подаренными затем «за ненадобностью» Соединенным Штатам. Необыкновенное упорство в достижении своей цели, полное самоотречение характеризуют таких людей.

Когда говорят о русской лени, о русской безалаберности, о русской мягкотелости, забывают, что это только пена на волнах огромного моря, называемого Русью.

Только решительное преобладание типа людей, подобных Козлову, могло создать тот могучий конгломерат народов, переворачивающий ныне всю жизнь земного шара.

В минуту душевного упадка достаточно вспомнить наших «мореходцев» и «землепроходцев», чтобы вновь обрести твердость духа и уверенность в успехе. Видное место среди «землепроходцев» занимает и наш «академик-путешественник» Петр Кузьмич Козлов. (...)

Публикация, вступительная статья и комментарии доктора биологических наук **М. Д. Голубевского** и кандидата технических наук **С. А. Калядиной**

¹¹ За последние десятилетия вышло несколько книг о П. К. Козлове и его экспедициях. См., например: Овчинникова Т. Н. П. К. Козлов — исследователь Центральной Азии. М., 1964; Лубо-Лесниченко Е. И., Шафрановская Т. К. Мертвый город Хара-Хото. М., 1968; Житомирский И. Исследователь Монголии и Тибета П. К. Козлов. М., 1989.

Над номером работали
Ответственный секретарь
М. Ю. ЗУБРЕВА

Заместитель ответственного
секретаря
В. И. ЕГУДИН

Научные редакторы:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Э. Ю. КАЛИНИН
Г. М. КАРАСЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Л. ФЕДОРОВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
В. С. КРЫЛОВА
Ю. В. ТИМОФЕЕВ



Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Сдано в набор 8.02.93.
Подписано в печать 26.04.93.
Формат 70×100^{1/16}
Бумага офсетная № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 322,5 тыс.
Уч.-изд. л. 15,2
Тираж 12 046 экз.
Заказ 207
Цена 20 р.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Министерства печати и информации
Российской Федерации
142300, г. Чехов
Московской области

Адрес редакции:
117810, Москва ГСП-1,
Мароковский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

20 р.
Индекс 70707

