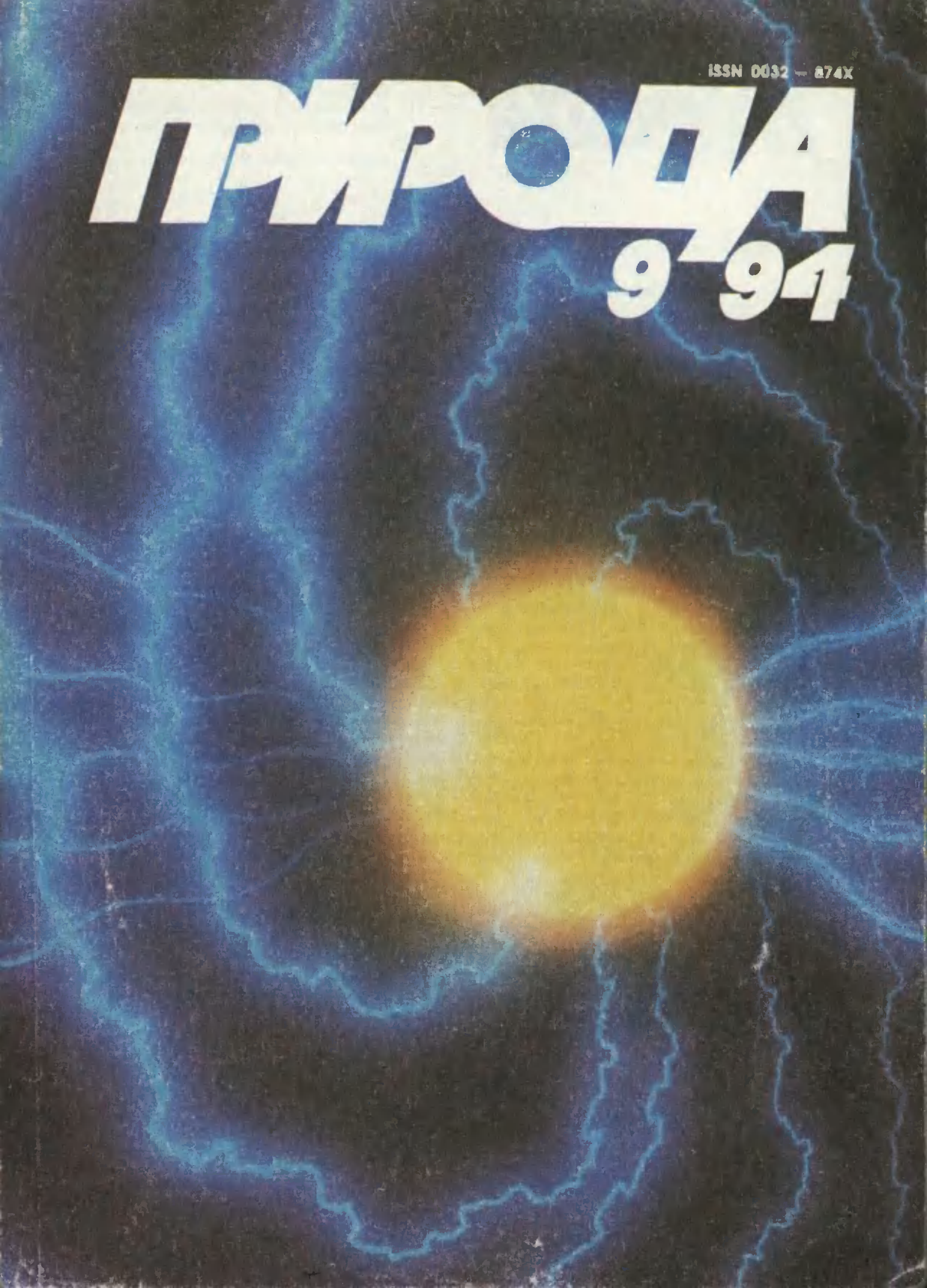


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

9-94



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Изображение магнитных полюсов линий Солнца. Уже установлено, что вблизи экватора они закручены из-за вращения звезды, ситуация же в области высоких широт будет исследоваться осуществляющейся сейчас миссией "Улисс". См. в номере: Аксфорд У.И. Эти славные дни прошлого.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Холм, у подножия которого был заложен г. Пномпень. См. в номере: Чичагов В.П. Путешествие в древнюю Камбоджу.

Фото автора



Всероссийское объединение издательских, полиграфических и книготорговых предприятий «Наука»

© Российская академия наук
журнал «Природа» 1994

В НОМЕРЕ

3 ГЕЛИОБИОЛОГИЯ: ОТ ЧИЖЕВСКОГО ДО НАШИХ ДНЕЙ

Хотя гелиобиология стала приобретать черты самостоятельного направления еще в начале XX в., она до сих пор не заняла достойного места среди множества научных дисциплин. Представление о современном состоянии этой области науки дают некоторые материалы III Международного симпозиума по космофизическим корреляциям в биосфере.

Шноль С. Э. НОВОЕ ЗНАНИЕ СКВОЗЬ БАРЬЕРЫ ПРЕДЫДУЩЕГО (3)

Владимирский Б. М. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И БИОСФЕРА — МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПРОБЛЕМА (10)

Темурьянц Н. А. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (14)

Чернышев В. Б. АНОМАЛИИ В ПОВЕДЕНИИ НАСЕКОМЫХ И ГЕОМАГНИТНЫЕ БУРИ (20)

Гончаров Г. А. ВТОРЖЕНИЯ АЗИАТСКИХ КОЧЕВНИКОВ И СОЛНЕЧНЫЕ ЦИКЛЫ (24)

30 СОЛНЦЕ И ЗЕМЛЯ

Совместный анализ новостей климатологии с предшествующей подборкой по гелиобиологии показывает, насколько недоказательными могут быть свидетельства, кажущиеся очевидными.

НОВОСТИ НАУКИ (30)

Бялко А. В. СОЛНЦЕ — ЗЕМЛЯ: КЛУБОК ГИПОТЕЗ (43)

Мэддокс Дж. МОЖЕТ ЛИ ОЧЕВИДНОСТЬ БЫТЬ ВСЕ ЖЕ НЕУБЕДИТЕЛЬНОЙ? (49)

52 Вахрушев В. А., Рябов В. В. РУДНЫЕ КАПЛИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И МАНТИИ

Затвердевшие капли рудных металлов и их соединений могут многое рассказать как о рождающихся в недрах Земли рудных потоках, так и о самом мантийном субстрате.

60 РОЖДЕНИЕ НЕБЕСНОЙ КАРТЫ

Каким образом и когда древний человек населил небо рыбами, птицами и людьми? Из глубин каких культур пришли такие названия созвездий, как Кит, Гидра, Волопас? Казалось, эти вопросы никогда не будут иметь однозначного ответа.

Гурштейн А. А. НЕБО ПОДЕЛЕНО НА СОЗВЕЗДИЯ В КАМЕННОМ ВЕКЕ (60)

Кызласов И. Л. КАРТИНА НЕБА, СКРЫТАЯ ЗЕМЛЕЙ (72)

Раевский Д. С. ЗВЕЗДНОЕ НЕБО КАК ЯВЛЕНИЕ КУЛЬТУРЫ (76)

78 Арутюнян И. Н. НОВЫЙ ШАГ К УПРАВЛЯЕМОМУ ТЕРМОЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ

80 Чичагов В. П. ПУТЕШЕСТВИЕ В ДРЕВНЮЮ КАМБОДЖУ

На каждом шагу в Камбодже сталкиваешься с руинами древних сооружений — городов, храмов, ирригационных систем. Такое активное многовековое давление на природу не прошло даром — ландшафты страны мало похожи на влажные тропики, которые надеешься встретить в этой стране.

КРАСНАЯ КНИГА

90 Воловик С. В. РОГАТЫЙ СКАРАБЕЙ

93 Алибеков Л. А. ИСКУССТВО ДРЕВНИХ ГИДРОТЕХНИКОВ В ПУСТЫНЕ

Удивительны образцы человеческой изобретательности и смелых инженерных решений, направленных на использование каждой капли влаги в пустыне.

100 Аксфорд У. И. ЭТИ СЛАВНЫЕ ДНИ ПРОШЛОГО

Космическая физика прошла славный и тернистый путь от запуска первого искусственного спутника Земли до таких широкомасштабных и длительных миссий, как «Вояджер», «Галилео» и «Улисс». Об этом рассказ одного из патриархов этой науки.

119 НОВОСТИ НАУКИ (30, 51)

КОРОТКО (77, 99)

ОБЪЯВЛЕНИЯ (121)

РЕЦЕНЗИИ

123 Воронцов Н. Н. ЭКОЦИД В СССР ГЛАЗАМИ АМЕРИКАНЦЕВ

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

125 Дирак М. МИЛЫЙ ПОЛЬ, Я ДУМАЮ О ТЕБЕ

IN THIS ISSUE

3 HELIOBIOLOGY: FROM CHIZHEVSKY TO NOWADAYS

Heliobiology became similar to an independent specialty in the beginning of this century, but still it has no befitting place among other sciences. The present image of this scientific region is given by some materials of the Third International Conference on Cosmo-physical Correlations in Biosphere.

Shnol S. E. NEW KNOWLEDGE THROUGH FOREGOING BARRIERS (3)

Vladimirsky B. M. SOLAR ACTIVITY AND BIOSPHERE AS AN INTERDISCIPLINARY PROBLEM (10)

Temurians N. A. BIOLOGICAL ACTIVITY OF ELECTROMAGNETIC FIELD (14)

Chernyshev V. B. ANOMALIES IN BEHAVIOR OF INSECTS AND GEOMAGNETIC STORMS (20)

Goncharov G. A. INTERVENTIONS OF ASIAN NOMADS AND SOLAR CYCLES (24)

30 THE SUN AND THE EARTH

News on climate and weather are analysed in comparison with the previous heliobiological papers to underline incompleteness of evidence.

SCIENCE NEWS (30)

Byalko A. V. FROM THE SUN TO THE EARTH: A CLUMP OF HYPOTHESES (43)

Maddox J. CAN EVIDENCE EVER BE INCONCLUSIVE? (49)

52 Vakhrushev V. A., Ryabov V. V. ORE DROPLETS IN THE EARTH CRUST AND MANTIA

Solidificated drops of ore deposits and other metallic compounds can uncover much information about ore fluxes in the Earth interior and the mantia substrate itself.

60 BIRTH OF A CELESTIAL MAP

How and when an ancient man did inhabit heavens with fishes, birds and people? What deep layers of culture gave us the names of constellations? It has seemed that those questions would never get an unequivocal answer.

Gurstein A. A. SKY WAS DIVIDED INTO CONSTELLATIONS IN THE PALEOLITHIC (60)

Kyzlasov I. L. A PICTURE OF SKY HIDDEN BY THE EARTH (72)

Raevsky D. S. STELLAR SKY AS A PHENOMENON OF CULTURE (76)

78 Harootunian I. N. A NEW STEP TOWARD CONTROLLED NUCLEAR FUSION

80 Chichagov V. P. A TRAVEL TO ANCIENT CAMBODIA

Each step in Cambodia uncovers ruins of ancient buildings—metropolises, shrines, irrigation systems. Such active pressure of many centuries leaves its traces—landscapes of this country substantially differs from wet tropics which one hopes to meet there.

RED DATA BOOK

90 Volovnik S. V. HORNED SCARAB

93 Alibekov L. A. ART OF ANCIENT HYDROTECHNICIANS IN DESERTS

Astonishing examples of human creativity and bold engineering inventions were directed for use of every water drop in the desert

100 Axford W. I. THE GOOD OLD DAYS

Space physics covered a long and glorious path, not always strewn with roses, from the launch of the first Sputnik to such large-scale missions as "Voyager", "Galileo", "Ulysses". A personal view on the history of space physics—in the article by one of its patriarchs.

119 SCIENCE NEWS (30, 51)

NEWS IN BRIEF (77, 99)

BOOK REVIEWS

123 Vorontsov N. N. ECOCIDE IN USSR THROUGH AMERICAN EYES

MEETING THE FORGOTTEN PAST

125 Dirac M. MY DARLING PAUL THINKING OF

ANNOUNCEMENTS (121)

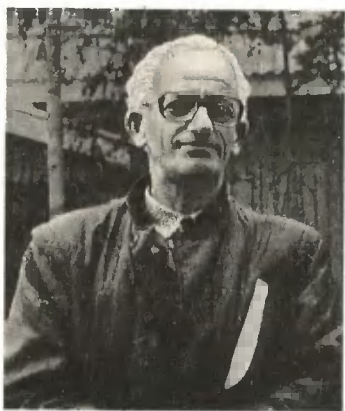
ГЕЛИОБИОЛОГИЯ: ОТ ЧИЖЕВСКОГО ДО НАШИХ ДНЕЙ

Идея о связи земных процессов с космическими явлениями, зародившаяся в глубокой древности, стала приобретать черты самостоятельного направления в начале XX в. Однако до сих пор, несмотря на все возрастающее количество исследований в этой области, гелиобиология так и не заняла еще достойного места среди множества научных направлений.

Состоявшийся впервые в России III Международный симпозиум по космофизическим связям послужил поводом для обращения редакции к этой теме. И хотя представленные в подборке статьи не отражают всего спектра вопросов, обсуждавшихся на представительном форуме, мы надеемся, что читатель познакомится с современным состоянием гелиобиологии.

Новое знание сквозь барьеры предыдущего

С. Э. Шноль



Симон Эльевич Шноль, доктор биологических наук, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, заведующий лабораторией физической биохимии Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (Пущино, Московская обл.). Область научных интересов широкая — от биохимических корреляций биологических процессов до общих вопросов биологии. Член редколлегии журнала «Природа».

ПРОБЛЕМА солнечно-земных связей, или, точнее, космофизических корреляций земных процессов, все более увлекает исследователей разных специальностей.

Здесь видна традиционная схема возникновения нового знания. От древних (Китай?) наблюдений пятен на Солнце — к Галилею, увидевшему эти пятна с помощью первого телескопа, от подмеченной В. Гершелем примерно 10-летней периодичности цен на пшеницу на мировом рынке — к установлению 11-летней периодичности солнечной активности и общему увлечению поисками такой же периодичности в земных процессах и к резко скептическому отношению к самой возможности такой корреляции со стороны строгой науки.

И действительно, очень малы колебания светового потока от Солнца на Землю при изменении числа и характера пятен. Пренебрежимо малыми казались флуктуации межпланетного магнитного поля по сравнению с земным — геомагнитным, даже при сильных магнитных бурях. Трудно было, да и сейчас трудно принять, что эти слабые возмущения могут вызывать ощутимые изменения климата, состояния биосферы, физиологии животных и растений. В такой ситуации



Александр Леонидович Чижевский (1897—1964).

нужны исследователи с психологией пионеров-романтиков.

Таким был основатель современной гелиобиологии А. Л. Чижевский. Сейчас его имя широко известно. Но стоит напомнить, что он в возрасте 21 года защитил докторскую диссертацию «О периодичности всемирно-исторического процесса», что свою первую книгу «Физические факторы исторического процесса» он издал в 1924 г. в Калуге за свой счет и что после многих статей на русском, немецком, французском языках и несмотря на эмоциональную поддержку выдающихся людей — П. П. Лазарева, А. В. Луначарского, В. Я. Данилевского, В. М. Бехтерева, А. В. Леонтовича, Н. А. Морозова — основной труд Чижевского в то время не был опубликован. Его не пропустил в свет глава Госиздата О. Ю. Шмидт. Он, по-видимому, исходил из отмеченной выше пренебрежимо малой величины флуктуаций потока солнечной энергии... а главное, из того, что не солнечная активность, а рабочий класс определяет ход исторических процессов.

Прошло много лет. Сокращенный вариант этой книги вышел в 1940 г. в Париже

на французском языке. К этому времени над автором уже простерлась тень «компетентных органов». А еще раньше, в 1939 г., его (заочно) избрали почетным президентом I Международного биофизического конгресса в Нью-Йорке и представили к присуждению Нобелевской премии. Последний арест в 1942 г. на много лет скрыл Чижевского от мира. Его жизнь описана им самим и его биографами. Здесь же мы прослеживаем лишь печально традиционную закономерность: только в редких исключениях первооткрывателям удается дожить до признания современников.

Менее трагична, но в целом похожа научная судьба итальянского профессора Дж. Пиккарди. Обнаружив странные несоответствия результатов в принципе одинаковых опытов (образование осадка гидроокиси висмута при гидролизе его треххлористой соли), Пиккарди в длительных, многолетних исследованиях пришел к выводу, что этот факт — следствие каких-то космофизических причин. В ежедневных опытах с 1951 по 1962 г. был накоплен большой материал и найдены корреляции с солнечной активностью и другими характеристиками неземной среды. Это было на несколько десятилетий позже первых работ Чижевского, но научное сообщество все еще воспринимало их лишь как свидетельство заблуждений авторов.

Отношение ко всему этому направлению изменилось с началом космических полетов человека. Космонавты и физиологи, исследующие состояние человека в космических полетах, стали активно поддерживать гелиобиологию. Так, в 1973 г. первым изданием, а в 1976 г. — вторым вышла в свет с предисловием О. Г. Газенко книга Чижевского «Земное эхо солнечных бурь», та самая, которую в 1940 г. опубликовали во Франции. В 1974 г. вышли в свет мемуары Чижевского под названием «Вся жизнь», где воспоминания автора завершаются в основном 1926 г. В 1978 г. Чижевскому была посвящена книга Л. В. Голованова «Созвучье полное в природе». Собираются совещания, проходят чтения памяти Чижевского. В 1970 г. Бюро Отделения общей физики и астрономии АН СССР «признало целесообразным дальнейшее развитие исследований по гелиобиологическим связям», в 1971 г. аналогичное решение принял Научный совет по геомагнетизму при Отделении геологии, геофизики и геохимии АН СССР, в 1972 г. состоялось специальное заседание Секции химико-технологических и биологических наук Президиума АН СССР, а в 1975 г. принято специальное постановление.

Однако это направление не принималось академической наукой. Публиковались сборники трудов, в Риге, Одессе, Симферополе, Севастополе собирались совещания. Но в академических журналах статьи почти не появлялись: рецензенты (обычно анонимные) не могли принять возможность влияния флуктуаций «исчезающе слабых» полей или, в сущности, чрезвычайно низкоинтенсивных потоков солнечного ветра. Здесь проявляется, увы, все то же: мы видим, осознаем, признаем лишь то, что заранее понимаем... А в современной биофизике возможность влияния сверхслабых электромагнитных полей до недавнего времени относилась к «лженауке».

Теперь ситуация меняется. Накапливаются данные о реальности этих эффектов. Симпозиумы и международные конгрессы, специальные журналы и книги по биофизике слабых электрических и магнитных полей, ставшие обычным явлением, начали приобретать академический статус. Это объясняется убеждением, что именно возмущения электромагнитных полей служат главным посредником космических влияний на биосферу. Однако возможность гравитационных возмущений в этой роли все еще представляется чрезмерно экстравагантной. Та же схема — переменные гравитационные поля, приливные изменения силы тяжести настолько меньше (на 7—10 порядков) постоянной силы тяжести... А если корреляции наблюдаются? Как бы научиться должным образом относиться к фактам, даже когда они кажутся невероятными?

В 1983 г. в Институте биофизики в Пущине состоялся I, а в 1990 г. — II Всесоюзный симпозиум «Космофизические флуктуации в биологических и физико-химических процессах». Труды II симпозиума опубликованы в двух специальных выпусках (№ 3 и № 4 за 1992 г.) журнала «Биофизика». Осенью 1993 г. в Пущине состоялся третий, теперь уже международный, симпозиум на ту же тему, в котором участвовали исследователи России, Украины, Казахстана, Литвы, Англии, Бельгии, Голландии, Италии, США, Китая. Из 110 представленных докладов более 70 подготовлены к публикации в специальных выпусках журнала «Биофизика». Несколько обзорных статей публикуются в журнале «Природа»¹.

Знаменательным было участие в этом симпозиуме мадам Кармен Капель-Боут —



Джордж Пиккарди (1892—1972).

основательницы (вместе с Дж. Пиккарди) и многолетнего президента Международного союза по исследованию влияния факторов космического пространства на земные процессы (CIFA). Небольшая группа энтузиастов, образовав этот союз, отнюдь не пользовалась общим признанием и поддержкой. Наука интернациональна, и новое знание всюду пробивается сквозь барьеры предыдущего знания и «здорового смысла».

В 1958 г. Пиккарди и Капель-Боут провели в Брюсселе свой первый симпозиум с участием лишь немногих пионеров изучения «космофизических флуктуаций». Труды этого симпозиума, изданные в 1960 г., и сейчас представляют большой интерес. Второй симпозиум CIFA состоялся через 10 лет, в 1969 г., но его труды издать не удалось.

Однако проблема зависимости «земных» процессов от свойств околоземного пространства постепенно завоевывала международное признание. Члены CIFA стали участниками регулярных международных конгрессов по биометеорологии, где по инициативе Ведлера из Свободного университета в Берлине образовалась специальная секция «космофизические флуктуации».

Первый достаточно представительный

¹ Жавир блис В. Е. Сцилла и Харибда гелиобиологии // Природа. 1989. № 6. С. 13—14; Дергачев В. А. Радиоуглеродный хронометр // Природа. 1994. № 1. С. 3—15.



К. Капель-Боут — основательница и многолетний президент Международного союза по исследованию влияния факторов космического пространства на земные процессы.

международный симпозиум CIFA смог собрать лишь в 1989 г. в Амстердаме, при этом значительное число докладов принадлежало советским авторам.

Наши исследования странных флуктуаций, проявлявшихся в необъяснимом методическими причинами «разбросе результатов» вполне, как казалось, одинаковых измерений, начались в 1951 г. Предметом исследования была ферментативная (АТФазная) активность препаратов мышечных белков — актомиозина и миозина — и способность этих и других белков связывать радиоактивные аминокислоты и красители.

Несколько лет ушло на поиски артефактов, таких как неодинаковость в последовательных порциях растворов количества белка, неточности отмеривания, плохое термостатирование, перемешивание, нестабильности приборов, электрических сетей и т. п. К 1954 г. был сделан вывод, что наблюдаемый разброс результатов обусловлен внутренними свойствами препаратов белков, что мы имеем дело с самопроизвольными, спонтанными, синхронными во всем макрообъеме переходами молекул белков из одного состояния в другое. Отсюда, естественно, следовал вывод о каком-то колебательном, периодическом процессе, идущем в наших препаратах. Предположение каза-

лось правдоподобным: спонтанная ритмическая активность характерна для мышечных клеток; в явной форме она проявляется в ритмических сокращениях сердца и в перистальтике кишечника. Однако колебания в бесструктурных растворах...

Здесь не место излагать историю наших поисков колебательных режимов в химических и биохимических процессах. Можно лишь упомянуть, что в ходе этих поисков работавший в секретном учреждении В. П. Белоусов рассказал нам о своем открытии замечательной колебательной химической реакции, исследованной затем в нашей лаборатории А. М. Жаботинским и ныне общеизвестной как реакция Белоусова — Жаботинского. Через некоторое время Б. Чанс обнаружил колебательный режим в фосфофруктокиназной реакции в гликолизе, а Д. С. Чернавский, еще в 1959 г. рассмотревший гипотетический механизм колебаний в ферментативной кинетике (на примере фотосинтеза), предложил возможное объяснение — построил математическую модель колебаний в гликолизе. Свою модель предложил Е. Е. Сельков.

Прогресс в этом направлении был основан на достижениях отечественной школы теории колебаний Мандельштама, Андропова, Витта, Хайкина, Франк-Каменецкого и их последователей и учеников — Б. В. Вольтера и И. Е. Сальникова. Но... в изучавшихся нами процессах — во временных рядах результатов измерений ферментативной активности мышечных белков — не удалось найти правильных колебаний, это были флуктуации. Отсюда естественно направление мысли к флуктуациям в зоне фазовых переходов и выводу об особых свойствах именно мышечных белков. Но постепенно становилось ясно, что мы имеем дело с весьма общим явлением. Аналогичные флуктуации наблюдаются в растворах любых белков, а также и не белков, во всех биохимических и просто химических реакциях.

В 1964 г. я получил очень любезное письмо от Пиккарди — он положительно оценивал наши исследования и полагал, что мы, как и он, имеем дело с флуктуациями, обусловленными космическими причинами. Я же (очень вежливо), отказался от такой общности, все еще полагая, что это универсальные проявления внутренних свойств изучаемых объектов. Лишь несколько лет спустя стало понятно, что Пиккарди прав. Он и мы изучаем обусловленные внешними причинами «космофизические флуктуации». Сообщить Пиккарди о своем «раскаивании» было уже невозможно — он умер в 1972 г.

За последующие 25 лет в нашей лаборатории накоплено множество результатов измерений «макроскопических» — «космофизических» флуктуаций в процессах самой разной природы. Наш компьютерный банк все время пополняется; посредством автоматических измерительных приборов, созданных В. А. Коломбетом, проводятся круглосуточные измерения — мониторинг, что позволяет искать корреляции с соответствующими временными рядами измерений различных космофизических характеристик. Поиск таких корреляций требует сотрудничества многих лабораторий. Наша отдаленная цель — создание глобальной сети банка данных; и как необходимые шаги к организации возможного более широкого сотрудничества — проведение общесоюзных и международных симпозиумов.

В ходе III симпозиума в Пущине состоялась Генеральная ассамблея CIFA, где новым президентом этой международной организации был избран ведущий исследователь в этой области — Б. М. Владимирский (Крымская астрофизическая обсерватория), а генеральным секретарем — Н. В. Удальцов (Пущино, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН). Так объединились две линии, две группы исследователей, говоря символически — «линия Чижевского» и «линия Пиккарди». Во всем мировом научном сообществе растет интерес к этим проблемам, и мы можем надеяться на ощутимый прогресс в изучении геогеококосмических корреляций биологических и физико-химических процессов в близком будущем.

Доклады, представленные на III симпозиуме в Пущине, как обычно, разделились на две группы: сообщения о новых конкретных результатах наблюдений и экспериментов и обобщения, концепции, гипотезы, посвященные возможным механизмам, природе обсуждаемых феноменов. Трудно отдать предпочтение одной из этих групп. Бесценны твердо установленные факты. Не менее необходимы в нашей области обобщения и гипотезы. Ниоткуда не следует, что наблюдаемые явления обусловлены лишь влиянием известных ранее факторов. Некоторые гипотезы могут показаться излишне смелыми. Однако, если они не противоречат логике и «четырем правилам арифметики», только дальнейшее развитие исследований может решить их судьбу. При этом особую ценность представляют и контраргументы оппонентов (если и они не противоречат логике и «четырем правилам арифметики»). В этом заключается собственно смысл симпозиума. Этот же стиль мы пола-

гаем необходимым сохранить и при издании трудов симпозиума.

Как отмечает Владимирский, изучение космофизических корреляций — наиболее яркий пример сотрудничества представителей разных наук: астрономов, физиков, математиков, химиков, биологов, медиков, геологов, географов, климатологов. Это требует от участников совместных исследований особого внимания к ясности своего изложения «братьям и сестрам по разуму». Особенно это относится к специальной терминологии. Имея в виду последнее замечание, попытаемся кратко представить современное состояние знаний о космофизических корреляциях в биологии.

Самое общее умозаключение состоит в констатации: нет ни одного процесса или объекта на Земле, где бы не проявлялись космические влияния. Это вполне подтверждает пророчества Вернадского и Чижевского. Множество ритмических процессов характерны для Солнечной системы, Галактики и мироздания в целом. Диапазон их периодов огромен — от сотен миллионов лет до секунд. Но кроме того, мы находимся в турбулентных потоках, где нельзя выделить точные периоды, и тогда говорят о флуктуациях. Естественно, гелиобиологи стремятся иметь дело с правильными периодическими процессами, что соответствует нашему представлению о природе научного знания, когда говорят: «Знать, это значит предвидеть». А предвидеть можно только в случае «правильных», т. е. периодических, процессов. Флуктуации, строго говоря, предвидеть нельзя. Однако и о них можно сказать довольно много. Важное достижение нашего времени — переосмысление понятий «случайность» и «закономерность». Во вполне случайном процессе могут быть найдены строгие закономерности.

Обратимся к «правильным» квазипериодическим процессам. Наиболее известен примерно 11-летний период солнечной активности и соответствующие этому периоду различные земные процессы — от климатических до социально-исторических, которые, возможно, есть вторичное следствие смены засушливых и дождливых лет, колебаний урожайности, вероятности эпидемий и эпизоотий. Приоритет в установлении связи исторических процессов с солнечной активностью принадлежит Чижевскому. Особый вопрос — возможная непосредственная связь массовой психологии, психического напряжения целых народов с фазами солнечного цикла; аналогия «безумия» миллионов леммингов, неукротимо стремящихся

к своей гибели в массовых миграциях, с еще недавно мирными жителями, охватываемыми безумием взаимоуничтожения в борьбе за «национальную» или какую-либо иную «идею». Этим проблемам — космофизическим связям исторического процесса — посвящены недавние работы Б. М. Владимирского и Л. Д. Кисловского, А. А. Гончарова, А. А. Путилова.

Связь относительно короткопериодных ритмов космофизического происхождения с «биологическими» часами — предмет специального изучения. В настоящее время не вызывает сомнений наличие в живых организмах эндогенных квазипериодических процессов, определяющих временную упорядоченность биохимических и физиологических процессов. Эти внутренние часы имеют сложную иерархическую структуру, подчиняющую часы отдельных клеток часам тканей, органов и, наконец, целого организма. Ритм эндогенных биологических часов переменный, лабильный — околосуточный (циркадианный), окологодичный и т. п. Согласование хода эндогенных часов с периодическими процессами внешней среды — основа существования живых организмов. Соответственно, особое значение имеют поиски космо-, гелио-, геофизических ритмов, по которым настраиваются биологические часы. Наиболее известный внешний датчик времени — суточное вращение Земли, более точно, длительность светлого и темного времени суток.

Для морских обитателей, живущих в приливной зоне, необходима, кроме того, настройка внутренних часов соответственно времени приливов и отливов с их постоянным смещением по времени суток вслед за движением Луны. Тут датчик времени вполне ощутим — изменения уровня воды в приливной зоне. Однако представить себе влияние столь малых приливных сил на суше крайне трудно. Тем большее значение имеют поэтому работы Г. И. Бортниковой (Ташкент) и В. А. Райбштейна и сотр. (Оренбург), показавших реальность такого влияния.

Весьма плодотворным было участие в III симпозиуме в Пущине одного из основоположников современных представлений о биологических часах профессора Ф. Халберга. В его совместной с Т. К. Бреус и Ж. Корнелисеном работе показано существование в различных биологических процессах околосуточных периодов, по-видимому, обусловленных не только принятым режимом чередования труда и отдыха людей.

Не менее удивительны результаты Л. Я. Глыбина (Владивосток), обнаружившего

на протяжении суток несколько критических периодов: в 2, 9, 14, 18, 22 часа по местному времени у людей ухудшаются физиологические показатели и увеличивается вероятность заболеваний, травм и аварий. Соответственно в 5, 11, 16, 20, 24 часа улучшаются работоспособность и физиологические показатели. Указание местного времени означает связь этих эффектов с положением местности (точки на поверхности Земли) относительно Солнца. Однако независимость этих критических периодов от сезона и географической широты существенно затрудняет трактовку этого явления. Можно было бы говорить об экспонировании земных объектов к определенным участкам «неподвижного свода небес» по мере суточного вращения Земли. Однако в разные сезоны картина звездного неба различна, и такое объяснение не проходит. Затрудняет объяснение и отсутствие четкого ритма — интервалы времени между критическими периодами: 7, 5, 4, 4, 4 часа. Но, как и в других аналогичных ситуациях, главное — явление, факты, пусть пока труднообъяснимые.

Наверное, сообщения Глыбина в дальнейшем будут перепроверяться и уточняться. Но в самом наличии внутрисуточной периодичности такого характера, видимо, нет ничего невозможного. В наборе периодов космофизического происхождения есть подходящие на все случаи жизни.

Большое внимание в последнее время уделяется изучению околонедельных ритмов у организмов разного эволюционного уровня. В упомянутых выше работах Ф. Халберга, Т. К. Бреус и ряда других авторов убедительно показано, что такие периоды вовсе не обязательно обусловлены недельным ритмом трудовой деятельности людей. Вполне может быть и обратное: наша семидневная неделя — приспособление к естественному эндогенно-экзогенному ходу биологических часов.

Естественно, что особый интерес представляет природа сил и факторов, связывающих земные объекты с космическими. Наиболее распространено мнение, что эта связь осуществляется через электромагнитные поля. В основе такого представления лежат данные о корреляции различных биологических процессов с флуктуациями межпланетного электромагнитного поля, состояния ионосферы, зависимости наблюдаемых эффектов от наличия экранов из разных материалов и т. п.

Однако результаты, полученные при изучении различных флуктуаций (например, в квантовых генераторах, при измерениях радиоактивности, флуктуациях вакуумиро-

ванных, экранированных и термостатированных кварцевых механических резонаторов), пока необъяснимы влиянием электромагнитных полей. Дискуссия о природе посредников, связывающих земные процессы с космофизическими, будет продолжаться еще долго. Но независимо от этого со все большей уверенностью можно говорить о существовании таких связей, о корреляциях изменений климата, урожайности, вероятности эпидемий, изменения физического и психического здоровья людей, уровня психического напряжения населения и т. п. от состояния и изменений внеземных объектов.

Традиционно значительное число исследований посвящается медицинским аспектам космофизических корреляций. Ряд таких материалов был представлен и на III симпозиуме. В этой области весьма плодотворно непосредственное сотрудничество медиков с физиками и математиками.

Специальные разделы посвящены исследованиям космофизических корреляций в опытах на животных, растениях, бактериях.

Для прогресса в этой области очень важно участие в симпозиуме «чистых» геогелиоастрофизиков. Особенно интересны представленные физиками оригинальные общезначимые концепции, необходимость которых явно следует из необычности и во многом загадочности всего феномена космических связей.

Наука всегда была против астрологии. Противниками шарлатанства и эксплуатации жадности сенсаций выступают и исследователи космофизических корреляций земных процессов. Хочется надеяться, что тщательное и критическое изучение проблем, затронутых выше, позволит со временем снять покров мистики с бесспорной зависимости жизни на нашей планете от ее космического окружения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ЖИЗНЬ. Рига: Зинанте, 1967.

Пресман А. С. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ЖИВАЯ ПРИРОДА. М.: Наука, 1968.

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА АТМОСФЕРУ И БИОСФЕРУ ЗЕМЛИ / Ред. М. Н. Гневышев, А. И. Оль. М.: Наука, 1971.

Дубров А. П. ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЖИЗНЬ. Л.: Гидрометеониздат, 1974.

Чижевский А. Л. ЗЕМНОЕ ЭХО СОЛНЕЧНЫХ БУРЬ. М.: Мысль, 1976.

ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ / Ред. Г. Ф. Плеханов. Томск: Изд-во Томск. ун-та. Вып. 1. 1976; Вып. 2. 1979; Вып. 3. 1982.

РЕАКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ / Ред. Ю. А. Холодов. М.: Наука, 1978.

ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ. Т. 41. Биологические ритмы / Ред. В. Н. Черниговский. М., 1980; Т. 43. Влияние солнечной активности на биосферу Земли / Ред. М. Н. Гневышев, А. И. Оль; Т. 53. Моисеева Н. И., Любичкий Р. Е. Воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека / Ред. А. М. Уголев. М.: 1986; Т. 65. Биофизические и климатические аспекты гелиобиологии / Ред. А. М. Уголев. Л.: Наука, 1989.

КОСМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ И РИТМЫ ЖИЗНИ. М.: Знание, 1981.

Опалинская А. М., Агулова Л. П. ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕМЕНТАРНУЮ БИОЛОГИЧЕСКУЮ СИСТЕМЫ. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984.

Владимирский В. М., Кисловский Л. Д. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И БИОСФЕРА. М., 1982; Космические воздействия и эволюция биосферы. М., 1986; Археоастрономия и история культуры. М.: Знание, 1989.

Сидякин В. Т., Темурьянц Н. А., Макеев В. Б., Владимирский В. М. КОСМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОСФЕРА. Киев: Наукова думка, 1985.

Удальцова Н. В., Коломбет В. А., Шноль С. Э. ВОЗМОЖНАЯ КОСМОФИЗИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ В ПРОЦЕССАХ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ. Пушчино: ОНТИБ НЦБИ, 1987.

Мизун Ю. Т. КОСМОС И БИОСФЕРА. М.: Знание, 1989.

Темурьянц Н. А., Владимирский В. М., Тишкин О. Г. СВЕРХНИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СИГНАЛЫ В БИОЛОГИЧЕСКОМ МИРЕ. Киев: Наукова думка, 1992.

PICCARDI GIORGIO. THE CHEMICAL BASIS OF MEDICAL CLIMATOLOGY. Charles C. Thomas Publisher, Ill. USA, 1962.

GEO-COSMIC RELATIONS; THE EARTH AND ITS MACRO-ENVIRONMENT // Proc. 1-st. Int. Congr. on Geo-cosm. Relations, Amsterdam 19—22 April 1989 / Ed. G. J. M. Tomassen et al., Pudoc, Wageningen, 1990.

Солнечная активность и биосфера — междисциплинарная проблема

Б. М. Владимирский



Борис Михайлович Владимирский, кандидат физико-математических наук, президент Международного союза по исследованию влияния факторов космического пространства на земные процессы, ведущий научный сотрудник Крымской астрофизической обсерватории. Автор многих публикаций по астрофизике. Много лет занимается вопросами солнечно-земных связей в биологии и медицине.

ИДЕЯ космических воздействий на земные события — одна из самых древних мифологем в истории культуры. Судьба конкретных научных исследований в этом направлении в новейшее время на редкость драматична. И сегодня научное сообщество — в своем большинстве — склонно рассматривать весь этот круг вопросов как псевдопроблему, а К. де Ягер, авторитетный специалист по физике Солнца, безоговорочно относит данные о корреляции физико-химических явлений и вариаций солнечной активности к псевдонауке¹.

Основная причина такой ситуации понятна: вопросы космических влияний на Землю и ее биосферу — это типичная междисциплинарная проблема, решать которую без кооперации между представите-

лями различных областей знания невозможно.

Для России начала века было характерно мироощущение сопричастности земных явлений космосу, которое сейчас называют «русским космизмом». Многие конкретные мысли, сформулированные в конце прошлого века Н. Ф. Федоровым, Н. В. Сухово-Кобылиным, В. С. Соловьевым, К. Э. Циолковским, не были широко известны, но идея о том, что космос и Земля составляют единую систему, «носилась в воздухе». Уже состоялась первая выставка работ М. К. Чюрлениса в Петербурге (1906), было написано полотно Л. С. Бакста, посвященное космической катастрофе («Античный ужас», 1905—1908), опубликованы «космические стихотворения» В. Я. Брюсова («Хвала Человеку», 1906) и М. А. Волошина («Lunaria», 1913), фантастический роман А. А. Богданова (Малиновского) («Красная звезда», 1908), создана Четвертая соната А. Н. Скрябина («Полет к далекой звезде», 1903).

Для отечественной науки той поры весьма характерно появление обобщающих идей: геолог А. П. Павлов предлагает рассматривать промышленную деятельность человечества как естественный геологический фактор, Д. Н. Анучин вводит термин «антропофера», а В. И. Вернадский развивает учение о ноосфере.

И не случайно, что Чижевский для начала своих исследований солнечно-земных связей выбрал именно социальные явления. В публикации², подготовленной им в 1922 г., он ссылается — помимо широко известных тогда книг Ч. Юнга и Т. Морэ — на книгу В. М. Бехтерева «Коллективная рефлексология», заметку Д. О. Святского «О некотором соотношении солнечной деятельности и народных восстаний» (1917). Вероятно, Чижевский уже тогда читал и книгу М. М. Боголепова «Колебания климата и исто-

© Владимирский Б. М. Солнечная активность и биосфера — междисциплинарная проблема.

¹ Jager C. de // Q. J. R. Astron. Soc. 1990. V. 31. N 1. P. 31—35.

² «Физические факторы исторического процесса». Текст этой брошюры с небольшими сокращениями был перепечатан в 1990 г. в журналах «Химия и жизнь» (№ 1—3) и «Сибирские огни» (№ 9). Репринтное издание вышло в 1992 г. в Калуге (Ассоциация «Калуга-Марс»).

рическая жизнь» (1912), где идея влияния экологических факторов на ход исторического процесса изложена обстоятельно и аргументированно.

Основные выводы Чижевского сводятся к утверждению, что в историческом процессе наблюдается 11-летняя цикличность, сопряженная с ритмикой солнечной активности. Эта цикличность появляется как результат воздействия на человеческую психику какого-то агента: при максимуме солнечной активности повышается нервно-психическая возбудимость организма, человек делается более восприимчив к пропагандистским лозунгам, призывам ораторов на митингах и т. п. В итоге меняется коллективное поведение, ситуация в общественно-политической жизни становится нестабильной, чреватой кризисом, стихийным бунтом. В фазе минимума солнечной активности, напротив, преобладают противоположные тенденции, обусловленные снижением нервно-психического тонуса.

Если какой-то агент, связанный с солнечной активностью, влияет на человеческую психику, то его воздействие можно обнаружить, анализируя другие независимые показатели, например статистику психиатрической заболеваемости. (Так у ученого появляется идея работы «Модификация нервной возбудимости под влиянием пертурбаций во внешней физико-химической среде»³.) Далее, если упомянутый агент влияет на психику, то вполне вероятно, что он действует и на физиологические процессы; не исключено его влияние и на все другие организмы, может быть, вообще на все живое. Таков, вероятно, был путь к работам, касающимся связи с солнечной активностью эпидемий, к анализу медицинской статистики. Наконец, очень важно было определить физическую природу действующего фактора. Что это такое? Может быть, это просто влияние на организмы атмосферного электрического поля, контролируемого солнечной активностью (мнение Аррениуса)? Или на организмы действуют микродозы каких-то неустойчивых веществ, возникающих в атмосфере при перепадах солнечной активности? Таково было мнение одного из предшественников Чижевского, петербургского врача М. В. Соколова. Так постепенно у Чижевского сложился определенный план исследований, реализация которого и привела к появлению гелиобиологии.

РАННИЕ ЭТАПЫ ГЕЛИОБИОЛОГИИ

В своей первой монографии, написанной к середине 30-х годов (отечественный читатель познакомился с ней 35 лет спустя⁴), Чижевский сформулировал некоторые важные эмпирические закономерности. Во-первых, связь биологических явлений с солнечной активностью касается всех организмов — от бактерий до человека. Во-вторых, хотя 11-летний цикл хорошо заметен во многих явлениях органического мира, его проявление по отношению к солнечному циклу имеет разные фазы: максимум биологического показателя может приходиться или на максимум солнечной активности, или на минимум. В-третьих, степень выраженности 11-летнего цикла и значение фазы для данного биологического показателя различны в разных географических областях. И наконец, физический агент, ответственный за воздействие солнечной активности, имеет, скорее всего, электромагнитную природу. Позже Чижевский предположил, что этот агент представляет собой особое неизвестное физике проникающее излучение («Z-излучение»).

Автор, несомненно, отдавал отчет в некоторых трудностях истолкования этих закономерностей с точки зрения простейшей модели, которой он придерживался («глобально действующий агент влияет — организм реагирует»). Однако первые экспериментальные работы Чижевского, едва начавшись, вскоре были прекращены. Вернуться к проблемам гелиобиологии Чижевский смог только в 1958 г. после реабилитации и возвращения в Москву.

За это время в этой науке произошли важные события. В частности, целый ряд интересных исследований был выполнен за рубежом. Наиболее сильное впечатление на Чижевского произвели работы итальянского физикохимика Дж. Пиккарди, предложившего особые стандартизованные тестовые реакции⁵. Показатели этих реакций, полученные во многих местах во время проведения Международного геофизического года (1957—1958 гг.), достоверно соотносились с гелиогеофизическими индексами. В настоящее время ценность эмпирических результатов Пиккарди бесспорна, но тогда репутация автора, предложившего модель так называемого геликоидального движения

⁴ Чижевский А. Л. // Земное эхо солнечных бурь / Пер. с фр. Н. В. Чижевской. М., 1973 (2-е изд. — М., 1976).

⁵ Piccardi G. The chemical basis of medical climatology, Springfield, Ill (USA), 1962. Перевод, выпущенный в 1971 г. Гидрометеоназдатом, увы, — неграмотный.

³ Чижевский А. Л. // Русско-немецкий мед. журн. 1928. № 8. С. 431; № 9. С. 501.

Земли (модель построена для описания сезонных вариаций показателей тестов и ныне справедливой забыта), сильно пострадала.

В 1951 г. японский гематолог М. Таката сообщил об удивительных закономерностях, найденных для разработанной им диагностической реакции сыворотки крови (реакция флоккуляции)⁶. Оказалось, что реакция позволяет наблюдать воздействие на систему крови человека солнечного затмения и даже прохождения через центральный меридиан Солнца больших пятен. Хотя многие результаты Такаты подверглись жесткой критике, большинство исследователей оценили тщательность постановки его наблюдений и, учитывая высокий научный авторитет ученого, отнеслись к его выводам серьезно. Писали о неизменной компоненте солнечного излучения... Непротиворечивой модели явления так и не было предложено. О реакции флоккуляции как индикаторе заградочного излучения стали забывать.

Другая серия работ была выполнена японским вирусологом Х. Мориямой. Изучая причины невоспроизводимости некоторых биофизических опытов, он пришел к выводу, что существует особый физический фактор (X-агент⁷, зависящий от солнечной активности⁷. Для истолкования природы и свойств этого фактора Морияма развил некоторую «новую физику», находившуюся в явном противоречии с физикой «ортодоксальной». В итоге его ценные эмпирические наблюдения так и не вошли в научный обиход.

Общеизвестно, что весьма чувствительными индикаторами изменений физиологического состояния организма могут быть самые различные показатели системы крови. Один из них — число лейкоцитов — использовал гематолог Н. А. Шульц. На основании большого числа стандартных лабораторных анализов крови он определил, что с увеличением солнечной активности число лейкоцитов систематически снижается, причем с увеличением географической широты эффект усиливается⁸. Скептики атаковали этот лейкоцитарный тест с точки зрения соблюдения правил статистической обработки данных — увы, методика обработки не была сильной стороной этого исследования.

Н. С. Щербиновский, чьи результаты Чижевский высоко оценил, не только убедительно продемонстрировал приуроченность

вспышек массового размножения некоторых насекомых к эпохам максимума солнечной активности, но и предложил рациональную модель этого явления. Он полагал (так же как американские исследователи А. Дуглас и Г. Стетсон), что за изменение физиологического состояния насекомых ответственно солнечное ультрафиолетовое излучение⁹. В те годы казалось, что это предположение несостоятельно: ведь все коротковолновое солнечное излучение полностью поглощается в земной атмосфере на больших высотах. Только спустя десятилетия стало понятно, что небольшие вариации излучения около $\lambda=290$ нм близ поверхности Земли в действительности происходят — из-за изменений в толще озоносферы, причем эти последние изменения также сопряжены с циклами солнечной активности.

ПРИБЛИЖАЯСЯ К НАШИМ ДНЯМ

Прошло 30 лет после смерти Чижевского. За эти годы появилось множество эмпирических данных, свидетельствующих о безусловной связи солнечной активности с земными процессами. Гелиобиология стала приобретать черты самостоятельного направления, включающего несколько основных разделов.

Но до сих пор авторы публикаций по гелиобиологии скептики продолжают упрекать в примитивных приемах статистической обработки данных. Такие упреки, увы, были во многих случаях справедливы. Методический уровень работ повышался огорчительно медленно, хотя в последнее десятилетие ситуация изменилась. Например, при изучении флуктуаций частоты госпитализации больных психозами в крупную больницу (Симферополь, длина ряда 30 лет) спектр мощности был построен тремя различными методами¹⁰. Были обнаружены почти все известные космофизические периоды: 11 лет, 5 лет, набор многодневных периодов (200, 38, 27, 9) и околонедельный цикл (4, 5). Оказалось, далее, что пациенты, страдающие шизофренией, рождались с повышенной вероятностью в дни, когда более высокой была дисперсия чисел Вольфа и значение геомагнитного индекса A_p ¹¹.

⁹ Щербиновский Н. С. // Земля во Вселенной. М., 1964. С. 400.

¹⁰ Самохвалов В. П. // Проблемы космической биологии. Л., 1989. Т. 65. С. 65—80.

¹¹ Число Вольфа $W=K(f+10q)$ — условные безразмерные величины, определяемые по результатам подсчетов солнечных пятен f и их групп q ; множитель K зависит от условий наблюдений и постоянен для данной обсерватории. A_p -индексы — условные единицы амплитуды вариаций геомагнитного поля.

⁶ Takata M. // Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. 1951. B. 5. S. 485.

⁷ Moriyama H. // Yokohama medical Bull. 1966. V. 17. N. 2. P. 31.

⁸ Шульц Н. А. // Земля во Вселенной. М., 1964. С. 382.

В последнее десятилетие накопилось достаточно публикаций, которые вполне удовлетворяют тем требованиям, что предъявляются ныне к строго научным заключениям. Однако в сложившейся ситуации этого недостаточно. Как заметил известный московский математик Ю. И. Манин, «доказательство становится таковым только после социального акта «признания его доказательством...»

При оценке степени реальности обнаруживаемых статистических корреляций важное значение имеет наличие (или отсутствие) логических противоречий во всей совокупности накопленных данных. Так, если солнечная активность через посредство каких-либо экологических параметров влияет на работу центральной нервной системы, то это должно отразиться на других независимых показателях. Общеизвестно, что нарушение работы центральной нервной системы увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Тогда 11-летний цикл должен обнаруживаться в статистике заболеваний, скажем, инфаркта миокарда. И такое ожидание оправдывается¹². Аналогичные эффекты должны наблюдаться и в статистике травм и происшествий на различных видах транспорта. Но именно такие эффекты в соответствующих данных были известны еще Чижевскому (в последующем они нашли независимое подтверждение в ряде отечественных и зарубежных публикаций).

Коль скоро изменения биологических показателей — согласно разработанным моделям — обусловлены в значительной мере вариациями электромагнитного фона, то необходимо считаться, конечно, с возможными колебаниями электромагнитных полей от других источников. В связи с этим против реальности гелиобиологических связей было выдвинуто такое возражение: промышленные магнитные шумы в условиях крупного города столь велики, что восприятие магнитной бури в подобных условиях «невозможно в принципе»¹³. Но в таком наивно-прямолинейном суждении не учитывается то, что организмы всегда имеют дело со спектрами полей в широком диапазоне частот и их динамикой, а спектры промышленных помех и естественных электромагнитных возмущений (магнитных бурь) кардинально различаются. Впрочем, самый

убедительный ответ на обсуждаемое возражение — эксперимент. В сентябре 1984 г., когда физиологи Университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы детально фиксировали состояние сердечно-сосудистой системы подопытных кроликов (решая свои специальные задачи), случилась большая магнитная буря: индекс Ар изменился от невозмущенного уровня (≈ 10) до 112. У всех изучаемых животных синхронно произошли резкие изменения многих физиологических и биохимических показателей¹⁴. Специальный анализ подтвердил, что отмеченные скачкообразные изменения параметров обусловлены именно магнитной бурей. Значит, в черте Москвы магнитная буря кроликами, несомненно, чувствуется.

В последние годы по меньшей мере три события потрясли недостроенное здание гелиобиологии до самого основания.

Во-первых, экспериментальные исследования биологических эффектов слабых («нетепловых») магнитных и электрических переменных полей выявили исключительно высокую чувствительность биологических систем к этому фактору. Накопленный в лабораторных опытах материал, возможно, в недалеком будущем позволит раскрыть молекулярный механизм этого воздействия. Сегодня, основываясь только на результатах эксперимента, можно сказать, что естественные электромагнитные возмущения — спорадические, такие как магнитные бури, или периодические — должны неизбежно вызывать у организма физиологические сдвиги. По своим феноменологическим свойствам вариации низкочастотных электромагнитных полей как две капли воды похожи на Z-излучение и X-фактор.

Во-вторых, произошло слияние двух исследовательских программ, которые долгое время развивались изолированно: выяснилось, что параметры макроскопических флуктуаций обнаруживают связь с вариациями солнечной активности¹⁵. Масштабы этого открытия, видимо, еще предстоит осознать. Одно в высшей степени важное практическое следствие этого открытия, однако, ясно уже сейчас. Макрофлуктуации — очень широко распространенное (универсальное?) явление. Оно обнаруживается во всех веществах, следовательно, в рабочих элементах всех приборов, значит, во всех

¹² Соответствующие данные и библиографию см., например: Никберг И. И., Ревизкая Е. Л., Сакал Л. И. Гелиометеотропные реакции человека. Киев, 1986. С. 3—144.

¹³ Реутов Ю. Я., Литвиненко А. А. // Экология. 1987. № 1. С. 66—74.

¹⁴ Чибисов С. М. // Солнечные данные. 1987. № 6. С. 88—92.

¹⁵ Шноль С. Э. и др. «Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы. Пушино, 1981.

точных измерениях! Похоже, этот феномен может иметь фундаментальное значение для метрологии¹⁶.

Наконец, в биоритмологических исследованиях последних лет установлено, что временная организация биологических систем много сложнее, чем представлялось ранее. Организм следует характеризовать спектром периодов, который обнаруживает неслучайное сходство со спектром космических периодов — в широком их диапазоне — от многих лет до десятков минут¹⁷.

Этот изоморфизм спектров позволяет предположить, что в самом недалеком будущем гелиобиология может оказаться разделом хронобиологии, а гелиобиологическое воздействие на организм может быть истолковано как особый вид десинхроноза¹⁸.

Все это вселяет надежду, что скоро проблема «солнечная активность — биосфера» станет вполне respectable и не вполне академичные споры по различным пунктам этой проблематики войдут в парламентские рамки.

¹⁶ Владимирский Б. М. // Биофизика. 1982. Т. 37. С. 500.

¹⁷ Кузнецов А. Е. // Биофизика. 1982. Т. 37. С. 519.

¹⁸ Хронобиология и хрономедицина и влияние гелиобиологических факторов на организм человека. М., 1992.

Биологическая эффективность электромагнитного поля

Н. А. Темурьянц



Наталья Арменаковна Темурьянц, доктор биологических наук, работает на кафедре физиологии человека и животных и кафедре биофизики Симферопольского государственного университета. Проблемами солнечно-земных связей занимается с 1967 г.

ПЕРВЫЕ эксперименты по изучению солнечно-биосферных связей, поставленные А. Л. Чижевским в начале его исследований, были продиктованы стремлением понять физическую природу действующего начала. Логика этих опытов такова: если на организмы действует какая-то «проникающая радиация», то от нее можно экранироваться. Поскольку высокую проникающую способность излучения тогда связывали с большими энергиями, с открытиями незадолго до этого космическими лучами (1912), в качестве экранирующего материала для экрана выбрали свинец. Биологические объекты помещали в «свинцовый домик» и в равную по размерам камеру из дерева. Примерно в эти же годы (первая половина 20-х годов) томский врач П. М. Нагорский (1882—1971) в аналогичных опытах обнаружил, что в свинцовой камере стимулируется рост некоторых бактерий, растительных и животных клеток. Однако опыты встретили полное непонимание и вскоре были прекращены.

Спустя четыре десятилетия вновь были

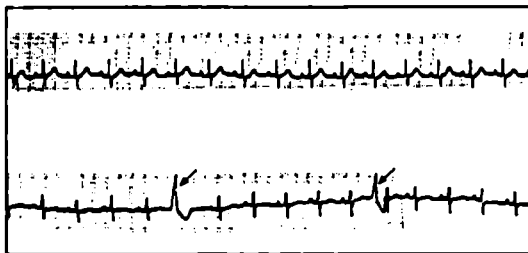
поставлены такие эксперименты с самыми различными биологическими объектами¹. Сегодня большинство исследователей считают, что изменения, впервые наблюдавшиеся Чижевским и Нагорским, обусловлены высокой чувствительностью организмов к внешнему электромагнитному полю. Несмотря на кажущуюся простоту, эксперименты с экранированием методически трудны, а кроме того, отклик биологической системы на снижение электромагнитного фона в какой-либо полосе частот нелинеен и зависит от многих биологических параметров. По этим и некоторым другим причинам опытам с экранированием в последнее время уделяется меньше внимания.

ИМИТАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

В одной из первых моделей, описывающих воздействие солнечной активности на биологические системы, за активно действующий фактор принимали электромагнитные бури, т. е. скачок электромагнитного фона на низких — сверхнизких частотах². Это соответствовало увеличению амплитуд геомагнитных микропульсаций и усилению магнитосферных излучений на частотах порядка килогерц.

Предположение об электромагнитной природе агента основывалось, в частности, на некоторых данных о состоянии центральной нервной системы здоровых лиц при амплитудно-спектральных вариациях электромагнитного фона: если преобладают регулярные колебания (частота 9 Гц), время реакции здоровых субъектов на оптический сигнал уменьшается на 8—10 %, а если — нерегулярные (частота 3—5 Гц) — оно возрастает.

В конце 60-х годов на кафедре нормальной физиологии Крымского медицинского института под руководством А. М. Волинского были начаты эксперименты по воспроизведению электромагнитных возмущений. Подопытных животных (кроликов, собак) помещали на 3 часа в специальный соленоид (затем — кольца Гельмгольца), куда от генератора подавался некоторый сверхнизкочастотный монохроматический сигнал с частотой, близкой к некоторым геофизическим частотам — микропульсаций геомагнитного поля типа Pc1, Pc2, Pc3 — основной частоте ионосферного волновода. Ток в соленоиде соответствовал амплитуде пере-



Электрокардиограмма кролика до (вверху) и после воздействия электрического поля частотой 8 Гц и напряженностью 0,7 В/м, приводящего к появлению экстрасистол. По Волинскому А. М., 1969.

менного магнитного поля в 10—100 раз более высокой, чем в естественных условиях данной частоты на данной широте. Точно такие же опыты ставили в конденсаторе (электрическое поле порядка 0.1—1.0 В/м). Параллельно с контролем измеряли традиционные физиологические показатели до и после экспозиции.

Первые же результаты показали, что такие слабые поля обладают биологической активностью: после нескольких экспозиций у подопытных животных отмечались отклонения от нормы в сердечно-сосудистой системе, системе крови, нервной системе³. Так, после воздействия электрического поля частота сердечных сокращений уменьшалась на 10 %, на электрокардиограмме фиксировались изменения некоторых свойств сердечной мышцы, появлялись экстрасистолы. Аналогичная картина наблюдается во время геомагнитных возмущений у здоровых и, тем более, у больных лиц. В это время увеличивается количество инфарктов и число их осложнений. В опытах на кроликах с экспериментально вызванным инфарктом в результате воздействия электрического поля (8 Гц) в сердечной мышце усиливались некротические и дистрофические процессы⁴. Как показали исследования, слабые электромагнитные поля (10 Гц) влияют на многие показатели системы крови, в том числе и на лейкоциты⁵.

О чувствительности центральной нервной системы к действию электромагнитного фактора свидетельствовали данные об изменении поведенческих реакций, нарушении

¹ Копанев В. И., Шакула А. В. Влияние гипоманного поля на биологические объекты. Л., 1985.

² Владимирский Б. М. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., 1969.

³ Волинский А. А., Владимирский Б. М. // Солнечно-земная физика. М., 1969. Вып. 1. С. 294—298.

⁴ Виноградов С. А., Артищенко А. А., Волинский А. М. // Тр. Крымского мед. ин-та. Харьков, 1973. Т. 53. С. 37—42.

⁵ Темурьянц Н. А. // Пробл. космич. биологии. 1982. Т. 43. С. 129—136.

условно-рефлекторной деятельности, электрической активности коры головного мозга. Эти результаты полностью совпали с данными медико-статистических исследований⁶.

Обнаружено также влияние слабых электромагнитных полей на развитие организмов. Так, у кроликов при воздействии на начальных этапах внутриутробного развития снижалось число новорожденных, увеличивалась мертворождаемость, в одном помете появлялись очень мелкие или очень крупные плоды⁷.

Наконец, в Крымском медицинском институте были получены убедительные доказательства чувствительности различных бактерий к действию рассматриваемого фактора⁸.

Однако во всех этих работах биологический эффект возникал вследствие совершенно, казалось бы, ничтожного изменения спектра электромагнитных полей, в которых находился подопытный объект: добавлялась лишь одна спектральная линия! Конечно, методика этих опытов была уязвима для критики. Естественные электромагнитные возмущения носят широкополосный характер. Вряд ли корректно сравнивать их с монохроматическим сигналом. Вот почему изучение биологического действия электромагнитных полей «нетепловых» интенсивностей приобрело особое значение.

ДЕЙСТВИЕ «НЕТЕПЛОВЫХ» ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

В середине текущего столетия безраздельно господствовало мнение, согласно которому биологическое действие электромагнитных полей возможно только при интенсивностях, вызывающих заметный нагрев тканей. Между тем к концу 60-х годов стало ясно, что организмы реагируют на электромагнитные поля, по интенсивности значительно меньшие «тепловых». Мотивы для постановки соответствующих экспериментов были очень разными. Часть исследователей пыталась обосновать возможную экологическую роль этого фактора⁹, другие — функциональное значение полей

в жизни организма¹⁰, третьи разрабатывали терапевтические методы с применением полей умеренной и малой интенсивности¹¹. Тогда же была установлена исключительно высокая чувствительность к электромагнитным полям некоторых рыб. Так постепенно возникла «электромагнитная биология» с представлением о сигнальной (информационной) роли электромагнитных полей в биологических процессах¹².

В последующие годы изучение электромагнитной биологии приобрело широкий размах — проходили представительные конференции и совещания. Организованное в 1978 г. в США Биоэлектромагнитное общество (европейское Биоэлектромагнитное общество возникло несколько позднее) с 1980 г. стало выпускать журнал «Bioelectromagnetics». Значительное участие в изучении этой проблемы принял и Международный научный радиосоюз (УРСИ). Однако поскольку в экспериментах, как правило, использовали относительно большие напряженности полей (хотя и «нетепловых»), эти результаты не позволяли объяснить эффекты естественных вариаций электромагнитного фона, связанные с солнечной активностью.

Доказательства биологической активности электромагнитного поля (частота 8 Гц, интенсивность порядка 10^{-6} — 10^{-3} Тл) получены также в исследовательском отделе центра «Рамон-и-Кахаль» под руководством Дж. Дельгадо¹³. Обнаружено, что поле увеличивает частоту спонтанной импульсной активности в изолированных рецепторах речного рака, нарушает развитие эмбриона цыпленка, изменяет поведенческие реакции обезьян, а также снижает возбудимость различных структур головного мозга. Нетрудно заметить сходство результатов Дельгадо с данными группы Волинского.

Таким образом, многочисленные результаты свидетельствовали о биологической активности слабых электромагнитных полей сверхнизких частот.

Оказалось, что биологическая эффективность электромагнитного поля при его заданной интенсивности существенно зависит от частоты. На некоторых частотах биологический эффект хорошо заметен

⁶ Сидякин В. Г., Темурьянц Н. А., Макеев В. Б., Владимирский Б. М. // Космическая экология. Киев, 1985.

⁷ Бродовская З. Н., Королев В. А. и др. // Тр. Крымского мед. ин-та. Харьков, 1973. Т. 53. С. 25—30.

⁸ Ачкасова Ю. Н., Владимирский Б. М. // Тр. Крымского мед. ин-та, Харьков, 1969. Т. 40. С. 87—88.

⁹ Hamer I. B. // Communes Behav. Biol. 1968. N 2. P. 217—222.

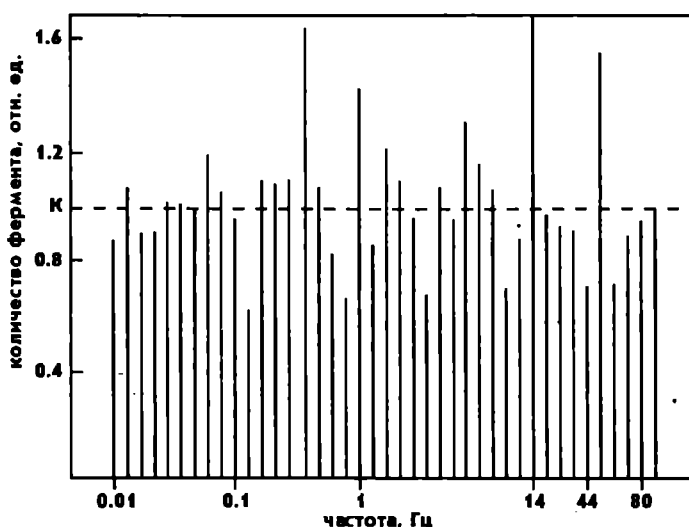
¹⁰ Adey W. R. // Magnetic fields effects on biological system. N. Y., 1978. P. 57—77.

¹¹ Девятков Н. Д., Бецкий О. В. // Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине. М., 1985. С. 6—20.

¹² Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. М., 1968.

¹³ Delgado J. // Biomagnetism: Application and Theory. N. Y., 1989. P. 443—455.

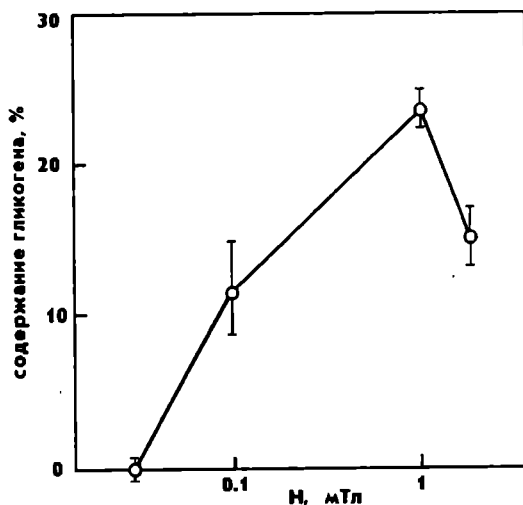
Изменение содержания фермента пероксидазы в нейтрофилах крови крыс при действии магнитного поля частотой 0,01—100 Гц, индукцией 5 мТл относительно контрольного уровня [K]. По Макееву В. Б., Темурьянц Н. А., 1982.



(0,06, 0,2, 0,5—0,6, 5,0—6,0, 8—12 Гц), на других — не наблюдается¹⁴. Кроме того, на разных частотах изменения, вызываемые электромагнитным полем, могут иметь разные знаки.

Выяснилось также, что биологический эффект, как правило, снижается с возрастанием интенсивности. Существуют своеобразные «амплитудные окна», в пределах которых реакция наиболее выражена. Так, У. Эди показал, что выход ионов кальция из мозговой ткани под действием электромагнитного поля частотой 6 и 16 Гц и напряженностью 10 В/м сильнее, чем при 5 В/м и 100 В/м, т. е. существует оптимальная интенсивность действия при определенной частоте¹⁵. Аналогичные результаты были получены нами при измерении содержания гликогена в нейтрофилах кролика. Видимо, существует несколько частотных «окон», а для каждой выделенной частотной полосы, вероятно, есть своя оптимальная напряженность и несколько таких амплитудных «окон». Таким образом, биологическая эффективность электромагнитного поля зависит от его параметров нелинейно.

В связи с описанием «амплитудных окон» чрезвычайно важен вопрос о минимальных значениях интенсивностей электромагнитного поля, при которых фиксируется биологический эффект. Многочисленные показатели жизнедеятельности организмов различной степени сложности, как выясняется, меняются при действии электрического



Изменение содержания гликогена (в %) в клетках крови кроликов при воздействии магнитного поля частотой 8 Гц, индукцией 0,02—2 мТл, иллюстрирующее существование оптимальной интенсивности поля при его постоянной частоте.

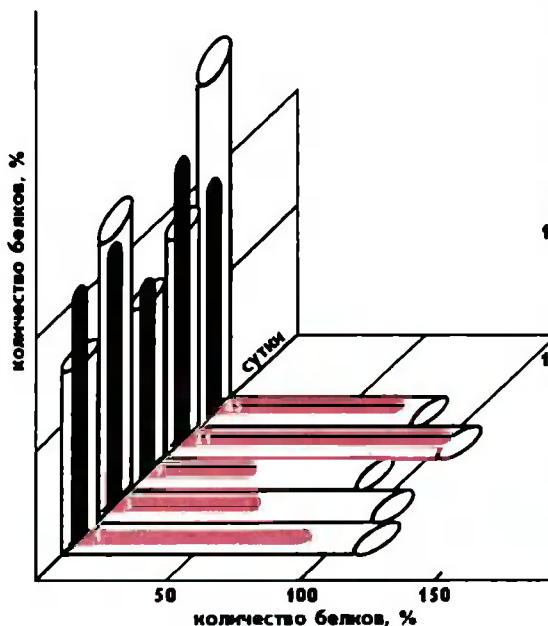
поля напряженностью всего 0,07—10 В/м, а магнитного поля — индукцией 0,2—200 нТл¹⁶. Эти значения очень близки к интенсивности естественных электромагнитных полей в сверхнизкочастотном диапазоне.

Сравнение различных опытов показывает, что для данной частоты и амплитуды более эффективно импульсное воздействие.

¹⁴ Макеев В. Б., Темурьянц Н. А. // Пробл. космич. биологии. 1982. Т. 43. С. 116—128.

¹⁵ Adey W. R. Op. cit.

¹⁶ Темурьянц Н. А., Владимирский Б. М., Тишкин О. Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев. 1992.



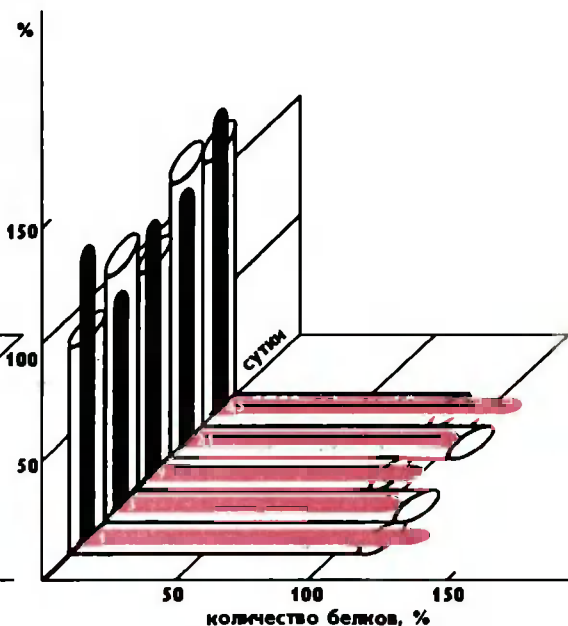
Содержание некоторых белков в клетках крови (в %) крыс в ходе длительной гипоксии (слева) и после воздействия электромагнитного поля частотой 8 Гц, индукцией 5 мТл. По оси ординат — щелочная фосфатаза (темные цветные цилиндры), протеазы (светлые цилиндры), по оси абсцисс — катионные белки (цветные), пероксидаза (светлые).

Кроме того, аналогичный биологический эффект можно получить и для высокочастотного электромагнитного поля (сотни мегагерц) при его модуляции сверхнизкой частотой.

Характер и величина ответа на действие электромагнитного поля определяется продолжительностью его воздействия. В одних условиях эффект проявляется уже через 0.5—7 мин, а в других — только через несколько многочасовых сеансов.

Из накопленного материала следует, что чувствительность к электромагнитному полю у различных животных неодинакова и зависит от исходного состояния организма. Так, голуби оказались чувствительнее кроликов и собак, среди которых сильнее реагировали старые и неполовозрелые животные, хотя и среди половозрелых выделялись чувствительные особи¹⁷.

Наконец, влияние электромагнитного



поля сильнее проявляется в случае какой-либо патологии. Тогда наблюдается и корректирующее действие поля, которое можно с успехом использовать в терапевтических целях. Например, слабые электромагнитные поля ослабляют лучевое поражение, препятствуют развитию тяжелых холодовых повреждений, ограничивают развитие постгравитационных нарушений и гипокинетического стресса.

Поскольку некоторые из перечисленных закономерностей хорошо известны для других физических факторов малой интенсивности, их выявление для электромагнитных полей вполне естественно и служит лишь косвенным аргументом в пользу реальности таковых. Кроме того, эти данные помогают объяснить отрицательные результаты, полученные некоторыми авторами. Как правило, в таких работах использованы либо малочувствительные к воздействию поля особи, либо неудачным был выбор параметров воздействующего поля.

ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ

Понять физиологический механизм действия электромагнитных полей — задача сложная. Важную роль в восприятии электромагнитного поля играет рецепторный аппарат: здоровые субъекты воспринимают поле с частотой 10 Гц и индукцией 5 мТл, дей-

¹⁷ Темурьянц Н. А., Грбовская Е. Ю. // Биофизика. 1992. Т. 37. Вып. 4. С. 817—820.

ствующие на руку, как неспецифический раздражитель¹⁸.

Обращает на себя внимание большая длительность латентных периодов при реакциях на электромагнитное поле. Как известно, время реакции зрительной, слуховой сенсорных систем составляет десятки—сотни миллисекунд, а при восприятии поля это время исчисляется десятками секунд. Этот факт позволил Ю. А. Холодову предположить, что кроме быстрой системы начального сенсорного реагирования существует и медленная система, запускаемая с помощью сигналов электромагнитного поля.

Электромагнитное поле может оказывать и рефлекторное воздействие на организм. Хорошо известно явление магнитофосфена — зрительное ощущение цветных пятен (в отсутствие света), возникающее под влиянием магнитного воздействия. Показано, что при этом в зависимости от величины индукции, частоты электромагнитного поля, а также от времени воздействия поля меняются электрофизиологические характеристики палочек и колбочек.

Магнитное поле обладает высокой проникающей способностью, а значит, может непосредственно влиять на деятельность различных систем, и в первую очередь на центральную нервную систему. Действительно, в экспериментах на животных (кролики, кошки, собаки, обезьяны) и в наблюдениях за людьми доказана чувствительность различных отделов головного мозга к действию поля.

По данным Дж. Дельгадо, по интенсивности реакции на электромагнитное поле, выявляемой на электроэнцефалограмме, различные отделы мозга кролика располагаются в убывающем порядке: гипоталамус, сенсомоторная кора, зрительная кора, специфические ядра таламуса, неспецифические ядра таламуса, гиппокамп, ретикулярная формация среднего мозга. Участвием этих структур, и особенно гипоталамуса, в регуляции гуморальных систем можно объяснить роль эндокринной системы в формировании неспецифических реакций организма на действие поля.

Заслуживают пристального внимания данные о высокой чувствительности к электромагнитному полю эпифиза¹⁹. Эта железа внутренней секреции, находящаяся в промежуточном мозге, рассматривается как преобразователь стимулов внешней среды, благо-

даря чему она вовлекается в интеграцию и модуляцию широкого спектра поведенческих, эндокринных и других физиологических реакций, в частности функций гипоталамуса. Как показывают специальные исследования, слабые электромагнитные поля сверхнизкой частоты угнетают функции эпифиза. При этом активируются нейроны, синтезирующие и выделяющие тормозные медиаторы, в том числе и серотонин. Благодаря этому возбудимость различных структур мозга, и в первую очередь коры и гипоталамуса, снижается, что усиливает торможение в ЦНС и активирует стресс-лимитирующие системы.

Именно таким действием можно объяснить многие биологические эффекты поля: антистрессорное действие, изменение поведенческих реакций, условно-рефлекторной деятельности и т. д. Стимулирующее действие поля на процессы роста может быть обусловлено способностью эпифиза тормозить секрецию гонадотропинов, а уменьшение диуреза — снятием ингибирующего влияния на нейросекрецию антидиуретического гормона.

Изменения неспецифической резистентности, изученные в Симферопольском университете, также, по-видимому, связаны с модуляцией эпифизом функционального состояния гипоталамуса.

Важным доказательством роли эпифиза как центрального водителя ритма в реализации эффектов поля служат данные об изменении временной организации биологических систем под влиянием электромагнитного поля. Обнаружено, что слабые поля меняют внутрисуточную, многодневную ритмику многих физиологических процессов. При десинхронозе, вызванном действием стресс-факторов, электромагнитные поля восстанавливают синхронность физиологических процессов. Возможно, изменение временной организации физиологических систем — один из основных механизмов действия слабых полей сверхнизких частот.

От солнечной активности зависит не только уровень электромагнитного излучения сверхнизкочастотного диапазона. В такт с активностью Солнца меняются и другие параметры внешней среды: атмосферный инфразвук, радиоактивность атмосферы, интенсивность приземного ультрафиолетового излучения, электрическое поле атмосферы, квазистатическое геомагнитное поле.

Известно, что в естественных условиях возмущения тех или иных параметров среды

¹⁸ Холодов Ю. А. // Успехи физиол. наук. 1982. Т. 13. № 2. С. 48—64.

¹⁹ Semm P. // Nature. 1980. В. 288. N 5791. P. 607—608.

обитания очень редко проявляются в «чистом виде» — как правило, приходится сталкиваться с вариациями одновременно нескольких переменных: давления, влажности, температуры и т. д. Эти вариации могут, конечно, как-то видоизменять, подчеркивать, усиливать или, напротив, нивелировать биологический эффект возмущения данного физического фактора. Картина усложняется и тем, что погодно-климатические изменения также в определенной степени зависят от солнечной активности, а все перечисленные физические факторы в тех или иных масштабах меняются при вариациях стандартных метеорологических переменных. Из сказанного, однако, не следует, что выделить из всего комплекса влияющих факторов какой-то один, наиболее важный параметр

невозможно. Напротив, во многих случаях проведенный анализ позволяет однозначно решить эту задачу. Однако наиболее надежный ответ о значимости данного фактора можно получить в модельном эксперименте. К сожалению, биологическое действие возможных факторов, реализующих солнечно-земные связи, не изучено, за исключением электромагнитного поля сверхнизких частот. Но и в этой области еще много нерешенных проблем. Так, необходимо исследовать биологическое действие в широком спектре частот электромагнитного поля, механизмы его воздействия на различных уровнях организации живого. Поэтому перед гелиобиологами стоят новые задачи, решение которых приблизит нас к пониманию этих сложных взаимоотношений.

Аномалии в поведении насекомых и геомагнитные бури

В. Б. Чернышев



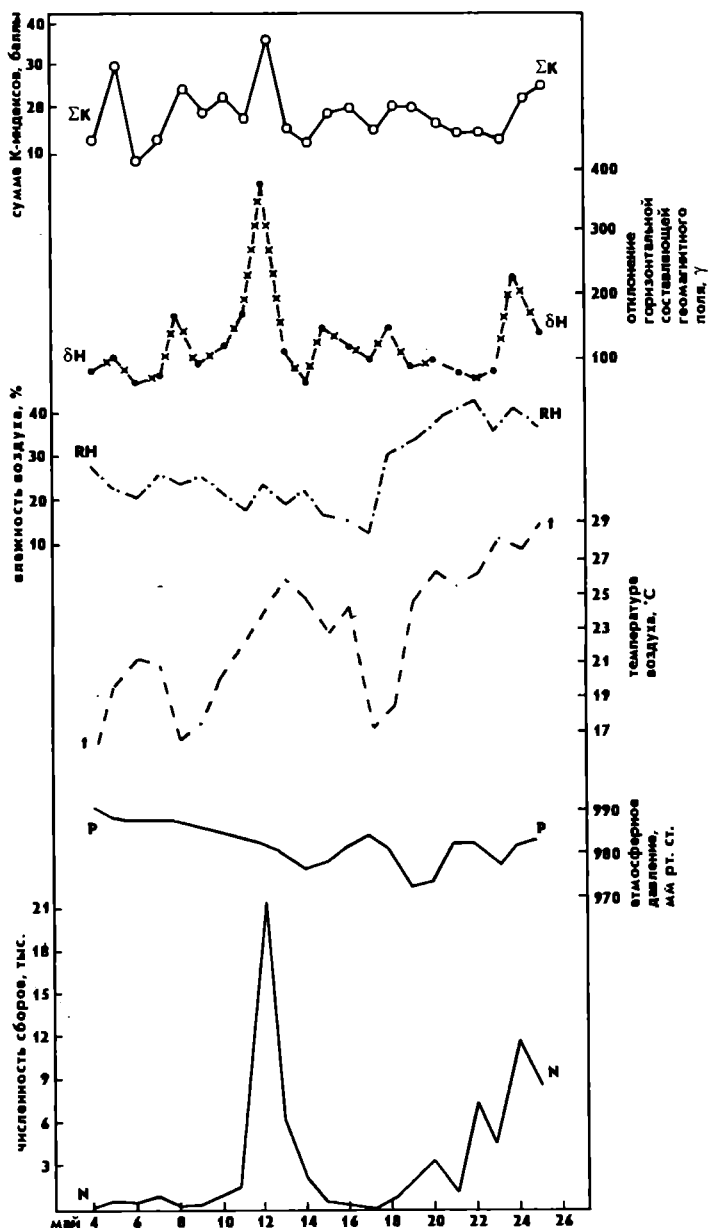
Владимир Борисович Чернышев, доктор биологических наук, профессор кафедры энтомологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — экология насекомых, биологические ритмы. Автор монографий: Биологические ритмы (М., 1981; в соавторстве); Суточные ритмы активности насекомых (М., 1984); справочника «Культуры насекомых и клещей в СССР» (М., 1988; в соавторстве).

К КОНЦУ 50-х годов накопилось достаточно много фактов, указывающих на возможное влияние солнечной активности на человека и животных. Была обнаружена четкая связь 11-летних и более длительных циклов солнечной активности с периодичностью биологических процессов, в частности, солнечная многолетняя циклика массовых размножений некоторых насекомых. Однако не было никакой информации о непосредственном воздействии на поведение насекомых геофизических факторов, связанных с солнечной активностью.

В том, что поведение насекомых зависит не только от тривиальных метеорологических факторов, я убедился еще в 1959 г. В мае этого года я собирал насекомых на свет кварцевой лампы поблизости от г. Байрам-Али в Туркмении. Необходимо было проследить, как меняется время лёта различных насекомых на свет в зависимости от влажности воздуха. Район этого города был одним из самых сухих на карте бывшего СССР.

© Чернышев В. Б. Аномалии в поведении насекомых и геомагнитные бури.

Изменения суммарных сборов насекомых на фоне метеорологических и геофизических факторов [Туркмени, 1959 г.]



В самом начале мая было еще прохладно и насекомых прилетало мало. Затем заметно потеплело, и приходилось проводить целые дни, раскладывая пойманных за ночь насекомых на вату — так много их прилетало, но ночь с 12 на 13 мая запомнилась на всю жизнь. Насекомые летели в таком количестве, что к ловушке под лампой было трудно подойти, приходилось задерживать дыхание. Объяснить причину

этого невероятного стремления жуков и клопов к свету в ту ночь я тогда не смог: температура, влажность воздуха и атмосферное давление были в пределах обычной нормы, и мне пришлось объявить данные этой ночи артефактом и исключить их из анализа.

Только спустя несколько лет я задался целью выяснить, чем же отличалась ночь с 12 на 13 мая 1959 г. от других. Ответ я получил в Институте земного магнетизма,

ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН): в эту ночь была сильнейшая геомагнитная буря. На следующую, но более слабую бурю 24—25 мая насекомые отреагировали так же¹.

Естественно, что после этого я обратился и к другим результатам своих многодневных сборов, прежде всего к тем, которые проводил в июле—августе 1960 г. в Сухуми — одном из наиболее влажных мест на территории бывшего СССР. Геомагнитные бури здесь совпали с ненастными и относительно прохладными ночами, и именно по этой причине лёт жуков на свет не коррелировал с геомагнитными индексами. Однако после исключения влияния температуры при подсчете частных коэффициентов корреляции выявилась достоверная положительная связь между активностью жуков и горизонтальной составляющей геомагнитного поля ($P < 0.05$)².

Сборы мелких жуков в мае 1962 г., проведенные на песчано-пустынной станции Репетек (Туркмения), оказались относительно малочисленными. Видовой состав жуков здесь иной, чем в Мургабском оазисе (недалеко от Байрам-Али), и, кроме того, заметных геомагнитных событий в этом месяце не отмечалось. Видимо, поэтому нам удалось обнаружить только положительную, но недостоверную связь между численностью этих сборов и геомагнитными индексами.

Для более тщательного анализа влияния различных факторов среды, включая геомагнитные возмущения, на насекомых была организована специальная экспедиция в Туркмению. С мая до начала июля 1967 г. мы собирали их с помощью световых ловушек в Ашхабадском оазисе (Бикрова). По составу насекомых лёт на свет здесь напоминал то, что я ранее наблюдал в Мургабском оазисе. Хотя за время этих наблюдений не было таких сильных геомагнитных бурь как в 1959 г., корреляция лёта с геомагнитными возмущениями была очевидной. Мы проводили работу на базе ионосферной станции Института физики Земли АН Туркменистана, которая постоянно получала телеграммы из ИЗМИРАНа о геомагнитных бурях. Наблюдая лёт насекомых на свет, особенно жуков, мы точно предсказывали, что на следующий день будет получена телеграмма из Москвы.

¹ Чернышев В. Б. Влияние возмущений земного магнитного поля на активность насекомых // Тез. Совещ. по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты. М., 1966. С. 80—82.

² Чернышев В. Б. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., 1971. С. 215—224.

Состояние геомагнитного поля за сутки характеризуется суммой восьми К-индексов, каждый из которых отражает степень возмущенности геомагнитного поля на протяжении трех часов. Для жуков (число пойманных экземпляров в сборах — 195300) коэффициент корреляции с суммой К-индексов был равен $+0.68$ и высоко достоверен. Для бабочек (количество в сборах — 105200, 90 % из которых — мелкие огневки — *Pyrallidae*) коэффициент корреляции с тем же показателем был чуть ниже — $+0.42$ ($P < 0.01$)³.

В средней полосе России, в отличие от Средней Азии, жуки почти не летят на свет. Основную массу сборов здесь составляют двукрылые и бабочки. В 1966 г. мы собирали на свет бабочек в Курском заповеднике. Прилетали бабочки-листовертки (*Tortricidae*) и совки (*Noctuidae*), но их количество скорее несколько снижалось во время геомагнитных бурь. Достоверной связи между лётом и этим фактором не отмечалось (коэффициент корреляции -0.20). Сбор на свет мелких длинноусых двукрылых, мокрецов (*Culicoides* spp.) и бабочниц (*Psychodidae*), проведенный нами в Подмоскowie в 1969 г., также не показал никакой связи с геомагнитными индексами.

Позже выяснилось, что геомагнитные бури могут влиять не только на лёт насекомых на свет, но вызывать существенные нарушения суточных ритмов перемещения различных насекомых по растениям⁴. Наблюдения проводились в Туркмении и основными объектами были тли, жуки, клопы и мелкие цикадки.

Кроме своих, мы проанализировали различные опубликованные результаты сборов насекомых на свет, и выяснилось, например, что суммарная масса ночных сборов, проведенных в 1964 г. в Уссурийске⁵, зависела от геомагнитных возмущений. Коэффициент корреляции существенно возрастал при исключении влияния на сбор температуры и изменений атмосферного давления.

Менее определенный результат дала

³ Tshernyshev V. B. The catches of insects by light trap and the solar activity // Zool. Anz. 1972. B. 188. S. 452—459.

⁴ Чернышев В. Б., Ниязов О. Д., Марцев А. Е. А. Пример искажения поведения насекомых во время геомагнитной бури // Тез. докл. Международного симпозиума «Корреляция биологических и физико-химических процессов с солнечной активностью и другими факторами окружающей среды». Пушкино, 1993. С. 193—194.

⁵ Терсков И. А., Коломиец Н. Г. Световые ловушки и их использование в защите растений. Новосибирск, 1966.

обработка неопубликованных данных по сборам насекомых на свет лампы накаливания в том же самом Мургабском оазисе в 30-е годы, любезно предоставленных мне П. П. Богушем. Здесь мне удалось получить корреляцию лишь на самом низшем уровне достоверности (при расчете частных корреляций с другими факторами, такими как температура, влажность или атмосферное давление).

Обработка данных, приведенных в статье Е. Пуллияйнена⁶, показала слабую и недостоверную связь лёта на свет бабочек совок с геомагнитным полем.

Оказались безрезультатными и наши попытки связать с геомагнитными возмущениями численность сборов на свет поденок (Ephemeroptera) в Центральной Африке⁷.

Громадный материал — около миллиона особей (87 % — двукрылые, 10 % — бабочки) — был собран на свет в 30-е годы на Ротхемстедской экспериментальной станции К. Б. Вильямсом⁸. Из анализа этих данных для всего периода сбора (1407 ночей) выявилась очень низкая, но достоверная отрицательная корреляция с характеристиками геомагнитного поля ($-0,06$)⁹.

Помимо сборов насекомых на свет, мы анализировали собранные по многочисленным литературным источникам даты массового брачного вылета муравьев и термитов, однако и в этом случае не обнаружили значимой зависимости.¹

В те же годы появились публикации, подтверждающие корреляцию между активностью некоторых насекомых и показателями геомагнитной возмущенности. Например, высокая положительная корреляция выявлена при анализе сборов на свет ивового горностаевого моли (*Yponomeuta rorella*) на юге Украины¹⁰ и относительно невысокая —

американской белой бабочки в Венгрии¹¹. Примечательно, что влияние геомагнитной возмущенности варьировало в зависимости от фазы лунного цикла.

Сборы на свет в Финляндии выявили небольшую, но достоверную положительную зависимость между возмущенностью геомагнитного поля и лётом на свет мошек (Simuliidae) и отрицательную достоверную корреляцию для бабочек и паразитических перепончатокрылых¹².

Сборы насекомых оконными ловушками в Подмоскowie, проведенные М. Н. Самковым, тоже хорошо соотносятся с геомагнитными индексами¹³. Оконные ловушки, в отличие от световых, не имеют никаких привлекающих агентов, и случайно пролетающие насекомые попадают в коллектор, ударяясь о вертикально стоящее стекло.

Все изложенные выше результаты, как наши, так и других авторов, получены при наблюдении за насекомыми в естественных условиях. Однако лабораторные наблюдения за поведением насекомых еще более укрепили мою веру в чувствительность насекомых к каким-то факторам, так или иначе связанным с геомагнитными бурями. На протяжении 1963—1964 гг. я записывал с помощью весьма примитивного самодельного устройства активность жуков-кожедоев (*Trogoderma glabrum*), собранных в Армении. Взрослых жуков помещали поодиночке в крохотные качающиеся камеры, каждое качание которой регистрировалось как импульс на ленте самописца. Запись проводилась одновременно по трем—восемью каналам. Качающиеся камеры находились в стеклянном термостате, куда проникал естественный свет из окна.

Жуки проявили отчетливый суточный ритм: около 6 час. утра они становились активными и около 6 час. вечера прекращали двигаться по камере. Этот ритм жуки поддерживали как в летнее, так и в зимнее время, но иногда ночью возбуждение охватывало сразу нескольких, или даже всех особей. Необычная активность насекомых

⁶ Pulliainen E. Tutkimuksia yökkösten (Lep., Noctuidae) aktiivisuudesta ja Varkauden (PS) seudun yökkösfau- nasta // Savotar. V. 5. P. 215—255.

⁷ Tjonneland A. The flight activity of mayflies as expressed in some east african species // Arbok Univ. Bergen. Mat.-naturvit. ser. 1961. V. 1. P. 1—88.

⁸ Williams C. B. The numbers of insects caught in a light trap at Rothamsted during four years 1933—1937 // Proc. R. ent. Soc. London. Ser. A. 1940. P. 78—80.

⁹ Tshernyshev V. B. Op. cit.

¹⁰ Приставко В. П., Карасьов В. С. Використання ультрафіолтової світлової пастки для вивчення шкідливих комах у запланих насаждениях // Вісник сільськогоспод. науки. 1970. Т. 10. С. 69—72; Карасьов В. С. Учет численности ивового горностаевого моли с помощью ловушек с ультрафиолетовым источником света и влияние абиотических факторов на величину их улова // Тез. конф. по биологии и методам учета численности вредителей сельхозкультуры и леса. Л., 1971. С. 44—45.

¹¹ Kiss M. et al. Common effect of geomagnetism and change of Moon phases on light-trap catches of fall webworm moth (*Hyphantria cunea* Drury) // Z. für angew. Entom. 1981. B. 91. H. 4. S. 403—411.

¹² Iso-livary L., Koronen S. Insect catches by light-trap compared with geomagnetic and weather factors in subarctic Lapland // Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. V. 13. P. 33—35.

¹³ Самков М. Н. Влияние возмущенности магнитного поля Земли на лётную активность и лёта на свет некоторых видов жуков и бабочек // Молодые ученые и основные направления развития современной биологии. Тр. XIV конф. молодых ученых МГУ. Москва 21—23 марта 1983 г. Ч. 2. Деп. в ВИНТИ 16.03.84. № 1507—84. С. 119—123.

совпадала с геомагнитными возмущениями¹⁴. Правда, иногда, хотя и редко, жуки были активными ночью и при спокойном геомагнитном поле.

В Германии получили подтверждение влияния связанных с солнечной активностью геофизических факторов на насекомых на примере лабораторной культуры термитов¹⁵.

Однако, по нашим наблюдениям, изменения показателей геомагнитной возмущенности не влияли на поведение дрозophil в лабораторных условиях¹⁶. В обычные дни помещенные в конденсатор дрозophilы реагировали на подачу потенциала на пластины остановкой движения. Но примерно один раз в шесть-семь дней они переставали реагировать на включение поля, а в редких случаях их активность даже повышалась после подключения пластин к источнику тока. Возможно, эти аномалии в поведении дрозophil вызывались инфразвуками естественного и искусственного происхождения.

Таким образом, как полевые, так и лабораторные наблюдения во многих случаях показывают, что некоторые насекомые проявляют аномальное поведение в дни геомагнитных бурь. В других же случаях эти аномалии не зависят от солнечной активности. Конечно, всегда остается возможность случайного совпадения. Однако наблюдающаяся иногда высокая корреляция между активностью насекомых и геомагнитными индексами показывает, что вероятность такого совпадения исчезающе мала.

Изменения в поведении насекомых могут быть вызваны либо самими довольно хаотическими колебаниями магнитного поля Земли, либо каким-то другим фактором, связанным с солнечной активностью и коррелирующим с индексами геомагнитной возмущенности. Среди таких факторов особое внимание привлекают низкочастотные электромагнитные колебания и инфразвуки¹⁷. Безусловно, влияние этих факторов протекает на фоне воздействия погоды, т. е. температуры, влажности, ветра и атмо-

сферного давления. Кроме того, разные виды насекомых по-разному реагируют на эти геофизические факторы.

Наилучшее решение вопроса — демонстрация влияния на поведение насекомых искусственного слабого переменного магнитного поля или одного из факторов, уровень которого зависит от солнечной активности. В нашем эксперименте действие слабого переменного поля небольшого магнита, установленного на медленно вращающейся оси, достоверно увеличивало подвижность мух *Protophormia terrae-novae*¹⁸.

В большой серии экспериментов действие переменного поля, создаваемого генератором низкочастотных колебаний и небольшим соленоидом, часто приводило к повышению подвижности (на 20—40 %) многих жуков и некоторому (обычно недостоверному) снижению активности кровососущих комаров и бабочек платяной моли¹⁹. Реакцию удавалось наблюдать только в то время суток, когда насекомые были обычно активны, старые и ослабленные особи на поле не реагировали. Кроме того, реакция отсутствовала при низкой температуре, а малые хрущики (*Tribolium confusum*) реагировали на искусственное поле только в дни с пониженным атмосферным давлением или в дни естественных геомагнитных бурь.

Восприятие переменного магнитного поля некоторыми насекомыми можно объяснить наличием в их теле мельчайших ферромагнитных кристаллов. Такие кристаллы, например, были обнаружены в передней части брюшка пчелы²⁰.

Помимо переменного магнитного поля на насекомых могут воздействовать инфразвуки, которые, в частности, генерируются в атмосфере во время полярных сияний, вызываемых солнечной активностью. Такие инфразвуки распространяются по всей нашей планете и могут быть восприняты в любой ее точке. Мы сообщали выше о том, что реакция дрозophil на электрическое поле в некоторые дни отсутствует или даже инвертируется по знаку. Нам удалось искусственно вызвать подобное изменение реакции с помощью только двух

¹⁴ Чернышев В. Б. Возмущения земного магнитного поля и биологическая ритмика жука *Trogoderma* // Журн. общ. биологии. 1968. Т. 29. С. 719—722.

¹⁵ Becker G. Aktivitätsschwankungen bei Termiten, ein Phänomen von grundsätzlicher biologischer Bedeutung // Z. angew. Entomol. B. 72. S. 273—289.

¹⁶ Чернышев В. Б., Афонина В. М. Влияние электрических полей на поведение дрозophil // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1978. № 5. С. 723—732.

¹⁷ Владимирский Б. М. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., 1971. С. 126—140; Темурьянц Н. А., Владимирский Б. М., Тешкин О. Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев, 1992.

¹⁸ Чернышев В. Б., Данилевский М. Л. Влияние переменного магнитного поля на активность мух *Protophormia terrae-novae* R. D. // Журн. общ. биологии. 1966. Т. 27. С. 496—498.

¹⁹ Чернышев В. Б., Афонина В. М. Влияние слабых низкочастотных магнитных полей на некоторых насекомых // Матер. Всесоюз. симп. «Реакция биологических систем на слабые магнитные поля». М., 1971. С. 16—20.

²⁰ Could J. L. et al. Bees have magnetic remanescence // Science. 1978. V. 201. P. 1026—1028.

факторов: влажности воздуха, что естественно, поскольку высокая влажность способствует стоку собственного электрического заряда дрозophil, и стоячей волны инфразвука с частотой 10—16 Гц²¹.

Возможно и иное объяснение наблюдавшихся аномалий поведения насекомых. Цикл солнечной активности и, соответственно, геомагнитных возмущений по продолжительности (около 27 дней — поверхность Солнца вращается с разной скоростью в зависимости от солнечной широты) очень близок к лунно-месячному циклу (29 дней 12 часов и 44 минуты). Следовательно, при определенном соотношении фаз этих циклов трудно отличить влияние геомагнитных бурь от лунной циклической. Лунная циклическая в поведении многих насекомых описана при наблюдениях как в полевых условиях, так и в лаборатории²².

Дифференцировать влияния лунно-месячного цикла и циклической геомагнитных явлений трудно, так как столь длительные регистрации активности насекомых, охватывающие периоды с разным соотношением фаз этих циклов, видимо, не проводились. В любом случае на активность насекомых должен влиять какой-то геофизический фактор, который может иметь и лунно-месячную, и солнечно-месячную периодичность. Таким фактором могут быть, например, те же низкочастотные электромагнитные колебания.

Подведем итог. На наш взгляд, есть достаточные основания, чтобы предположить, что генерируемые во время повышенной солнечной активности периодические низкочастотные электромагнитные колебания и/или относительно хаотические отклонения магнитного поля Земли возбуждают многих жуков, клопов и, возможно, некоторых других насекомых, что отражается на их лёте на свет, попадании в оконные ловушки, интенсивности питания и суточной ритмике. Возможный механизм восприятия этих колебаний — вибрация ферромагнитных кристаллов внутри тела насекомого. Некоторые мелкие бабочки, например огневки или горностаевые моли, воспринимают этот фактор подобно жукам. Не исключено, что к этим колебаниям могут быть чувствительны некоторые двукрылые (отдельные виды мух и мошек).

Однако этот фактор или совсем не воспринимается большинством бабочек, или он несколько тормозит их активность. Примерно то же можно сказать о большинстве длинноусых двукрылых (мокрецах, кровососущих комарах, комарах-бабочницах), а также о мелких мухах (дрозофилах). Так как в средней полосе летят на свет, в основном, именно такие двукрылые и бабочки, то вероятность обнаружения «эффекта магнитной бури» здесь очень низка.

Не исключено, что ряд аномалий в поведении насекомых может быть вызван и инфразвуками. Однако этот вопрос остается практически неизученным, а инфразвуки могут генерироваться не только в связи с солнечной активностью, но и, например, при движении лифта в здании или при проезде тяжелых автомашин.

²¹ Чернышев В. Б., Афонина В. М. Влияние электрических полей на поведение дрозophil // Журн. общ. биологии. 1978. № 66. С. 723—732.

²² Dantana Rayana W. Lunar periodicity of insect flight and migration // Insect flight. Dispersal and migration. 1986. P. 88—119.

Вторжения азиатских кочевников и солнечные циклы

Г. А. Гончаров

В СРЕДНИЕ века азиатские степи стали источником великих вторжений кочевых племен в земледельческие районы Европы, Китая и Южной Азии. До сих пор активно обсуждаются причины как этих вторжений, так и крупных миграций кочевников

вообще. В процессе этого обсуждения миграции и вторжения постепенно превратились в видимое следствие цепочки геофизических и демографических явлений в азиатских степях.

В ранних работах Л. Н. Гумилева впервые предложена связь миграций кочевников с колебаниями климата Центральной Азии, а тех, в свою очередь, с колебаниями сол-



Георгий Александрович Гончаров, научный сотрудник Главной астрономической обсерватории РАН в Пулковке. Член Петербургского общества междисциплинарных исследований. Область научных интересов — астрономия и ее связь с геофизикой, биологией и этнологией.

начной активности¹. Однако в своих последних работах он отодвинул климатические причины вторжений на второй план, а основной причиной назвал пассионарные толчки (изменения поведения людей в пределах некоторой территории), которые стоит рассматривать скорее как биологическую проблему². Мы же вернемся к солнечно-климатическим причинам, оставив иные в стороне. В 1992 г. я предположил, что долгопериодические колебания солнечной активности вызывают изменения климата в Центральной Азии типа «влажно — сухо», которые приводят к росту населения, затем — к его избытку, миграциям и вторжениям³. Дальнейшие исследования в целом эту гипотезу подтвердили, но усложнили картину.

Первой эпохой больших миграций азиатских кочевников и их контактов с соседними народами стали II—IV вв. н. э. Завершились же крупные миграции и вторжения в XVII в., по-видимому, из-за возросшей роли артиллерии и огнестрельного оружия в военных действиях. Таким образом, инте-

ресующий нас промежуток времени практически совпадает со средними веками.

Миграции и вторжения разнообразны по районам и обстоятельствам возникновения, численности, длительности и последствиям. Задача становится более определенной и «геофизической», если рассматривать только крупные безвозвратные передвижения кочевников (обычно с семьями и имуществом), существенно менявшие этническую картину и, как правило, дававшие начало новой народности в аридных зонах Евразии между 40 и 50° с. ш. Вторжениями, в отличие от миграций, будем называть передвижения, возникшие в конкретном районе, но выплеснувшиеся за его пределы.

К сожалению, оценка величины миграции остается качественной, и одна из будущих задач — сопоставление числа участников и силы природной причины миграции.

Согласно историческим данным⁴, можно выделить несколько периодов повышенной миграционной активности в средневековой Азии. В каждый из периодов, как правило, происходила цепочка миграций и вторжений: первое племя теснило второе, то, в свою очередь, — третье и т. д. Такие цепочки указывают на то, что, во-первых, причина одинакова во всем степном районе, и во-вторых, возникает относительный по сравнению с предшествующим периодом и с возможностями окружающей среды избыток населения.

Картина усложняется тем, что иногда крупная миграция в один из периодов продолжалась вторжением в следующий, а многие из этих явлений, например монгольские завоевания в начале XIII в., имели долгое и бурное продолжение. Именно поэтому Гумилев считал II—IV, IX—XI вв. непрерывными периодами активности.

Численность степных кочевников-скотоводов на протяжении веков полностью определялась ресурсами внешней среды и изменялась в зависимости от них: улучшение условий (прежде всего увлажнение климата) способствовало лучшему выживанию, следующее за ним ухудшение (иссушение климата) создавало нехватку ресурсов — воды, пищи и т. д. — для возросшего населения, т. е. относительную перенаселенность территории.

Конечно, говоря о засухах и влажных периодах, я подразумеваю не непрерывные

¹ Гумилев Л. Н. // История СССР. 1967. № 1. С. 53—66; Он же. // Природа. 1972. № 4. С. 44—52.

² Гумилев Л. Н. Тысячелетие вокруг Каспия. Баку, 1991; Он же. Древняя Русь и Великая степь. М., 1992.

³ Goncharov G. A. // Cycles. 1992. V. 43. N 4. P. 233—234.

⁴ Кумеков Б. Е. Государство кимаков в IX—XI вв. по арабским источникам. Алма-Ата, 1972; Плетнева С. А. Кочевники средневековья: поиски исторических закономерностей. М., 1982; История средних веков. Т. 1. М., 1990; т. 2. М., 1991.

засухи длительностью в несколько десятилетий, а относительную засушливость одного периода по сравнению с другим, достаточную для сильного ухудшения условий жизни одного-двух поколений кочевников.

Итак, попробуем ответить на вопросы: совпадают ли вторжения с сильными засухами, и предшествуют ли им влажные периоды? Говоря иными словами, нас интересует, соответствуют ли вторжения относительным иссушениям климата? Ответ можно получить из двух источников: субъективных, но прямых свидетельств исторических хроник или из объективных, но косвенных геофизических следов. К сожалению, и те и другие данные не полны.

Тем не менее есть исторические сведения, указывающие на частые сильные засухи как раз в упомянутые выше периоды миграций и вторжений и повышенную увлажненность между ними⁵. Наиболее яркие примеры возникновения крупных миграций из-за засух приведены Б. Е. Кумековым по персидской летописи XI в. о происхождении кимаков-огузов и Г. Е. Грумм-Гржимайло по летописи о событиях в Маньчжурии и Монголии на границе XVI и XVII вв.⁶ Всюду говорится об отсутствии корма для скота, большом числе голодных людей и их объединении вокруг вождя для откочевки.

Иссушение климата перед вторжениями подтверждается также геофизическими данными, если правильно их использовать. Например, часто рассматриваются уровни вод Каспийского, Аральского и других озер Евразии. Однако этот подход вызывает споры. Так, исследование Р. К. Клиге показывает, что уровень воды зависит от множества причин и может не коррелировать с такими непосредственными характеристиками, как испарение с поверхности озера, речной приток и количество осадков над озером⁷. По анализу отложений в окрестностях Каспия (по сохранившейся пыльце растений, составу ила и другим данным удается восстановить всю обстановку вокруг озера) можно определить изменение всех трех величин для Каспия в средние века. Оказалось, что периоды засух совпадают с периодами большого испарения, малого речного притока и слабых осадков.

Некоторые из засух устанавливаются

Миграции и вторжения в различные периоды

Период, лет	Миграции и вторжения
160—240	СЯНЬБИ → хунны
340—390	сяньби → гунны — АЛАНЫ
540—580	тюркюты → АВАРЫ
670—720	степняки Хазарии — БУЛГАРЫ
870—910	КИДАНЕ-ЛЯО
»	гузы → ПЕЧЕНЕГИ
»	булгары → ВЕНГРЫ
1000—1050	огузы → КЫПЧАКИ-ПОЛОВЦЫ, СЕЛЬДЖУКИ
1130—1150	ЧЖУРДЖЕНИ → КИДАНЕ
1210—1240	МОНГОЛЫ
1370—1400	ТЮРКИ и МОНГОЛЫ ТИМУРА
1580—1640	МАНДЖУРЫ → монголы → калмыки

Примечание. Миграции отмечены прописными буквами, вторжения — заглавными.

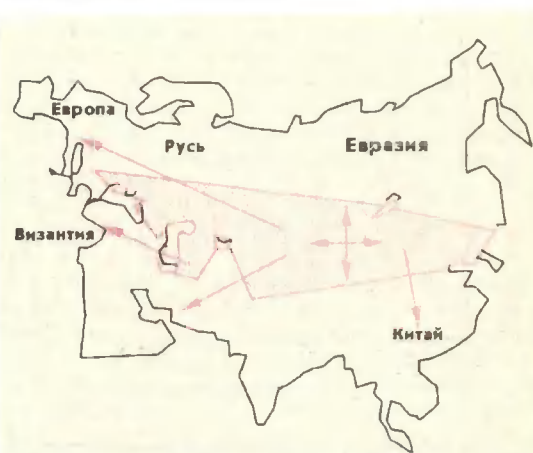


Схема миграций и вторжений средневековых кочевников (300—1600 гг.). Аридные районы Евразии обозначены цветом; цветные стрелки указывают направление миграций и вторжений.

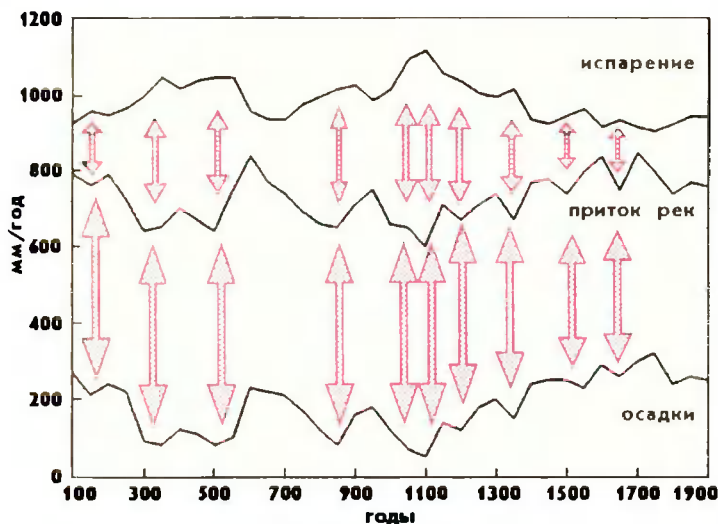
по данным об экстремально сухих летних сезонах после 1200 г. в центральной части Восточной Европы: необычно много засух в 1201—1230, 1351—1380 и 1411—1440 гг. (последний период не вызвал миграцию, так как миграционная «пружина» уже сработала «накануне», в конце XIV в. и новый избыток населения не успел появиться)⁸. По этим данным, прикаспийский район испытал немало засух в 1580—1640 гг., и, видимо, это позволило калмыкам переселиться туда

⁵ Schove D. J., Ho P.-Y. // American Oriental Society J. 1967. V. 87. P. 105—112.

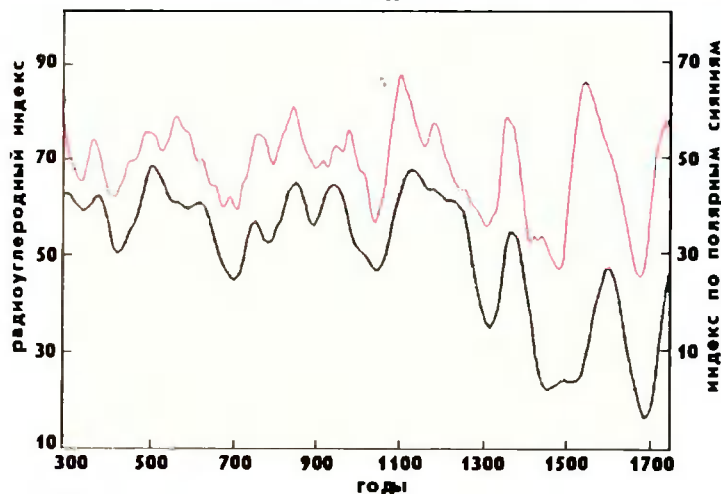
⁶ Грумм-Гржимайло Г. Е. // Изв. Всесоюз. геогр. об-ва. 1933. Т. 15. Вып. 5. С. 437; Кумеков Б. Е. Цит. соч.

⁷ Клиге Р. К. // Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. М., 1980. С. 117—120.

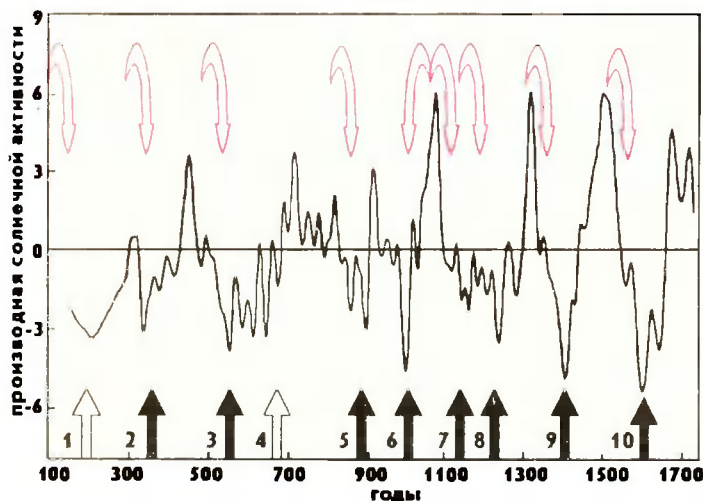
⁸ Колебания климата за последние тысячелетие / Под ред. Е. П. Борисанкова. Л., 1988.



Распределение осадков, речного притока и испарения с поверхности озера (по Р. И. Клинге, 1980). Кривые построены на основе данных, полученных радиоуглеродным анализом отложений в окрестностях Каспия (по сохранившейся пыльце растений, составу ила и др.), позволяющем восстановить всю обстановку вокруг озера. Периоды сильного испарения, малого речного притока и слабых осадков соответствуют появлению засух (цветные стрелки).



Долгопериодическая солнечная активность в 300—1700 гг. Цветная кривая (по полярным сияниям) построена на основе обработанных исторических данных, собранных Дж. Шове; нижняя кривая — по содержанию ^{14}C в кольцах деревьев. Кривые хорошо совпадают, что говорит об их значительной достоверности.



Вторжения кочевников (обозначены цифрами и стрелками) и сильные засухи (цветные стрелки) на фоне изменения солнечной активности (выраженной числами Вольфа). Минимумы этой кривой совпадают с периодами сильных засух. До IV в. нет надежных данных; вторжение 4 — слабое и соответствует слабой засухе.

из более засушливых районов Центральной Азии.

Таким образом, всем крупным миграциям и вторжениям сопутствуют засухи. Вызваны ли они изменениями солнечной активности?

Солнечно-погодным связям посвящено огромное количество исследований. В изменениях погоды и климата обнаружены периоды от 2.2 года до 200 млн. лет, многие из которых вызваны соответствующими колебаниями солнечной активности. Механизмы солнечного влияния еще обсуждаются, но ясно, что даже небольшая активизация Солнца вызывает непропорционально большие изменения давления и состава верхней, а затем и нижней атмосферы. Один из результатов этого — смещение обычных путей атлантических циклонов, несущих влагу из высоких широт (60—70°) в средние (40—50°) и обратно. Эти и другие явления могут привести к тому, что подъем солнечной активности вызовет увлажнение континентальных районов, а спад активности — засухи. Это особенно заметно на промежутках времени в несколько десятилетий и веков⁹. Попробуем сопоставить колебания солнечной активности с засухами и вторжениями.

К сожалению, для интересующего нас периода нет чисел Вольфа и других непосредственных индексов солнечной активности. Она может быть восстановлена из исторических записей о полярных сияниях и видимых невооруженным глазом солнечных пятнах, которые являются индикаторами солнечной активности, а также из анализа, зависящего от солнечной активности содержания радиоуглерода в точно датированном веществе, например в кольцах деревьев. Первые данные соответствуют по времени событиям на Солнце, но весьма субъективны; вторые — объективны, но запаздывают на некоторое время. Мной были рассмотрены десятилетние индексы солнечной активности обоих видов, из них, к сожалению, достоверными можно считать данные лишь после 300 г. Данные были сглажены так, чтобы исключить основные периоды короче 70 лет. Радиоуглеродные показатели, изменяющиеся в противофазе с солнечной активностью, были обращены и сдвинуты назад на 15 лет. Индексы обоих типов нормированы так, чтобы в наше время совпадали с числами Вольфа. Оказалось, что колебания индексов достаточно хорошо согласуются, а следовательно, могут рассматриваться как достоверные.

В общем совпадение всех трех типов явлений — спадов солнечной активности, засух, миграций и вторжений — не оставляет сомнений в их причинно-следственной связи. Вероятность неслучайного совпадения этих явлений можно грубо оценить, представив это как известную задачу с повторением испытаний: с 300 г. произошло девять спадов солнечной активности, а девять миграций и вторжений совпали с ними, т. е. мы как бы девять раз подбросили монетку, и она все время выпадала орлом! Таким образом, вероятность того, что вторжения прихотятся на спады не случайно, составляет примерно 0.998.

Можно отметить еще одну деталь: сильным засухам и вторжениям предшествуют периоды особенно активного Солнца в IV—VI и XI—XIII вв., в так называемые византийский и средневековый оптимумы. Во-первых, в этом, видимо, проявляется некий длинный близкий к 850-м годам цикл во всех трех явлениях. А во-вторых, говорит о том, что хотя засухи и происходят из-за спадов солнечной активности, но их интенсивность зависит не от величины спада, а, скорее, от предшествующей активности Солнца.

Колебания климата Центральной Евразии в течение двух последних тысячелетий полностью согласовались с долгопериодическими колебаниями солнечной активности, и как только влажный период сменялся засухой, жители азиатских степей, кочевники-скотоводы, перемещались в лучшие условия и не возвращались назад, иногда вторгаясь в земледельческие районы за пределами степей и формируя оседлые народы. Мощность миграций-вторжений, видимо, определялась силой засухи, а та, в свою очередь, — величиной предшествующего солнечного максимума. Таким образом, исторические, климатические, геофизические и астрономические данные, как нам кажется, формируют весьма цельную картину явлений в средневековой Евразии. Более того, историко-демографические события за пределами азиатских степей тоже прямо или косвенно спровоцированы солнечно-климатическими колебаниями. Например, первые крестовые походы на границе XI—XII вв. в значительной степени были ответом на упомянутое выше вторжение турок-сельджуков на Ближний Восток и в Византию. И кто знает, какие еще связи исторических событий с природными остались не раскрыты?

⁹ Schöve D. J. Sunspot Cycles. 1983.

СОЛНЦЕ И ЗЕМЛЯ

Мы уже пробовали объединять совместным анализом разрозненные научные сообщения по проблемам земного климата («Климат: проблемы изучения и прогнозирования». «Природа». 1993. № 8. С.94-107). Эта попытка получила благоприятные отзывы («Природа». 1994. №6. С.35). Аргументированная реакция читателей — какая бы она ни была, критическая или позитивная, — журналу необходима. На этот раз задача несколько расширена: подборка новостей охватывает не только проблемы климата, но и геофизические материалы, достаточно близкие к теме Солнце—Земля, освещенной в предшествующей (в этом же номере) подборке по гелиобиологии. Взаимодействие этих перекрывающихся, далеких от ясности направлений рассмотрено в завершающем комментарии А.В.Бялко.

НОВОСТИ НАУКИ

Палеоклиматология

Реконструкция палеоклимата по отложениям льдов Гренландии — разногласия палеоклиматологов

Объединенная западноевропейская группа гляциологов, участвующая в проекте GRIP (Greenland Ice Core Project — проект бурения Гренландского ледника), пришла к выводу, согласно которому климат Земли оставался нестабильным вплоть до начала последнего оледенения (около 118 тыс. лет назад). Однако их американские коллеги, работавшие по проекту GISP-2 (Greenland Ice Sheet Project-2 — гренландский ледниковый покров, проект-2), не разделяют это мнение, несмотря на то, что пункты бурения тех и других отстоят всего на 28 км.

Колонки льда, извлеченные из скважин глубиной 3 тыс. м, позволяют палеоклиматологам заглянуть в прошлое планеты на 250 тыс. лет; за этот отрезок времени Земля пережила ледниковый период, межледниковье, новый период оледенения и, наконец, вступила в нынешний интергляциал (межледниковье), именуемый голоценом.

Верхние 90 % керн из трехкилометровых колонок — это осадки, выпавшие в Гренландии за последние 100 тыс. лет, включая большую часть эпохи последнего оледенения и нынешний интергляциал. Эти отрезки кернов у западноевропейских и американских гляциологов полностью совпадают. Относительно же нижних 300 м, которые относятся к предшествовавшему интергляциалу, их выводы расходятся: по американским данным, климатические условия в тот период изменялись очень мало; по западноевропейским — отличались большой нестабильностью.

Гляциологи К. Taylor (Университет штата Невада, Рино, США) и М. Stalver (Университет штата Вашингтон, Сиэтл, США) признают, что их колонка на глубине более 2750 м сильно деформирована, многие годовичные слои осадков скомканы и перемешаны, вероятно, из-за сползания ледника. Но должны были, по их мнению, подвергнуться подобной деформации и нижние слои из колонки их европейских коллег. Толщина ледникового покрова в обоих пунктах одинакова — 3 тыс. м, только колонка по проекту GRIP бурилась непосредственно на ледоразделе, а в пункте бурения по проекту GISP-2 ложе ледника находится на 30 м глубже. Воз-

можно, противоречие удастся разрешить, если будет пробурена еще одна скважина, однако пока таких планов нет.

Участвующие в исследовании по проекту GRIP сотрудники Британской антарктической службы (D. A. Peel et al.) считают, что стабильность климата Земли в межледниковые эпохи до сих пор преувеличивалась. Новые данные делают еще острее и злободневнее проблему устойчивости нынешних климатических условий, когда деятельность человека способствует созданию парникового эффекта.

Скважина, пробуренная американцами, хорошо представляет так называемое земское время (133—114 тыс. лет назад), считавшееся стабильно теплым. Однако соотношение изотопов кислорода в соответствующем слое льда (которое отражает определенную температуру среды) указывает, что в действительности теплые периоды в земсе неоднократно перемежались достаточно длительными и сильными похолоданиями. По заключению британских специалистов, за 19 тыс. лет земского времени имели место три потепления, между которыми отмечаются два значительных похолодания продолжительностью 2 тыс. и 6 тыс. лет. В эти отрезки времени средние температуры в Гренландии понижались на 7 °С

(что тем не менее на 2 °C теплее, чем ныне).

Неожиданным оказался установленный факт еще более коротких резких перепадов: в начале земского времени произошло быстрое снижение температуры на 10 °C, и это похолодание длилось около 750 лет, а к концу земса всего за одно-два десятилетия температура упала на 14 °C, и эти условия продержались только 70 лет. Можно предполагать, что связано это было с резкой перестройкой в режиме океанической циркуляции.

Очевидно, для климатических условий характерна естественная «раскачка» между различными состояниями, и эта тенденция активно проявлялась всегда, за исключением, возможно, только последних 8 тыс. лет.

Не все специалисты полностью приемлют выводы британских гляциологов. Так, R. G. Fairbanks (Обсерватория по изучению Земли при Колумбийском университете, Палисейдс, штат Нью-Йорк, — бывшая Геологическая обсерватория) подчеркивает: нельзя исключить возможность того, что различные соотношения изотопов кислорода в образцах льда обусловлены не потеплениями и похолоданиями, а сменой местоположения областей, питававших Гренландию влагой.

Кроме того, не ясно, отражают ли гренландские колонки льда глобальные условия или же только местные изменения климата, не выходящие за пределы региона.

Nature. 1993. V. 364. N 6434. P. 203; New Scientist. 1994. V. 141. N 1901. P. 14 (Великобритания).

му нуждаются в подтверждении и сопоставлении с другими данными.

Недавно R. Anderson и B. Allen (Университет штата Нью-Мексико, Альбукерке, США) завершили изучение колонок грунта, взятых в бассейне Эстансия, расположенном к востоку от Альбукерке. Здесь в период между 45 и 12 тыс. лет назад существовало озеро, размеры и глубина которого многократно менялись. Большую часть времени оно было соленым и мелководным, но через каждые 200—250 лет становилось на срок 20—40 лет намного глубже. Вероятно, это было следствием обильного таяния снега и мощных стоков в озеро талой воды. Песчаные отложения на его дне свидетельствуют именно о пресноводных потоках, которые, пока песок не осел, распространялись поверх более плотных соленых вод. Дополнительным аргументом служат обнаруженные в соответствующих пластах ископаемые остатки пресноводных организмов.

Исследования прибрежных пород показали, что наивысшего уровня озеро достигало через каждые 2 тыс. лет, что совпадает с цикличностью наступания и отступления ледникового покрова. Авторы предполагают, что эти перепады уровня связаны с переменами в объемах поступающей влаги со стороны Тихого океана, где в глобальном масштабе менялся характер циркуляции вод.

Science. 1993. V. 260. P. 1920 (США); Nature. 1993. V. 364. N 6434. P. 218 (Великобритания).

находила подтверждение у некоторых специалистов¹. В 1970-х годах ее подкрепили результаты исследования изотопов кислорода, содержащихся в осадках некоторых районов морского дна, хотя в других акваториях это представлялось сомнительным.

В 1988 г. американские ученые исследовали в штате Невада заполненную водой расселину Девилс-Хол (Чертова дыра): тысячелетние слои кальцитов на ее стенах содержат информацию о характере осадков в период их отложения. Оказалось, что интервалы времени, когда климат в Неваде менялся, не совпадают со временем изменения параметров земной орбиты.

В защиту справедливости теории Миланковича выступили ныне со своими коллегами J. Imbrie (Браунский университет в Провиденсе, штат Род-Айленд, США). В слоях кальцитов на стенах Чертовой дыры они обнаружили те изменения, которые соответствуют циклам продолжительностью 100 тыс., 40 тыс. и 23 тыс. лет, что довольно точно совпадает с астрономическими циклами, указанными Миланковичем. По мнению этой группы ученых, кальциты Девилс-Хола и морские осадочные породы отражают разные аспекты изменения климата в отдаленные эпохи. Поэтому Чертова дыра отнюдь не свидетельствует против утверждений Миланковича.

Nature. 1993. V. 363. N 6429. P. 531 (Великобритания).

Палеоокеанология

Палеоклиматология

Палеоклиматология

Палеоклимат по озерным осадкам

Анализ колонок льда, поднятых при бурении Гренландского ледника, показывал, что климатические изменения в конце последнего ледникового периода были очень быстротечны. Однако эти данные могут отражать локальный эффект и пото-

Отложения кальцитов и теория Миланковича

В начале нашего века югославский математик М. Миланкович предложил теорию, согласно которой наступания и отступления ледникового покрова на Земле с интервалами в сотни тысяч лет обусловлены изменениями параметров земной орбиты. Эта широко распространенная теория не всегда, однако,

Багамы свидетельствуют о колебаниях уровня океана

Палеоклиматолог К. Neuman (Университет штата Северная Каролина, Чепел-Хилл, США) и геолог P. Harty (Багамский колледж в Нассау) изучали строение береговой линии Багамских о-вов. Этот район отличается тем, что его абсолютная высота мало изменялась после окончания последнего межледниково-

¹ Краснов И. И. О теории Миланковича // Природа. 1994. № 6. С. 35.

го периода, что позволяет хорошо проследить происходившие здесь повышения или падения уровня Мирового океана.

Исследователи обнаружили на местности многочисленные эрозионные «зарубки», ныне расположенные на высоте около 6 м над ур. м., что говорит о стремительном отступлении береговой линии после их возникновения. Кроме того, во многих местах на суше сохранились коралловые рифы, очень быстро оказавшиеся в безводных условиях. Еще одним свидетельством резкого падения уровня океана служат песчаные дюны: они образованы осадочными породами, ранее слагавшими дно морских лагун. Видимо, песок был перемещен ветром на сушу, когда вода из лагун ушла и обнажились отложения на дне, на глубине 10 м. Кое-где песок захоронил деревья с такой скоростью, что сохранились даже отпечатки листьев пальмы.

Авторы пришли к заключению, что резкое 15-метровое падение уровня океана в конце последнего интергляциала (около 118 тыс. лет назад) заняло, возможно, всего лишь одно столетие или даже менее того. На протяжении большей части интергляциала уровень стоял на 2.5 м выше нынешнего; затем на короткое время поднялся еще на 3.5 м, после чего стремительно упал. Его поднятие на 3.5 м было связано с массовым таянием многочисленных ледников. В то время должны были оказаться затопленными низменные арктические регионы, что привело к увеличению влажности атмосферы и интенсивным снегопадам в приполярных областях. Снежно-ледниковый покров усилил отражательную способность земной поверхности, обусловив охлаждение климата и быстрое наступление очередного ледникового периода.

До сих пор было неясно, насколько быстро может расти ледниковый покров. Гипотеза Ноймана и Хирта, встреченная специалистами с большим интересом, вызвала широкую дискуссию.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1904. P. 14 (Великобритания).

Палеоклиматология

Мхи Огненной Земли хранят информацию о минувших климатических сдвигах

На конференции Американского геофизического союза, состоявшейся в декабре 1993 г. в Сан-Франциско, Р. Кенпу (Хайлендский университет, Лас-Вегас, штат Нью-Мексико, США) изложил результаты своих палеоклиматологических исследований, основанных на изучении мхов Огненной Земли.

Этот приполярный регион отличается холодным климатом, препятствующим разложению торфяников и мхов. Остатки растительности, лежащие слоями друг над другом, свидетельствуют о динамике погодных условий за последние 14 тыс. лет. Анализ содержания во мхах двух изотопов кислорода (их соотношение указывает на температуру осадков, которые впитывались растениями в соответствующий период) и датировка слоев мха по ^{14}C позволили определить время климатических сдвигов с большей точностью, чем это удается при работе с колонками льда или донных осадков, полученных при бурении.

Данные, установленные этим методом, в значительной мере совпадают с картиной оледенения Антарктиды и Гренландии, составленной на основании иных методов.

Science News. 1994. V. 145. N 1. P. 14 (США).

Палеоклиматология

Ископаемые остатки субтропических лесов в Арктике

Палеоботаническая экспедиция, которую возглавлял J. Basinger (Саскачеванский университет, Канада), работала на островах Канадского Арктического архипелага — Элсмир и Аксель-Хейберг. Здесь, в районе, расположенном около 80° с. ш., были вскрыты остатки

богатой растительности, некогда покрывавшей нынешнюю тундру. Возраст этих древесных остатков (отдельные стволы превышали в диаметре 1 м) около 60 млн. лет. Можно считать установленным, что в ту пору этот район, лежащий вблизи Северного полюса, был покрыт густыми субтропическими лесами, подобными тем, что ныне встречаются, например, во Флориде. И это несмотря на то, что тогда арктический регион ежегодно на три месяца погружался в полярную ночь.

Очевидно, температуры здесь в раннетретичный период никогда не падали ниже точки замерзания; об этом же свидетельствуют неплохо сохранившиеся ископаемые остатки таких теплолюбивых животных, как аллигатор и черепаха.

Доклад о результатах этих исследований, сделанный на семинаре по проблемам климата в ноябре 1993 г. в Восточно-Лондонском университете (Великобритания), вызвал оживленную дискуссию.

Климатолог В. Tiffney (Университет штата Калифорния, Санта-Барбара, США) указал, что ни одна из существующих сегодня математических моделей не в состоянии объяснить этот феномен. Даже вводя в программу самые невероятные концентрации CO_2 в 5—10 раз превышающие их современный уровень, невозможно получить выход на субтропические условия в данных широтах; там все равно неизбежна полярная зима, а это противоречит всему, что известно о третичном периоде. Ныне в этих регионах средняя температура самого холодного месяца составляет -48°C , а среднегодовые температуры на севере Арктики близки сейчас к -19°C . В начале же третичного периода они, судя по всему, должны были быть около $+15^\circ\text{C}$. Таким образом, поставлены под большое сомнение все существующие модели не только палеоклимата, но и динамики климата в будущем, построенные на них.

В. Tiffney предложил два возможных объяснения арктическому теплу в раннетретичном периоде: тогда в Северном Ледовитом океане явно отсутствовал ледяной покров, который од-

ним своим существованием вымораживает атмосферу сегодня; тепловой обмен энергией между тропиками и Арктикой как в атмосфере, так и в Мировом океане осуществлялся в гораздо большем масштабе, чем ныне. Даже в разгар полярной ночи мощный поток тепла проникал на Крайний Север до самых высоких широт.

J. Basinger указывает, что и в наше время максимальные температуры в разных точках земного шара незначительно отличаются друг от друга, за исключением тех регионов, где существуют весьма холодные массы воздуха, порождающие его взаимодействием со снегом и льдом. Так, средняя максимальная температура за год на метеостанции Йеллоунайф (север Канады) составляет 28 °C, а в приэкваториальном Джорджтауне (Гайана) — около 32 °C — разброс не столь уж велик. Доклад этого автора послужил подкреплением позиций противников гипотезы парникового эффекта (таких как R. Lindzen из Массачусеттского технологического института в Кембридже), которые считают, что глобальные температуры больше зависят от интенсивности теплового обмена между тропиками и полярными областями, чем от количества парниковых газов в атмосфере.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1891. P. 7 (Великобритания).

Геотектоника.
Палеоклиматология

Усиление парникового эффекта при образовании Гималаев

Специалистам по геотектонике известно, что плита земной коры, образующая п-ов Индостан, двигаясь в северном направлении на протяжении уже 500 млн. лет, около 50 млн. лет назад натолкнулась на Азиатскую плиту, что привело к возникновению величайшей на планете Гималайской горной страны.

На конференции Американского геофизического союза, состоявшейся в июне 1993 г. в

Балтиморе, обсуждались метеорологические и климатологические последствия этих тектонических событий. D. M. Kerrick и K. Caldeira (Университет штата Пенсильвания, Университет Парк, США) полагают, что в результате столкновения континентов произошел выброс в атмосферу Земли 10^{15} кг углекислого газа. Об этом, по их мнению, свидетельствуют геологические породы Гималаев, которые несут следы своей прежней насыщенности этим газом. Мощное сжатие, продолжавшееся миллионы лет, привело к выделению в воздушное пространство огромных масс CO_2 , обладающего, как известно, ярко выраженным парниковым эффектом.

Следствием этого стало значительное потепление глобального климата, происшедшее в эпоху эоцена, 52—38 млн. лет назад.

Science News. 1993. V. 143. P. 382 (США)

Климатология

Многослойная климатическая модель

Специалисты Национального центра атмосферных исследований в Боулдере (штат Колорадо, США) по результатам моделирования летнего муссона над южной частью Азии пришли к заключению, что жители Индии, Бангладеш и других стран этого региона могут оказаться под угрозой более сильных засух и наводнений, если уровень CO_2 в атмосфере удвоится. При такой ситуации произойдут существенные изменения как в условиях жизни людей, так и в сельскохозяйственном производстве.

Когда сотрудники этого центра G. Meehl и M. Washington в глобальную модель климата, учитывающую состояние и атмосферы и океана, ввели уровни содержания CO_2 , вдвое превышающие современные, оказалось, что это может привести к таким изменениям в динамике летнего муссона в Южной Азии, последствия которых

в прежних моделях не представлялись столь серьезными.

Модельные расчеты, позволяющие связать и оценить разные аспекты динамики в системе океан — атмосфера, стали возможны только с появлением суперкомпьютеров, благодаря которым течение климатических процессов прогнозируется на длительный период.

Климатические параметры Meehl и Washington рассчитывали по модели атмосферы, имевшей горизонтальную сетку в 4.5° по широте и 7.5° по долготе; по вертикали модель содержала девять уровней, включая параметры облачности, влажности почвы и т. д. Глобальная модель океана имела жесткую сетку в 5° по широте и 5° по долготе; по вертикали она включала четыре слоя. Связующими параметрами между моделями атмосферы и океана служили температура поверхностных вод, тепловой поток, поступление пресных вод (за вычетом испарения) и давление ветра на океанскую поверхность.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1993. V. 74. N 7. P. 1460 (США).

Климатология

Климат Западной Сибири в XXI веке

Группа сотрудников Объединенного института геологии и геофизики Сибирского отделения РАН составила прогнозные сценарии ожидаемых ландшафтно-климатических изменений в Западной Сибири на первую половину будущего столетия. Они основаны на достаточно детальной хроностратиграфической последовательности геологических и палеогеографических событий прошлого и методе палеоклиматических аналогий.

Авторами принято, что изменения глобального климата существенно зависят от концентрации CO_2 в атмосфере, а величина этой концентрации в 2000, 2025 и 2050 гг. будет равна тем значениям, которые были характерны для климатических оптимумов голоцена, казанцевского (рисс-вюрмского, микулинского,

земского) межледникового и плиоцена.

Реконструкции природной среды этих оптимумов (обеспеченные палинологическими и другими данными, которые надежно привязаны к хронологическим срезам) используются как вероятные ландшафтно-климатические обстановки будущего. Исходя из этих палеогеографических реконструкций, которые включают карты-схемы растительности, климатограммы, палеотемпературные кривые, авторы рассчитывают предполагаемые отклонения температур от их современных значений для января и июля, а также отклонения от годовой нормы осадков.

Данным прогнозом подтверждается, что при глобальном антропогенном потеплении климата наиболее контрастные изменения должны проявиться в высоких широтах Субарктики за счет повышения среднегодовых температур до $6-7^{\circ}\text{C}$.

Выявляется важная тенденция в динамике климата. Для термических режимов потеплений в плиоцене и в межледниковые эпохи плейстоцена были характерны значительно более высокие зимние температуры (летние были близки к современным даже, вероятно, в плиоцене), следовательно, чем мягче будут в дальнейшем становиться зимние сезоны, тем сильнее станет сказываться приближение к климатическим условиям плиоцена: возвращение к незамерзающему Карскому морю, исчезновение тундры, деградация мерзлоты, расширение лесной зоны и, возможно, продвижение к северу лесостепей. К 2000 г. климат, сходный с климатическим оптимумом голоцена, станет мягче. В Заполярье среднегодовые температуры повысятся на $1-2^{\circ}\text{C}$. В степных районах потеплеют зимы, а летние сезоны, скорее всего, останутся без изменений. Количество осадков увеличится примерно на 100 мм и в северных и в южных областях Западной Сибири.

Таким образом, в случае антропогенного потепления авторы предсказывают устойчивую тенденцию к повышению температур зимних сезонов, а в связи

с этим — и общее смягчение сибирского климата в первой половине XXI в.

Тезисы Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. М., 1994. С. 17.

Экология

Северные леса: динамика биомассы

В августе 1993 г. в Опдале (Норвегия) прошла международная конференция «Климатические изменения и Арктика». Значительная часть ее была посвящена состоянию бореальных (северных) лесов Европы, Северной Америки и России.

Научный сотрудник экологической консультативной фирмы «Science and Policy» (Вашингтон, США) проанализировал общую картину динамики бореальных лесов. Согласно его расчетам, с 1920 по 1960 г. масса древесины увеличилась в четыре раза. Однако начиная с 60-х годов стал более интенсивным процесс отмирания растений (в значительной мере автор отнес это за счет кислотных дождей), повысилось количество вредителей, участились лесные пожары; в сочетании с активной вырубкой все это обусловило сокращение объема древесины. Начиная с 1976 г. масса бореальных лесов уже шла на убыль. Подобные изменения, по мнению автора, происходили параллельно с ростом концентрации CO_2 в атмосфере. Данные же о динамике древесной массы в умеренной и тропической зонах Земли, которыми располагает ООН, заметным образом не совпадают с ростом CO_2 в воздушной оболочке планеты. Отсюда сделан вывод о том, что на содержание CO_2 в атмосфере в первую очередь влияют именно бореальные леса.

Увеличение массы северных лесов в 1920—1960 гг. J. Bryant (Университет штата Аляска, Фэрбенкс, США) объясняет их возобновлением на ранее вырубленных площадях. Возможно также, что рост концентрации CO_2 в атмосфере

стимулировал ускоренное развитие растительности. Оппоненты утверждали, однако, что этот эффект нельзя считать доказанным.

Согласно оценке геофизика J. Sarmiento (Принстонский университет, штат Нью-Джерси, США), в период между 1920 и 1976 гг. вся растительность Земли поглотила около 35 млрд. т CO_2 .

Климатолог T. Wigley (Университет Восточной Англии, Норидж) считает, что начиная с 1976 г. общее количество CO_2 — поглощаемое Мировым океаном и присутствующее в атмосфере — сравнялось с его количеством, поступающим от всех источников. С этого времени растительность суши, очевидно, выделяет столько же CO_2 , сколько и поглощает.

Участники конференции отметили, что ответственные лица и государственные органы, принимающие решения относительно состояния природной среды, до сих пор не уделяли достаточного внимания роли бореальных лесов, которые, весьма вероятно, могли бы стабилизировать климат планеты. Между тем практически все страны Севера планируют расширение лесных вырубок.

New Scientist. 1993. V. 139. N 1890. P. 6 (Великобритания).

Климатология

Ночи теплеют сильнее, чем дни

На состоявшейся в сентябре 1993 г. в Колледж-Парке (штат Мэриленд, США) конференции, посвященной проблеме глобального потепления, обсуждались новые данные, согласно которым с 1950-х годов на суше большей части Северного полушария суточный минимум температуры поднимался втрое быстрее, чем максимум. Выступавшие указывали, что ночи ныне стали здесь в среднем теплее на 0.84°C , а дни — лишь на 0.28 . Подобная тенденция, видимо, распростра-

няется на все континенты и на все времена года.

Международная группа специалистов, которую возглавляют Т. Карл (Центр климатологических данных США) и J. Кула (Колумбийский университет, Нью-Йорк), обобщила данные по дневным и ночным температурам, полученные за 40 лет более чем от 2 тыс. метеостанций всего мира, включая СССР, Северную Америку, Европу, Австралию, Южную Африку. Почти во всем этом массиве информации, охватывающей более половины суши Северного полушария, отмеченная тенденция прослеживается весьма отчетливо.

Раньше динамику температур вычисляли по среднемесячным показателям, что приводило к сглаживанию резких контрастов в суточных данных, между дневным максимумом и ночным минимумом. Как установлено этой группой специалистов, расхождение в температурах выглядит однообразно по всей территории Северного полушария; на 60 % площади оно достигает значительных величин. Исключение составляют некоторые острова в Тихом океане, где подъем дневных температур идет равномерно с ночными. По Южному полушарию и акватории Мирового океана данных недостаточно, чтобы делать какие-либо выводы.

В ходе их исследований обнаружилось, что во многих районах, включая Европу и Северную Америку, плотность облачного покрова возрастала в ночное время вместе с потеплением. Авторы полагают, что главным регулятором ночных температур служит излучательное охлаждение подстилающей поверхности. В сохранении тепла почвы в ночное время особенно эффективен нижний слой облаков; днем же облачность затемняет поверхность земли от солнечных лучей. Рост облачности может быть вызван несколькими причинами: естественными, связанными с изменением океанической циркуляции или общеклиматическими колебаниями, а также искусственными, например, в связи с антропогенным загрязнением воздуха, способствующим образованию боль-

шего количества более плотных облаков. За последние десятилетия загрязненные дымки проникли в атмосферу на значительных пространствах Северного полушария — даже в глубины сельских районов, в полярные области Канады, Атлантики и Арктики. Возможно, что существующие модели недооценивают связанный с парниковым эффектом рост испарения с поверхности океана; если это подтвердится, то облачный покров над сушей окажется большим, чем ожидалось.

В целом специалисты признают, что наименее надежным показателем в математических моделях, описывающих общую циркуляцию атмосферы, является облачность. Не исключено, что существование мощной обратной связи в циркуляционных атмосферных процессах, связанных с парниковым эффектом, заставит переоценить в сторону уменьшения ожидаемые показатели глобального потепления. В этом случае подтвердилось бы мнение таких скептиков в отношении парниковой гипотезы, как климатолог R. Lindzen (Массачусеттский технологический институт в Кембридже, США).

Впрочем, нельзя исключить и просто ошибочность данных, на которых построены все эти заключения. На этом настаивает, в частности, специалист по историческим метеоданным D. Parker (Метеослужба Великобритании), указывающий на общезвестный «островной эффект»: в урбанизированных районах городские строительные материалы и дорожное покрытие днем накапливают тепловую энергию, а ночью отдают ее. Докладчики из международной группы возражают, отмечая, что они почти полностью устранили из рассмотрения температурные данные по населенным пунктам с численностью жителей свыше 10 тыс. чел.

Хотя все общепринятые модели показывают наиболее ярко выраженные за последние 50 лет потепление в Арктике, а наименьшее — в тропиках, в реальности дело обстоит наоборот. Никто не предлагает объяснение тому факту, что в большинстве районов Се-

верного полушария в середине XX в. температуры десятилетиями снижались в то самое время, когда выброс парниковых газов возрастал в наибольшей степени.

Складывается впечатление, что все глобальные модели климата попали ныне «в тосаду».

Bulletin of the American Meteorological Society. 1993. V. 74. P. 1007 (США).

Климатология

Высокая чувствительность атмосферы

Известный американский климатолог J. Hansen завершил анализ материалов, относящихся к извержению вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 г., и опубликовал свои новые заключения в этой области.

Согласно оценкам, это извержение сопровождалось выбросом в атмосферу примерно 20 млн. т SO_2 . Она образовала в земной стратосфере временную тонкую оболочку из аэрозоля серной кислоты, которая снизила количество тепловой энергии Солнца, достигающей поверхности Земли, приблизительно на 4 Вт/м^2 , или на 0,3 %. Влияние этой оболочки на глобальное потепление в период ее существования стало соизмеримо с парниковым эффектом.

Вслед за извержением Пинатубо средние температуры на Земле понизились на 0,3—0,4 °C, что совпадает с верхним пределом в прогнозах ряда климатологических моделей, описывающих тепловой баланс планеты. По-видимому, данный эпизод вулканической активности привел к самому крупному возмущению климата в нашем столетии.

Связанное с извержением Пинатубо похолодание в большей мере сказывается на климате высоких широт, при этом снижение температур ярче выражено в глубинных регионах континентов (что тоже нашло отражение в математических моделях).

Особого внимания заслуживает тот факт, что данные события свидетельствуют о весь-

ма большой чувствительности воздушной оболочки Земли к различным химическим и физическим изменениям, связанным хотя бы с незначительными вариациями ее теплового баланса.

С исчезновением порожденного извержением Пинатубо аэрозольного экрана в стратосфере (что должно произойти в ближайшие два года) ход глобальных температур, очевидно, вернется к прежней тенденции. Тогда, возможно, потепление вновь «возьмет свое», и в конце 90-х годов средние температуры на Земле могут повыситься.

New Scientist. 1993. V. 138. N 1878.
P. 7 (Великобритания).

Химия атмосферы

Самолетные выхлопы в верхней тропосфере

Специалисты по химии атмосферы со все большей тревогой говорят о влиянии на природную среду окислов азота, выбрасываемых при работе самолетных двигателей. В верхней тропосфере взаимодействие этих газов с другими соединениями приводит к образованию озона (подобно тому, как выхлопы наземного транспорта приводят к образованию смога). По мнению ряда ученых, присутствие в тропосфере озона способствует парниковому эффекту: согласно оценкам, озон ответствен в среднем за 18 % общего дополнительного прогрева тропосферы, причем в Северном полушарии эта величина может достигать 29 %. Существует предположение, что вблизи воздушных коридоров, наиболее интенсивно используемых авиацией (ширина каждого из них примерно 500 км), содержание озона возрастает на 5—15 %.

Окислы азота, выброшенные авиатранспортом, составляют всего около 3 % общего их количества, поступающего в среду при использовании ископаемых видов топлива. Однако U. Schumann (Институт по изуче-

нию воздушных и космических перевозок, Мюнхен, Германия) считает, что их роль в глобальном потеплении значительно превышает эту величину.

Причина состоит в том, что озон, образовавшийся в воздушных авиакоридорах, в условиях низких температур на высоте полета поглощает большое количество инфракрасной радиации, препятствуя ее уходу обратно в космическое пространство. E. Egli (Швейцарское управление по изучению химии атмосферы в Шафхаузене) утверждает, что «самолетные» окислы азота ответственны за 8 % совокупного парникового эффекта, создаваемого человеческой деятельностью. Следует иметь в виду, что за предшествующие 10—15 лет интенсивность воздушного движения возрастает, вероятно, во всем мире вдвое.

Авиа- и самолетостроительные компании решительно возражают против подобных высказываний, могущих нанести им материальный ущерб. Специалисты этих компаний утверждают, что в слое атмосферы, где проходят авиалинии, непосредственно над тропосферой, озон не удерживает тепловую энергию, а, наоборот, служит в основном щитом, отражающим солнечную радиацию вовне. Согласно их представлениям, окислы азота превращаются в азотную кислоту, которая, замерзая, образует полярные стратосферные облака; большая часть реакций, разрушающих озон в стратосфере, происходит, по-видимому, на поверхности ледяных кристаллов таких облаков.

Специалисты по химии атмосферы тем не менее считают, что самолетные выбросы окислов азота могут нести ответственность за то, что истощение озоносферы в Северном полушарии идет ныне со скоростью, превышающей прогнозы на основе моделирования.

Такая острая дискуссия в отсутствие убедительных данных привела наконец к тому, что известные авиакомпании «Эр Франс», «Люфганза», «Сабена» и «Острэн эйрлайнз» согласились установить на борту пяти принадлежащих им но-

вых аэробусов «А-340» автоматическое оборудование для регистрации в атмосфере озона и водяных паров. Начиная с апреля 1994 г. в течение по крайней мере полутора лет это оборудование будет делать замеры с интервалом всего 4 с. Эта программа, именуемая MOZAIC (Measurement of Ozone on Airbus In-service Aircraft — измерение озона на аэробусах в полете), финансируется Европейским Союзом, однако средства на обработку огромного массива ожидаемых данных пока еще не изысканы.

New Scientist. 1994. V. 141. N 1918.
P. 8 (Великобритания).

Охрана окружающей среды

Кислотное загрязнение атмосферы в США сокращается

Из опубликованного в 1993 г. отчета Геологической службы США, который составили ее научные сотрудники T. A. Cohn и W. G. Baier, следует, что концентрация сульфат-ионов в дождевой воде в период 1980—1991 гг. существенно сократилась в 26 из 33 пунктов наблюдения. Из общей сети станций сбора осадков, которая в США насчитывает около 200, были выбраны лишь те, где ряд наблюдений особенно обширен.

Установлено, что показатель pH значительно увеличился на 9 станциях из 33; на 16 станциях кислотность, напротив, возросла, но не настолько, чтобы оказать влияние на общую статистическую картину.

Можно полагать, что подобные изменения произошли вследствие вступления в силу закона о чистоте воздуха, принятого в США в 1970 г., и дополнений к нему от 1977 г. Этими актами был поставлен предел допустимых выбросов в атмосферу SO_2 , которая в воздушном пространстве образует сульфаты. Главным ее поставщиком являются ТЭС, работающие на богатом серой каменном угле.

С 1970 г. выброс SO_2

в атмосферу США упал на 30 %. Новые поправки к указанному закону, датированные 1990 г., предусматривают дальнейшее снижение выбросов. Теми же актами установлено сокращение на 10 % выбросов окислов азота, которые способствуют образованию в атмосфере нитратов — другого компонента кислотных дождей. Эти вещества появляются при работе как ТЭС, так и автомобильных двигателей.

Хотя концентрация нитратов в атмосфере сокращается, лишь в трех пунктах эта тенденция представляет собой статистически значимую величину.

Science News. 1993. V. 144. N 2. P. 22 (США).

Океанология

Морской планктон выделяет сернистый газ

В Университете Восточной Англии (Норидж) при финансовой поддержке Исследовательского совета по изучению состояния окружающей среды Великобритании исследовался процесс выделения сернистого газа планктоном Северного моря.

Было установлено, что из моря в атмосферу поступают значительные объемы сернистого газа, который способствует образованию кислотных дождей. Больше всего этот газ выделяется весной и ранним летом, и тогда кислотные дожди наиболее часто выпадают на территории западной Шотландии, Ирландии и Скандинавии, где сравнительно мало промышленных объектов.

Как считает руководитель этих исследований P. Liss, частицы сульфатов (продукты распада планктона) играют весьма важную роль в процессах образования облаков над обширными пространствами Мирового океана и в Южном полушарии.

Environmental Science and Technology. 1994. V. 28. N 1. P. 95 (Великобритания).

Климатология

Кризис идей управления климатом

Несколько лет назад R. Cicerone (ведущий сотрудник Университета штата Калифорния, Ирвин, США) для предотвращения образования в атмосфере озонных дыр предложил ежегодно зимой выпускать в воздушное пространство около 50 тыс. т пропана (C_3H_8). По замыслу автора, этот газ должен захватывать хлор, образуя в стратосфере якобы безвредный для озона хлористый водород. Подобная операция обходилась бы примерно в 100 млн. долл. в год. Однако угроза расширения озонных дыр с их тяжелыми последствиями для биосферы Земли вынуждает идти на такие расходы, по крайней мере до той поры, пока не начнут сказываться принятые в большинстве стран законы, ограничивающие и даже запрещающие производство и использование хлорфторуглеродов, разрушающих озон. А это должно произойти лишь в середине следующего века.

Однако недавние исследования в области химии атмосферы породили серьезные сомнения в целесообразности такого прожжета. Были обнаружены ранее неизвестные химические реакции в стратосфере, которые способны воспрепятствовать желаемому эффекту от использования пропана. Выяснилось, что в верхней атмосфере хлористый водород быстро разлагается, высвобождая хлор. Сам автор предложения признал неприменимость своей идеи на годичной конференции Американской ассоциации развития науки, состоявшейся в феврале 1994 г. в Сан-Франциско.

Другая неудачная попытка воздействовать на глобальные климатические процессы относится к вызывавшему и ранее дискуссии предложению, которое выдвинул J. Martin (Мосс-Лендингская морская лаборатория в Калифорнии).

Известно, что в поверхностном слое Мирового океана содержатся весьма малые концентрации железа. Между тем

именно этот элемент необходим для жизнедеятельности фитопланктона — микроскопических водорослей, которые путем фотосинтеза активно поглощают из атмосферы CO_2 . По идее Мартина, следует добавлять железо в воды океана, чтобы резко стимулировать рост фитопланктона и тем самым изымать из атмосферы значительные количества этого газа, снижая его отрицательное воздействие на климат. Железо надо вносить в зонах даунвеллинга, где идет погружение поверхностных вод на глубину: тогда поглощенный фитопланктоном углекислый газ на весьма длительный срок отправится на «хранение» в придонные слои воды.

Автор этого предложения недавно скончался, но его коллеги из Дьюкского университета (Дарем, штат Северная Каролина, США) провели соответствующий эксперимент в Тихом океане, у берегов Галапагосских о-вов. Результаты эксперимента, которым руководил R. Barber, оказались неоднозначными. Насыщение вод железом действительно вызвало бурный рост фитопланктона, однако вслед за этим быстро размножился питающийся им зоопланктон. Надежды на крупномасштабное и долгосрочное изъятие CO_2 из атмосферы, таким образом, не оправдались.

При обсуждении подобных проектов многие ученые подчеркивают, что любой метод воздействия на климат требует не только научной, но и юридической проработки, поскольку неясно, кто должен нести ответственность за возможные крайне нежелательные побочные эффекты при попытках такого воздействия.

New Scientist. 1994. V. 141. N 1914. P. 13 (Великобритания).

Климатология

Оптические свойства облаков влияют на климат

Большинство климатологических моделей предсказывает общее потепление на 2—4 °С при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере, при этом гло-

бальное потепление, связанное с парниковым эффектом, должно сказываться в первую очередь на приполярных регионах Земли. Однако данные наблюдений пока этого не подтверждают. Очевидно, необходим учет неких сопутствующих потеплению факторов, которые способны изменить эти оценки. В частности, на климат могут влиять оптические характеристики облаков, усиливая или ослабляя потепление.

Группа американских ученых из Института космических исследований им. Годдарда НАСА и Колумбийского университета, участвующая в международном проекте изучения облачного покрова со спутников (International Satellite Cloud Climatology Project), обратила внимание на то, каким образом изменения в количестве солнечной радиации, отражаемой обратно во внешнее пространство облаками, могут сказываться на интенсивности парникового потепления.

Влияние облаков на климат определяется соотношением двух факторов: отражением солнечной радиации (охлаждающий эффект) и поглощением теплового излучения Земли (повышение температуры); в среднем преобладает первый фактор, при этом, однако, остается невыясненным вопрос о влиянии облаков при наличии в атмосфере примесей газов, поглощающих тепловое излучение.

Авторы различных климатологических моделей хотя и включали в них фактор облачного покрова, однако чаще всего игнорировали вариации их отражательной способности, полагая, что повышение температуры усиливает облачность в одинаковой степени повсеместно. Это приводило к отрицательной обратной связи, «тормозящей» потепление.

Данные, полученные группой американских ученых, которыми руководил G. Tselioudis, говорят о существовании положительной обратной связи: при высоких температурах отражательная способность облаков падает, вызывая потепление; интенсивность этого процесса зависит от времени года, географической широты и места на суше или на море. Для оценки влияния положительной обратной связи

исследователи использовали радиационно-конвективную модель. Было обнаружено, что в низких широтах положительная обратная связь действует сильнее. Следовательно, в экваториальных областях потепление должно по величине превышать тот парниковый эффект, который прогнозировался для полярных областей, и различия в глобальном повышении температур с широтой должны сокращаться.

Очевидно, климатологическим моделям предстоит стать еще более сложными, чем практиковалось до сих пор.

Nature, 1994. V. 366. N 6456. P. 670 (Великобритания).

Физика атмосферы. Техника

Самолет-лаборатория для исследования облачности

В августе 1993 г. Национальный центр США по исследованию атмосферы пополнил свой парк самолетов-лабораторий четырехмоторным турбовинтовым самолетом «С-130Геркулес» фирмы «Локхид», приобретя его у министерства обороны (такие самолеты широко применяют для научных целей ВВС США, Национальное управление США по авионавигации и исследованию космического пространства, Национальный научный фонд и Королевские ВВС Великобритании).

Этот самолет-лаборатория нового типа способен нести в 2,4 раза больше научно-исследовательской аппаратуры, совершать полеты в 1,7 раза дальше, а подниматься на треть выше, чем ныне используемые самолеты-лаборатории типа «Электра» той же фирмы «Локхид».

Предполагается, что «С-130 Геркулес» будет целенаправленно изучать облачные системы над океаном, которые играют весьма существенную роль в общей циркуляции атмосферы Земли. Самолет оснащен целым комплексом измерительной аппаратуры, включая приборы-ловушки атмосферной пыли, спектральные радиометры, ра-

дар, работающий в миллиметровом диапазоне, доплеровский лидар, датчики параметров воздушных потоков и т. д. Обширная информация, получаемая от столь разнообразных приборов, позволит сформировать банк данных для более глубокого понимания процессов, протекающих в облаках над океаном, а также в воздушных слоях, пограничных со стратосферой, т. е. исследовать процессы в отдаленных облачных системах, слежение за которыми неэффективно с помощью наземных радаров.

В недалеком будущем Национальный центр США по исследованию атмосферы предполагает довести парк самолетов-лабораторий «С-130 Геркулес» до 10 машин.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1993. V. 74. N 10. P. 1942 (США).

Океанология

Скорости перемешивания океана

Группа американских исследователей провела первые прямые измерения скорости перемешивания океанских вод в верхней километровой толще, установив, что этот процесс протекает здесь довольно медленно. Полученные оценки имеют исключительно важное значение для понимания ряда глобальных закономерностей: продуктивности океанских вод, динамики биогенных элементов в поверхностном слое океана, кругооборота парниковых газов, скорости распространения загрязняющих веществ и др.

Работы велись в Северной Атлантике с использованием трассеров — нетоксичных примесей (обычно флуоресцирующих веществ), обнаруживаемых в очень малых концентрациях. Этот эксперимент по динамике трассеров (The North Atlantic Tracer Release Experiment), финансируемый Национальным научным фондом США, является частью международного эксперимента WOCE (The World Ocean Circulation Experiment — эксперимент по циркуляции Мирово-

го океана), цель которого, как известно, состоит в сборе и накоплении базы данных по Мировому океану для последующей выработки долгосрочного строгого климатического прогноза.

Руководит экспериментом по динамике трассеров J. Ledwell (Вудсколский институт океанографии, США). Вместе с группой сотрудников он картировал динамику нетоксичного инертного трассера, контейнер с которым был открыт на глубине около 330 м в 700 милях к западу от Канарских о-вов.

Зафиксировано быстрое его распространение вширь в пределах термоклина, что подтвердило ранее сделанные заключения о том, что перемешивание по глубине протекает в этом слое намного медленнее. Горизонтальные полосы от трассера образовали пятно, вертикальные размеры которого составляли около 18 м. Шесть месяцев спустя пятно расширилось по вертикали до 45 м, наряду с этим произошло формирование нескольких полосообразных структур длиной в сотни миль при ширине приблизительно в 5 миль. Год спустя пятно достигло ширины уже в несколько сот миль, но при этом трассер диффундировал на глубине менее 75 миль.

Планируются новые эксперименты по определению скорости вертикального перемешивания водных масс на глубинах до 4000 м в других районах Мирового океана.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1993. V. 74. N 11. P. 2240 (США).

Океанология

Подъем уровня Мирового океана — новые оценки

На заседании Геологического общества Америки в октябре 1993 г. геологи Университета штата Огайо и Американского музея естественной истории представили расчеты, которые показывают, насколько значительный вклад в подъем уровня Мирового океана вносят активная вырубка лесных массивов, осушение болот, истоще-

ние водоносных пластов. В результате всех этих антропогенных актов происходит постепенная «утечка» вод суши в океан. Геолог D. Sahagian указывает, что на протяжении будущих 50 лет уровень океана поднимется на 26 мм, т. е. будет повышаться на 0.5 мм в год. По современным аргументированным и общепринятым оценкам, ежегодный подъем уровня Мирового океана составляет 1.5 мм.

Согласно расчетам университетских геологов, наиболее значимый вклад в общий подъем уровня океана вносит массовая вырубка лесов: 7 мм за последние 50 лет.

Environmental Science and Technology. 1994. V. 28. N 1. P. 12A (США).

Океанология

Необычное развитие феномена Эль-Ниньо

С интервалом в четыре — семь лет в экваториальной части Тихого океана и в атмосфере над ней создаются условия, именуемые Эль-Ниньо — Южная осцилляция, для которых характерно образование больших масс необычно теплой морской воды и аномальное расположение областей высокого и низкого давления. При обычных обстоятельствах пассаты и морские течения в этой части Тихого океана движутся от Американского континента в сторону Азии, но по неизвестным причинам этот порядок иногда нарушается, ветры и течения меняют направление на обратное, и теплые поверхностные воды устремляются на восток, неся с собой обильные осадки.

Эль-Ниньо наступает, как правило, в конце года (около Рождества — отсюда и его название, по-испански означающее «ребенок»), длится примерно один год, сопровождаясь катастрофическими последствиями для побережья Южной Америки: штормы и оползни в обычно безводных районах Перу и Эквадора, «великая сушь» на северо-востоке Бразилии; обнаружены и глобальные следствия Эль-Ниньо: необычные ливневые осадки в Японии, жестокая засу-

ха в Южной Африке, лесные пожары в штате Новый Южный Уэльс (Австралия), бурные наводнения, охватившие часть Англии в декабре 1993 — январе 1994 г. и т. д. Таким образом, Эль-Ниньо играет погодо- и климатообразующую роль, которая сказывается более чем на половине территории нашей планеты. Наиболее интенсивным за все текущее столетие было Эль-Ниньо 1982—1983 гг., когда от засухи и голода погибли многие тысячи людей в Африке, а убытки от потери урожая, лесных пожаров и прочего ущерба составили миллиарды долларов.

Среди математических моделей, описывающих характерные для Эль-Ниньо — Южной осцилляции процессы, ближе всего к истине оказалась модель, которую создали сотрудники Колумбийского университета в Нью-Йорке S. Cane и S. Zebiak. Она безошибочно прогнозировала (с заблаговременностью 1 год) приход Эль-Ниньо в 1986—1987 гг. Столь же справедливо она предсказала, что в следующий раз это явление будет наблюдаться не в 1990 г., как утверждали многие специалисты, а в 1991 г. Однако на сей раз не произошло своевременного возвращения в исходное состояние: в самом конце 1993 г. температура поверхностных вод Тихого океана все еще оставалась на 1.5 °C выше нормы; в районе, где Международная линия смены дат пересекает экватор, она достигала даже 30 °C. Правда, нечто похожее наблюдалось во время Эль-Ниньо 1911—1914 и 1939—1942 гг., однако столь длительно этот процесс еще никогда не тянулся за все время наблюдений, насчитывающее более столетия.

Впрочем, одна из многочисленных математических моделей Эль-Ниньо не исключала, что на этот раз оно охватит и весь 1993 г. Модель разработана коллективом Национального управления по изучению океана и атмосферы США (NOAA) с использованием новых океанографических и метеорологических данных, которые были получены приборами, размещенными на буйях в Тихом океане в соответствии с международной программой TOGA (Tropical Ocean — Global Atmosphere).

Тем не менее в июле 1993 г. появились наконец первые свидетельства, что нынешнее Эль-Ниньо идет на убыль. Хотя направление, сила ветров и атмосферное давление к этому времени еще не вернулись к норме в тропических областях Тихого океана, специалисты из Центра климатологического анализа Метеослужбы США во главе с V. E. Kousky выдали осторожный прогноз, согласно которому этот тяжелый для окружающей среды период близится к завершению. Однако Сапе в декабре 1993 г. на конференции Американского геофизического союза в Сан-Франциско отметил, что, по его данным, поверхностная температура вод центральной и восточной частей Тихого океана продвигается примерно на том же высоком уровне еще по крайней мере несколько месяцев, осадки же в северо-восточной Бразилии возобновятся лишь с середины 1994 г.

New Scientist. 1994. V. 141. N 1908. P. 9 (Великобритания); Science News. 1993. V. 143. N 4. P. 53; V. 144. N 11. P. 172 (США)

Планетология

Почему Земля не замерзла в архее!

Согласно теории эволюции звезд, в начале существования Солнечной системы светимость Солнца была меньше современной. Вычисления показывают, что в архейскую эру, около 4 млрд. лет назад, интенсивность его свечения составляла всего лишь 70 % нынешней. Однако геофизики утверждают, что и в этот период вода на Земле присутствовала в жидком виде. В противном случае общее полное оледенение препятствовало бы, в частности, зарождению жизни на Земле¹. Распространенная ныне гипотеза объясняет этот парадокс тем, что атмосфера молодой Земли содер-

жала в 1000 раз больше CO₂, чем сейчас.

Иное объяснение выдвинула группа сотрудников Национального центра атмосферных исследований США в Боулдере (штат Колорадо), которую возглавляет G. S. Jenkins. С помощью сверхмощной ЭВМ они построили математическую модель общей циркуляции атмосферы, впервые описывающую столь ранний этап эволюции климата нашей планеты. При этом основное внимание уделялось вопросу, какое влияние на глобальный климат оказывают скорость вращения Земли и распределение на ее поверхности крупных масс суши.

Известно, что с течением времени скорость вращения планеты вокруг своей оси замедлялась под воздействием приливного трения — потери энергии в связи с колебаниями вод Мирового океана, вызываемыми тяготением Луны. Наряду с этим начинался рост площади континентов, объясняемый мощными вулканическими извержениями и тектоническим столкновением дрейфующих плит земной коры. Ученые воспроизвели климатические условия той отдаленной эпохи, когда длительность суток на Земле не превышала 12 ч, а континенты еще практически отсутствовали.

Оказалось, что в этом случае на планете преобладали сравнительно мелкомасштабные циркуляционные системы, располагавшиеся ближе к экватору. При таких условиях мощность облачного покрова была примерно на 20 % ниже современной. Незначительный облачный покров слабо препятствовал проникновению солнечных лучей к земной поверхности, что и вело к общему потеплению. Малая площадь суши тоже способствовала повышению температуры, поскольку воды океана поглощают больше солнечной энергии, чем континенты. Оба эти фактора, взятые вместе, давали рост температуры на 5—6 °С. Порозы ни быстрое вращение Земли, ни почти сплошная ее водная поверхность не смогли бы обусловить столь сильное потепление, при котором Мировой океан оставался бы незамерзшим, а в совокупности они впол-

не могли сыграть существенную роль в формировании теплого климата, остальное же было связано с наличием в атмосфере CO₂, но не в столь больших количествах, как полагали до сих пор.

Площадь суши и скорость вращения Земли действительно, считает J. F. Kasting (Университет штата Пенсильвания, Университет-Парк, США), были существенными факторами формирования теплого климата в архее, однако, по его мнению, концентрация CO₂ в атмосфере тогда в 30—300 раз превышала ее сегодняшний уровень.

Journal of Geophysical Research. 1993. May; Science News. 1993. V. 143. N 24. P. 373 (США).

Геофизика

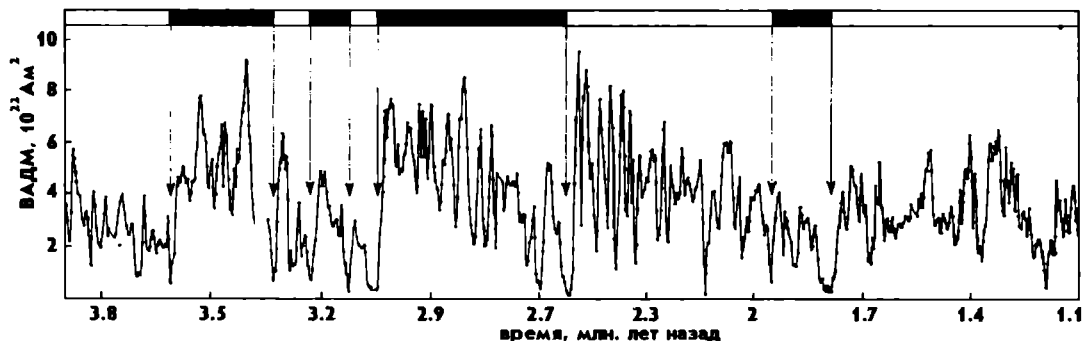
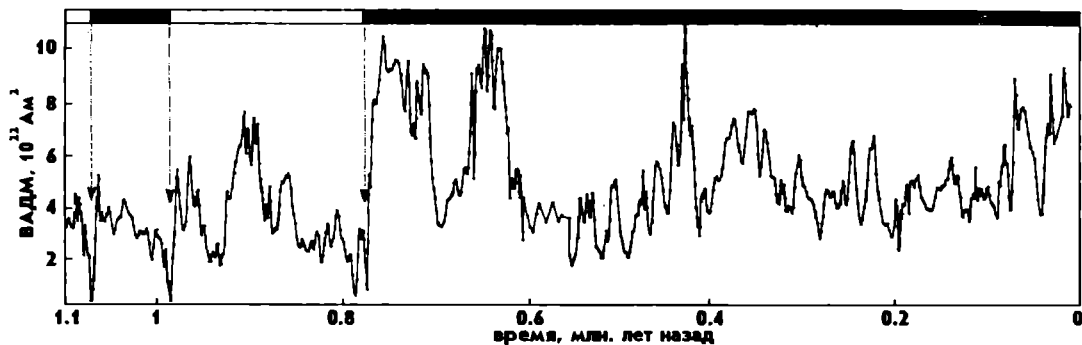
Интенсивность геомагнитного поля за последние 4 млн. лет

На основе совокупности палеомагнитных данных, полученных при глубоководном бурении в экваториальной зоне Тихого океана, J.-P. Valet и L. Meunadier (Институт глобальной физики в Париже) построили новую шкалу временной зависимости интенсивности земного магнитного поля. Предварительно был вычислен виртуальный аксиальный дипольный момент (ВАДМ) Земли, т. е. такой момент, который был бы у магнитного диполя, приблизительно описывавшего земное магнитное поле. Предуказанная палеомагнитная шкала¹ включала в себя только моменты переполюсовки магнитного поля Земли. Новая шкала в общих чертах согласуется со старой, но при этом не только уточняет моменты переполюсовки, но и дает временной ход величины дипольного магнитного момента Земли.

В полученной сложной временной зависимости авторы отмечают вариации магнитно-

¹ См. также Бялко А. В. Великое столкновение: геофизические следствия // Природа. 1994. № 3. С. 39—47.

¹ Cox A. Dalrymple G. B. Earth Planet // Science Letters. 1967. V. 3. P. 173.



Относительные вариации дипольной интенсивности геомагнитного поля за последние 4 млн. лет. Темные полосы соответствуют интервалам нормальной полярности, светлые — обратной; моменты переполюсовки показаны стрелками.

го поля с частотами, близкими к частотам модуляции климата, которые, согласно теории Миланковича, вызваны астрономическими вариациями эксцентриситета земной орбиты и угла наклона земной оси (40 и 100 тыс. лет). После фильтрации этих относительно высокочастотных вариаций оказывается, что интенсивность магнитного поля ведет себя следующим образом: магнитное поле флуктуирует с периодом около 400 тыс. лет, но при этом оно в среднем нарастает вплоть до момента, когда происходит изменение его полярности. Такие переполюсовки происходят весьма быстро с характерными временами порядка всего лишь 1 тыс. лет, характерное же время нарастания интенсивности поля оказывается намного большим — от 0.5 до 1 млн. лет.

Авторы детально не конкретизируют возможные физические причины, приводящие к полученному ими «пилообразному» виду временной зависимости земного магнитного поля, и не пытаются интерпретировать обнаруженные характерные периоды.

Nature, 1993. V. 366. N 6452. P. 234—238 (Великобритания).

Астрофизика

Что ожидает Солнце и Землю!

Около полувека назад было установлено, что светимость Солнца постепенно, но неуклонно возрастает, и ныне она на 30 % выше, чем в начале его существования — 4.5 млрд. лет назад. Очевидно, в будущем Солнце, резко увеличив свои размеры, превратится в звезду типа красный гигант.

Ныне астрономы J. Sackmann, K. Kraemer (Калифорнийский технологический институт,

Пасадена, США) и A. Boothroyd (Торонтский университет, Канада) построили математическую модель, описывающую эволюцию Солнца от момента его рождения до настоящего времени, а затем экстраполировали полученные данные на будущее. Согласно такой экстраполяции, яркость Солнца в предстоящие 1.1 млрд. лет возрастет на 10 %. Земля окажется на пороге влажной парниковой катастрофы, которую еще несколько лет назад предсказывал J. Kasting (Пенсильванский университет, Филадельфия, США).

Модель Кастинга предусматривает, что глобальное повышение температуры резко увеличит массу водяных паров в стратосфере. Поскольку пары обладают парниковым эффектом, произойдет дальнейшее потепление. Однако ему будут частично противостоять другие процессы. Так, в верхних слоях атмосферы ультрафиолетовое излучение Солнца вызовет диссоциацию молекул воды и образование больших масс кислорода и водорода. Легкий водород будет активно уходить из воздушной оболочки Земли в кос-

мическое пространство, в результате чего количество воды на нашей планете постепенно сократится.

Эта модель, однако, не учитывает роли облачного покрова, который в определенной мере противостоит поступлению тепловой энергии от Солнца. С другой стороны, согласно данному прогнозу, после того как светимость Солнца 3.5 млрд. лет спустя возрастет по сравнению с нынешней на 40 %, океаны отдадут в атмосферу такое количество водяных паров, что благодаря парниковому эффекту полностью испарятся все моря и океаны. В итоге Земля превратится в некое подобие современной нам Венеры с ее сухим и жарким климатом.

Sackmann со своими коллегами согласна с моделью Кастинга в отношении ближайших 4.8 млрд. лет; к тому времени Солнце исчерпает запасы водорода в своих центральных областях и превратится в красного гиганта. В течение следующих 6.4 млрд. лет будет выгорать водород, содержащийся в оболочке вокруг солнечного ядра, затем возгорится гелий в самом ядре — с этого момента яркость Солнца возрастет примерно вдвое по сравнению с нынешней. Следующие 1.3 млрд. лет Солнце будет медленно расширяться, пока его диаметр в 170 раз не превзойдет нынешний (а значит, этот красный гигант поглотит планету Меркурий). Вслед за стабильной паузой продолжительностью около 110 млн. лет Солнце начнет очень быстро расширяться, и за 20 млн. лет его поверхность достигнет орбиты Земли. Светимость его будет в 5200 раз выше нынешней.

Спасением для нашей планеты может оказаться интенсивная потеря Солнцем его массы по мере старения. В модели Sackmann впервые учитывается и этот фактор: к концу этапа расширения, приводящего к поглощению Меркурия, Солнце сохранит не более 72.5 % современной массы; расширение вплоть до земной орбиты будет означать потерю до 59.1 %.

Этому, естественно, будет сопутствовать ослабление сил тяготения Солнца, что позволит

планетам отойти от него на большие расстояния: Венера удалится на 1.22 а. е., а наша планета — на 1.69 а. е. (напомним, что 1 а. е. равна 150 млн. км — современному расстоянию Земли от Солнца). Таким образом, орбита Земли будет проходить примерно там, где сегодня находится орбита Марса. Но и на такой дистанции температура на Земле поднимется до 1600 К, когда плавятся каменные породы.

В дальнейшем, сжимаясь до состояния белого карлика, Солнце потеряет еще небольшое количество своей массы. Это даст возможность Венере и Земле отойти от него на расстояния соответственно в 1.34 и 1.84 а. е., и тогда на обеих планетах, вращающихся вдали от «сжевшего» светила, наступят жесточайшие заморозки.

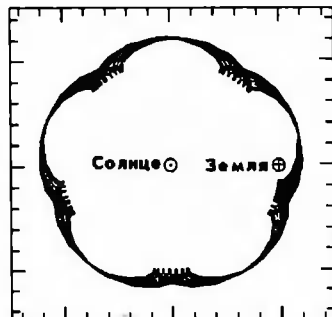
New Scientist. 1994. V. 142. N 1919.
P. 18 (Великобритания).

Планетология

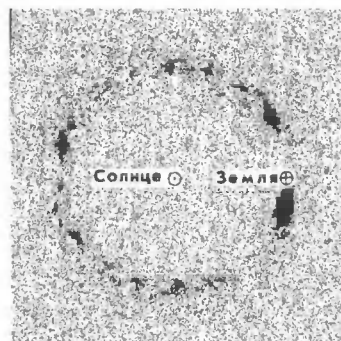
Пыль на орбите Земли и асимметрия зодиакального света

В численных экспериментах, описывающих орбитальное движение космической пыли вокруг Солнца, группа американских ученых из Университета штата Флорида (S.F. Dermott, S. Jayaraman, Y. L. Xu, B. A. S. Gustafson, J. C. Liou) обнаружила, что значительную долю времени пылинки проводят в резонансном захвате их Землей, что приводит к появлению кольца повышенной концентрации пыли около земной орбиты. При этом вблизи самой Земли плотность пыли в кольце оказывается заметно асимметричной: позади нашей планеты она выше, чем впереди нее. Эту асимметрию зодиакального света удалось обнаружить при спутниковых наблюдениях.

Зодиакальный свет легко наблюдается в тропических широтах в виде свечения неба вблизи эклиптики — плоскости земной орбиты (которая проецируется на зодиакальные созвездия). Объяснение этого явления известно давно: солнечный свет рассеивается многочисленными пылевыми частицами, которые об-



Траектория пылевой диаметром 12 мкм, захваченной в резонанс 5:6 с орбитальным движением Земли. Схема дана в системе координат, вращающейся вокруг Солнца с угловой скоростью, равной угловой скорости Земли (планета почти неподвижна в такой системе отсчета).



Структура гелиоцентрического кольца пылевых частиц во вращающейся системе отсчета по результатам численных расчетов. Разрешение 0.04x0.04 а.е. Пик плотности в сгустке позади Земли на 10% выше средней фоновой плотности пыли.

ращаются вокруг Солнца. Концентрация пыли вблизи эклиптики максимальна, что неудивительно, поскольку Солнечная система, можно сказать, плоская: наклон орбит всех ее тел невелик.

В 1983 г. со спутника «IRAS» было обнаружено несколько областей пыли вблизи плоскости эклиптики, начиная с пояса астероидов между 2.2 и 3.3 а.е. от Солнца. Это открытие привело к следующим представлениям об источниках пылинок и их судьбе. Есть космическая пыль галактического и кометного происхождения, но значительная часть пыли

образуется при столкновениях многочисленных астероидов, обращающихся между Марсом и Юпитером. Вещество, конденсирующееся в пылинки, при каждом столкновении выбрасывается из кратера, который остается на поверхности большего из астероидов.

Далее эти пылинки движутся по самостоятельным орбитам вокруг Солнца, но их движением управляет не только гравитация. На малые пылинки воздействует солнечный свет, а также протоны солнечного ветра; их действие выражается тормозящей силой Пойнтинга–Робертсона, пропорциональной поверхности пылинки и ее скорости. В результате пылинки движутся по спиралям, каждая из них постепенно приближается к Солнцу. Чем меньше размер пылинки, тем короче время ее жизни. Для силикатной пылинки размером 12 мкм время сближения с Солнцем от земной орбиты составляет примерно 40 тыс. лет.

Для рассеяния наиболее существенны те частицы, размер которых сравним с длиной волны света: частицы много меньшего размера практически не рассеивают свет, а с ростом размера их число быстро убывает. Точные расчеты движения таких пылинок вскрыли еще одно необычное явление. Оказывается, приближение пылинок к Солнцу может на

значительное время (до 8 тыс. лет) задерживаться около Земли при их попадании в резонанс с ее обращением. При этом торможение светом (максимальное вблизи перигелия пылинки) компенсируется ускорением земного притяжения около афелия. В результате частица перемещается так, что ее положение относительно Земли и Солнца периодически повторяется.

Более того, распределение плотности пыли в этом кольце обнаруживает заметную асимметрию: на расстоянии 0.2 а.е. позади Земли концентрация пыли имеет максимум примерно на 10% выше средней плотности, впереди же Земли плотность пыли в кольце лишь незначительно выше средней.

Это означает, что зодиакальный свет тоже должен быть слегка асимметричным, что и подтвердили его наблюдения. Анализ данных спутника «IRAS» показал, что поток зодиакального света с «хвостового» по орбите направления действительно оказался на 3–4% выше, чем с головного. По измерениям на длине волны 25 мкм средний поток зодиакального света равен $8 \cdot 10^{-19}$ Вт·м⁻²·Гц⁻¹.

Следствием захвата частиц в наиболее эффективные резонансы 5:6 и 6:7 является то, что область вблизи земной орбиты становится более населенной ко-

смической пылью, чем плоскость эклиптики в среднем. К сожалению, авторы работы о пылевом кольце вдоль земной орбиты не привели оценки концентрации космической пыли, ее массы и потока этой массы к Солнцу. Сделать эти оценки достаточно трудно как по наблюдениям зодиакального света (неизвестно распределение пылинок по массам), так и по генерации пыли в кольце астероидов (их движение настолько сложно, что вероятности столкновений не удается достоверно оценить).

Ввиду небольшого эксцентриситета земной орбиты планета периодически сближается с отстающим от нее сгустком пыли. Это происходит ежегодно в сентябре–октябре. Поэтому в осенний сезон асимметрия зодиакального света наибольшая. По-видимому, осенью максимален и захват космической пыли земной атмосферой.

Кольца, подобные околоземному, должны, по расчетам авторов, возникать также на орбитах Марса и Венеры. Меркурий не формирует пылевого кольца, возможно, вследствие относительно большого эксцентриситета ($e=0.20$) своей орбиты.

Nature. 1994. V.369. N 6483. P.719
(Великобритания)

Солнце — Земля: клубок гипотез

А.В. Бялко

ЭТИ РАЗМЫШЛЕНИЯ по поводу прочитанного несколько выходят за рамки сравнительного обсуждения предшествующих статей.

«Прочитанного» — сказано не вполне точно: поскольку это редакторская статья, то она отражает (иногда предоммляет) не только содержание статей, но и их отбор. Кроме того, комментарии относятся не только к блоку новостей по климату и погоде Земли, но и к предшествующей подборке по гелиобиологии. Обратимся сначала к этой, главной теме номера — солнечно-земным связям — в их сравнении с климатологией.

СХОДСТВО (ИЛИ ЕДИНСТВО?) КЛИМАТОЛОГИИ И ГЕЛИОБИОЛОГИИ

Редакция довольно жестко проводила отбор статей по космическо-биологической тематике: публикуется лишь примерно половина из материалов, представленных организаторами прошедшего осенью 1993 г. в Пущине международного симпозиума «Космофизические флуктуации в биологических и физико-химических процессах» (как, однако, «непричесанно» звучит слово «космофизические»). Кроме того, в процессе редактирования сделана некоторая коррекция изначально более категоричных утверждений авторов этой подборки: от «очевидно» — к «возможно». Причины сокращений и коррекции в какой-то мере ясны из вводных статей

руководителей симпозиума С.Э.Шноля (с.3) и Б.М.Владимирского (с.9): аргументация большинства авторов в пользу сильной зависимости биосферы от уровня солнечной активности и вариаций земного магнитного поля пока, увы, не всегда выдерживала строгую критику.

Это печальное обстоятельство нельзя, однако, поставить в вину этому направлению, оно – следствие недостатка доступной информации о явлениях на Солнце и на Земле (особенно в прошлом) и слабости теоретических представлений о природе солнечной активности и земного магнетизма. В то же время редакция считает неверной позицию уподобления «страусу» (в кавычках – потому, что настоящие страусы не имеют странной привычки прятать голову в песок) – нельзя игнорировать данное направление на том основании, что оно не похоже на другие естественные науки. Оно, если вникнуть, не так уж и непохоже. В частности – на климатологию.

Во-первых, динамика климата, магнитного поля Земли и биосферы планеты, каковы бы ни были конкретные механизмы их взаимодействия, определяется одними и теми же движущими силами: это само Солнце (его активность, т.е. изменчивость его излучения) и движение планет Солнечной системы. Утверждение же о взаимной зависимости этих двух источников пока сомнительно, как вследствие неточности и неполноты совпадений характерных периодов, так и из-за отсутствия теоретически обоснованного механизма (к этому вопросу мы еще вернемся).

Во-вторых, и источники воздействия (Солнце и планеты) и результирующие отклики (геомагнитное поле, содержание радиоактивного углерода в земной атмосфере, изменчивость геологических отложений и развитие биосферы Земли) в первом приближении обладают схожими спектрами (фурье-преобразованиями временных зависимостей) – это так называемый красный шум: спектральная плотность с понижением частоты в среднем значительно нарастает. Примеры таких спектров приведены в статье В.А.Дергачева «Радиоуглеродный хронометр», («Природа». 1994. N1. С. 3), которая также была представлена на Пушинском симпозиуме. Образуя говоря, спектр красного шума означает следующее: чем реже случается событие, тем статистически оно оказывается сильнее. И во всей Вселенной взрывы сверхновых – редкие (раз в миллиарды лет далеко не для каждой звезды), но самые мощные события.

На общем фоне красного шума в спектрах всех упомянутых эффектов проявляются отдельные пики на характерных частотах. Так, для климата и орбитального движения Земли установлены общие особенности на частотах, обратных периодам 21, 40 и 100 тыс. лет, но однозначного соответствия между климатом и вариациями земной орбиты, по-видимому, нет.

В-третьих, некоторые из анализируемых зависимостей от времени действительно проявляют прямое соответствие – сильную корреляцию или антикорреляцию. В таком случае их взаимозависимость можно считать установленной, даже если остаются сомнения в непосредственном механизме связи. Так, для солнечной активности и радиоуглерода земной атмосферы установлена однозначная антикорреляция (они изменяются в противофазе) – поэтому совпадают и их характерные периоды 11, 88, 207-208 и 2240-2270 лет (Дергачев). К сожалению, неизвестно, продолжается ли такое поведение спектра для более длительных времен, а теоретическое объяснение эффекта, увы, далеко от совершенства. Отметим все же, что наиболее продолжительные из упомянутых периодов солнечной активности оказываются заметны и для наиболее коротких периодов изменчивости климата (см. например, заметку «Палеоклимат по озерным осадкам», с.31). К сожалению, для подавляющего большинства явлений в системе Солнце – Земля общность характерных частот достоверно установить не удается, хотя намеки на это вы встретите в подборке, – например, утверждения классика гелиобиологии А.Л.Чижевского о проявлении 11-летнего цикла в погодных и экономических явлениях сегодня не рассматриваются как достоверные.

В-четвертых, современные представления о погоде и климате также во многом внутренне противоречивы (впрочем, это уже общность совсем с другой, «плохой» стороны). Посмотрим под углом сравнения научной доказательности на подборку новостей по прошлому и настоящему климату Земли. Оставим в стороне противоречия в анализе только что полученных материалов (см. «Реконструкция палеоклимата по отложениям Гренландии – разногласия палеоклиматологов» на с.30 и «Отложения кальцитов и теория Миланковича» на с.31) – они естественны для научной дискуссии. Напротив, из заметки «Самолетные выхлопы в верхней тропосфере» (с.36) очевидны чисто ведомственные искажения истины – они в данном контексте тоже малоинтересны. Но сравните заметку «Почему Земля не замерзла в архее?» (с.40) с анализом гипотез по образованию Луны («Природа». 1994. N3. с.39) – не напоминает ли эта «новость» рассматривание купели после того, как ребенок уже выплеснут? Можно ли при анализе архейского климата не учитывать большое эндогенное тепловыделение в начале истории Земли? Далее. Заметка «Усиление парникового эффекта при образовании Гималаев» (с.33) – явная натяжка: где, извините, на Гималаях остатки вулканов, необходимых для якобы происходивших массовых выбросов оксида углерода? Сомнителен и материал «Северные леса – динамика биомассы» (с.34): надо осторожно воспринимать утвер-

ждение, что по выработке кислорода северные леса важнее тропических, аргументированное по сути только тем, что баланс атмосферного углерода немного не сошелся. Загадочны пояснения в заметке «Ископаемые остатки субтропических лесов в Арктике» (с.32). Некоторые же климатические заметки (например, «Кризис идей управления климатом», с.37) прямо сотканы из сопоставления противоречий во мнениях.

Частичные скачки логики в подборке по гелиобиологии вполне соизмеримы с перечисленными странными утверждениями отдельных климатологов. Вот, например, наболевший вопрос: проявляются ли 11-летний или 22-летний циклы в земной погоде, в размножении насекомых, в человеческой деятельности (экономика)? При усреднении по всей планете ответ статистики оказывается отрицательным. Но в отдельных регионах и в отдельные, довольно длительные отрезки времени такие периодичности можно найти (как, впрочем, и все другие).

С одной стороны, в этом проявляется коварство красного шума: большие амплитуды долгопериодных флуктуаций позволяют найти частичное подтверждение любой периодичности. Чижевский отбирал ту статистику, которая подтверждала его гипотезу о воздействии 11-летней солнечной активности на Землю, и находил много примеров в ее поддержку. Но более длительные временные ряды разрушают гипотезу. Известно, например, что экономика проявляет цикличность кризисов, и во второй половине прошлого века период ее циклов действительно был близок к десятилетию. Заметим, кстати, что привычка противопоставлять развитие экономики и культуры разных десятилетий очень распространена, хотя реальные изменения не связаны с круглыми датами.

С другой стороны, статистику искажают первые замеченные случаи, неслучайное начало отсчета. Как именно это происходит, видно, например, из статьи В.Б.Чернышева «Аномалии в поведении насекомых и геомагнитные бури» (с.19). Несколько упрощая, рождение и развитие этой наблюдательной гипотезы можно описать так: один яркий факт (в данном случае аномальный лёт насекомых после вспышки на Солнце) дает основание для гипотезы, ряд совпадений меньшего масштаба ее подкрепляют, затем выявляются и контрпримеры, в результате — остается небольшая корреляция, в которой значим вклад первых наблюдений.

Особое положение в подборке по гелиобиологии занимает статья Г.А.Гончарова о периодичности вторжений кочевников, поскольку она свидетельствует о воздействии на историю народов не столько непосредственно солнечной активности, сколько климата. Нельзя, конечно, исключить, что примерно 200-летняя периодичность серий засушливых лет вызывается вари-

ациями Солнца, но доказательство этой связи пока недостоверно. Мы помещаем эту статью отчасти как дань памяти Льва Гумилева, широко цитируемого в этой работе и в свое время обиженного постановлением Президиума Академии наук по поводу затрагивающей его публикации в нашем журнале («Природа». 1981. №9. С.82). Взгляды Гумилева были легко уязвимы для строгой научной критики, но их воздействие на общественное сознание неоспоримо.

СЛАБЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И БИОЛОГИЯ

Главная трудность гелиобиологии — отсутствие адекватных теоретических моделей. Если атмосферная физика может ошибаться в частностях, и ее ошибки вовсе не критичны для этой науки в целом, то в гелиобиологии, увы, слаб центральный логический стержень: не хватает физических механизмов. Но и здесь, как мне кажется, далеко не все резервы исчерпаны.

Так например, при обсуждении электромагнитных воздействий на живое недостаточное внимание уделяется возможной биологической роли гроз (или в более общем смысле — грозовой активности). Воздействие гроз и генерируемого ими электрического поля на биосферу может оказаться сильнее, чем анализируемое в статье Н.А.Темурьянц «Биологическая эффективность электромагнитного поля» (с.13) воздействие вариаций геомагнитного поля — просто в силу того, что электрические эффекты сильнее магнитных и обладают прямым действием. Кроме того, существует воздействие солнечного ультрафиолета (и следовательно, солнечной активности) на ионизацию тропосферы, так что есть надежда и для разработки детального физического механизма. Нельзя, конечно, утверждать, что исследование гроз — столбовой путь к ответу на загадки, но нельзя и пройти мимо таких задач. Впрочем, одна из сложностей такого направления исследований в том, что механизмы образования электрических зарядов в грозовых облаках пока тоже нуждаются в уточнении. Известен, например, суточный ход суммарного тока гроз для Земли в целом, но причины его, по видимому, еще не вскрыты.

Достоверное и объяснимое воздействие магнитного поля на живое начинаются с полей выше 100 Гс (0.01 Тс), например, такое поле тормозит ток крови, жидкости с высокой электропроводностью. Лабораторные свидетельства о воздействии слабых магнитных полей, сравнимых с геомагнитным (1 Гс), существуют, но они достаточно противоречивы и не имеют надежной теоретической базы. Медленную переменность магнитного поля мало только назвать электромагнитным воздействием, следовало бы показать, что индуцированное электрическое поле

воздействует на биологические процессы, но этого пока убедительно не сделано.

Допустим все же, что воздействие изменчивости земного магнитного поля на биосферу существует. В этом случае оно могло бы проявиться и в геологических отложениях, которые фиксируют не только эндогенные события, но и значительные изменения биоты. Давайте посмотрим, нет ли корреляции между палеомагнитным полем Земли (см. заметку «Интенсивность геомагнитного поля за последние четыре миллиона лет» на с.40) и геологическими отложениями. Недавно наш журнал опубликовал работу И.С.Чумакова «Радиометрическая шкала для позднего кайнозоя Паратетиса» («Природа». 1993. N 12. С. 68). Конечно, ареал этих исследований не глобален, но он все же достаточно представительен. Для всего юга Европы абсолютной датировкой установлены общие границы для геологических отделов и ярусов. В пределах последних 4 млн. лет, на которые распространяется новая геомагнитная шкала, находятся следующие геологические границы: 0.3, 0.7, 1.87 и 3.4 млн. лет. Обратимся теперь к графику интенсивности геомагнитного поля (с.41). Увы, как раз в эти моменты прошлого с земным магнитным полем не происходило ничего особенного.

Результат отрицателен. Последующие уточнения датировок, конечно, могут его изменить, но надо признать, что их современная точность не оставляет большой надежды сопряжения геологических отложений с палеомагнетизмом. Этот отрицательный результат отнюдь не закрывает тему, он говорит только о том, что влияние магнитного поля на живое недостаточно сильно, чтобы отчетливо отразиться в осадочных отложениях.

Что ж, эта гипотеза оказалась неудачна, обсудим еще одну: о возможном механизме взаимодействия планетного движения и активности Солнца.

ПЫЛИНКА И СОЛНЦЕ

Обратите внимание на заметку «Пыль на земной орбите и асимметрия зодиакального света» в подборке новостей (с.42): в ней сообщается, что вблизи Земли существует неоднородное пылевое кольцо. Очертим возможные следствия этого открытия для Земли и Солнца. В частности, проверим, возможно ли влияние космической пыли на солнечную активность.

Зодиакальный свет был впервые описан в 1683 г. выдающимся французским астрономом Ж.Кассини, его физическая причина — рассеяние солнечного света пылинками, обращающимися вокруг Солнца в плоскости эклиптики. Суммарная масса этой пыли в Солнечной системе оценивается в 10^{18} – 10^{19} кг, что ничтожно мало по сравнению с планетами и тем более с Солнцем.

Поэтому ответ на вопрос, может ли космическая пыль воздействовать на Солнце, кажется очевидно отрицательным. Но попробуем. Заранее оговорюсь: пока это не полностью согласованная гипотеза, но только количественная оценка того, что воздействие орбитальной пыли на звезду принципиально возможно.

Давно известно, что не слишком маленькие пылинки должны постепенно приближаться к Солнцу. Поясним это не очень очевидное явление, называемое эффектом Пойнтинга–Робертсона. Кроме солнечного притяжения GMm/a^2 , на пылинку массы m и поперечного сечения s действует отталкивающая сила давления солнечного света $Ls/4\pi ca^2$ (здесь $M=2.99 \cdot 10^{30}$ кг — масса Солнца, $L=3.84 \cdot 10^{26}$ Вт — его светимость, a — расстояние до Солнца и c — скорость света). Сравнивая эти силы, легко убедиться, что давление света пренебрежимо по сравнению с гравитацией, если размер (радиус) пылинки много больше, чем $r_0=3L/16\pi cGM\rho=0.2$ мкм. Этот критический размер зависит от плотности пылинок ρ (будем считать их по составу схожими с каменными метеоритами плотностью 2.7 г/см³), но не зависит от расстояния до Солнца.

Довольно трудно сказать, как именно движутся очень маленькие пылинки с размерами, меньшими r_0 . Во-первых, этот критический размер сравним с длиной волны наиболее интенсивного солнечного света (0.5 мкм, видимый диапазон), поэтому становятся важны квантовые процессы, в частности дифракция. Во-вторых, из-за фотоэффекта, выбивающего электроны, все пылинки оказываются положительно заряженными, а электрические и магнитные поля Солнца особенно сильно воздействуют на пылинки с малой массой. В-третьих, для судьбы малых пылинок вследствие их многочисленности существенна коагуляция, слипание между собой, оно также усиливается в электрических полях.

Ограничимся пока рассмотрением пылинок с размерами r , много большими r_0 . Давлением света на них можно было бы пренебречь по сравнению с притяжением Солнца, но свет, в отличие от гравитации, действует не точно в радиальном направлении. Вследствие эффекта Доплера передняя часть движущейся по орбите пылинки освещена чуть более фиолетовым светом, а задняя — чуть более красным, чем падающий. Поэтому давление света имеет малую составляющую, направленную против скорости пылинки v . Возникающая вследствие эффекта Доплера тормозящая сила Пойнтинга–Робертсона равна силе светового давления, умноженной на отношение v/c . Хотя она и очень мала по сравнению с силой светового давления, пренебречь ею нельзя, так как она делает орбиты частиц незамкнутыми, заставляя пылинки медленно смещаться к Солнцу. Поскольку в перигелии торможение сильнее, орбиты пылинок по-

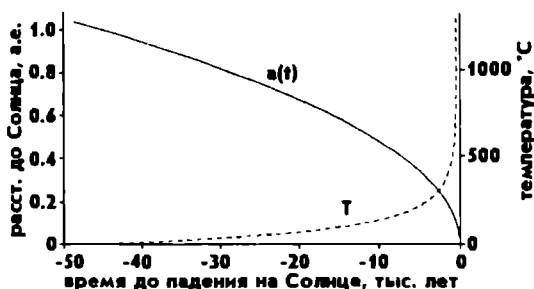
степенно приближаются к круговым, но их наклон к эклиптике не меняется.

Как показано в рассматриваемой работе¹, часть таких пылинки надолго задерживается около орбиты Земли (и Венеры), попадая на траектории, где торможение Пойнтинга–Робертсона компенсируется ускорением от притяжения планеты. Особенно значителен сгусток пыли, располагающийся сзади Земли по ее орбите.

Оценим массу этого сгустка по измеренной асимметрии зодиакального света в направлениях вперед и назад вдоль земной орбиты. Яркость зодиакального света на длине волны 25 мкм по измерениям равна $7.5 \cdot 10^{-19}$ Вт м⁻² Гц⁻¹ ср⁻¹, а угловые размеры неоднородности порядка 1 стерадиана. Относя 3% асимметрии этого потока к падающему потоку солнечного света в том же диапазоне длин волн $1.64 \cdot 10^{-14}$ Вт м⁻² Гц⁻¹, найдем, что оптическая толща сгустка пыли (вероятность рассеяния на нем света) равна $2 \cdot 10^{-6}$. В свою очередь, она есть произведение объемной концентрации избытка пыли δn на сечение рассеяния пылинки s и на длину пути луча (примерно 0.1 а.е.) вдоль сгустка. Конечно, в рассеяние вносят эффективный вклад все пылинки с размерами, большими длины волны, но поскольку с возрастом размеров их концентрация быстро убывает, то точность в грубом приближении достаточна. В результате получаются следующие оценки для избыточной объемной концентрации пыли в сгустке и его дополнительной массы: δn порядка $3 \cdot 10^{-6}$ м⁻³ и δm порядка $3 \cdot 10^{13}$ кг. Такая оценка, вообще говоря, немного занижена, так как в суммарную массу вносят примерно равномерный вклад все размеры.

Много ли это? Масса пылевого сгустка ничтожна по сравнению с Луной ($7 \cdot 10^{22}$ кг), поэтому он никак не сказывается на движении Земли, однако он соизмерим с большими кометами. Массу всей зодиакальной пыли около Земли оценить труднее, так как огромный диапазон расстояний, с которых приходит рассеянный свет. Судя по величине асимметрии, на тех же расстояниях от Солнца (1.0–1.1 а.е.) она больше массы сгустка в 30–100 раз, т.е. превосходит 10^{15} кг. Нетрудно оценить, что сближение этой пыли с Солнцем переносит к нему массу с интенсивностью порядка 10^{13} кг/год.

Теперь представим себе, что каким-то способом пылевые частицы сгустка одновременно выводятся из резонанса. Такое событие вполне вероятно, поскольку энергия удержания пылевой частицы в резонансе с Землей относительно невелика: достаточно изменить скорость резонансной пылинки в любом направлении всего на 30 м/с (изменение скорости нерезонансной пылинки за 5–6 оборотов), как она выйдет из ре-



Среднее расстояние до Солнца (a в астрономических единицах) пылинки диаметром 12 мкм в зависимости от времени (сплошная кривая) и температура пылинки на этих расстояниях (штриховая кривая).

зонанса. Такая добавка к скорости может быть набрана как при пролете через пылевой сгусток астероида, так и прохождением ударной волны после солнечной вспышки. В этом случае пространственные неоднородности пылевой концентрации вблизи Земли (и Венеры) приведут к временным неоднородностям взаимодействия этой пыли с солнечной атмосферой (которые, впрочем, могут проявиться только через десятки тысяч лет).

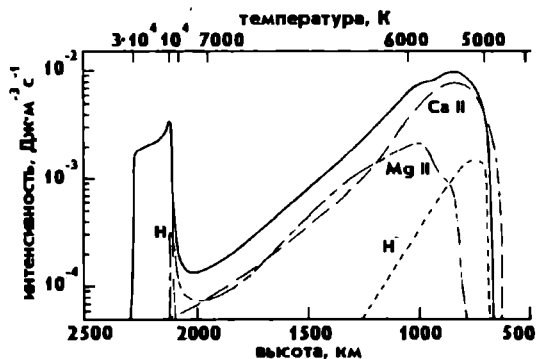
Но принципиальная проблема при обсуждении влияния планет на Солнце в другом: надо показать, может ли столь малая масса ничтожных пылинки изменить что-либо на огромном Солнце? Именно в этом вопросе — оселок, на котором стачивались гипотезы воздействия на Солнце. Обратим теперь внимание, что в составе пылинок в больших долях содержатся как раз те элементы (кальций, магний и железо), которые, несмотря на их малое содержание в водородно-гелиевой атмосфере Солнца, и определяют солнечную активность. Например, линии однократно ионизированного кальция и магния ответственны за энерговыделение Солнца² в диапазоне высот от 800 до 2000 км, причем их интенсивность меняется на 18% от максимума к минимуму солнечной активности³. Это означает, что заметное изменение содержания кальция и магния в хромосфере чувствительно отразится на активности Солнца. Давайте поэтому оценим величину $m_{Ca}(h>800)$ — массу кальция, который находится во всей солнечной атмосфере выше 800 км и такую же величину для магния.

Распространенность кальция на Солнце по отношению к водороду (отношение числа их атомов) равна $2.2 \cdot 10^{-6}$, следовательно, их массовое отношение равно $9 \cdot 10^{-5}$. Параметры спокойной атмосферы Солнца на высоте 800 км таковы: давление 10^2 Па, температура 5000 К

¹Dermott S.F., Jayaraman S., Xu Y.L., Gustafson B.A.S., Liou J.C. // Nature 1994. V.369. N 6483. P.719.

²Vernazza J., Avrett E.H., Loefer R. // Astrophysical J. Supplement. 1981. V. 45. P.635.

³Athay R.G. Radiation output // Physics of the Sun. Dordrecht 1986. V.2 (Solar Atmosphere). P.1.



Интенсивность высвечивания излучения в солнечной хромосфере: по всему спектру (сплошная кривая) и в отдельных линиях (штриховые кривые): водорода, иона водорода, однократно ионизированных кальция и магния. Нижняя шкала — высота атмосферы, отсчитываемая от уровня, где оптическая толща в видимом диапазоне равна единице. Верхняя шкала — температура (по работе Вернацки, Аврета, Лоззера).

(причем она нарастает с высотой), концентрация атомов водорода 10^{21} м^{-3} . Отсюда нетрудно оценить, что $m_{\text{Ca}}(h > 800) = 2 \cdot 10^{14} \text{ кг}$. Для сравнения: $m_{\text{Mg}}(h > 800) = 2 \cdot 10^{15} \text{ кг}$. В каменных метеоритах достаточно много кальция (5–10% по массе) и магния (до 30%), поэтому массы этих элементов в хромосфере сравнимы с их массой в околоземном пространстве пыли и с приходом массы пыли к Солнцу за 11-летний цикл.

Но здесь возникает ряд серьезных вопросов, ответ на которые требует количественного исследования. Наиболее существенный из них: достигает ли эта пыль солнечной хромосферы, не испарятся ли пылинки гораздо раньше? Ответ пока не ясен, есть только качественные свидетельства, что материал пыли все же попадает на Солнце.

Во-первых, температура пылинок становится выше температуры их испарения только на расстоянии нескольких радиусов Солнца, а испарившиеся атомы продолжают двигаться со скоростями 200–400 км/с относительно солнечной атмосферы, но всего лишь порядка 10 км/с относительно пыли. Это означает, что кроме испарения не менее существенна и конденсация, приводящая к укрупнению больших пылинок за счет мелких. Заметьте, что при движении по параболическим спиральям объемная концентрация пыли возрастает обратно пропорционально расстоянию до Солнца, что также способствует конденсации.

Во-вторых, известно, что солнечный ветер — поток протонов и электронов — обогащен кальцием и магнием по сравнению с атмосферой Солнца (до 100 раз при солнечных вспышках). Их потери за счет уноса солнечным ветром при-

мерно равны поступлению пыли в атмосферу Солнца (по приведенным оценкам). Но солнечный ветер распространяется радиально, а пыль летит по круговым орбитам, поэтому только атмосфера Солнца может погасить большую орбитальную скорость испаренных атомов.

Кроме того, вспомним, что пылинки заряжены положительно. Поэтому для проникновения пыли с круговых орбит в атмосферу может оказаться очень существенным нерегулярное магнитное поле Солнца — оно может отклонить заряженные пылинки с круговых орбит без затрат энергии. Наиболее сильные магнитные поля связаны с солнечными пятнами, что дает надежду объяснить 11-летний цикл автоколебаниями концентрации пыли около Солнца.

Еще один принципиальный вопрос: не размоет ли перемешивание вещества в солнечной атмосфере малые неоднородности содержания кальция и магния — ответить еще сложнее. Надежды на положительный ответ можно связать с тем, что начиная с высоты 500 км температура солнечной атмосферы возрастает. Это делает ее гидродинамически устойчивой, поэтому перемешивание хромосферы должно происходить, главным образом, при вспышках (микровспышках). К сожалению, пока трудно оценить скорость перемешивания в атмосфере Солнца.

ШУТКИ ВМЕСТО ВЫВОДОВ

«Он начисто разрушил пять доказательств, а затем, как бы в насмешку над самим собою, соорудил собственное шестое доказательство». Что ж, посмейте — посмейтесь. Не то что доказательством, даже полноценной гипотезой эти соображения назвать, конечно, нельзя — они лишь «информация к размышлению». Обсуждать сегодня программы возможных экспериментальных исследований тоже как-то смешно. Так что позвольте подслать этот обзор (возможно, не всем приятный) шуткой, которая невольно приходит на память при разговоре о Солнце и Земле.

Разговор двух мальчиков:

— Я завтра встану рано-рано, чтобы увидеть, как всходит Солнце.

— Знаешь, ведь на самом деле это не Солнце всходит, а поворачивается Земля.

Пауза.

— Я завтра встану рано-рано и увижу, как поворачивается Земля.

Свидетельства очевидцев и неочевидность свидетельств. В конце концов, вспомним Ньютона: все мы — мальчики, играющие камешками на берегу непознанного океана. Гордые клубок солнечно-земных гипотез еще далек от развязки.

СВИДЕТЕЛЬСТВО ИЛИ ОЧЕВИДНОСТЬ?

ЗНАЧЕНИЯ слов «свидетель» и «очевидец» почти совпадают, разница их смысла так же близка, как между словами «видел» и «увидел» — двумя видами одного глагола (поразмыслите также об оттенке слова «видал»). Свидетель что-то видел, а очевидец увидал, что было на самом деле, впрочем, свидетель, как правило, свидетельствует (например, в суде), а очевидец может и промолчать. Зато их производные слова — «свидетельство» и «очевидность» — различаются по смыслу куда более существенно и наглядно: свидетельство несовершенно, а очевидность доказательна — в суде сравнение свидетельств должно привести к очевидности приговора.

К чему вся эта игра слов! А вот к чему: попробуйте-ка перевести с английского заглавие статьи редактора «Nature» Д. Мэддокса «Can evidence ever be inconclusive» (Nature. 1994. V. 369. N 6476. P. 97.). Увы, словарь вам в этом не поможет — «evidence» может означать «свидетельство», «очевидность», и даже «доказательство», а «inconclusive» — это «недоказанный», «неполный», «несовершенный», «неубедительный», т. е. слово именно из того ряда, который мы используем, чтобы различить в русском переводе далекие по смыслу значения английского «evidence». Статья Мэддокса как раз и посвящена правильному выбору для заглавий научных статей этих слов с трудноуловимыми оттенками. От их значения, однако, сильно зависит конечный смысл самой работы, признание ее научной общественностью, а значит, и дальнейшее финансирование исследований. Должен заметить, что переводить Мэддокса трудно, этот перевод не дословен, а как бы «до-смыслен».

Перевод статьи дан в этом номере сразу по многим причинам. И потому, что ее главный пример посвящен тонкостям обнаружения только что сделанного открытия последнего из предсказанных кварков (см. в этом номере заметку «На физическом горизонте — шестой кварк») — кирпичиков материи настолько фундаментальных, что они даже не существуют поодиночке. И потому, что уже давно стоило познакомить читателей со стилем почти еженедельных статей главного редактора одноименного журнала. И потому еще, что осенью этого года «Nature» исполняется 125 лет, этот юбилей будет ознаменован научной конференцией, и хочется таким образом поздравить «родственников». Но все же главное — потому, что эти оттенки возможного восприятия не полностью доказанных утверждений будут иметь самое непосредственное отношение к «центру тяжести» этого номера — подборкам статей по биологическим следствиям солнечно-земных связей и климату планеты.

Может ли очевидность быть все же неубедительной?

Джон Мэддокс

НА РЯДЕ примеров показано, к каким затруднениям в понимании может привести убеждение, что сильные утверждения можно сделать менее категоричными, если предположить, что очевидность может быть относительна и в какой-то степени неопределенна.

Весьма часто читатели журналов встречаются со статьями, названия которых начинаются со вкрадчивых слов «Свидетельство о чем-то...» или «Свидетельство чего-то...» — и будьте особо внимательны к последующему тексту. Для ясности выражений «Nature» старается (не всегда успешно) не использовать эту форму, она деваль-

вировалась амбициозным и зачастую тенденциозным употреблением. В точности такое значение проявилось совсем недавно в связи с объявлением лаборатории имени Ферми (Fermi Laboratory) о событии, которое по широкому мнению представляет собой «открытие верхнего кварка (top quark)». И объявление лаборатории, и (как сказано) статья, представленная к публикации, имеют заглавия, начинающиеся именно таким образом.

В случае с лабораторией Ферми, к счастью, имеются откровенные (хотя и неопубликованные) указания на то, что

именно предназначены означать эти слова. По крайней мере за неделю до объявления вся эта лаборатория возбужденно осознала значимость данных, которые были в ней получены. Объявление предполагалось сделать на весенней сессии Американского физического общества, но затем оно было отозвано. В конечном счете, лаборатория вышла из своих затруднений путем указания, что данные, доступные для анализа, были менее убедительными, чем бы этого хотелось. Дело не столько в том, что оценка ошибок для оцененной массы топ-кварка неприятно велика (грубо 10 %), но в том, что нельзя

исключить, что измерения можно интерпретировать и иным образом.

Что, как кажется, все же склонило лабораторию Ферми в пользу публикации — это то, что их данные более убедительны, чем все полученные до сих пор, и что, похоже, пройдет заметное время, прежде чем кто-либо сумеет сделать это существенно лучше. Так что в данном случае «Свидетельство о...» означает нечто вроде «Наилучшее пока свидетельство...». Никто из анализировавших утверждения лаборатории не подвергает сомнению, что они действовали ответственно, стараясь избежать впечатления, что, возможно, сделана не полностью оправданная заявка. Так почему бы при этом не использовать фразу «Наилучшее пока свидетельство...» или — в убеждении, что только безусловные конструкции должны появляться в журналах, с которыми они имеют дело — не назвать ее «Дальнейшие свидетельства...»? Одна из версий объявления для прессы использовала равно подходящую формулировку «Новое свидетельство...».

Ничто из сказанного не надо воспринимать так, что слово «evidence», т. е. «свидетельство — очевидность», нельзя использовать ни в каких случаях, однако оно должно быть достаточно хорошо квалифицировано для того, чтобы его конкретное значение было ясно. Так, «свидетельство (очевидность?) расплава коры из сейсмических наблюдений», конечно, имеет смысл, но «сейсмические свидетельства о расплаве коры» звучат лучше. Неверное использование слова «evidence», воспринимаемое как «очевидность», происходит тогда, когда оно употребляется для заключения, которое лишь частично поддерживается самими свидетельствами.

Сегодня люди читают так мало... Поэтому риторическая уловка, первоначально возникшая в результате неподтвержденного заключения, внедряется в заглавие и многократно воспроизводится в библиографиях как определенный факт. Конечно, есть много способов достижения подобного эффекта, против которых журналы должны быть начеку (например, «Воз-

можные теории холодного синтеза»¹). Тем не менее «свидетельство-очевидность...» продолжает появляться в заглавиях. Разговоры с авторами (точнее, их аргументация) выявляют глубокое недоразумение в этом вопросе. Если статья с точным декларативным заглавием встречает критику рецензентов на том основании, что ее текст не полностью подкрепляет заключение, причем сама по себе работа интересна, то с большой долей вероятности автор попытается сохранить оригинальное название, предавая его словами «Свидетельство о...». Недоразумение авторов — в том, что это вкрадчивое слово на самом деле означает очевидность, которую не удается доказать. Наиболее эффективный путь завершения таких переговоров состоит в предложении автору такого варианта: «Неполная очевидность...?!».

Такое же недоразумение, по-видимому, было подоплекой диспута, возникшего после публикации в прошлом году статьи², утверждавшей, что происходит заметный рост ультрафиолетового излучения в связи с пониженным содержанием озона в атмосфере. Эта содержательная работа основана на исследованиях на протяжении последних четырех лет, проведенных в организации Atmospheric Environment Service в Торонто (Канада), где был создан прибор для наземных измерений ультрафиолетового излучения в так называемом диапазоне В прошедшего атмосферу солнечного спектра (от 290 до 325 нм). Широко известна аргументация последних для живых существ, вызываемых падением концентрации озона в стратосфере, тем не ме-

нее существовал некоторый логический провал, поскольку отсутствовала прямая информация об интенсивности ультрафиолета на земной поверхности в диапазоне В. В то время как концентрация стратосферного озона (поглощающего вблизи 300 нм) очевидно должна быть одним из главных факторов, определяющих интенсивность наземного ультрафиолета, поглощение в тропосфере (например, вызванное загрязнением воздуха) и даже погодные условия могут также воздействовать на ежедневные изменения наземной интенсивности.

Керр и Мак-Элрой создали инструмент, который превосходно подходит для накопления информации о наземной интенсивности ультрафиолета. Он измеряет ее с разрешением 0.5 нм по всему представляющему интерес спектральному диапазону, рутинно сканируя его дважды в час. Там же в Торонто работает система прямого измерения стратосферного озона, что и дало возможность установить связь между явлением и его возможной причиной.

Так в чем же были сомнения? — Под словами «большая тенденция роста» Керр и Мак-Элрой подразумевали то, о чем сказано в их абстракте и тексте, а именно — возрастание ультрафиолетового излучения было сопряжено с измеренным падением концентрации озона в атмосфере на протяжении четырех лет. Но составляют ли четыре года достаточный временной интервал для доказательства этой тенденции, особенно если принять во внимание то, что озонная концентрация в течение одного из этих лет была исключительно сильно понижена выбросами вулкана Пинатубо, а данные по озону для зимы 1991—92 г. отсутствуют, поскольку озонный инструмент был отключен для его калибровки.

Это утверждение высказал профессор Университета Вирджинии Сингер (S. F. Singer), он же директор Программы науки и окружающей среды (Science and Environmental Project) в Вашингтоне, который уже давно славится занозой в кругах исследователей атмосферы. Его обвинение — не столько в том, что четырех лет (из кото-

¹ Fleishman M., Pons S., Preparata G. Possible theories of cold fission // *Il Nuovo Cimento*, 1994. V. 107A. P. 143. (Смысл предположения Мэздоска заключается в том, что это последняя из статей авторов, вызвавших возмущение научного сообщества публикацией недостоверных данных. Прим. ред.)

² Kerr J. B., McElroy C. T. Evidence of large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion // *Science*. 1993. V. 262. P. 1032.

рых два года были исключением) недостаточно для обоснования заявлений о заметной тенденции, сколько в том, что впечатление статистического тренда почти полностью определяется измерениями исключительно мощного ультрафиолета в конце периода наблюдений.

Этот аргумент, высказываемый при публичной критике Керра и Мак-Елроя и который они собираются опровергнуть, по сути дела — вообще неуместен. Ведь главное содержание их работы в том, что теперь существует инструмент, надежность которого доказана и с которым, можно надеяться, интен-

сивность ультрафиолета будет отслеживаться везде, а не только в Торонто. Более того, их данные действительно показывают высокую, не зависящую от сезона и времени суток корреляцию между концентрацией озона в стратосфере и интенсивностью ультрафиолета у земной поверхности; в дальнейшем анализ несомненно покажет, насколько существенны такие дополнительные факторы, как загрязнение атмосферы.

Но и Сингер несомненно прав в своем протесте: тенденция падения озонной концентрации, которую сейчас многие утверждают, еще не может

служить доказательством того, что интенсивности ультрафиолета нарастают сегодня в глобальном или региональном масштабе. По словам авторов, их защита будет, в частности, состоять в том, что они вовсе не объявляли о «большом возрастающем тренде» ультрафиолета, а только о «свидетельстве (или очевидности?)» этого эффекта. Слова, оказавшиеся в центре спора, обязаны своим происхождением всего лишь удовлетворению референта. Так за что боролись?

© Перевод А. В. Бялκό

НОВОСТИ НАУКИ

Физика

На физическом горизонте — шестой кварк

Похоже, t -кварк, в существование которого так верили физики, обнаружен. 22 апреля 1994 г. после многомесячного тщательного анализа экспериментальных данных группа CDF, работающая на протон-антипротонном коллайдере «Теватрон» Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США), представила в журнал «Physical Review» 150-страничный обзор экспериментальных свидетельств существования шестого по счету кварка — t (от англ. top — верх). Через четыре дня состоялся семинар, на котором были доложены результаты обработки триллиона протон-антипротонных столкновений, в числе которых исследователи обнаружили около дюжины событий с участием t -кварка.

Этот кварк — партнер «прелестного» кварка b , тоже открытого в Лаборатории им.

Э. Ферми (1977), — одно из главных действующих лиц так называемой стандартной модели электрослабых взаимодействий, и его обнаружение еще раз подтверждает ее справедливость.

На «Теватроне» — коллайдере с энергией столкновения ускоряемых частиц (протонов и антипротонов), достигающей 2 ТэВ ($1 \text{ ТэВ} = 10^{12} \text{ эВ}$), t -кварки должны рождаться парами с последующим распадом на b -кварк и W -бозон, который является переносчиком слабых взаимодействий.

Группа CDF обработала данные, полученные в период между августом и июнем 1993 г. Поиск шестого кварка проводился в три стадии с различными подходами к наблюдению продуктов его распада. Кварк t появляется на фоне множества ложных событий, имитирующих искомые. События с участием t -кварка выделяются статистически более надежно при комбинации трех методов исследования.

Масса нового кварка, определенная таким способом, оказалась очень большой:

$174 \text{ ГэВ} \pm 17 \text{ ГэВ}$. Это означает, что он почти такой же тяжелый, как ядро атома золота, и еще предстоит объяснить, почему он так сильно превосходит по массе все известные элементарные частицы.

Недавно на «Теватроне» начался очередной сеанс. За 1.5—2 года стабильной работы ускорителя удастся более чем в пять раз увеличить статистику, надежно подтвердив обнаруженный эффект и в два раза уменьшив неопределенность в массе. Дальнейшая задача — изучение свойств t -кварка. И в ближайшее десятилетие ее смогут решать только на «Теватроне» — мировом рекордсмене по величине энергии столкновения ускоряемых частиц.

CERN Courier. June 1994. P. 1—2 (Швейцария).

Рудные капли в земной коре и мантии

В. А. Вахрушев, В. В. Рябов



Валентин Александрович Вахрушев, профессор Гомельского университета им. Ф. Скорины. Автор 180 научных публикаций, в том числе 11 монографий по минералогии, петрографии и геохимии горных пород и рудных месторождений. Неоднократно печатался в «Природе».



Виктор Владимирович Рябов, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН. Область научных интересов — петрология и рудоносность траппов Сибирской платформы.

РУДНЫЕ капли и потоки, брызги металлов — понятия, которые, казалось бы, сродни только металлургам. Однако это не так. И для геологов, и для геохимиков они имеют вполне реальный смысл. Сернистые соединения железа, меди и никеля, оксиды металлов, а то и просто самородные металлы, изначально обособившиеся в капельно-жидком состоянии от силикатной основы магм, широко распространены в земной коре. Более того, отвердевшие капли металлов, их сплавов, разнообразных сернистых соединений установлены и в глубинных зонах каменной оболочки нашей планеты — верхней мантии.

«Капля по капле сделали море» — гласит народная мудрость. Не так ли и в подземном царстве Плутона рудные капли, сливаясь воедино, за миллионы лет создали огромные резервуары металлоносных расплавов — главных источников рудного вещества при формировании месторождений железа, меди, никеля и многих других металлов?

РУДНЫЕ КАПЛИ И ПОТОКИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Сейчас трудно назвать хотя бы одну из большого семейства магматических пород, в составе которой не обнаружили бы затвердевших сульфидных капель. Впервые они были описаны нами в 1967 г. в продуктах современного вулканизма Камчатки и Курильских о-вов — в лавах андезитового, андезит-базальтового и базальтового состава¹. Позднее сульфидные капли были установлены в базальтах Килауэ (о. Гавайи) — одного из самых беспокойных вулканов на планете, а также в лавовых потоках вулканов Оаху, Таити и других островов Тихого океана. Не составляют исключения и глубоководные толеитовые базальты Южной котло-

© Вахрушев В. А., Рябов В. В. Рудные капли в земной коре и мантии.

¹ Вахрушев В. А., Лапин Б. Н. // Геология рудных месторождений. 1967. № 3. С. 74—78.

вины Тихого океана и дна Индийского океана².

Что же может рассказать микроскопическая сульфидная капля о себе? Оказывается, очень многое: она «помнит» о своем зарождении при расслоении магматического расплава на силикатную и сульфидную порции. Может она рассказать и о своем минеральном составе, представленном в основном магнитным, медным и железоникелевым колчеданами: первый из них именуется пирротинном Fe_{1-x}S ; второй — халькопиритом CuFeS_2 ; третий — пентландитом $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$. Капля хранит воспоминания и о тех преобразованиях, которые претерпели слагающие ее сульфидные минералы по мере постепенного охлаждения.

Чаще всего сульфидные капли, особенно крупные, встречаются в полнокристаллических (интрузивных) породах³. Как показали микроскопические исследования, в сиенитах, граносиенитах и других разновидностях щелочных пород магматического происхождения сульфидные капли встречаются почти в каждом шлифе, независимо от места отбора образцов, будь то Кузнецкий Алатау, Восточный Саян или затерявшийся в водах Тихого океана о. Таити.

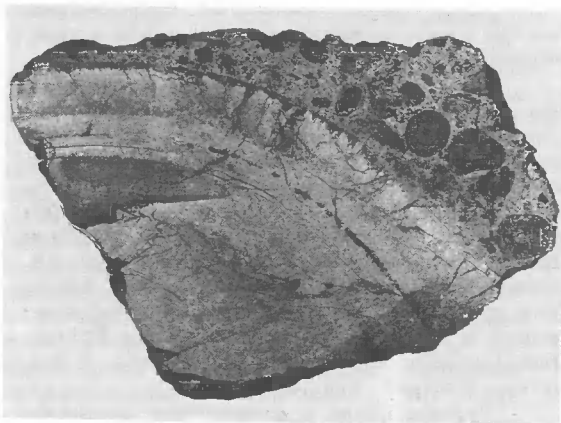
Сульфидные капли достоверно установлены в гранитах Горного Алтая и Западного Узбекистана, плагиогранитах Центральной Монголии (район Долины озер). Правда, здесь сульфидные капли более редки и исключительно малы по размерам, тем не менее они представляют одну из форм нахождения рудных элементов (меди, никеля, цинка, серебра и др.) в гранитах.

Причина распада (ликвации) магм в жидком состоянии на силикатную и рудную (в частности, сульфидную) составляющие заключается в крайне ограниченной их смешиваемости, это доказано многими исследователями. Сульфиды магматического происхождения широко распространены в габбро-долеритах Сибирской платформы. В полированных шлифах этих пород, словно янтарные бусинки, наверно застывшие в камне, блестят микроскопические халькопиритовые капли, прилипшие к поверхности скелетных кристаллов магнетита.

Особенно богаты сульфидами основные породы (габбро) титаноносных расслоенных массивов Горного Алтая, Кузнецкого Алатау, других районов мира. Здесь



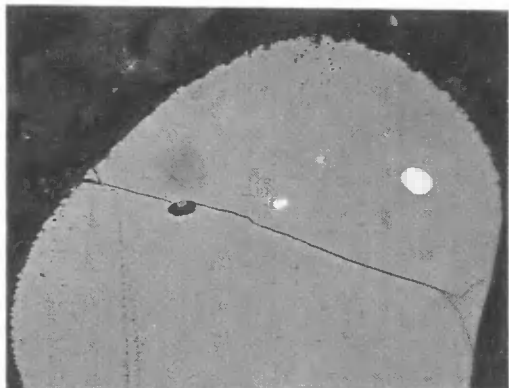
Обнажения магнетитовых лав в долине ручья Железный.



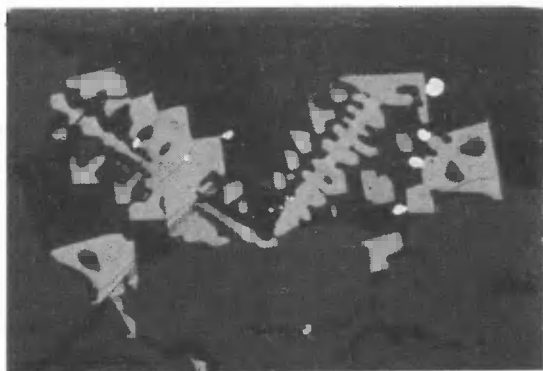
Обломок магнетитовой лавы из ручья Железного (в натуральную величину).

² Вахрушев В. А., Прокопцев Н. Г. // Геология рудных месторождений. 1969. № 6. С. 14—26.

³ Вахрушев В. А. Рудные минералы изверженных и метаморфических пород. Справочник. М., 1988.



Сульфидные капли (светлые) внутри кристалла оливины. Базальт с о. Оазу. Полированный шлиф. Увел. 300.



Каплевидные выделения халькопирита (светлые) и скелетные кристаллы магнетита. Дolerиты из долины р. Оленек (Якутия). Полированный шлиф. Увел. 1300.

сульфидные минералы не только образуют каплевидные включения внутри силикатных минералов, но и заполняют промежутки между ними. Содержание сульфидов в этих породах достигает уже целых процентов.

Интересными, и во многом неожиданными, оказались результаты изучения оливиновых пироксенитов — силикатных пород, наиболее бедных кремнеземом, и вместе с тем богатых магнием и железом. Их линзовидные тела протяженностью до 50 м при мощности 10—12 м, размещенные среди древнейших толщ Прибайкалья, известны не только специалистам, но и людям, далеким от геологической науки: они прекрасно видны в искусственных обнажениях Кругобайкальской железной дороги между станциями Култук и Байкал.

Рудные капли в оливиновых пироксенитах оказались значительно крупнее — 0,02 мм и больше. Однако главная особенность этих капель в другом: в их соста-

ве железоникелевый колчедан (пентландит) резко преобладает над медным колчеданом (халькопиритом), что служит одним из характерных признаков мантийного происхождения сульфидной минерализации⁴. По мнению большинства исследователей, именно верхняя мантия была отправным пунктом сульфидоносных базальтовых потоков, породивших уникальные залежи медноникелевых руд Норильского месторождения.

Каплевидная форма свойственна не только природным сернистым соединениям, но и многим минералам, относящимся по химическому составу к оксидам тяжелых металлов. Сразу же приходят на память округлые почковидные выделения хромита (FeCr_2O_4) в дунитах, пироксенитах и других ультраосновных породах величиной от 5 до 15 мм. Это гигантские рудные капли, или нодулы (nodule — рудная почка). Образование хромитовых нодулей в результате расслоения магматического расплава было убедительно доказано Н. В. Павловым и другими исследователями и подтверждено многочисленными экспериментами⁵. Так называемые нодулярные хромиты входят в состав крупных промышленных месторождений на Южном Урале, Кавказе, в Болгарии, Пакистане и других регионах.

Долгое время не удавалось выявить капельно-жидкие обособления магнетита — рудного минерала, наиболее характерного для габбро, базальта, диорита, гранита и других магматических пород земной коры. Удача пришла к нам при изучении нового типа магматических пород — онгонитов Монголии.

Онгониты представляют собой близповерхностные (субвулканические) аналоги жильных редкометалльных литий-фтористых гранитов. Это светлые стекловатого облика породы, отличающиеся крайне незначительным содержанием железа (от 0,5 до 1 % $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$) и титана и, как следствие этого, почти полным отсутствием темноцветных минералов. Несмотря на это, в онгонитах был обнаружен магнетит, в том числе в виде мельчайших (0,001—0,002 мм) капельно-эмульсионных выделений, группирующихся в редкие цепочки, повторяющие флюидную текстуру основной стекловатой массы породы. Изобилие в онгонитовом расплаве щелочей и летучих компонентов, например фтора, очевидно, и приве-

⁴ Вахрушев В. А., Грудинин М. И., Меньшагин Ю. Н. // Сов. геология. 1985. № 3. С. 96—101.

⁵ Павлов Н. В. и др. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 11. С. 29—45.

до к почти полному обособлению железа в капельно-жидком состоянии.

Рудные капли, как однофазные — магнетитовые, так и двухфазные — ильменит-магнетитовые, были обнаружены в титаноносном габбро кристаллического фундамента Белоруссии. Возможность расщепления магматического расплава, отвечающего по составу основным (базальтовым) магмам, была подтверждена в экспериментальных работах сибирских ученых⁶.

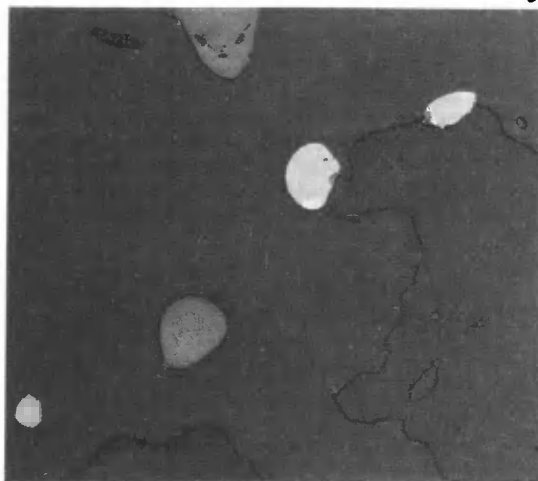
Имеют ли каплевидные обособления оксидов тяжелых металлов какое-то отношение к формированию промышленных залежей руд? Да, имеют! И это утверждение справедливо не только в отношении хрома.

Так, экзотические лавы раннечетвертичного вулкана Эль-Лако в северной части Чили содержат до 40 % железа. Разве это не доказывает, что в глубинах земной коры притаились не только разобщенные микроскопические рудные капли, но и крупные очаги железорудной магмы?

Мало кто знает, что рудные лавы — продукты извержений древних вулканов — есть и у нас на территории России в наиболее возвышенной северо-западной части Среднесибирского плоскогорья, известной под названием плато Путорана. Именно там, где расположено чудесное Хантайское озеро тектонического происхождения. Зажатый в каменной теснине, этот уникальный природный водоем глубиной 400 м вытянут в широтном направлении ни много ни мало на 200 км.

Из озера вытекает, как и положено тому быть, единственная река — Хантайка, на которой стоит самая северная в стране гидростанция и город Снежногорск. Само же озеро питают множество своенравных ручьев и речушек с крутыми скалистыми берегами, порогами и водопадами. Один из таких ручьев в восточной части озера — Железный. В нем-то в 40-х годах геологи И. А. Коровяков и А. Е. Нелюбин заметили выходы магнетитовых руд, не обратив внимания на необычное их вулканическое происхождение.

Одному из авторов этой статьи, В. В. Рябову, с 1989 по 1991 г. удалось трижды побывать на ручье Железном. И что же он обнаружил? Застывший лавовый поток, сложенный обломками пористой лавы, напоминающими обычные металлургические шлаки, пузыристыми или



Два типа рудных капель в габбро-долерите: двухфазные сульфидные (светлые) и однофазные ильменитовые (серые). Хушагольский массив, Восточный Саян. Полированный шлиф. Увел. 150.



Вулканическое стекло с иглами апатита и шариками магнетита (черные). Прозрачный шлиф. Увел. 30.

миндалекаменными базальтами, и, наконец, плотными их разновидностями.

В базальтах заключены магнетитовые шарики, а то и просто шары диаметром 10 см и более. Примечательно, что шарики находятся в вулканическом стекле, обильно насыщенном иглами апатита. Кстати, рудные лавы Эль-Лако также содержат очень много апатита. В результате слияния магнетитовых шаров и образовались сплошные потоки мощностью до 15 м. Их верхняя поверхность осложнена своеобразными веревочными формами, напоминающими канатные базальтовые потоки. Характерны и оболочки закала, подобные растрескавшейся корке хлеба. Но чаще встречаются пемзовидные рудные массы с многочисленными порами, пустотелыми каналами и кавернами, свидетельствующими о высокой загазованности рудного

⁶ Мананков А. В., Шарапов В. Н. // Докл. АН СССР. Т. 272. № 3. С. 670—674.

расплава. Одним словом, налицо все признаки вулканического происхождения магнетитовых руд ручья Железного.

Отголосками прошлой вулканической деятельности служат расположенные вдоль Хантайского озера многочисленные минерализованные источники, отложения солей которых — одно из лакомых блюд для диких оленей.

При благоприятных условиях возможно расслоение магм в жидком состоянии с обособлением значительных масс сульфидов железа, меди, никеля и других металлов, вплоть до образования таких рудных гигантов, как Талнах на Таймыре или Содбери в Канаде. Однако нельзя забывать, что сульфидные потоки, породившие такие гигантские месторождения, внедрились в земную кору из верхней мантии.

СУЛЬФИДНЫЕ КАПЛИ И ПРИРОДА ПОРОД ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

Уже длительное время внимание геологов и геофизиков приковано к проблеме состава и строения глубинных — мантийных — зон Земли. Это и понятно. Многие геологические преобразования в земной коре являются прямым отражением тех процессов (энергетических, химических и т. п.), которые происходят в верхней мантии. Понимание верхней мантии приобретает первостепенное значение при установлении мантийной или коровой природы магм, равно как и при выяснении источников рудного вещества и закономерностей размещения месторождений многих промышленно важных металлов.

Однако состав и строение верхней мантии все еще остаются во многом загадочными. Не выяснено, в частности, действительно ли она сохранила свой первоначальный состав или давно его утратила.

Для прямого суждения о составе верхней мантии существует единственный путь — изучение обломков (ксенолитов), вынесенных из недр Земли вулканическими лавами или магмой при образовании трубчатых тел диаметром от нескольких десятков до сотен метров, заполненных кимберлитовой породой. Обломки, мантийное происхождение которых признается большинством петрографов, представлены перидотитами, эклогитами, лерцолитами и другими ультраосновными породами.

География мест, где глубинные включения отбирались для изучения рудной, особенно сульфидной, минерализации весьма обширна: это базальтовые лавы Свя-

гинского, Иманского и Борисовского древних вулканов на Дальнем Востоке, базальты из современных вулканов Камчатки, Гавайских о-вов и о. Таити, ультраосновные включения из кимберлитов Якутии (трубки Обнаженная, Удачная, Загадочная) и Южной Африки (трубка Робертс Виктор) и, наконец, аналогичные включения из базальтов трубок взрыва Северо-Минусинской впадины и южного Тянь-Шаня.

Как показали минералогические исследования, во всех глубинных обломках — отторженцах пород верхней мантии — откуда бы они ни были взяты, присутствуют застывшие сульфидные капли, состоящие преимущественно из пирротина $Fe_{1-x}S$, халькопирита $CuFeS_2$ и пентландита $(Fe, Ni)_9S_8$. В одних случаях они однофазные, например пирротиновые, в других — двух- или трехфазные (пирротин+халькопирит+пентландит).

Форма и состав сульфидных включений отражают превратности их судьбы. Одни из них находятся в зернах или участках зерен силикатных минералов, не испытавших хрупких или пластических деформаций, и обладают сферической формой. Как правило, они отличаются наименьшими размерами. Другие под воздействием пластических деформаций вытягиваются в цепочки, струи, полосы. Третьи покидают кристаллы силикатов, располагаясь в межзерновом пространстве. Последние по размеру обычно в десятки и сотни раз больше, чем каплевидные включения сульфидов, оставшиеся внутри кристаллов силикатных минералов. Естественно, что в крупных выделениях условия для их расслоения или распада на отдельные фазы более благоприятны. Этим и объясняется их полиминеральное строение.

Характерно, что в обломках верхней мантии расплавных сульфидных выделений во много раз больше, чем во вмещающих их базальтовых лавах или кимберлитовых породах. Неодинаково их распространение и в самих ультраосновных включениях. Например, содержание расплавных сульфидных минералов заметно больше в глубинных включениях кимберлитов Якутии или трубок взрыва Северо-Минусинской котловины, нежели во включениях из базальтов Камчатки и Гавайских о-вов.

Изменяется и количественное отношение микрофаз. Так, каплевидные сульфидные обособления в ультраосновных породах Авачинского вулкана состоят преимущественно из пирротина, а в ультраосновных породах Гавайских о-вов и о. Таити за-



Каплевидные выделения сульфидов в шпинелиевом перцолите из трубки взрыва Северо-Минусинской впадины. Полированный шлиф. Увел. 600.

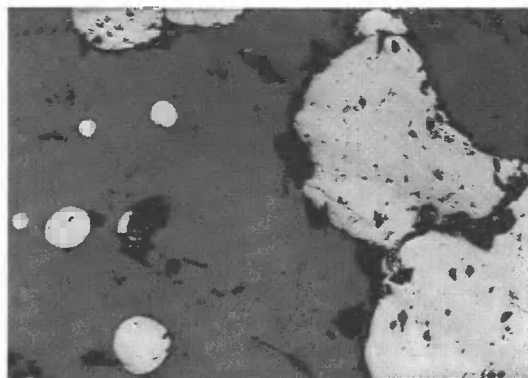
Ильменит в межзерновом пространстве, а также в виде шариков внутри кристаллов граната. Гранат-ильменитовый желвак из кимберлита Якутии. Полированный шлиф. Увел. 60.

метно возрастает количество халькопирита и пентландита. При микроскопическом изучении обломков пород верхней мантии из трубок взрыва Северо-Минусинской впадины или южного Тянь-Шаня установлены те же сульфидные минералы. Однако количество халькопирита и особенно пентландита по сравнению с пирротинном возрастает здесь еще в большей степени. В пироповых перидотитах из кимберлитовых трубок Якутии по распространенности пирротин уступает как халькопириту, так и пентландиту.

Каковы же причины неравномерного распределения сульфидов в обломках глубинных пород? Возможно, это связано с неодинаковым составом мантии под разными структурными участками земной коры: неоднородность мантии проявляется в разном соотношении не только породообразующих силикатных минералов, но и рудных компонентов.

В настоящее время неоднородность состава пород верхней мантии в горизонтальном и вертикальном направлениях, ее блоковое строение признаются большинством исследователей. Вместе с тем широкое распространение расплавных сульфидных обособлений в глубинных включениях свидетельствует о магматической природе мантийного субстрата. Если же это так, то возможности для реализации в крупных масштабах ликвации — отделения сульфидной фракции от силикатного расплава — в верхней мантии куда больше, чем в ограниченных по объему магматических камерах, сосредоточенных в верхних горизонтах земной коры. Именно в недрах мантии, в местах интенсивного рифтогенеза, находится первоисточник сульфидных потоков, породивших в верхних горизонтах земной коры такие рудные гиганты, как месторождения медно-никелевых руд всемирно известного Норильска.

Возможно, существованием крупных локальных скоплений сульфидных руд в



верхней мантии под относительно маломощным базальтовым слоем объясняются и гравитационные аномалии Бермудского треугольника и других районов Мирового океана. И в самом деле, среди перидотитов, эклогитов и других плотных пород верхней мантии, что может быть еще более плотным веществом, нежели рудные, скорее всего сульфидные, образования?

ОКСИДЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОРОДАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

Мы уже упоминали о расплавных обособлениях — нодулях хромита в породах ультраосновных массивов Урала и других районов мира. Оксиды хрома, титана и других тяжелых металлов неоднократно описаны также в мантийных образованиях из кимберлитов и лавовых потоков современных и древних вулканов⁷. Таковы, например, нодули магнезиального ильменита (Fe, MgTiO_3) в кимберлитовых телах Укуитского и Мало-Ботубинекского полей Якутии. Мантийные обломки, сложенные магнезиальным ильменитом, обнаружены и в чет-

⁷ Боткунов А. И., Гаранин В. К., Крот А. Н. и др. // Геология рудных месторождений. 1987. № 1. С. 15—29; Andersen T., Griffin W. Z., O'Peilly Suzanne V. // Lithos. 1987. V. 20. N 4. P. 279—294.

вертикальных базальтах Алжира.

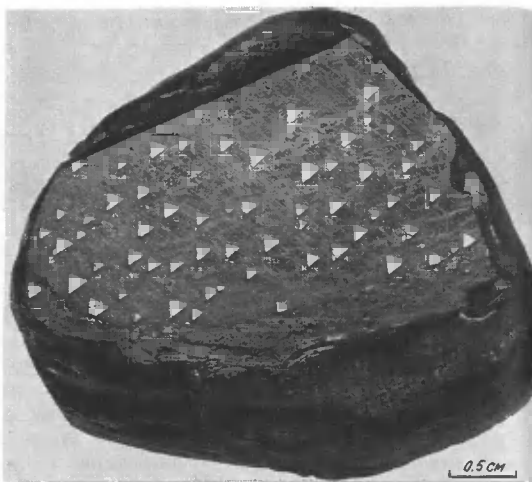
Ильменит и хромит — составные части желваков оранжевого высокохромистого граната в алмазоносных кимберлитах трубки Мир. Ильменит в желваках, как показало микроскопическое изучение, не только заполняет межзерновое пространство, но и находится внутри зерен граната в виде многочисленных каплевидных включений размером 0,01—0,1 мм.

Впрочем, происхождение ильменит-гранатовых желваков окончательно не выяснено. Одни исследователи принимают их за продукты прямой кристаллизации кимберлитовой магмы, другие — за обломки пород, захваченных на разных уровнях верхней мантии или земной коры. Сферолитовая форма гранатовых желваков, близкие размеры (3—8 мм), отсутствие следов механической дезинтеграции, особенности химического состава и другие признаки подтверждают справедливость первой точки зрения.

Если же это так, то присутствие капель ильменита в гранатовых желваках вызвано распадом кимберлитовой магмы на две фазы: силикатную и рудную. В последующем рудные капли были захвачены растущими кристаллами граната и на многие миллионы лет законсервированы в них.

Рудные капли — не единственная форма существования титана и железа. Часть этих металлов вошла в кристаллическую решетку граната, что подтверждено микроскопическими исследованиями, показавшими присутствие в нем тонких пластинок ильменита, которые представляют собой продукты распада твердого раствора. Судя по минеральному и химическому составу гранатовых желваков, объемы рудной и силикатной фракций в изначальном расплаве были примерно одинаковы. Поскольку смешимость их ограничена, такие высокие содержания рудного вещества могли быть достигнуты при очень высоких давлениях, возможных лишь в пределах верхней мантии. В целом же каплевидные обособления ильменита в гранатовых желваках служат одним из веских доказательств разделения вещества в наиболее глубоких магмах. Вместе с тем они в какой-то мере раскрывают еще одну страницу истории образования алмазоносных кимберлитов.

Приведем еще один пример, подтверждающий расплавленную природу ильменита. Это графические структуры ильменит-пироксенового состава, структуры кристаллизации эвтектики $(\text{Mg}, \text{Fe}) - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$ — системы, представляющей собой обогащенный титаном и другими рудными компонентами остаточный кимберлитовый расплав.



Ильменит-пироксеновый глубинный обломок с графической структурой. Трубка Мир. Образец из коллекции Н. Филиппова.



Скопления каплевидного ильменита в оливине. Оливинитовый пироксенит из архейского комплекса в Прибайкалье. Полированный шлиф. Увел. 60.

Глубинные включения с такого рода оригинальными структурами встречаются как в якутских, так и в африканских кимберлитах.

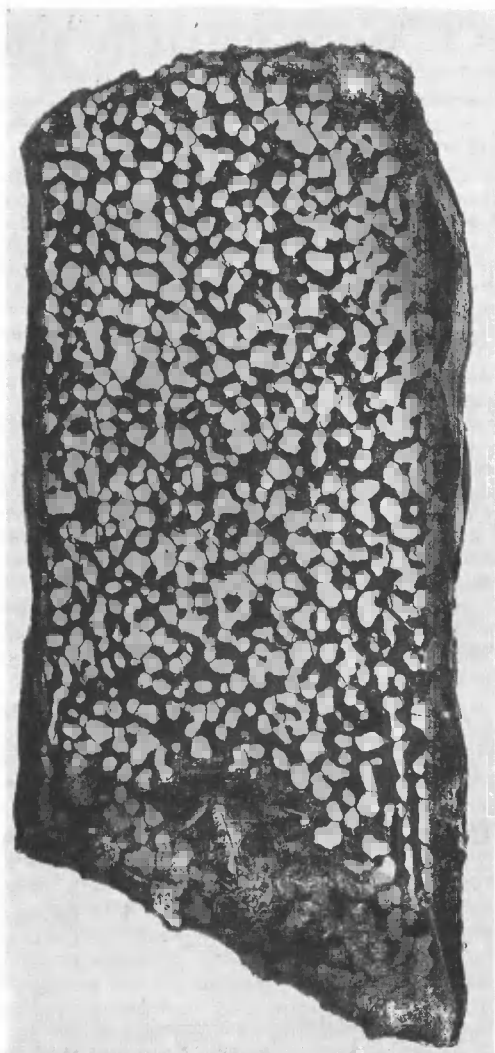
Распад ультраосновных магм на рудную и силикатную фракции очень ярко выражен и в оливиновых пироксенитах п-ова Святой Нос на Байкале. Здесь отдельные зерна силикатных минералов, особенно оливина, буквально переполнены мельчайшими ильменитовыми шариками или гантелеподобными выделениями, возникшими в процессе их слияния.

САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ

В самородной форме золото, серебро, медь, железо, свинец, олово и ряд других металлов известны очень давно. Железо и его сплавы с никелем и кобальтом входят в состав метеоритов и лунных пород. Самородное железо установлено в глубинных включениях — отторженцах пород самой нижней части земной коры и верхней мантии⁸. Однако их широкое распространение в самых разных породах и рудах стало известно сравнительно недавно. Большая удача выпала на долю российских геохимиков и минералогов, открывших в габбро-доллеритах на севере Сибирской платформы самородные медь, свинец, цинк, кадмий, олово, сурьму, никель, кобальт, железо и алюминий, а также сплавы меди и цинка, олова и сурьмы, железа и никеля. Многие из этих металлов обособились в капельно-жидком состоянии еще до кристаллизации магматического расплава⁹.

Рудообразующая роль расслоения магм была прослежена одним из авторов этой статьи при изучении самородного железа в габбро-доллеритах Сибирской платформы¹⁰. Рудно-силикатная ликвация проявляется в них в виде мельчайших шариков самородного железа и пирротина в стекле, слиянии их в более крупные каплевидные выделения, губчатые образования и так называемые сливные руды. Объем рудной фазы варьирует в широких пределах: от микроскопических выделений, мелких самородков до рудных желваков и глыб массой в сотни и тысячи килограммов.

О сибирском самородном железе авторы уже писали в «Природе»¹¹. Напомним читателям, что один слиток железа, массой 250 кг выставлен в Геологическом музее при Объединенном институте геологии, геофизики и минералогии СО РАН. Этот самородок, извлеченный из габбро-доллеритов, был доставлен одним из авторов статьи в новосибирский Академгородок из Восточной Сибири с берегов ручья Хунгтукун, что находится в верхнем течении р. Малой Романихи. Другой самородок из тех же мест



Крупнокапельная руда самородного железа. Хунгунтонский массив габбро-доллеритов (в натуральную величину).

массой 150 кг хранится в Москве, в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН.

По аналогии с рудами самородного железа можно с уверенностью говорить о сходстве механизмов образования сульфидных и платино-хромитовых руд, особенно в верхних зонах норильских интрузивов. И вообще, затвердевшие рудные капли могут многое рассказать как о природе мантийного субстрата, так и о рождении в недрах Земли рудных магм и потоков — сульфидных, магнетитовых и даже просто металлических.

⁸ Haggerty S. E., Toft P. B. // Science. 1985. V. 229. N 4714. P. 647—649.

⁹ Олейников Б. В. Самородное минералообразование в магматическом процессе. Якутск, 1981. С. 5—11.

¹⁰ Рябов В. В. Ликвация в природных стеклах на примере траппов. Новосибирск, 1989.

¹¹ Вахрушев В. А., Рябов В. В. Самородное железо // Природа. 1988. № 6. С. 60—61.

РОЖДЕНИЕ НЕБЕСНОЙ КАРТЫ

Каким образом и когда случилось так, что древний человек разделил небо на созвездия, населив его рыбами, птицами и людьми! Откуда, из глубин каких культур пришли такие названия, как Кит, Гидра, Волопас! Почему, например, созвездие, которое мы зовем Большой Медведицей, у разных этносов связано с обозначением одного и того же зверя! Эти вопросы не имели и, казалось, не будут иметь однозначного ответа. Но похоже, что это совсем не так. Читателю предоставляется возможность оценить новый и достаточно неожиданный подход к решению задачи, долгое время воспринимавшейся как своего рода квадратура круга.

Гипотеза, предлагаемая А. А. Гурштейном, построена на методе, который одновременно использует точные астрономические данные, представления об исторических традициях древней европейской культуры и семантику символов. Синтез всех этих элементов выявляет поразительную закономерность: названия самых древних созвездий отражают представления о трех мировых стихиях (и связанных с ними сущностях): воде (Корабль Арго, Рыбы, Гидра и др.), земле (Дева, Стрелец, Ореон) и воздухе (например, Лебедь, Орел, Пегас). Эти три класса созвездий образуют три пояса на небесной сфере, которые соответствуют символике и последовательности трех воображаемых древними миров — Нижнего, Среднего и Верхнего. Допустив, что пояса созвездий располагались в момент формирования этих представлений симметрично Полюсу мира, и учтя произошедшее с тех пор отклонение оси вращения Земли, автор гипотезы приходит к датировке рождения древнейшей картины неба.

Убедительна ли гипотеза астронома! Примут ли такой подход археологи и историки культуры! Обо всем этом можно с известной осторожностью судить по предлагаемой ниже подборке из трех статей.

Небо поделено на созвездия в каменном веке

А. А. Гурштейн

ГРЕК ЭМПЕДОКЛ из города Акрагант на южном берегу Сицилии — астроном, жрец, политолог, врач и геометр V в. до н. э. — в поэме «О природе» вслед за своим великим наставником Пифагором изложил сущность чувственного мира: «...Вначале услышь, каковы суть четыре корня всего: сияющий Зевс и Гера, приносящая жизнь, и Гадес, и, конечно, Нестид, что людские источники своими слезами питает...»¹

В переводе на будничную прозу имена четырех богов служат пифагорейцу Эмпедоклу аллегориями четырех вечных и неразрушимых первоэлементов: огня, воздуха,

земли и воды. Осененные гением Аристотеля, «четыре корня всего» — четыре мировые стихии греческой метафизики — оставались европейской философской традицией вплоть до Нового времени.

Между тем в современной литературе возобладало мнение, «что в VIII—VII вв. до н. э. взгляды греков на природу и человека находились под сильным (но отнюдь не господствующим) влиянием мифологических представлений. Начиная с VI в. до н. э. на месте этих представлений начинают утверждаться рационалистические идеи, опирающиеся на практический опыт и эмпирическое сознание... Наряду с этим в философских воззрениях VI—V вв. до н. э. нередко можно встретить следы мифологических представлений и традиционных ходов мысли»². Традиционных ходов мысли — ка-

© Гурштейн А. А. Небо поделено на созвездия в каменном веке.

¹ Цит. по: История философии в кратком изложении / Пер. с чешск. М., 1991. С. 102. Название города Акрагант иногда транскрибируется по-русски как Агригент.

² Жмудь Л. Я. Пифагор и его школа. Л., 1990. С. 184.



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

ких, хотелось бы выяснить, народов и каких, хотелось бы знать, эпох?

Честно признаемся, на заре наших разысканий не возникало и мысли о возможности связать древнейшую картину неба с древнегреческим восприятием мировых стихий. Но, как гласит латинская поговорка, по когтям узнают льва, по ушам — осла. Образно говоря, следы и того и другого отыскивались в древнейших пластах человеческой культуры.

ЗОДИАК

В октябрьском выпуске «Природы» за 1991 г. — кстати, впервые — была кратко изложена реконструкция представлений о происхождении зодиакальных созвездий. Это удалось сделать путем анализа их символики с учетом кинематики небесной сферы³. Вскоре эти данные увидели свет в полном объеме на русском и английском языках⁴, получив в дальнейшем определенное при-

знание на ряде отечественных и международных научных форумов⁵.

Ключевые моменты разработанной концепции сводятся к следующим основным положениям.

1. В силу известной в этнографии устойчивости культурных традиций — и в частности, устойчивости топонимов, гидронимов и звездных наименований (астронимов) — карта звездного неба у этносов, наследовавших более древние культуры, не подвергалась радикальным преобразованиям. Разумеется, случались корректировки границ отдельных созвездий, они могли возникать, упраздняться или переименовываться, однако даже при переходах из культуры в культуру карта звездного неба по своему наполнению и наименованиям созвездий не претерпевала резких трансформаций.

2. Названия созвездий носили символический характер и в зримых образах отражали культурный и духовно-идеологический мир их творцов. Процесс, который мы наблюдаем в Древней Греции — связывание астронимов с местной мифологией, — вторичен; это не более чем внедрение мнемонических правил для удобства запоминания уже существующей астронимики.

3. Единый ряд из 12 зодиакальных созвездий на пути Солнца — эклиптике — появился как следствие длительного процесса наблюдений за его ежегодными перемещениями среди неподвижных звезд, благодаря которым были зафиксированы точки весны, лета, осени и зимы. С середины VI тысячелетия до н. э. и на протяжении 4,5 тыс. лет вдоль эклиптики последовательно было введено три поколения созвездий. Первое из них по характеру символики было преимущественно антропоморфным, причем созвездия всех трех поколений, фиксирующие точки зимнего солнцестояния, оказались по своей символике относящимися к воде.

4. В доказательстве корректности выполненной реконструкции серьезную роль сыграл критерий размеров, согласно которому по мере возникновения новых созвездий занимаемые ими площади на небесной сфере в среднем уменьшаются; наиболее крупные по площади созвездия среднестатистически принадлежат к числу наиболее древних.

Выполненная нами реконструкция свідетельствовала, что маркировка на небе зо-

³ Гурштейн А. А. Минувшие цивилизации в зеркале Зодиака // Природа. 1991. № 10. С. 57—71.

⁴ Гурштейн А. А. Реконструкция происхождения зодиакальных созвездий // На рубежах познания Вселенной (Историко-астрономические исследования). Вып. 23. М., 1992. С. 19—63; Gurshteyn A. A. // On the Origin of the Zodiacal Constellations // Vistas in Astronomy. 1993. V. 36. P. 171—190.

⁵ См., например, доклад на Международной конференции по археоастрономии Оксфорд-4: Gurshteyn A. A. The Zodiac and the Roots of European Civilization. Стара Загора, сентябрь 1993 г.

диакальных созвездий произошла значительно позднее, чем сформировалась сама концепция созвездия, т. е. позднее, чем древний человек счел правомерным рассматривать на небе не только одиночные светила, но и устойчивые, символически выделенные совокупности звезд. Примененные при реконструкции истории Зодиака методы открыли пути к решению следующей по сложности задачи — реконструкции древнейшей карты неба в таком виде, как она могла выглядеть при ее формировании.

ВЕЛИКАЯ МЕДВЕДИЦА

Многие историки астрономии давно указывали, что созвездие Большой Медведицы наверняка относится к числу древнейших. Доводами были:

распространенность именно этого названия в различных географических регионах Земли и у различных этносов;

легко выделяемый на небе силуэт созвездия с семью бросающимися в глаза яркими звездами;

близполюсное положение созвездия, в связи с чем в средних широтах Северного полушария оно видимо вне зависимости от времени года в любую безоблачную ночь.

Насколько известно автору, профессор Гарвардского университета в США О. Гингерич первым открыл путь к аргументированной оценке возраста Большой Медведицы в абсолютной шкале времени⁶. Он обратил внимание, что такое название — среди прочих районов Земли — распространено и фонетически взаимосвязано как у ряда народов Сибири, так и у коренных жителей Аляски.

Напомним особенности этого региона к концу последнего, так называемого юрмского оледенения. Сибирь и Аляска скованы единым ледниковым покровом; эта геологическая формация называется в литературе либо Арктидой, либо Берингией. Ее характеризует морозный, сухой климат с безоблачным, благоприятным для астрономических наблюдений небом. Летом среди сочной травы разгуливают по Арктиде длинношерстные, привыкшие к лютым морозам животные: мамонты, бизоны, шерстистые носороги, медведи. Вслед за ними мигрируют племена верхнепалеолитических охотников. В отсутствие Берингова пролива они беспрепятственно перемещаются из Сибири на Аляску и обратно. Среди них возникают языковые общности.

Ситуация коренным образом меняется в связи с глобальным потеплением: Арктиду замещает нынешнего образца тундра, длинношерстные животные по большей части вымирают, небо заволакивает низкая облачность, моря смыкаются в Беринговом проливе.

Естественно, языковая общность в названии небесного объекта может возникнуть среди народов по разные стороны Берингова пролива только в эпоху их постоянных и беспрепятственных контактов, т. е. до возникновения пролива. Читатели «Природы» имели случай познакомиться с обстоятельной публикацией геологов по этому вопросу⁷: раскрытие Берингова пролива произошло 15 тыс. лет назад, и следовательно, Большая Медведица вошла на небосвод никак не позднее этого срока.

Почему, однако, созвездие получило такое название? Сегодня собраны горы фактов, которые помогают ответить на этот вопрос.

В 1972 г. А. Маршак в США⁸ и независимо от него в 1974 г. Б. А. Фролов в СССР⁹ в своих монографиях привели убедительные иконографические свидетельства рождения лунного месяца как единицы календарного счета времени в верхнем палеолите. По вновь открывшимся обстоятельствам сегодня есть основания полагать, что рождение лунного месяца, относящееся к палеолиту, в абсолютной шкале отстоит от нас на 30—20 тыс. лет¹⁰. Семидневная неделя — четвертая часть продолжительности лунного месяца — восходит к той же эпохе. Нельзя исключить, что именно к той же эпохе относится и известное всем нам соотношение семи дней недели с семью яркими блуждающими среди звезд небесными светилами (Солнце, Луна и пять видимых невооруженным глазом планет)¹¹. В этом случае выделяющийся, никогда не скрывающийся под горизонт, гипотетизирующий взгляд семизвездный ковш становился природным звездным иерогли-

⁷ Свиточ А. А., Талденкова Е. Е. История ландшафтов Берингии // Природа. 1993. № 8. С. 66—72.

⁸ Marshack A. The Roots of Civilization. N. Y., 1972.

⁹ Фролов Б. А. Числа в графике палеолита. Новосибирск, 1974.

¹⁰ Marshack A. The Roots of Civilization: the Cognitive Beginnings of Man's First Art, Symbol and Notation. Mont Kisco — N. Y., 1991.

¹¹ В понимании этой проблемы могут быть серьезные нюансы. Известно, что в античное время Венеру принимали за два светила — Утреннюю и Вечернюю звезды. Вместе с тем в источниках речь часто идет о блуждающих ночных светилах (т. е. исключая Солнце); из-за плохой видимости близ Солнца в счет мог не приниматься Меркурий. Так или иначе, но все древнейшие источники в один голос заявляют именно о семи бродячих светилах.

⁶ Gingerich O. Astronomical Scarpbook. The Origin of Zodiac // Sky and Telescope. 1984. V. 67. N 3. P. 220.

фом, которому следовало присвоить имя наиболее близкого пещерному человеку животного существа. А им был пещерный медведь.

Наиболее значительный вклад в разработку проблемы появления медведя на небе, на наш взгляд, сделан в работе 1985 г. П. Шепарда и Б. Сандерса¹², а также в ряде материалов американского филолога из Айовы Р. Фрэнк¹³. Надежно установлено, что почитание медведя и его первые ритуальные погребения отстоят от нашего времени никак не менее, чем на 50 тыс. лет. С кем мог сопоставить себя пещерный человек — с мамонтом, оленем, носорогом? Пещерный медведь оказался гораздо ближе других животных к пещерному человеку по среде обитания, внешнему облику, повадкам.

Сакральная миссия медведя отразилась в запрете произносить его подлинное имя. В русском языке нет прямого имени медведя, ибо медведь — «мед ведающий» или «мед поедающий» — его косвенная, иносказательная кличка. То же и в английском, так как bear — это не подлинное имя, а лишь иносказательное прозвище «носивший». Проблема табуирования имен не нова и подробно исследована; табу распространялось лишь на сущности божественные.

Между тем мотив седьмиричного небесного божества неоднократно вновь возникает в гораздо более позднее историческое время в Шумере, где первым в списках созвездий значится MUL. MUL — Плеяды, характерная тесная группировка семи звезд. В ряду наших ассоциаций нельзя не вспомнить и о священном сосуде иудаизма — семисвечнике-меноре. Разве не может семисвечник также служить образным напоминанием о семи бродячих небесных светилах?

При этом нет сомнений, что в условиях матриархата на небе должен был появиться не медведь-самец, а пещерная медведица — табуированный тотем пещерного человека. В гордом одиночестве царит Великая Медведица среди прочих древнейших созвездий, нам же теперь предстоит разобраться именно в них, классифицировать символику остальной части древнейшей карты небесного свода.

ГРЕЧЕСКИЕ КЛЮЧИ К ДРЕВНЕЙШЕМУ НЕБУ

Итак, сформулируем в явном виде последовательность целей, которые мы пресле-

дуем. Сверхзадача — установить характер символизма древнейших созвездий на всем небесном своде. Во имя этой задачи требуется выполнить тематический анализ наименований древнейших созвездий. Но подобный замысел осуществим лишь после того, как мы наберем по возможности полный список древнейших созвездий с отождествлением их местоположения, не допустив засорения более молодыми созвездиями. На самом деле в каждом спорном случае мы будем вставать перед дилеммой: что лучше — допустить разрастание списка за счет созвездий, которые могут оказаться более молодыми, или же заведомо сужать его, рискуя выплеснуть и некоторую долю древнейших?

На наш взгляд, сомнений при разрешении указанной дилеммы быть не должно: введение в состав исходного списка более молодых созвездий чревато смысловыми искажениями при анализе их символики, в то время как исключение ряда древнейших обедняет список, однако не искажает существа анализа. Сказанное означает, что мы не считаем большой размер созвездия необходимым условием, однако видим в нем достаточное условие его глубочайшей древности.

Какими же материалами можно воспользоваться? Древнейшие письменные свидетельства — клинописные таблички с шумеро-аккадскими астрономическими сюжетами. Однако применительно к нашим целям они обладают серьезными изъянами: фрагментарностью текстов; наличием пробелов в их осмыслении (переводы наименований, местоположение, видимость и т. п.) и, наконец, пожалуй, самое серьезное — отсутствие полных и однородных по своему составу списков созвездий. В одних и тех же клинописных текстах с одним и тем же детерминантивом *mul* перечисляются и созвездия, и планеты, и отдельные звезды, и даже некоторые части созвездий. Нам же надлежит прибегнуть к списку, охватывающему не отдельные избранные участки неба (как, например, созвездия на пути Луны), а весь небесный свод в целом. Самый древний такой список широко известен. Он содержится в дидактической поэме древнегреческого поэта Арата Солийского «Феномены»¹⁴.

Как считают филологи, поэма Арата написана на заказ в 275 г. до н. э., вскоре

¹² Shepard P., Sanders B. The Sacred Paw. The Bear in Nature, Myth, and Literature. Viking Penguin Inc., 1985.

¹³ См., например: Frank R. M. When Bears ruled the Earth and guarded the date of Heaven: in search of the European sky-bears. 1992.

¹⁴ См.: Небо, наука, поэзия: Античные авторы о небесных светилах, об их именах, восходах, заходах и приметах погоды / Под ред. Н. А. Федорова и П. В. Щеглова М., 1992.

после походов Александра Македонского. Поэта занимала исключительно форма изложения. Что же касается содержания, то он добросовестно перелагает в стихах данные, заимствованные у Евдокса Книдского (около 408—355 до н. э.), математика, астронома и географа, близкого к Платону.

Из 88 современных созвездий Арат называет 46; в это число не входят аратовские Лук и Плеяды, ныне не являющиеся отдельными созвездиями. На южном небе Арат упоминает самое большое по площади среди всех остальных созвездие Корабль-Арго. Из-за огромной площади этого созвездия астроном Никола Лакайль (1713—1762) разделил его на четыре — Корма, Паруса, Киль и Компас; в таком расчлененном виде оно и дожило до наших дней. Естественно, нам надлежит рассматривать его в оригинальном виде.

Анализу списка Арата посвящены два важных современных исследования¹⁵. Во втором из них А. Рой на основе геометрии небесной сферы показал, что описания восходов и заходов звезд в поэме Арата относятся вовсе не к эпохе Евдокса Книдского, а отражают положение дел в 2000 г. до н. э. Отсюда следует исключительно серьезный вывод о том, что Арат, не будучи астрономом, механически воспроизвел результаты гораздо более древних наблюдений, выходящих за пределы древнегреческой культуры. Между тем есть все основания предполагать, что и список Арата неоднороден: в нем могут присутствовать как архаичные, так и более молодые пласты. Как избавиться от более поздних напластований?

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ

Древние созвездия — крупные по площади созвездия; этот признак эффективно сработал при исследовании Зодиака. Применим его вновь для всех 88 созвездий современного неба (табл. 1).

Таблица свидетельствует, что 18 крупнейших по размерам созвездий присутствуют в списке Арата. Из неаратовских созвездий первым появляется Жираф, выделенный мореплавателями XVI в. Далее вновь следуют восемь аратовских созвездий, список которых прерывается Рысью (введена в XVII в. Яном Гевелием). И, наконец, вслед за еще четырьмя созвездиями из текста Арата появляется череда наименова-

Таблица 1

Современные созвездия в порядке убывания их площадей

№	Площадь, кв. градус	Название	Наличие у Арата
1—4	1888	Корабль Арго	+
5	1300	Гидра	+
6	1290	Дева (зодиак)	+
7	1280	Большая Медведица	+
8	1230	Кит	+
9	1225	Геркулес	+
10	1138	Эридан	+
11	1121	Пегас	+
12	1083	Дракон	+
13	1060	Кентавр	+
14	980	Водолей (зодиак)	+
15	948	Змееносец	+
16	947	Лев (зодиак)	+
17	907	Волпас	+
18	889	Рыбы (зодиак)	+
19	807	Стрелец (зодиак)	+
20	804	Лебедь	+
21	797	Телец (зодиак)	+
22	757	Жираф	
23	722	Андромеда	+
24	657	Возничий	+
25	652	Орел	+
26	637	Змея	+
27	615	Персей	+
28	598	Кассиопея	+
29	594	Орион	+
30	588	Цепей	+
31	545	Рысь	
32	538	Весы (зодиак)	+
33	514	Близнецы (зодиак)	+
34	506	Рак (зодиак)	+
35	497	Скорпион (зодиак)	+
36	482	Единорог	
37	475	Скульптор	
38	469	Феникс	
39	465	Гонимые Псы	
40	441	Овен (зодиак)	+
41	414	Козерог (зодиак)	+
42	398	Печь	
43	386	Волосы Вероники	
44	380	Большой Пес	+
45	378	Павлин	
46	366	Журавль	
47	334	Волк	
48	314	Секстант	
49	295	Тукан	
50	294	Индеец	
51	291	Октянт	
52	290	Заяц	+
53	286	Лира	+
54	282	Чаша	+
55	270	Голубь	
56	268	Лисичка	
57	256	Малая Медведица	+
58	252	Телескоп	
59	249	Часы	
60	247	Живописец	

¹⁵ O v e n d e n M. W. The Origin of the Constellations // The Philosophical J. 1966. V. 3. N 1. P. 1—18; R o y A. E. The Origin of the Constellations // Vistas in Astronomy. 1984. V. 27. P. 171—197.

61	245	Южная Рыба	+
62	243	Южная Гидра	
63	239	Насос	
64	237	Жертвенник	+
65	232	Малый Лев	
66	210	Микроскоп	
67	206	Райская Птица	
68	201	Ящерица	
69	189	Дельфин	+
70	184	Ворон	+
71	183	Малый Пес	+
72	179	Золотая Рыба	
73	179	Северная Корона	+
74	165	Наугольник	
75	153	Столовая Гора	
76	141	Летучая Рыба	
77	138	Муха	
78	132	Треугольник	+
79	132	Хамелеон	
80	128	Южная Корона	+
81	125	Резец	
82	114	Сетка	
83	110	Южный Треугольник	
84	109	Щит	
85	93	Циркуль	
86	80	Стрела	+
87	72	Малый Конь	
88	68	Южный Крест	

Примечание. Размеры созвездий заимствованы из стандартного «Справочника любителя астрономии» П. Г. Кудиковского (4-е изд. М., 1971). Разумеется, современные границы созвездий несколько отличаются от древних, что сказывается и на их площадях, однако, согласно нашим оценкам в предшествующих публикациях, эти тонкости никак не влияют на окончательные результаты.

ний, у него отсутствующих. Вывод: если средние созвездий размерами менее 490 квадратных градусов массовым образом присутствуют созвездия, не упомянутые Аратом, именно здесь проходит та граница, ниже которой в поисках древнейших созвездий не следует спускаться и в самом списке Арата. Вновь подчеркнем, что мы следуем принципу: для последующего анализа лучше отсечь лишнее древнейшее созвездие, чем включить в список лишнее молодое (признак достаточности для выделения древнейшего пласта созвездий).

Итак, базу данных для последующего анализа мы вычленим из табл. 1 путем исключения:

совершенно особого созвездия Большой Медведицы, резоны появления которой на небе обсуждены ранее;

восьми зодиакальных созвездий второго и третьего поколений (Телец, Лев, Скорпион, Водолей, Овен, Рак, Весы, Козерог), которые, согласно нашим предыдущим исследованиям, появились на небе гораздо

позднее первой четверки (Близнецы, Дева, Стрелец, Рыбы);

молодых созвездий Жирафа и Рыси, которых нет у Арата;

всех созвездий, начиная с Единорога, размеры которых не отвечают достаточному условию их глубокой древности.

Остающиеся 23 созвездия (и, конечно, Большая Медведица), на наш взгляд, представляют собой древнегреческое копирование гораздо более древних созвездий (табл. 2).

Анализ этой таблицы выявляет поразительную особенность: все заключенные в ней наименования отражают символику трех миров — Нижнего, Среднего и Верхнего, т. е. трех мировых стихий, с которых мы начали настоящую работу, — воды (существа и объекты водоплавающие), земли (персо-

Таблица 2

Древнейшие созвездия неба, выделенные согласно их размерам

№	Площадь, кв. градус	Название	Символика стихий		
			вода	земля	воздух
1	1888	Корабль Арго	+		
2	1300	Гидра	+		
3	1290	Дева		+	
4	1230	Кит	+		
5	1225	Коленопреломленный		+	
6	1138	Эридан (река)	+		
7	1121	Пегас			+
8	1083	Дракон			+
9	1060	Кентавр		+	
10	948	Змееносец		+	
11	907	Страж Медведицы		+	
12	889	Рыбы	+		
13	867	Стрелец		+	
14	804	Птица			+
15	722	Андромеда		+	
16	657	Возничий		+	
17	652	Орел			+
18	637	Змея		+	
19	615	Персей		+	
20	598	Кассиопея		+	
21	594	Охотник		+	
22	588	Цефей		+	
23	514	Близнецы		+	

Средние площади по группам: 1289 801 915 кв. град.

Примечание. Использованы аратовские наименования созвездий: Коленопреломленный вместо Геркулеса, Птица вместо Лебеда и т. д.



нажи преимущественно антропоморфные) и воздуха (существа и персонажи летающие).

В расположении выделенных трех тематических групп на небесной сфере существует определенная закономерность: все воздухоплавающие сосредоточены плотной группой недалеко от Северного полюса эклиптики лишь в Северном полушарии; антропоморфные существа равномерно охватывают воздухоплавающих кольцом со всех сторон; наконец, водоплавающие сосредоточены в форме подковы в Южном полушарии, в основном ниже небесного экватора. С точки зрения наблюдателя-практика,

Рис. 1. Карта звездного неба в соответствии с его описанием в поэме Арата «Феномены» [Eratosthenes Catasterismi, Leipzig, 1801]. Сетка небесных координат — в эклиптической системе.

В Северном полушарии оранжевым цветом выделены созвездия Верхнего мира с воздушной символикой; красным — антропоморфные созвездия Среднего мира. Пунктирная черная окружность с центром в полюсе эклиптики — след перемещения по небесной сфере мгновенного Северного полюса мира. Красный крестик — центр симметрии выделенных символических пластов, который соответствует положению полюса ко времени 14 тыс. лет до н. э.



В Южном полушарии с ним и цветом выделены водные созвездия Нижнего мира. Красный крестик в созвездии Корабля Арго — мгновенный Южный полюс мира 14 тыс. лет до н. э. Зеленые окружности — положение зон невидимости вокруг Южного полюса в тот же период и во времена Арата. Зеленая дуга, соединяющая окружности, показывает путь их перемещения. Заштрихована «зона стирания» — площадь небесной сферы, на которой звезды переставали быть видны по мере смещения мгновенного Полюса мира в период от 14 тыс. лет до н. э. до аратовских времен. Незаштрихованная площадь внутри зеленых кривых — «зона наращивания».

такой расклад может получиться только в единственном случае. Наблюдатель должен объединять в созвездия с водными названиями группы звезд, кульминирующие низко над горизонтом, а в «воздушные» созвездия — группы звезд, кульминирующие в различные сезоны над его головой. Антропоморфными же будут созвездия, кульминирующие выше созвездий «водного» пояса. В этом случае все пояса, и в первую очередь «воздушные» созвездия, на момент их образования должны быть симметричны относительно тогдашнего полюса мира.

Если мы принимаем эту идею — а ни-

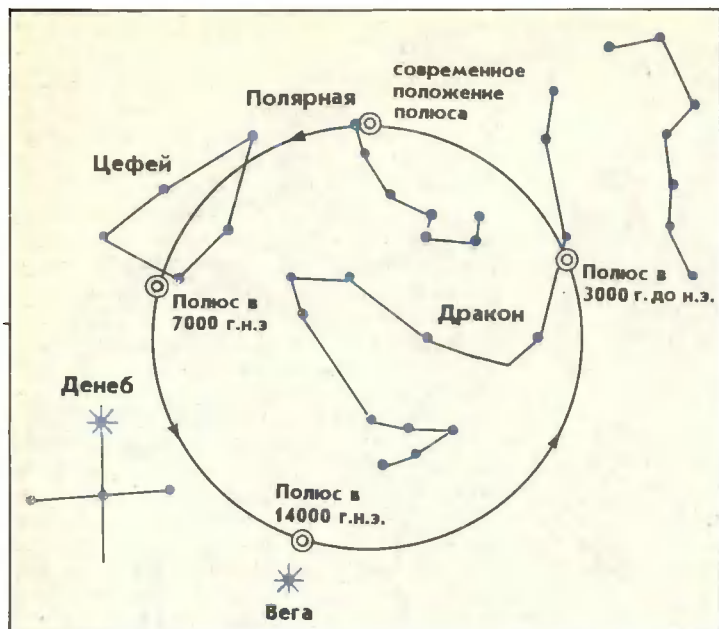


Рис. 2. Схема движения Северного полюса мира среди звезд.

Рис. 3. Схема расположения эклиптики и отношение к трем выделенным символическим пластам архаичного неба. Эклиптика не достигает воздушного пласта, основная ее часть располагается в антропоморфном поясе Среднего мира и относительно небольшая дуга погружена в водный пласт Нижнего мира.

какого другого разумного объяснения для астронома-практика, похоже, существовать не может — мы получаем право найти центр площадки «воздухоплавателей», который должен совпадать с положением полюса мгновенной оси мира для эпохи введения созвездий.

ДАТИРОВКА

Вследствие прецессии оси вращения Земли в пространстве ее «отражение» на небе — ось мира — движется по небесной сфере вокруг полюса эклиптики с периодом в 26 тыс. лет. На рис. 2 приведена карта движения Северного полюса мира на три десятка тысяч лет.

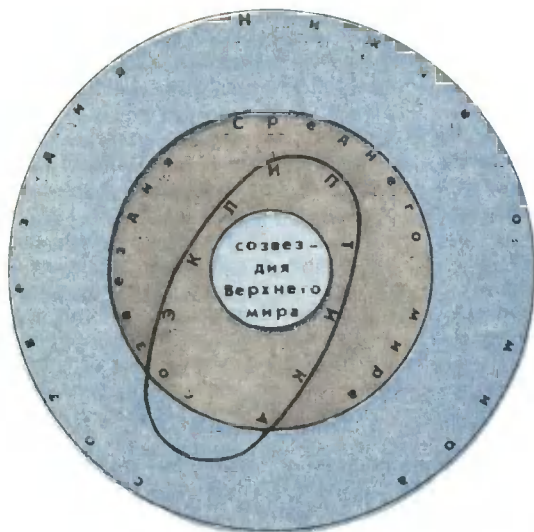
Перед нами стоит задача отыскать центр симметрии трех выделенных на небе пластов созвездий (воды, земли, т. е. людей, и воздуха); поскольку этот центр симметрии суть Северный полюс мира (в эпоху введения этих созвездий), он должен находиться на пунктирной окружности рис. 1. Использовать для отыскания центра симметрии созвездия, удаленные от полюса, затруднительно, так как это снижает точность результата, и в целях достижения большей точности достаточно ограничиться созвездиями «воздушными», находящимися близ полюса. В таком случае задача с точностью 1—2 тыс. лет решается графически: цветной крестик на следе движения Северного полюса (см. рис. 1) оптимальным образом от-

вечает центру площади, занятой «воздушными» созвездиями. В переводе на шкалу времени этот результат означает, что три символических пласта среди созвездий были симметричны относительно Северного полюса мира (т. е. введены на небо) 16 тыс. лет назад.

В нижней строчке табл. 2 приведены данные по средним площадям созвездий каждого слоя. Разумеется, эти данные отражают средние размеры типичных крупных созвездий. Повторимся, что в качестве отдельных астральных символов (астеризмов) на древнейшем небе могли быть и, вероятнее всего, в действительности были отдельные яркие звезды и малые группировки звезд; все они, однако, были исключены нами из рассмотрения и не попали в табл. 2.

Напомним, что средняя площадь первого поколения зодиакальных созвездий была установлена нами в прежних публикациях равной 890 квадратным градусам. Это достаточно убедительно согласуется со средними размерами созвездий в табл. 2 в группе антропоморфных (801 квадратный градус) и воздушных (915 квадратных градусов) созвездий. Водные же созвездия отличаются большей средней площадью. Есть ли у этого разумное объяснение?

Водные созвездия выделялись близ горизонта, где из-за большой толщи атмосферы условия наблюдений намного хуже и в созвездия приходилось включать в среднем



несколько более яркие звезды, что, конечно, вело к увеличению средней площади. Но это, скорее всего, не главное. Главное же состоит в прецессионном движении Южного полюса мира. На рис. 1 его положение, соответствующее положению Северного полюса на момент введения созвездий, также отмечено цветным крестиком; Южный полюс приходится на созвездие Корабля Арго. Поскольку в средних широтах Северного полушария Земли Южный полюс находится под горизонтом, вокруг него расположена зона невидимости. Размеры созвездий Корабля Арго и Эридана (за исключением их не видимых в это время частей) при этом вполне умеренны.

По мере смещения Южного полюса наблюдатели должны были из столетия в столетие наблюдать новые звезды. Так, вблизи Южного полюса формировалась «зона наращивания», и именно этот фактор мог стать причиной того, что Корабль Арго превратился в чудовищного монстра — самое крупное созвездие небосвода. То же случилось на созвездиях Эридана, Кита. С противоположной стороны от Южного полюса должна была возникать «зона стирания», где размеры созвездий неуклонно уменьшались. Поскольку зона стирания в конечном счете подошла к ногам Стрельца и Кентавра, нижележащие созвездия оказались стертыми полностью — и кольцо «водного» пояса разомкнулось до полукольца, приняв форму подковы.

СВИДЕТЕЛИ ОТНЮДЬ НЕ НЕМЫ

Сформулировав концепцию деления древнейшего неба на три стихии — воды, земли и воздуха, естественно искать иные следы ее подтверждения. И такие следы немедленно обнаруживаются.

В целях выйти на древнейшие созвездия мы оставили за пределами табл. 2 еще 25 небольших созвездий списка Арата, среди которых — и мы затрагивали этот вопрос — наверняка могли присутствовать и древнейшие созвездия. Что можно сказать о символике этих созвездий, которые мы отсекали по критерию их малых размеров?

Более двух третей из малых созвездий Арата как по символике, так и по местоположению не только не противоречат, но полностью подтверждают три выделенных нами пласта древнейшего неба. В надлежащем «воздушном» поясе летит Стрела; Северная Корона и Жертвенник, которые служат важными атрибутами деятельности людей, разместились в поясе «земли», где стоят также сопутствующие охотнику Ориону Большой Пес и Заяц; Водолей, Дельфин и Южная Рыба, как им и положено, погружены в зону «воды». Противоречат предположенной нами концепции или являются спорными по своему местоположению лишь пять-шесть из малых созвездий списка Арата. Думается, такой результат правомерно считать статистически весьма удовлетворительным.

Общезвестно, что греческая традиция наименований небесных объектов имеет параллели с более древней шумеро-аккадской традицией. Обратимся к переведенной на русский язык монографии Б. Ван-дер-Вардена¹⁶ для установления наиболее значительных расхождений между двумя традициями. На шумеро-аккадском небе в поясе «воздуха» нет аратовской Птицы (Лебеда), однако есть другое «воздухоплавающее» — пантера-грифон. Равным образом мы не имеем в Месопотамии крылатого Пегаса, но на этом месте распростерла крылья Великая Ласточка — символ, намного «воздушнее» Пегаса.

Еще более поучительна история с Овном. Он относится к последнему, третьему поколению зодиакальных созвездий и отсутствует в древних клинописных источниках. Он исключен нами из анализа созвездий списка Арата, в связи с чем отсутствует в табл. 2. Между тем в шумеро-аккадских

¹⁶ Ван-дер-Варден Б. Пробуждающаяся наука-2. Рождение астрономии. М., 1991.

источниках на месте Овна стоит наемный сельскохозяйственный рабочий — фигура, полностью соответствующая символике среднего, «земного» пласта звездного неба.

Такие примеры многочисленны, и их не стоит продолжать, поскольку древние клинописные астрономические тексты хранят память о трех пластах неба в самом что ни на есть явном виде. Как указывается во многих клинописных текстах различных исторических периодов, шумеро-аккадское небо делится на зоны (грубо параллельные экватору), которые называются зонами Эа, Ану и Энлиля. Исследователям не удавалось установить принципа выделения этих трех зон, однако в рамках нашей концепции это представляется совершенно очевидным. Нижняя зона неба посвящена Эа — богу вод, средняя — Ану — верховному богу, правящему богами и людьми, верхняя — Энлилю, т. е. божеству «плодородия и жизненных сил, а также необузданной стихийной силы (бог бури, воздуха?)»¹⁷. Подобные мотивы широко распространены в древнекитайских источниках.

Концепция деления древнейшего неба на слои воздуха, земли (людей) и воды исчерпывающе отвечает на вопрос, оставшийся открытым при исследовании истории Зодиака. Откуда конкретно пошла символика первого поколения зодиакальных созвездий (антропоморфные фигуры и вода)? В рамках изложенного ответ на этот вопрос напрашивается сам собой. Открытый в VI тысячелетии до н. э. путь Солнца среди звезд (эклиптика) оказался на фоне созвездий пласта людей и воды; он не достигал находящегося близ зенита пласта воздуха. Три выделенные точки эклиптики (весна, лето и осень) попали в антропоморфный пласт, а одна точка (зима) — в зону воды (рис. 3). Это и стало отправной точкой для наименования созвездий первого поколения Зодиака.

ИТОГИ

Выдающийся популяризатор науки К. Фламарион на исходе XIX в. без тени сомнения повествовал о рождении созвездий и их имен: «...как скоро среди безмолвия ночей люди обратили свое внимание на звезды... они необходимо должны были соединять их в группы... Они не замедлили, конечно, дать им имена, более или менее подходящие к получившимся фигурам или находившиеся в связи с появлением этих звезд в известную пору года, с метеороло-

гическими и климатологическими приметами, с числами первобытных календарей, с различными памятными событиями, с праздниками и общественными собраниями...»¹⁸

По истечении столетия, на исходе XX в. истоки древнейшей астрономии видятся нам точнее и с немалым числом ярких и многозначительных подробностей.

В верхнем палеолите, не позднее 20—30 тыс. лет назад, вследствие систематических наблюдений за фазами Луны был достигнут первый общезначимый для человеческой культуры астрономический результат — введен в практику лунный месяц и его четвертая часть — семидневная неделя. Это событие способствовало сакрализации числа 7.

Через несколько тысяч лет обитателями средних широт Северного полушария (25—35° с. ш.) на небе выделяется первое созвездие — никогда не заходящий под горизонт характерный семизвездный ковш, который получил табуированное имя тотема пещерного человека ледникового периода — Медведицы. Концепция созвездия — объединения группы звезд в единый астральный комплекс — оказывается продуктивной, и тотчас в историческом масштабе времени — 16 тыс. лет назад — на тех же самых средних широтах Северного полушария Земли весь небосвод членится на крупные созвездия общим числом, по-видимому, около 25. Наряду с созвездиями в качестве отдельных астральных объектов в это время выступают наиболее яркие звезды (возможно, Сириус, Вега, Фомальгаут и др.) или очень маленькие по площади, но компактные и выразительные группировки звезд (например, Плеяды или созвездие Стрелы). Однако размеры обычных характерных созвездий без учета отдельных ярких звезд и малых группировок составляют на небесной сфере в среднем около 850 квадратных градусов (подобную площадь имеет, для примера, созвездие Волопаса), так что суммарно они охватывают несколько более половины доступной для наблюдений площади неба (общая площадь небесной сферы равна 41 252,96... квадратного градуса, однако часть ее близ Южного полюса на средних широтах Северного полушария попадает в зону невидимости площадью порядка 3000 квадратных градусов).

По своим символическим наименованиям древнейшие созвездия отразили три слоя вертикальной структуры космоса:

¹⁷ Мифологический словарь / Под ред. Е. М. Мелетинского. М., 1991. С. 636.

¹⁸ Фламарион К. Звездное небо и его чудеса. СПб., 1899.

Нижний, Средний и Верхний миры; в последующем символы трех миров вошли вместе с огнем в четверку мировых стихий, а еще позднее было придумано объяснение их вертикального распределения (легкий огонь сосредоточен в Солнце и звездах, вниз по мере утяжеления опускаются воздух, вода и земля).

На небосводе к Нижнему миру были отнесены созвездия, кульминирующие низко над горизонтом. В силу относительно худших условий видимости над горизонтом они должны были по размерам оказаться несколько больше остальных. Их названия были связаны с водной стихией. Наличие воды над Землей на небе отражено, кстати, в Библии: «И создал Бог твердь; и отделил воду, которая под твердью, от воды, которая над твердью. И стало так» [Бытие, 1, 7].

Созвездия, отражающие Верхний мир, естественным образом кульминировали в зените над головой наблюдателя; их названия связали со стихией воздуха. Созвездия же Среднего мира, преимущественно антропоморфные, расположились широким поясом между водными и воздушными. В силу самого принципа введения символических слоев по отношению к горизонту, который виден наблюдателю, они должны были оказаться центрально-симметричными по отношению к мгновенной оси вращения мира эпохи их введения, что и служит основанием для датировки.

Память о введении трех небесных слоев сохранилась во многих культурно-исторических памятниках, и в частности в шумеро-аккадских представлениях о путях на небосводе Эа, Ану и Энлиля. Она сохранилась также в форме первоэлементов ранней греческой философии и в частично калькированных, частично перелицованных на греческий манер названиях созвездий из арабских «Феноменов».

Нет нужды доказывать, что астральные символы — как и любые другие символы в истории человеческой культуры — продолжали жить собственной жизнью: в соответствии с названиями созвездий для их лучшего мнемонического запоминания придумывались контуры соответствующих небесных фигур, безымянным фигурам, наподобие Коленопреклоненного, присваивались собственные имена и т. д.

С течением времени из-за влияния прецессии Северный полюс мира сместился среди выделенных ранее символических слоев Верхнего, Среднего и Нижнего мира, так что положение этих слоев перестало быть центрально-симметричным по отноше-

нию к оси мира. В то же самое время зеркальное прецессионное движение Южного полюса создало не только «зону стирания» древнейших созвездий, но и зону их «наращивания», в связи с чем созвездия водного пояса Южного полушария неба образовали не кольцо, а полукольцо, причем их размеры — и без того более крупные в силу расположения для наблюдателя невысоко над горизонтом — еще больше возросли и стали в среднем в полтора раза больше остальных. Так появилось крупнейшее по размерам созвездие неба Корабль Арго.

Еще через 10 тыс. лет после разделения неба на созвездия, в середине VI тысячелетия до н. э., скорее всего, в Передней Азии, жрецам-звездочетам удается разобратся в годичном перемещении Солнца среди звезд и фиксировать эклиптику, закрепив ее четыре особые, выделенные точки: весны, лета, осени и зимы. Очевидно, что в силу геометрии небесной сферы, из-за наклона эклиптики на 23.5° к небесному экватору, три из четырех выделенных точек попали в широкий пояс антропоморфных созвездий Среднего мира, а точка зимы — в находящийся ниже небесного экватора водный пояс Нижнего мира. В область созвездий Верхнего, воздушного, мира эклиптика не заходит.

Символический смысл названий первых четырех созвездий, зафиксировавших выделенные точки эклиптики после их открытия, вероятнее всего, частично корректировался, однако они сохранили исходные антропоморфные и водные черты, что и было обнаружено нами ранее при исследовании истории Зодиака. Характерные размеры первой четверки среди зодиакальных созвездий (в среднем 890 квадратных градусов) также сохранились. Таким образом, появление на эклиптике первого поколения зодиакальных созвездий явилось закономерным звеном единой древней традиции становления астрономической картины мироздания.

Ближайшие следующие события в истории древней астрономии сводились к введению на эклиптике зодиакальных созвездий второго и третьего поколений (детально исследованных нами в предшествующих публикациях), незначительному расширению списка древнейших созвездий и — у каждого этноса — связыванию их названий со своей собственной специфической мифологической средой.

Картина неба, скрытая землей

И. Л. Кызласов,
доктор исторических наук
Институт археологии РАН
Москва

НАТУРАЛИСТЫ знают: изучая Землю, возможно постигать и Космос. Плана, будучи частью Вселенной, непрерывно взаимодействует с нею. Проникающие сюда части материи и энергии окружающего пространства позволяют изучать его, не отрываясь от родной поверхности.

Археологи знают: земля питает не только живущие поколения, но и сохраняет память о всех прошедших. Археология основана на вечности деяний — земля сберегает следы труда, будь то величественное сооружение или выкопанная попросту яма, терпеливо отесанная глыба или торопливо смятая глина. Особенность же человека в том, что его дела порождены мыслью. Значит, археологические раскопки раскрывают историю разума. В том числе в пластах земли скрыты и этапы постижения Вселенной.

Изучение палеоастрономических объектов — таких, например, как знаменитый Стоунхендж — дает представления о том, какие светила или звезды выделялись далекими предками, какие моменты их движения считались значимыми. Но по немалым древним памятникам нельзя представить другого — как виделось в те века все звездное небо, как оно осмыслялось.

Проникнуть за эти рубежи попытался в последние годы А. А. Гурштейн, статьи которого сначала об истории зодиакальных, а теперь и иных созвездий публикует журнал «Природа». Гипотезы исследователя построены на сугубо астрономических исходных данных и, по мере возможного, соотносятся с историческими свидетельствами, некогда записан-

ными или передававшимися изустно еще недавно. Там, где ученый переступает пределы народной памяти и самой ранней грамотности, он всецело оказывается в мире археологии — науки, способной отыскать истоки и уцелевшего, и давно забытого.

Предположение о поэтапном сложении Зодиака с общих историко-культурных позиций выглядит вполне правомерным. Ибо отвечает основному закону развития духовной культуры — долгие тысячелетия оно осуществлялось не отрицанием, а вбиранием в себя и переосмыслением представлений предшественников. Любое мировоззренческое явление исторически многослойно и смешено и в силу этого содержит внутри самого себя память о своем происхождении и развитии. Не являются исключением и старые воззрения о Вселенной. Мысль о постепенном сложении известного набора зодиакальных созвездий, при котором наблюдения изменяющихся астрономических явлений не только создавали новые построения, но и сохраняли старые, вполне отвечает основному свойству традиционного мировосприятия.

Гипотеза допустима. Однако для ее подтверждения следует ответить на вопрос, каким образом разрешалось противоречие между древними объяснениями и вновь полученными фактами. Ведь это противоречие в определенные периоды было вполне очевидным — оно касалось не воображаемых, а наблюдаемых явлений.

Согласно взглядам Гурштейна, названия созвездий не зависели от их формы, а имели символический характер. Они были результатом осмысления наблюдений, т. е. увязывались со способом их объяснения.

Мировоззренческий смысл каждой реконструируемой исследователем самостоятельной четверки созвездий одинаков: всякий раз отмечая изменившиеся главные годичные положения Солнца выделением новой группы созвездий, древние астрономы подчинялись выражению одной и той же идеи — последовательной связи рождения — расцвета — увядания — смерти. Менялись лишь образы, воплощавшие суть представлений в условиях данной эпохи и определенного общества.

Такая трактовка значения звездных «квартетов» находит многочисленные соответствия в фактах древней культуры всего человечества. Подобно воспринимался не только год небесный, но и год земной, выраженный растительным циклом: весна, лето, осень, зима. Такова символика и каждых суток (восходящее, полуденное, заходящее солнце и ночь; восходящая, полнотная, заходящая луна и день), и целого века, вобравшего всю человеческую жизнь. Единый мировоззренческий смысл наполняет все единицы времени, доступные наблюдению древнего человека — от наименьших до наибольших (ограниченных сроком существования самого индивидуума). Следовательно, предполагаемая символика каждой отдельной зодиакальной четверки созвездий есть лишь частный случай всеобщего образа хода Времени, созданного традиционным мышлением. Необходимо лишь дополнить сказанное существеннейшей особенностью древнего образа Времени — цикличностью его движения, круговоротом, бесконечной сменемостью одних и тех же явлений (и дня, и ночи, и сезона, и года, и человеческой жизни).

Этапные сочетания созвездий Зодиака, восстанавли-

аемые Гурштейном, несут в значении своих названий и иной смысл. Их символика связана не только с увлеченным исследователем образом Времени, но и с образом Пространства. Более всего в этом убеждает вхождение в каждую зодиакальную четверку созвездия, воплощающего водную стихию (Рыбы, Водолей, Козерог). Соккрытие Океаном тайны смерти — явление относительно позднее, производное от его первичного значения конца, предела Мира. Символика, объединяющая три других звездных скопления каждого квартета, указывает на одну и ту же форму тверди, ограниченной бездонными водами: рождение — это подъем, расцвет — это вершина, увядание — это спуск. Перед нами контур Мировой горы. Движение Солнца и Луны от ее подошвы до пика и вниз до глубин Мирового океана — вот образ хода Времени, возможно лишь в заданном Пространстве. Поскольку жизнь — выражение этого Времени, все ее окружение — проявление этого Пространства: и Вселенная — гора, и страна — с вершиной в центре и водами или хребтами по краям, и общество имеет верхи и низы, и каждое жилище подобно Мировой горе с небесными сводами, и личная судьба — с ее восхождениями, даже взлетами, как и падениями и провалами, и фигура каждого человека — с головой, устремленной к небесам, и ногами, ступающими по земле...

Весь Мир всегда — единство Пространства и Времени, Пространство-Время. И в древности, и в античности, и сегодня. Внося изменения в исконную картину мироздания, наблюдатели в целом не выходили за пределы давно знакомого, всякий раз находя подтверждение истинности своего восприятия в личной и общественном опыте, в многогранности практики. От эпохи к эпохе одна и та же по сути идея закономерно воплощалась в новых образах, созданных конкретной древней культурой и способствовавших постижению в условиях данного общества той или иной особенности, того или иного свойства одного вечного явления.

Особого внимания археолога, несомненно, заслуживает определяемое начало Зодиака. Судя по астрономическим датировкам — VI—IV тысячелетия до н. э., — оно связано с эпохой неолитической революции. Однако особенностям производящего хозяйства в большей степени соответствует не символика первого «квартета Ближнецов», а последующего «квартета Тельца», образы же начальной четверки созвездий выглядят значительно более древними. Учитывая историю материальной культуры, их вполне можно было бы отнести и к предыдущему периоду — VIII—VI тысячелетия до н. э.: ведь фигура стрелка появляется уже в мезолите, тогда же, с развитием плавательных средств, и водная гладь перестает быть непреодолимой границей обитания. Сложился к той эпохе и образ Пространства-Времени, отраженный в символике первых четырех созвездий Зодиака.

Выходит, что образность по крайней мере двух первых зодиакальных «квартетов» отстает от уровня развития общества на одну выделенную Гурштейном фазу — 2000 лет. Ориентируясь на собственные веки, археолог вновь должен поставить перед астрономом вопрос, когда были (точнее, могли быть) выделены эти созвездия. Астроном находит, что совпадение четырех годовых поворотных точек Солнца с усредненными центрами созвездий первого «квартета» (Близнецы, Дева, Стрелец, Рыбы) относится к середине VI тысячелетия до н. э. и датирует выделение названных скоплений звезд к этим тысячелетиям. Но действительно ли совпадали эти астрономическое и культурное явления? Поскольку звезды не видны днем, Гурштейн полагает, опираясь на известную практику более позднего времени, что положения светила определялось по звездам, поднимающимся перед восходом. Иными словами, по созвездию, в котором Солнце реально находилось в предыдущем месяце. Что если первоначально наблюдатели и выделили на небе те созвездия, в которых Солнце должно было располагаться и которые не были видны, а дру-

гие — предшествующие важнейшим годовым состояниям и возмещавшие о них в утренних сумерках? Тогда эпоха выделения «квартета Ближнецов» на деле совпадает с солнцестояниями в еще не вырисованных на небесном полотне созвездиях Рака — Весов — Козерога — Овна, т. е. будет датироваться VIII—VI тысячелетиями до н. э.

Развивая допущение, придется предположить, что и «квартет Тельца» был выделен 2 тыс. лет спустя — в VI—IV тысячелетиях до н. э. — по созвездиям-«вестникам». По той же логике и «квартет Овна» должен быть сформирован между IV и II тысячелетиями до н. э. Случайно ли то, что его созвездия входят в вавилонский текст *mul.APIN* (№ 7, 10, 13, 18), отразивший, как считается, знания примерно 2300 г. до н. э.? Возникшая постановка вопроса не затрагивает названия последней зодиакальной четверки, появившегося лишь у греков и связанного с символической иной эпохи. Речь идет лишь о проблеме, когда же и в каких рамках какой астрономической традиции начали определяться звезды, среди которых в данный момент находилось Солнце.

Как видим, общепалеоархеологические данные не противостоят обсуждаемой палеоастрономической гипотезе. Они даже подталкивают ее автора к поискам в более удаленных от наших дней древних культурах.

Гипотеза о выделении созвездий в каменном веке как раз и отвечает этим устремлениям. Постигая историю Зодиака, Гурштейн фактически разработал набор признаков, отличающий древнейшие по выделению созвездия от позднейших. Обладая им, необходимо двигаться дальше: зодиакальные скопления представляют собой важную, но частную, ограниченную область звездного неба. Если первые созвездия были отмечены на стезе Солнца не ранее VI тысячелетия до н. э., то как этот акт связан во времени с моментом осознания людьми иных созвездий? Как соотносится характер появления «начал Зодиака» с природой первой систематики иных звезд?

Вновь отметим, что уходя от опыта конкретных обществ, отраженного в устной или письменной традиции, мы можем заниматься рассмотрением лишь общечеловеческих представлений, скрытых ли в земле, отраженных ли на небесах. Археология не располагает данными, позволяющими утверждать, что первым созвездием была Большая Медведица или что именно этот образ был предпочтительнее прочих для человека каменного века. Вероятно, для определения времени появления этого созвездия действительно более важны наблюдения лингвистов, соотносимые с историей заселения Северной Америки.

Археологу следует обратиться не к отдельным созвездиям, а к их совокупности и попытаться проверить возможность бытования в палеолите тех воззрений, которым отвечает символика звездных рисунков, вычленяемых в качестве древнейших. Названные историком астрономии специальные исследования посвящены эре верхнего палеолита (приблизительно 36—12 тыс. лет назад). Однако есть весьма важные разработки, позволяющие проникнуть в духовный мир более древнего общества — периода так называемого среднего палеолита или мустьерской эпохи (до 100 тыс. лет назад), т. е. поры палеоантропа, прежде всего неандертальца.

В 1991 г. вышла книга Ю. А. Смирнова «Мустьерские погребения Евразии: возникновение погребальной практики и основы тафологии». Это очень строгое и доказательное исследование посвящено, казалось бы, сугубо специальной проблеме — установлению времени появления преднамеренных человеческих захоронений и выделению их характерных особенностей. Однако за этим феноменом для историка культуры стоит очень многое. Появление особой формы обращения с телом умершего указывает на существование в обществе палеоантропов значительно более сложных, чем полагали, общественных отношений. Новый вид социальных

связей привел к заботе об окружающих, даже тех, которые перешагнули грань бытия.

Хотя все мустьерские захоронения обнаружены в пещерах или под скальными навесами, для них уже создавались искусственные сооружения: выкапывались ямы и делались насыпи. В обряд погребения входило разведение костров. Различные приношения и необходимый при жизни инвентарь клали рядом с телами умерших, которых размещали в соответствии с некоторыми общими требованиями. Иными словами, уже 90—60 тыс. лет назад сложился полноценный и единый набор черт, отличавший преднамеренные погребения людей на всей последующей истории человеческого общества. И сегодня мы видим здесь все те же четыре обязательных компонента: останки умершего, сопроводительный инвентарь, погребальное сооружение и дополнительные обрядовые элементы (в виде огня, еды и т. п.). За прошедшие тысячелетия ничего качественно нового уже не было приращено в эту сферу человеческой культуры. Следовательно, есть возможность ретроспективно понять те основные идеи, что привели неандертальцев к созданию столь значимого вклада в систему общечеловеческих ценностей.

Погребения — одно из наиболее ярких проявлений осознания единства человеческого коллектива (будь то семья, род, государство). Лишь на первый взгляд оно отражает признание людьми неотвратимости смерти. По сути создание захоронений изначально служило средством борьбы со смертью, вернее, преодоления ее, ибо было подчинено идее продления жизни, обеспечения бессмертия общины или рода. Действия, совершаемые сородичами с телом умершего, определялись заботой о нем и одновременно о самих себе, поскольку правильно совершенное погребение воспринималось абсолютно необходимым условием продолжения существования и всей общины, и ее отдельных членов. Мне уже приходилось писать о том, что любые формы погребальной практики

проистекают из представлений о смерти-перерождении¹. На них основаны и действия палеоантропов мустьерской эпохи.

Из сказанного следует, что уже в среднем палеолите существовали представления об этом и потустороннем мире, о земной и загробной жизни, ради которой умершего необходимо снабдить определенным набором вещей и продуктов. Материалы мустьерских погребений показывают характерное для неандертальцев и ранних сапиентных форм человека развитое дуалистическое мировосприятие.

Для уяснения этого и был необходим нам экскурс в царство Аида — археология встречает свидетельства не только осмысленного, но и в полной мере упорядоченного взгляда на мироздание в памятниках 90—80-тысячелетней давности. Противопоставление и единство верха и низа — земли и неба — было постигнуто еще неандертальцем. Им, смею полагать, и было дано первое объяснение, систематизация картин ночного неба. Но какую форму это приобрело, сказать ныне невозможно.

Сохранились лишь те мустьерские погребения, что были совершены в горных пустотах и под скальными навесами. Такому обращению подвергались не все умершие и не всюду. Для рассматриваемой темы неважно, как выглядели иные формы захоронений и где они совершались. Существенно то, что при создании пещерных гробниц явно проявляется избирательный подход — как к отдельным умершим (на 50—55 тыс. лет известно 59 погребений — по одному на тысячелетие), так и к конкретным природным объектам — горам. Все это позволяет связать древнейшие погребения человечества с образом Мировой горы — особым жизненно важным центром в сознании первобытных коллективов, заключавшем внутри себя все жизненные силы рода, и порождавшем, и

¹ Кызласов И. Л. Мировоззренческая основа погребального обряда // Российская археология. 1993. № 1.

вбивавшем после смерти каждого члена общины².

Такую гору воспроизводили древние надгробные сооружения — от простого земляного кургана до египетских пирамид³. К ее образу восходит и современная могильная насыпь. Но ведь подобное погребальное сооружение возводят, как мы знаем, уже палеоантропы.

Выходит, изучение мусье-ерских погребений в описательном и сравнительном плане подводит к заключению о сложении важнейшего в истории человеческой культуры космогонического образа Мировой горы, быть может, впервые подарившего сознанию возможность охватить единство Вселенной и нерасторжимость в природе Пространства и Времени уже в эпоху среднего палеолита, не позднее чем 90—60 тыс. лет назад.

Если это так, то для археолога нет ничего удивительного в том, что связанная с этим образом символика древних созвездий, выделяемых Гурштейном, получила датировку в 16 тыс. лет. Пожалуй, остается лишь поискать объяснение хронологическому разрыву между археологически выявляемой древнейшей возможной датой и астрономически получаемым верхним временным рубежом.

Можно полагать, что отгадка содержится в некоем отличии общества верхнего и среднего палеолита в сфере духовной культуры. Почувствовать его позволяет другой археологический труд, изменяющий общие представления о древнем каменном веке. Такова книга А. Д. Столяра «Происхождение изобразительного искусства», вышедшая в 1985 г. Исследователь подробно обосновал, что появление гениального верхнепалеолитического

наскального искусства не было ни внезапной, ни первой вспышкой человеческой изобразительной деятельности. Этому предшествовало длительное и поэтапное развитие, прослеживаемое с древнейших времен нижнего палеолита — ашельской эпохи (период приблизительно от 400 до 100 тыс. лет назад). Основное движение здесь происходило от форм так называемого «натурального творчества» (обрядового выставления туш животных или их символических частей: головы, конечностей, шкуры) к «натуральному макету» (естественной или грубой лепной основе, накрытой шкурой с головой и конечностями зверя) и полнообъемной скульптуре, затем, профильному барельефу и, наконец, к рисунку и росписи. Мусье-ерскую эпоху отличает стадия «натурального макета», а верхний палеолит — формы плоскостного изображения. Продолжив основной путь развития искусства в мезолит и неолит, увидим, что в целом в каменном веке эволюция заключена в нарастании отвлеченности образа от реального прототипа. Животное поэтапно представляет: его реальное тело (нижний палеолит); воспроизведение этого тела в объеме (с его частями — средний палеолит, скульптурно — верхний палеолит); его плоскостное изображение (верхний палеолит); его плоскостное обозначение (стилизация — мезолит, геометризация и орнаментализация — неолит).

Созвездия, с нашей точки зрения, принадлежат, пожалуй, к сфере изобразительной деятельности и относятся к области «небесного рисунка». По-видимому, такое их определение можно перенести и в древность, невзирая на то, что и на поздних этапах — в античности и традиционном фольклоре — восприятие созвездий связано с «полнокровными» и действующими мифическими персонажами. Для того чтобы соотнести группу светящихся в небе точек с определенным образом, несомненно, требовалась далеко зашедшая способность к отвлеченному восприятию. По-видимому, предлагаемая Гурштейном датировка древнейших со-

звездий эпохой верхнего палеолита неслучайно совпадает со столь характерной для этого времени стадией изобразительной деятельности, заключающейся в смене воспроизведенных объектов окружающего мира их изображениями.

Нам остается лишь отметить еще одно возможное следствие обсуждаемой гипотезы. Поскольку древнейший набор созвездий очень ярко представляет пространственный образ мира и состоит из множества небесных персонажей, относящихся ко всем трем сферам древней Вселенной, то и осмысление, и объяснение этой сложной картины, вероятнее всего, должно было иметь сюжетную форму. Последовательное появление на небосводе созвездий, как и движение глаз от одного из уже возшедших к другому, очевидно, сопровождалось изложением некоего полного разнообразных встреч путешествия мифического персонажа по всем пределам Мира. Быть может, история астрономии поможет и в постижении истоков фольклора.

² Подробнее см.: Кызласов И. Л. Гора-прародительница в фольклоре хакасов // Сов. этнография. 1982. № 2.

³ Обоснования см.: Кызласов И. Л. Воплощения Вселенной. Археологические памятники как объект палеоастрономии // Историко-астрономические исследования. Вып. XXI. М., 1989.

Звездное небо как явление культуры

Д. С. Раевский,
доктор исторических наук
Институт востоковедения РАН
Москва

В ЗВЕЗДНОМ небе как объекте научного исследования достаточно парадоксально сплетены два начала. С одной стороны, не требует аргументации тезис о принадлежности астрономии как науки о небесных телах к числу дисциплин чисто естественного цикла. С другой же стороны, ни один изучаемый человеком природный феномен не связан столь же неразрывно с единородностью утвердившимся его осмыслением, как звезды, некогда сгруппированные в созвездия и именно в виде этих порожденных культурой, а не природой структур составляющие предмет внимания астрометрии. Специфичность ситуации здесь состоит в том, что в значительной части мифологические (либо во вполне эксплицитной форме, либо имплицитно — по своей семантике), а значит, уходящие в глубокую древность наименования созвездий представляют сегодня интерес не только с точки зрения истории астрономии, как это было бы в любой иной области естествознания, но продолжают выступать в роли актуального понятийного аппарата и инструментария этой науки.

В то же время именно история формирования представления о созвездиях весьма интересна не только с точки зрения истории становления самой астрономии. Теснейшая связь осуществлявшаяся в древности наблюдений за звездным небом с хозяйственной и культурной практикой людей тех эпох, со всей системой свойственных им представлений о мире определяет большое культурно-историческое значение этой проблемы. Понять, где, когда и по каким мотивам че-

ловек давал имена созвездиям, чем диктовалось именно такое распределение астрономов на небосводе и т. д., — значит понять очень многое в истории культуры. Потому-то гипотеза А. А. Гурштейна заслуживает самого пристального внимания.

Конечно, у различных аспектов этой гипотезы разная степень убедительности. Наибольший интерес, на мой взгляд, представляет попытка реконструкции древнейшей части «каталога созвездий» с опорой на данные Арата и интерпретация ее семантики. Привлекательность предложенной гипотезы видится мне прежде всего в том, что она в значительной степени строится на чисто астрономических основаниях (критерий размера созвездий, прецессионная датировка) без постоянных оглядок на историко-культурные аналогии общего плана, и лишь конечный результат реконструкции соотнесен — и вполне удачно — с моделью, хорошо известной в истории культуры, — с представлением о тернарном вертикальном членении пространства. Не слишком убедительным представляется, впрочем, сопоставление этой трехчленной структуры с четырьмя первоэлементами, или «мировыми стихиями греческой метафизики». Выделение подобных первоначал мироздания — явление, в истории мировосприятия достаточно позднее, возросшее в пору зарождения протонауки (к примеру, той же «греческой метафизики») на архаической мифологической основе. Гораздо более правомерно обращение к самой этой первооснове и, в частности, к знаменитой концепции мирового дерева. В ее основе, как известно, лежит «характерный для мифопоэтического сознания образ, воплощающий универсальную концепцию ми-

ра»¹, и в первую очередь то самое интересующее нас в данном случае представление о тернарном строении пространства, которое предполагает существование Верхнего, небесного мира, мира Нижнего, хтонического, одним из наиболее устойчивых символов которого является водная стихия, и, наконец, размещающегося между первым и вторым мира Среднего — зоны обитания людей по преимуществу. Среди многочисленных символических языков, служащих для выражения этой суммы представлений, одним из наиболее распространенных и при этом наиболее архаичных является язык зооморфных образов, устойчиво соотносящий с каждой из зон пространства определенный класс живых существ — по преимуществу исходя из присущих ему среды обитания и способа передвижения.

Именно с этой зооморфной символикой прямо перекликается обнаруженное Гурштейном распределение созвездий по трем поясам небосвода. Учитывая присущее мифологическому мышлению восприятие самых различных пространственных структур как изоморфных друг другу, не приходится удивляться тому, что и древнее небо, казалось бы, связанное исключительно с Верхним из трех охарактеризованных миров, оказывается в свою очередь структурировано по той же, тернарной модели.

Вырисовывающаяся таким образом картина — наглядное проявление мифологического мироосмысления, и потому не вполне корректно определение

¹ Топоров В. Н. Древо мировое // Мифы народов мира. Энциклопедия. Изд. 2-е. Т. 1. М., 1987. С. 398.

Гурштейном осуществленного в древней Греции «связывания» возникающих задолго до того астрономов с античной мифологией как «не более чем внедрения мнемонических правил для удобства запоминания уже существующей астрономии»: подобное замещение персонажей и образов одной мифологии персонажами и образами другой, аналогичными по функциям и семантике, — весьма типичное явление при межкультурных контактах общества, чье миропонимание было мифологичным. Архаический человек, как правило, воспринимал инокультурных богов не как чуждых, враждебных, а как тех же своих богов, лишь обозначаемых иными именами (сравните обычное в античной традиции описание какой-либо «варварской» мифологии, строящееся по принципу: Зевса они зовут имярек, Аполлона — имярек и т. п.).

Разумеется, созданная Гурштейном реконструкция при всей ее заманчивости порождает и ряд вопросов, многие из которых не так легко разрешить и невозможно проигнорировать. Даже если не переоценивать важность того факта, что созвездие Змеи — существа, устойчиво соотносимого с Нижним из трех миров, — оказывается в рассматриваемой реконструкции помещенным в

средний пояс небосвода, мы все же должны будем признать наличие ряда труднообъяснимых моментов. Так, для наиболее архаичных проявлений концепции мирового дерева характерен чисто зооморфный символизм всех трех пространственных зон (обычное распределение: птица — копытное — рыба-змея). Хотя средняя зона при этом в самом деле мыслится как наиболее тесно связанная с человеком, собственно антропоморфный ее символизм проявляется далеко не сразу вследствие слабого на ранней стадии осознания людьми своей выделенности из животного мира. Если же принять во внимание мнение Гурштейна о верхнепалеолитическом возрасте рассматриваемого корпуса созвездий, «антропоморфизм» астрономии среднего пояса требует дополнительных объяснений.

Проблема датировки вызывает и другие вопросы, хотя выше отмечалось такое ее достоинство, как чисто астрономическая природа аргументации. Видимо, ряд моментов гипотезы требует при этом дополнительного культурно-исторического осмысления. Вот наиболее, пожалуй, существенный пример. По наблюдениям В. Н. Топорова, внесшего самый ощутимый вклад в разработку истории концепции ми-

рового дерева, для искусства эпохи палеолита характерны еще весьма «неясные отношения между изображениями копытных, птиц и змей-рыб». Это — всего лишь «палеолитические заготовки», которые позднее «преобразуются в четкую трехчленную, вертикально проецируемую систему»². По памятникам изобразительного искусства о сложении этой четкой системы можно говорить только начиная с эпохи бронзы. Объясняется ли это расхождение между реконструкцией Гурштейна и данными, почерпнутыми из памятников древнейшего искусства, спецификой выражения рассматриваемой идеи именно изобразительными средствами — некоторым «запаздыванием» развития художественного языка по сравнению с другими способами моделирования мира? Или же следует предполагать меньшую степень стабильности «языка звездного неба», чем та, на которой настаивает Гурштейн? На эти вопросы еще предстоит ответить. Но продуктивность самой гипотезы, порождающей подобные вопросы, не вызывает ни малейшего сомнения.

² Топоров В. Н. К происхождению некоторых поэтических символов. Палеолитическая эпоха // Ранние формы искусства М., 1972. С. 93.

КОРОТКО

Закончилось обследование состояния окружающей среды в Вашингтоне вокруг Белого дома, которое было проведено под руководством Экологического центра при Американском институте архитектуры, а финансировалось Объединенным

советом Национальной Федерации охраны живой природы. Сделать это оказалось весьма сложно, так как Белый дом служит одновременно и офисом, и жилищем, и музеем, который ежегодно посещают до 2 млн. чел. Эксперты более чем 50 проектных организаций и конструкторских бюро подготовили от-

чет с рекомендациями, как уменьшить количество отходов, сократить расход воды и электроэнергии, следуя которым, президент Клинтон сможет сдержать данное им в День Земли обещание сделать Белый дом символом «чистой среды». National Wildlife. 1993. V. 31. N 6. P. 29(США).

Новый шаг к управляемому термоядерному синтезу

И. Н. Арутюнян

В ЛАБОРАТОРИИ физики плазмы в Принстоне (США) заканчивается цикл экспериментов по управляемому термоядерному синтезу с использованием в качестве ядерного топлива смеси дейтерия и трития в пропорции 1:1. Исследователи работают на установке TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor), на которой не единожды устанавливались научные рекорды. Не обошлось без этого и на сей раз: 10 декабря 1993 г. выход энергии в процессе слияния ядер тяжелых изотопов

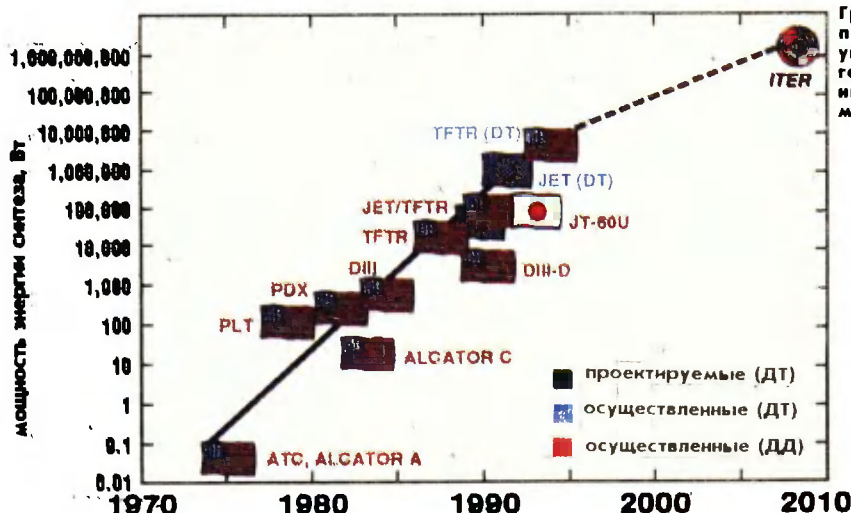
водорода составил 6.2 МВт. Это более чем в три раза превосходит значение, полученное в 1991 г. на крупнейшей европейской установке JET (Joint European Tokamak), на которой тоже проводились эксперименты с тритием, но его количество в DT-смеси составляло лишь 10 %.

Полученный результат, как утверждается, не предел для TFTR. На установке предполагается достичь мощности 10 МВт. Однако рекорды — не самоцель для исследователей в Принстоне. Полученные в экспериментах данные, которые еще будут детально анализироваться, чрезвычайно важны для

проектирования будущих коммерческих термоядерных реакторов. В первую очередь это относится к поведению быстрых α -частиц, рождающихся в процессе термоядерного синтеза наряду с нейтронами. Ученым предстоит выяснить, насколько верны ожидания, что эти α -частицы, удерживаемые магнитным полем токамака, будут помогать поддерживать температуру плазмы в режиме зажигания. Первые результаты показали, что никаких аномальных потерь и нестабильностей, обусловленных рождением α -частиц высокой энергии, в DT-плазме не замечено.

Сравнение экспериментов

© Арутюнян И. Н. Новый шаг к управляемому термоядерному синтезу.



График, иллюстрирующий прогресс в осуществлении управляемого термоядерного синтеза в системах с магнитным удержанием плазмы.

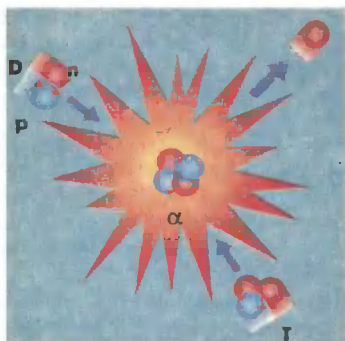


Схема DT-синтеза. Сливаясь, ядра дейтерия D (состоящие из 1 протона и 1 нейтрона) и трития T (1 протон, 2 нейтрона) образуют ядро гелия, или α-частицу, состоящую из 2 протонов p и 2 нейтронов n, а также быстрый нейтрон. Благодаря магнитному полю, α-частицы удерживаются в плазме токамака и, как ожидается, своей энергией будут поддерживать ее температуру. А нейтрон, будучи нейтральной частицей, плазму покидает. Его энергия может быть преобразована в тепло, а затем в электроэнергию.

Исследовательский токамак TFTR Лаборатории физики плазмы в Принстоне (PPPL). Лаборатория функционирует при знаменитом Принстонском университете, а финансируется министерством энергетики США.

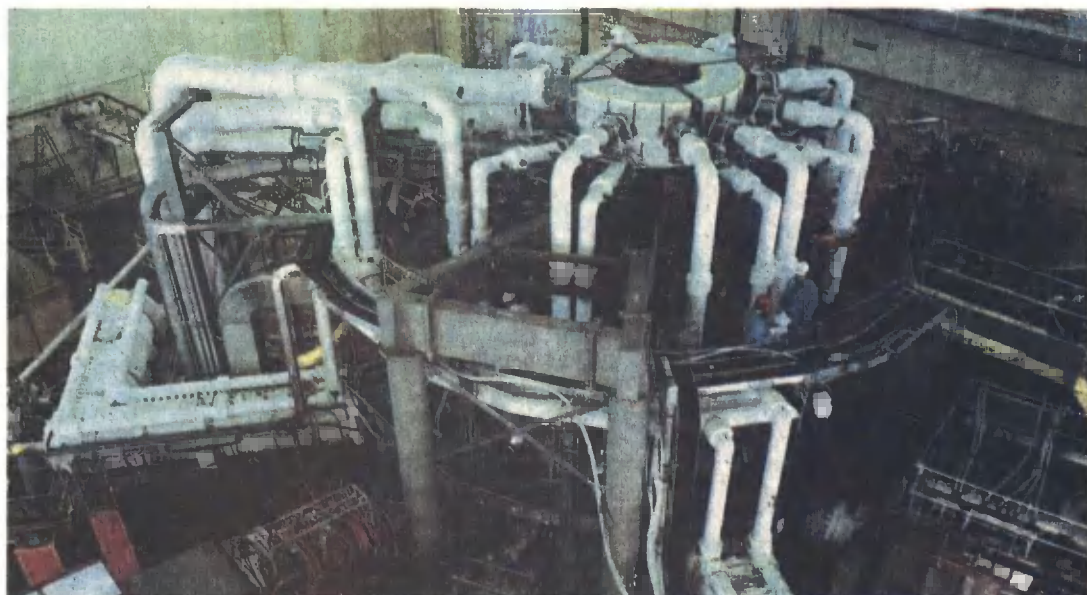
Ионная температура	30 кэВ (410 млн К)
Электронная температура	10 кэВ (116 млн К)
Время удержания энергии	0.175 с
Плотность ионов	$6 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$
Плотность электронов	$7.7 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$
Энергия инжектируемого пучка нейтральных частиц	29.5 МВт
Выход нейтронов	$2.2 \cdot 10^{18} \text{ 1/с}$

Параметры плазмы, при которых выход энергии на TFTR составил 6,2 МВт.

с DT- и DD-плазмой показало, что, как и ожидалось, в DT-смеси запасено больше энергии, чем в DD. Кроме того, ионная и электронная температуры в DT-смеси выше, чем в DD, а время удержания плазмы на 20 % больше.

TFTR триумфально заканчивает свой 20-летний путь. После экспериментов с тритием установка предоставит годичный «отпуск» для снижения радиоактивности, наведенной нейтронами, после чего она будет размонтирована и помещена в хранилище для низкоактивных отходов. Правда, большая часть инфраструктуры TFTR — само зда-

ние, источники энергии, компьютерные системы, даже один из инжекторов нейтральных частиц — будет использована в проекте TPX (Tokamak Physics Experiment). Это следующий этап в национальной термоядерной программе США, нацеленный на осуществление термоядерного реактора непрерывного действия (TFTR работает в импульсном режиме). Установка TPX будет первым токамаком, в котором магнитное поле целиком и полностью будет создаваться сверхпроводящими магнитами. Начало исследований на TPX намечено на 2000 г.



Путешествие в древнюю Камбоджу

В. П. Чичагов



Валерий Павлович Чичагов, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии РАН. Занимается проблемами геоморфологической корреляции, разработкой теории деструктивного рельефообразования. Проводил геоморфологические изыскания в Центральной, Восточной и Юго-Восточной Азии.

В КАМБОДЖЕ я побывал в 1989 г. Министерство образования тогда еще Кампучии пригласило меня участвовать в подготовке Национального атласа страны. Вскоре была принята новая конституция, и страна вновь обрела исконное название. Но в этом очерке речь пойдет не о политических переменах в Камбодже и даже не о составлении атласа (с этой целью я бывал также в Монголии и Вьетнаме), а о воздействии человека на природу, и в частности на рельеф Индокитая. Сначала во Вьетнаме, а потом в Камбодже мне бросилось в глаза, как не похожи эти страны на роскошные влажные тропики с дождевым лесом, известные по литературным описаниям. Вместо когда-то непроходимых мангровых лесов на побережье Сиамского залива — узкая, местами прерывистая полоса низкорослых кустарников. Многоярусные вечнозеленые леса из реликтовых тропических видов уступили место более низким и редким вторичным лесам. Большая часть равнин Камбоджи оказалась вообще безлесной, занятой культурными ландшафтами.

Мои поездки по стране (удалось побывать в центральных и южных районах), собственные наблюдения, знакомство с картами и работами коллег дают возможность сделать некоторые выводы о начале деградации ландшафтов Камбоджи. Но сначала несколько слов о рельефе страны.

Большую ее часть занимает обширная Камбоджийская впадина — равнина, почти со всех сторон окруженная горами и высокими плато. С севера к ней подступает хребет Дангрэк высотой от 200 до 600 м, с северо-востока — отроги плато Боловен (800—1260 м), с востока — окраины Центрального плато, или Тайнгуен (900—1300 м), с юго-востока — горы Кравань, или Кардамоновы (700—1400 м). Камбоджийская впадина открыта на северо-запад — в Таиланд и юго-восток — в дельту Меконга.

Главная река Камбоджи, Индокитай и Юго-Восточной Азии — Меконг. Она — источник жизни, колыбель древних цивили-

лизаций. Плодородный ил Меконга для Камбоджи значит не меньше, чем нильский для Египта. Выходя с севера из Лаоса в Камбоджу, Меконг начинает интенсивно откладывать осадки в пределах равнины. По мере их накопления, русло реки, окаймленное с двух сторон прирусловыми валами, поднимается все выше над прилегающими равнинами. Земли, расположенные на валах, — самые плодородные в стране.

Поверхность Камбоджийской впадины в центральной части покрыта молодыми, а в северной — древними речными отложениями. В ее рельефе они соответственно выражены в виде низкой и более высокой равнины. В ее самой низкой части расположено крупное озеро Тонлесап, или Великое. Значение этого естественного водохранилища, возникшего около 5 тыс. лет назад и регулирующего сток Меконга, трудно переоценить. Озеро соединяется с Меконгом одноименной протокой. Во время паводка оно наполняется речной водой, текущей вверх по протоке, а в межень — отдает воду реке, и она уже движется вниз по протоке. Вот почему в низовьях Меконга не возникает катастрофических наводнений, обычных для другой крупной реки Индокитая — Красной. Побережье озера издревле заселялось, поскольку в нем в изобилии водилась рыба, креветки, а также черепахи и крокодилы. Сегодня в озере осталась только рыба.

Наступление человека на природу Индокитая длится более тысячелетия. Издревле здесь развивается земледелие. Индокитай входит в состав южноазиатского центра происхождения культурных растений (первого из семи, выделенных Н. И. Вавиловым). Отсюда ведет начало треть возделываемых ныне растений: здесь родина риса, сахарного тростника, большого количества плодовых культур. Не менее четверти населения Земли ныне живет в тропической Азии. В прошлом относительная населенность этой территории была еще большей. В этом регионе зарождались, развивались и умирали древние цивилизации. На каждом шагу в Камбодже сталкиваешься с руинами древних сооружений — городов, храмов, дорог, каменных арочных мостов. Практически каждая гора, холм, останец в той или иной мере использованы как строительный материал или место для строительства. На аэрофотоснимках и космических фотографиях можно увидеть следы спрямления рек на отдельных участках, сплошной рисунок водных систем древних столиц. Часто встречаются заплывшие каналы, бассейны, рвы и водохранилища. И это неслучайно, по-



Схематическая карта центральной и южной части древней Камбоджи.

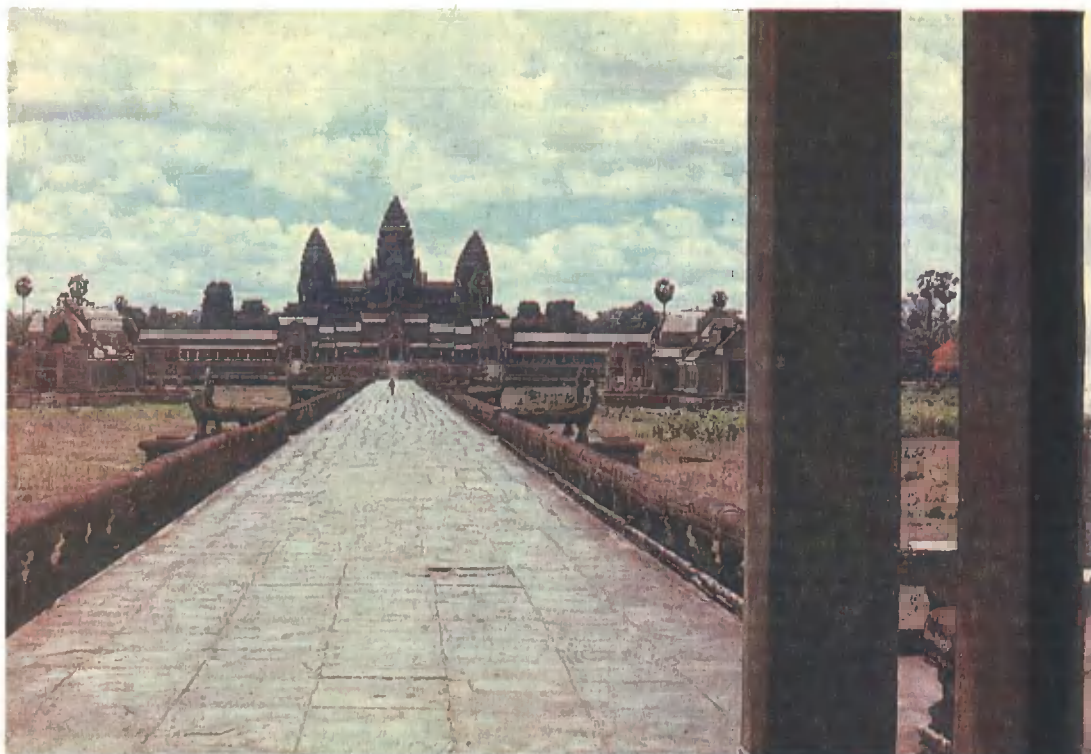
На врезке — территория ранней Камбоджи, на которую входили современные Бирма (1), Таиланд (2), Лаос (3), Вьетнам (4), Камбоджа (5). Прямоугольником ограничены центральная и южная части ранней Камбоджи.

скольку история освоения ландшафтов в этой стране — в значительной мере история водопользования. В тропиках Индокитая сухой период длится 6—7 мес. Земледельцам пришлось научиться запасать воду.

ПЕРВЫЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

На космических снимках и аэрофотоснимках различных районов Камбоджи и прилегающих к ней территорий Таиланда можно увидеть овальные контуры, большая часть которых приурочена к долинам современных рек. Английский географ и археолог Е. Мур отделила такие образования в районе Ловеа в центральной Камбодже, в бассейне р. Мун в северо-восточном и северном Таиланде, где в древности существовала значительная опасность сильных наводнений, так как реки имели значительно большую водность¹. Выяснилось, что

¹ Moor E. Water management early Cambodia: evidence from aerial photography // The Geographical J. 1989. V. 155. N 2. P. 204—214.



Ансамбль Ангкор.

Здесь и далее фото автора

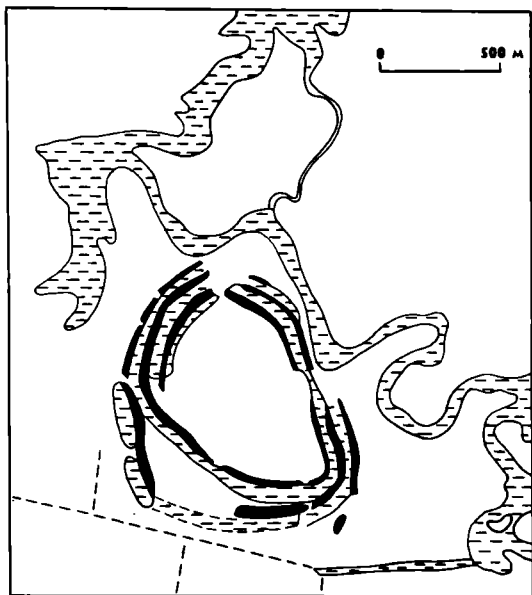
**Южная терраса — основание храма
Байон.**



**Фрагмент восточного крыла Бай-
она.**

Центральная часть храма Байон.





План эрозионного останца в пойме р. Мун, окруженного серией ровов с водой (по Е. Мур, 1989). Заливкой показаны искусственные валы.

овалы представляют собой остатки ровов на аллювиальной равнине на месте речных стариц, расположенные приблизительно на границе распространения более высокой и низкой равнин, сложенных древним и молодым аллювием. В пределах долины р. Сиен-Реап был обнаружен холм — эрозионный останец, который древние жители окружили искусственным довольно глубоким ровом. Ныне эта река находится в 150 м к востоку от него. Судя по многочисленным археологическим находкам и костным остаткам, холм представлял собой место обитания древнего человека. Ров, скорее всего, предназначался для того, чтобы собрать воду в течение влажного периода и обеспечить безопасность деревни на холме от набегов враждебных племен.

Радиоуглеродные датировки найденных остатков позволяют заключить, что эти оригинальные ирригационные системы появились 2—3 тыс. лет назад². В I тысячелетии до н. э. в Индокитае преобладало первобытное сельское хозяйство, хотя здесь уже умели производить изделия из железа, бронзы, керамики. Осваивали пока только

долины рек, и природа оставалась почти девственной.

В I в. в южной части Индокитаа возникает крупное государство Фунань со столицей Вьядхатура (город охотников), просуществовавшее до VI в. Жители этой страны были искусными корабельщиками и строили крупные по тем временам парусные суда, рассчитанные на 600—700 пассажиров. Главным торговым центром и портом был Ок Ео. Он представлял собой в плане прямоугольник величиной 3×1,5 км, пересекавшийся каналом, соединявшим его с морем. И вся страна была пересечена сетью бесчисленных каналов, пользуясь которыми китайские путешественники на своем пути к Малаккскому полуострову в буквальном смысле, как они отмечали в летописях, «плыли через Фунань»³. Это была первая в истории Юго-Восточной Азии великая держава. Недалеко от современного города Кампота располагался один из наиболее крупных городов древности — Ангкор Борей.

В кхмерских надписях и донесениях китайских посланцев, собранных в «Истории Лянской династии», сообщается, что города Фунани были обнесены стенами, за которыми располагались каменные дворцы и храмы и деревянные жилые дома. Жители некрасивые, с черной кожей и вьющимися волосами; ходят голыми и босыми, бесхитростны. Занимаются сельским хозяйством: один год сеют — три года снимают урожай. Производят гончарные изделия, предметы из шлифованного камня, монеты и украшения из золота и серебра. Искусные мастера любят вырезать орнаменты, занимаются чеканкой. Посуда, из которой едят, большей частью из серебра. Налоги платят золотом, серебром, жемчугом и благородными смолами. У них есть книги, хранилища письменных документов и других вещей. Колodцев не роют — воду берут из бассейна.

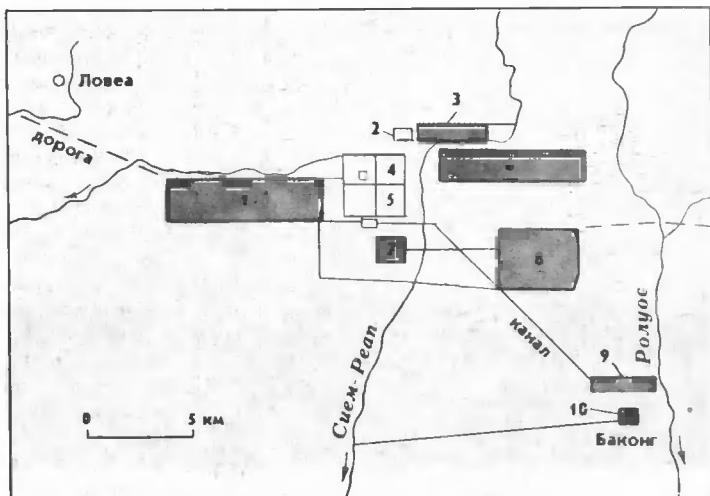
В VI в. Фунань приходит в упадок. Страшные наводнения превратили плодородные равнины в болота, жители переселились на более высокие земли.

На смену Фунани приходит государство Ченла со столицей Самбор Прей Кук (VII—VIII вв.). Первая цивилизация Ченлы оставила многочисленные храмы, статуи и надписи. В «Истории Сунской династии» отмечается, что резиденция короля находилась в городе И-шо-на, где проживало более 20 тыс. семей. В королевстве было еще 30 городов, каждый

² Moor E. Water enclosed sites: links between Ban Takhong, Notherland Thailand and Cambodia. The Giff of Water. SOAS. London, 1989. P. 26—46.

³ Седов Л. А. Ангкорская империя. Социально-экономический и государственный строй Камбоджи в IX—XIV веках. М., 1967.

Схема столичного региона Ангора. 1 — западный барай; 2 — храм Пре-Кхан; 3 — северный барай; 4 — храм Бафуон; 5 — храм Байон; 6 — восточный барай; 7 — Ангкор-Ват; 8 — юго-восточный барай; 9 — барай Индрататака; 10 — барай Баконг.



из которых населен многими тысячами семей.

«История Танской династии» сообщает, что в 706 г. Ченла распадается на две части — страну гор и вод. Образуются Ченла-на-суше и Ченла-на-воде. Отдельно существовало княжество с озером Тонлесап, имевшее столицу в Самборе на Меконге.

В эти времена активно разрабатываются карьеры и разрезы глины, необходимой для производства кирпича. Для земледелия уже используются, наряду с речными долинами, приозерные и подгорные равнины.

АНГОРСКИЙ ПЕРИОД

Периодом наиболее интенсивного антропогенного освоения Камбоджи в древности стал Ангорский период — IX—XIV вв. Ангорской империей правили многочисленные короли, и каждый стремился увековечить этап своего царствования в виде крупных, преимущественно культовых построек из камня. Таким образом история изменения природы Камбоджи, начиная с раннего средневековья, в значительной степени является историей интенсивной эксплуатации природных ресурсов прежде всего в строительных целях. Все ангорские цари обязательно что-то строили или планировали грандиозное строительство.

Среди архитектурных ансамблей выделяется созданный Сурьяварманом II Ангкор-Ват — шедевр всех времен и народов. Ангкор-Ват был описан четырехугольным рвом (1300×1500 м) и занимал площадь около 200 га. Храм в основании имеет размеры 215×187 м, а высота центральной башни 65 м. При Джаявармане VII был

построен необычный по своей архитектуре храм Байон в Ангкор-Тхоме. В этот период Камбоджа расширяется за счет присоединения территорий нынешних южного Лаоса, Вьетнама, части Бирмы и Малаккского п-ва. Стройки этого периода поражают грандиозностью. Была построена каменная дорога с каменными мостами (крупноблочные каменные арки) и со 121 каменной гостиницей от Таиланда до Тямпы (Вьетнама). На северо-западе страны был создан крупный каменный храм Бантеай Чмар, а также множество других храмов в южном Лаосе (Карате) и Таиланде. Достраивались новые храмы в пределах района Ангора. Близ всех кхмерских храмов располагались священные бассейны (бараи) и рвы. Рвы Ангкор-Вата имели протяженность 5 км, другой столицы империи — Ангкор-Тхома — 13 км. Сам Ангкор-Ват размещался между двумя крупными водными бассейнами — восточным и западным бараем. Храм Восточный Мебон был построен в центре восточного бассейна, а Западный Мебон — центре западного.

Площади искусственных бассейнов варьировали от 2,4 км² до 10,8. Затраты человеческого труда на создание этих культовых сооружений были огромны. Французский историк Ж. Гролье подсчитал, что только на строительство одного храма Бантеай Чмар потребовалось бы 44 тыс. человек, если бы они работали по 10 час. в сутки на протяжении восьми лет.

По некоторым сведениям, Ангкор-Тхом по тем временам был огромным городом, число его жителей достигало полумиллиона. В 1291 г. в нем останавливался Марко Поло, а в 1297 г. — китайский путешественник Чжоу Дагуань, оставивший под-



Молодые горы Элефан. Вид на север от г. Кампота.

Делянки для выпаривания соли из морской воды на побережье Сиамского залива.



робное описание города. Камни для строительства Ангкора доставлялись из горного массива Кулен, расположенного в 50 км к северу от города. Их перевозили водным путем и по суше.

Итак, в течение ангорского периода природа Южного Индокитая кардинально изменяется; вырываются крупные бассейны, спрямляются русла отдельных рек, интенсивно разрабатываются карьеры песчаников в пределах островных гор Камбоджийской впадины и уступа хр. Дангрэк; сводятся массивы первичных лесов вблизи столиц и храмов, обедняется животный мир района

оз. Тонлесап и столичного региона Ангкор-Вата.

Ангкор был впервые заброшен в 1430 г., но район Ангкора, по сообщениям испанских и португальских путешественников, продолжает развиваться. По данным официального летописца Португальской Индии, в 1550 или 1551 г. король Камбоджи отправился на охоту на слонов в непроходимые джунгли центральных районов королевства. В походе неожиданно наткнулись на величественные, сильно заросшие сооружения. По его приказу 5 или 6 тыс. человек освободили огромный древний город от



Побережье Сиамского залива в окрестностях г. Кам-
пота.

Левый, подмываемый берег Меконга ниже Пномпеня.



лиан, густых кустарников и высоких деревьев. В нем все было замечательно: великолепные здания, их расположение и планировка, живописные места — рощи, речки и источники хорошей воды. Это и был Ангкор-Тхом. В плане он представлял четырехугольник, обнесенный стенами и рвами. Через рвы были переброшены мосты, ведущие к пяти монументальным воротам, аллеи с каменными балюстрадами. Каменные ворота украшены богатой каменной скульптурой; камень-песчаник добывался в 20 милях к северу. Перевод древней надписи таков: этот город, храмы и многое другое были

выстроены по приказу 20 сменявших друг друга королей на протяжении 700 лет. О Байоне говорится, что это один из самых замечательных храмов, строительство которого также еще не окончено. Системы обслуживающих Байон каналов и бассейнов в это время, как это ни удивительно, были в превосходном состоянии. От каждой ворот в город ведет дорога той же ширины, что и внешние мосты с их парапетами. Вдоль дороги с двух сторон проложены прекрасные каналы, полные до краев водой, которая вытекает из большого рва, окружающего город. В большой ров впадают

полноводные реки. По одному каналу в город приплывали многочисленные суда, доставлявшие из внутренних районов страны продовольствие, изделия и дрова, которые выгружали тут же перед домами жителей. По другому каналу город очищался от отходов. Ангкор-Тхом и через полтора века оказался красивым, прекрасно оборудованным для жизни и очень чистым средневековым городом. Система водоснабжения, разрушенная после взятия Ангкора, в XVI в. вновь функционировала нормально. Таким образом, район Ангкора был навсегда оставлен ангкорскими правителями лишь в XVII—XVIII вв.

В испанских и португальских летописях отмечаются изменения направления течения в протоке Тонлесап дважды в год: в конце сезона дождей и в конце сухого сезона; сообщается о существовании моста на 70 опорах через Меконг. Заметим, что в 1989 г. в стране не было ни одного моста через Меконг или его протоки. Единственный мост через протоку Тонлесап был разбит во время налета американской авиации в 70-е годы.

Весьма интересны подробные сведения об ирригационных работах кхмерских королей и их значении для развития экономики королевства. Ирригационная сеть создавалась с таким расчетом, чтобы запасать воду в период дождей и использовать ее в сухой сезон. Для этой цели страна была застроена бассейнами, фонтанами и колодцами, объединенными сетью каналов и рвов. Эти водоемы, дно которых было водонепроницаемым, наполнялись дождевой водой. К Ангкору примыкал район, состоявший из прямоугольных рисовых полей, расположенных в шахматном порядке, примерно так же в наши дни устраивают рисовые поля в дельтах рек. Рисовые поля Ангкора давали в XII в. три-четыре урожая риса в год, а позже рис высевался раз в год и забота о его поливе «перекладывалась» на дожди.

Другой целью создания тщательно продуманной ирригационной системы было сохранение почвы; она не уносилась с паводковыми водами во время сезона дождей, как это происходит теперь. Плотины позволяли пешеходам передвигаться по городу, а по каналам плавали лодки. Королевский дворец был сердцем города, но сам город занимал гораздо большее пространство. Дома соседних деревень стояли в сваях вдоль каналов. В целом «группа Ангкора», центр кхмерского могущества, представляла собой обширный район площадью 770 км².

Прежде чем приступить к сооружению храмов, кхмерские короли строили обще-

ственные сооружения — каналы и водоводы. На одной из стел высечена надпись: «Как только он стал королем, он дал обещание: через пять дней я начну земляные работы». Речь идет о короле Индравармане — создателе барая в Ловеа. Надписей такого рода много не только в столице, но и в небольших городах. Эта в целом полезная деятельность кхмерских королей требовала затрат и гигантских усилий, но культовых сооружений было слишком много. Силы народа иссякали. По-видимому, в этом заключалась социальная причина ослабления Ангкорской империи.

ПАДЕНИЕ ИМПЕРИИ

Всех, кто осматривает замечательные ангкорские памятники, интересует, сколько народа трудилось на их строительстве. В кхмерских источниках устойчиво повторяется цифра 300 тыс. человек. Но это могли быть только архитекторы, планировщики, инженеры, прорабы и рабочие, и этих людей нужно было обслуживать. Видимо, эту цифру нужно по крайней мере удвоить, если не утроить... Ясно одно: проблемы с трудовыми ресурсами не было. Не исключено, что на стройки периодически приходило новое пополнение из вновь присоединенных территорий. Ангкорская империя расширялась — поток свежей рабочей силы не иссякал. Мы ничего не знаем об условиях труда, о продолжительности жизни рабочих. Скорее всего, как везде в средние века, особенно на востоке и юго-востоке Азии, человеческая жизнь стоила недорого. А в современную эпоху, в последние 20 лет? Ответы на эти вопросы я видел в виде пожелтевших костей, которыми были забиты колодцы... Это следы геноцида красных кхмеров, уничтоживших миллионы ни в чем не повинных людей. Несколько раньше на территории Камбоджи американские летчики отрабатывали новый тип коврового бомбометания с целью максимального поражения людей.

Историк Л. П. Бриггс в своей фундаментальной монографии привел серию мелкомасштабных карт-схем, поэтапно характеризующих создание в Камбодже столиц, городов, храмов и т. п.⁴ Совмещение этих карт показывает, что вся территория Ангкорской (или Кхмерской, по Бриггсу) империи была сплошь покрыта древними объектами. При сопоставлении карт-схем

⁴ Briggs L. P. The Ancient Khmer Empire. Transactions of the American Philosophical Society. New series. Philadelphia, 1951. V. 41. P. 1.

обнаруживаются области и зоны наиболее плотной средневековой застройки и, стало быть, наибольших антропогенных нагрузок на рельеф и природную среду в целом. Область овальной формы на северном берегу оз. Тонлесап с центром в Ангкор-Вате характеризуется максимальной плотностью — практически сплошной застройкой наиболее крупными архитектурными комплексами. Овальный ареал на крайнем юге Камбоджи вдоль морского побережья имеет меньшую плотность застройки древними объектами и площадью. Наиболее крупная линейная зона захватывает широкую меридиональную полосу вдоль среднего и нижнего течения Меконга. Она характеризуется россыпью древних комплексов, которые наиболее часто встречаются в долине Меконга, в устьях и низовьях его притоков. Более узкая зона вытянута в широтном направлении вдоль уступа хр. Дангрэк. Масштабы древнего зодчества, свидетельствующего о «взлетах» империи, огромны. И все же она пала.

Кроме социальной были еще и объективные природные причины падения империи — это понижение уровня моря и уменьшение общей увлажненности. Период с XV (может быть, с XIII) по XIX в. — так называемый малый ледниковый период — характеризовался значительным похолоданием в Тибете и Гималаях, снижением снеговой линии на 100—150 м, наступлением горно-долинных ледников и уменьшением водности рек. Его сменил теплый интервал X—XII вв., на время которого приходится расцвет Ангкорской империи. В малом ледниковом периоде выделяются частные похолодания — во второй половине XVII в., второй половине XVIII, начале и середине XIX в., которые могли сказаться на уменьшении водности главных рек. Данные китайских климатологов о соотношении засух и наводнений на протяжении последних 500 лет показывают, что начиная с XVI в. наиболее влажные годы в южном Китае повторяются в среднем всего один-два раза в столетие.

Можно полагать, что за этот период засушливость сухих сезонов Индокитая стала больше. Немаловажная причина уменьшения общей увлажненности региона состоит и в прогрессирующем сведении влажных тропических лесов, площади которых в исторический период существенно сократились в пределах Вьетнама, Лаоса и особенно Камбоджи.

Наконец, деструктивные поверхностные процессы наложились на тектонические, выразившиеся прежде всего в понижении поверхности, «обновлении» древних и заложении новых впадин, появлении тенденции неустойчивости в рельефообразовании.

В постангорский период начинается добыча железной руды в открытых карьерах, расширяются значительные площади тропических лесов под пашни, создаются новые бассейны. Антропогенный «пресс» перемещается из района Ангкора в район Пномпеня, который в 1435 г. становится столицей Камбоджи.

Новые храмы и дворцы строятся преимущественно в городе или вблизи него. Архитектурные ансамбли Ангкорского периода приходят в упадок. Площади первичных тропических лесов сокращаются, реки мелеют, уровень грунтовых вод понижается на 2—3 м, почвы деградируют, сухие сезоны становятся более засушливыми. Ангкор-Ват распадается и поглощается джунглями.

В результате огромного по размерам многовекового строительства расположенные в истоках р. Сиём-Реап островные горы и останцы песчаников были в значительной мере разобраны на строительные блоки. В районах строительства храмов со склонов и подножий многих изолированных массивов были удалены буроцветные склоновые отложения, частично выработаны верхние горизонты подстилающих их латеритов. Неровности рельефа территории будущих городов повсеместно выравнивались.

Огромные массивы первичных реликтовых вечнозеленых лесов и участки дождевого тропического леса были сведены, а естественный водный баланс в бассейне нижнего Меконга в результате создания многочисленных искусственных водохранилищ, длительного перерасхода речных и подземных вод на испарение нарушен.

Обмелело оз. Тонлесап, играющее роль естественного регулятора основной водной артерии региона — р. Меконг. Усилился поверхностный сток и дефляция со значительных площадей равнины.

Однако, несмотря на значительные природные последствия антропогенной деятельности на протяжении последних 3—4 тыс. лет, природная среда Южного Индокитая еще в XVI в. продолжала устойчиво, унаследованно функционировать и сохранила способность к самовосстановлению. Необратимые деформации природы, связанные с потерей этого качества, вызваны эксплуатацией природных ресурсов, начало которой относится к эпохе французской колонизации. Но это уже другая тема.

⁵ Yarly chards of dryness/wetness in China for the last 500-year period. Beijing, 1982.

Рогатый скарабей

С. В. Воловник

Государственный педагогический институт
Мелитополь

ЖУК-ОЛЕНЬ (*Lucanus cervus*) — одно из крупнейших (самец — 6–8 см, самка — 5) насекомых на территории СНГ — несомненно очень красив. Хотя у него нет ни яркой окраски, ни броского рисунка, жук-олень пользуется большой популярностью. Он изображен на одном из рисунков великого Дюрера и на многочисленных почтовых марках. Экстравагантность самцу этого жука придают невероятно разросшиеся верхние челюсти. На каждой из них до 12 зубцов, а по размерам «рога» сравнимы с туловищем их обладателя: без них его длина — 3–3,5 см. Эта самая заметная особенность насекомого отражена еще Плинием, который писал о *Scarabaeus cornutus* — «рогатом скарабее», и К. Линнеем, давшим ему название *Lucanus cervus* (олень). В русском, английском, немецком и многих других языках и диалектах это насекомое также называют жуком-оленьем.

Как и у настоящих оленей, роскошное украшение на голове — принадлежность исключительно жуков-самцов. Самки лишены рогов и выглядят скромнее. Описаны как большая редкость жуки-гинандроморфы, у которых левая половина тела, как у самца, — с мощным зубчатым рогом, а правая, как у самки, — с маленькой челюстью¹.

Известный немецкий зоолог А. Э. Брэм так описывает встречу с жуками-оленьями: «Сами жуки почти все сцепились между собой в драке; челюсти их совершенно переплелись; они приподымались на дыбы, яростно сопели и нередко то один, то другой обессиленный боец, сорвавшись



Самец жука-оленя.

Здесь и далее фото автора.

Невероятно разросшиеся челюсти самца — украшение и надежная защита.



© Воловник С. В. Рогатый скарабей.

¹ Strojny W. // Przegl. Zool. 1970. V. 14. N 1. P. 64.

с дерева, падал вниз... Если же один из упавших всползал, то его появление вызывало всеобщее недовольство. Все устремлялись на него, грозно поднимая «клешни», до тех пор, пока прищелец не схватывался с кем-нибудь в серьезной драке².

Мне лишь однажды посчастливилось увидеть, как используют жуки свои огромные «рога». Было это в конце июня в Крыму, на горном склоне. Вечер застал меня под пологом леса. Внимание привлекло мощное жужжание недалеко от тропинки. Сойдя с нее, я заметил летящего жука-олени. Он снизился и сел на кору толстого дуба. Осторожно подойдя поближе, я увидел, что из больших трещин дерева вытекает сок, которым кормится масса живности: муравьи, осы, бабочки, мухи. Но бросились в глаза не они, а несколько великанов — жуков-олени. Один жадно «слизывает» вытекающий сок, двое же сцепились «рогами», пытаются ухватить, перевернуть и сбросить один другого со ствола. Явственно слышался скрип зубцов.

Жуки дерутся не только во время трапезы, они используют свое «грозное оружие» и в турнирных боях за самку. К этому, возможно, их вынуждает демографическая ситуация: на одну половозрелую самку приходится трое-пятеро самцов³. Брачные полеты и «турниры» происходят у жуков обычно по вечерам с конца мая до конца июля.

В сумерках они охотно летят к источнику света. В старину в Германии их нередко видели вблизи лесных костров, на которых выжигали древесный уголь. Среди угольщиков бытовало поверье, что жуки разносят на своих «рогах» огонь и поджигают крытые соломой дома⁴.

В жару жуки скрываются в подстилке или даже в почве. Самки зарываются без труда,

самцы же с их могучими челюстями на совершенно ровной, хоть и рыхлой поверхности закопаться не могут, им нужен камешек, бугорок для опоры. Нередко самцы используют готовые норки или углубления. Сначала между комочками почвы они проталкивают сведенные огромные челюсти, потом раз-

ют жуки дуб, но вполне годятся для этой цели бук, липа, ясеня, ива, клен, берест, тополь, шелковица, плодовые деревья и даже старые деревянные столбы. Готовя место для кладки, самка может своими короткими челюстями измельчать древесину. Иногда яйца откладываются в почву у подно-



Турнирный бой самцов на глазах у самки.

двигают их и так прокладывают ход для тела. Все это несложно наблюдать, если содержать жука дома, поместив его в ящик с землей и травой, куда надо поставить блюдечко с сахарным сиропом, разведенным медом или соком.

Вполне вероятно, что встреча полов у жука-олени обеспечивается с помощью язычка запахов. Во всяком случае у самцов других видов рода *Lucanus* обнаружена четкая реакция на запах самки⁵.

После спаривания самка подыскивает место для откладки яиц. В старом лесу это не такая уж сложная задача: нужна гнилая и трухлявая древесина, которая может быть в дуплах, старых пнях, колодах, упавших стволах, остатках старых отмерших корней. Предпочита-

ют жуки дуб, но вполне годятся для этой цели бук, липа, ясеня, ива, клен, берест, тополь, шелковица, плодовые деревья и даже старые деревянные столбы. Готовя место для кладки, самка может своими короткими челюстями измельчать древесину. Иногда яйца откладываются в почву у подно-

жия деревьев. После откладки яиц основная масса жуков умирает, но отдельные особи встречаются до первых чисел ноября. Вышедшие из яиц личинки после затвердения челюстей съедают оболочку яйца и вгрызаются в дерево. Первым делом они перемалывают древесину возле себя. Затем заглатывают труху и многократно пропускают через себя каждую ее порцию. Трудноперевариваемую древесину личинки усваивают благодаря кишечным симбионтам (бактерии, простейшие), которые, гидролизуя клетчатку собственными ферментами для себя, помогают усваивать пищу и насекомому-хозяину. Проникают кишечные микроорганизмы в тело личинки либо с пищей, либо от матери через ее яичники, т. е. трансовариально⁶. Постепенно древесина превращается в однородную темно-бурую массу, а личинка перемещает-

² Брэм А. Э. Жизнь животных. Т. 3. СПб., 1902. С. 178—180.

³ Dyk V. // Časop. Národn. muzea. Odd. přírodověd. 1961. V. 130. N 1. S. 45—50.

⁴ Bechte W. // Kosmos. 1977. N 9. S. 647—654.

⁵ Джекобсон М. Половые феромоны насекомых. М., 1976. С. 24.

⁶ Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология. М., 1980. С. 58—59.

ся на новое место, где все повторяется сначала. При достаточной влажности такое измельчение древесины создает благоприятные условия для поселения и развития здесь гнилостных бактерий и плесневых грибов. Они быстро довершают разложение. В корнях только одного пня (диаметр 30 см) может поселиться больше полусотни личинок жука-олени. Их деятельность — существенный фактор разрушения мертвой древесины, что делает вид важным звеном лесных экосистем.

Развитие личинки длится довольно долго — четыре—шесть (а иногда и восемь) лет. К исходу последнего года она приобретает вид С-образного белого с коричневой головой червя толщиной с большой палец и длиной до 10—14 см. Трудно поверить, что вначале это было крохотное слабое существо, вылупившееся из четырехмиллиметрового яйца. Внешне она похожа на всем известных личинок хрущей, только намного больше. Не исключено, что именно личинок жуков-олени имели в виду древние авторы, писавшие, что в Понтийской земле находили толстых белых червей, которые считались лакомым блюдом⁷.

Завершая развитие, личинка строит себе колыбельку для окукливания. Она тщательно утрамбовывает вокруг себя субстрат: почву, труху, экскременты. Получается камера размером с небольшой кулак, с довольно толстыми (3—4 мм) стенками. Кусочки древесных волокон придают им

прочность. Интересно, что личинки — будущие самцы — строят себе камеру «на вырост», чтобы в будущем поместились зачатки огромных челюстей. Окончив работу, личинка выпрямляется и замирает. Ее тело теряет часть воды и слегка съеживается. Через несколько дней покровы лопаются, сформировавшаяся молодая куколка круговыми движениями тела сбрасывает их с себя. В таком состоянии куколка зимует. Во второй половине мая на свет появляется взрослый жук.

Общая продолжительность всего жизненного цикла, размеры жуков зависят от количества пищи, температуры и других факторов внешней среды. Так, на Крымском п-ве сухость климата может стать причиной появления более мелких особей, чем на материке⁸.

Жизнь взрослых жуков недолга — всего несколько недель. Причем не все доживают до естественного конца. Основные враги — хищные птицы (совы, дятлы, сойки, вороны, грачи), изредка лакомятся жуками летучие мыши. Под деревьями остаются лишь головы с мощными, но, увы, неэффективными в обороне от пернатых челюстями, а также поломанные надкрылья, ноги. Несведущие люди считают, что эти обломки — результат турнирных боев жуков, но на самом деле это, конечно, не так. Иногда встречаются жуки со вмятинами или отверстиями на хитиновых покровах: видимо, не любой птице под силу одолеть такую добычу.

Ареал жука-олени велик, он распространен в широколиственных лесах Европы, Северной Африки, а также в Малой Азии. И на большей части ареала — в Германии, Швейцарии, Болгарии, Польше, бывшей Чехословакии, на Украине, в Белоруссии, Латвии, Литве — он внесен в национальные списки охраняемых животных. Вид был включен и во второе издание «Красной книги СССР» (1984). И отнюдь не хищные животные тому виной. Главная причина — современное лесное хозяйство.

Площадь лесов продолжает сокращаться. На смену долгоживущим породам в лесах приходят посадки быстрорастущих культур. Более выгодные экономически, они менее пригодны для развития жуков. Таким образом, число мест, подходящих для развития личинок и питания взрослых жуков, уменьшается. В результате раздроблен ареал, падает численность жука-олени, а кроме того, броская внешность жука привлекает коллекционеров.

Меры охраны вида очевидны. Необходимо сохранить остатки старых дубрав. Не всегда нужно спешить удалять дряхлеющие деревья-ветераны. Это забота о сохранении не только жука-олени, но и множества иных видов, связанных с разлагающейся древесиной: птиц, гнездящихся в дуплах, мелких зверьков, живущих здесь же. И главное место выживания вида — территории с различным режимом заповедности. Развитие сети заповедников, заказников, национальных парков в лесной зоне поможет сохранить многие виды, в том числе и украшение нашей природы — жука-олени.

⁷ Мамаев Б. М. // Зоол. журн. 1960. Т. 39. Вып. 6. С. 873—881.

⁸ Брэм А. Э. Цит. соч.

⁹ Мальцев И. В. Насекомые // Редкие растения и животные Крыма: Справочник. Симферополь, 1988. С. 139—140.

Искусство древних гидротехников в пустыне

Л. А. Алибеков



Лапас Алибекович Алибеков, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии Самаркандского государственного университета. Научные интересы связаны с изучением физико-географических процессов взаимодействия горных и равнинных территорий, а также с разработкой проблем рационального природопользования в горных районах Среднеазиатского региона.

ИСТОРИЯ Средней Азии дает, кажется, наилучшее подтверждение тезиса: вода — это жизнь. Будет вода, будет и урожай. Опыт этой земли богат не столько примерами полного и филигранного освоения почвенных ресурсов, сколько удивительными образцами человеческой изобретательности и смелых инженерных решений, направленных на использование каждой капли влаги. Сам по себе примитивный труд с кетменем не так уж много стоил. Но высоко ценилось искусство древних мелиораторов, от которых зависела жизнь в оазисах.

Еще войско Александра Македонского в 329—328 гг. до н. э., вторгшееся в Согдиану, встретило там высокую культуру земледелия, основанную на орошении. Согдиана, занимавшая часть современных Узбекистана и Таджикистана, была высокоразвитой по тем временам страной. Она выполняла функции северного форпоста оседлости перед лицом безбрежного моря песков и призрачных, исчезающих в пыли и появляющихся как будто из ничего орд кочевников-масагетов. В этих таинственных песках исчезали воды Политимета (Зерафшана).

Согдиана, служившая внешним защитным поясом древнеиранской державы, одновременно была средоточием ее боевого и культурного духа. По свидетельствам историков Александра Македонского, прифронтовое положение этой страны заставляло жителей быть начеку и рачительно относиться к своей земле. Каждое селение (а значит, и оазис, потому что селения были приурочены к ним) было огорожено каменными или деревянными стенами. В гористой части Согдианы пришельцев удивляли мощные цитадели, увенчивающие скалы, а на равнине — сложные гидротехнические сооружения, способные обеспечить обильные урожаи под жарким солнцем сороковых широт.

Недаром именно в Согдиане войска Александра встретили самое упорное и хорошо организованное сопротивление, пере-

росшее в народную войну. Основой процветания согдийцев были воды Политимета, на берегу которого стояла их столица Мараканда (Самарканд). Впрочем, это не совсем точно. Дело не в воде самой по себе, а в совершенной системе ее распределения по полям, т. е. в усилиях человеческих рук.

В пустынных и засушливых районах Средней Азии, где поверхностные водотоки (реки, ручьи, родники) отсутствуют, единственными источниками водоснабжения были шахтные колодцы, вскрывавшие первый от поверхности горизонт подземных вод. Быть может, колодец — древнейшее изобретение человека, позволившее ему добывать воду и вести хозяйство в чрезвычайно сложных условиях пустыни.

Среди гидротехнических сооружений можно выделить целый ряд построек — от наиболее примитивных до чрезвычайно сложных, а порой даже загадочных ирригационных систем.

Элементарные водонакопительные сооружения в пустыне обычно приурочены к такырам — сложным природным образованиям, своеобразным глиняным блюдцам среди песков. Такыры образуются в естественных понижениях, куда весной стекают мутные потоки талых вод. Тонкие глинистые частицы постепенно оседают на дно, увеличивая и без того солидную толщину глинистой заплаты на поверхности пустыни.

Иначе говоря, такыр обладает двумя важными свойствами. Во-первых, он собирает воду со значительной территории, потому что расположен в низине, и, во-вторых, он не дает впитаться ей в песок, потому что обладает водонепроницаемой глиняной прослойкой на дне. Пастухи часто роют в центре такыра яму или небольшой пруд (кааку) глубиной около 1.5—2 м, а вокруг него прокапывают несколько радиальных канавок, по которым вода сбегает в подготовленный резервуар.

Этот простой принцип верой и правдой служит скотоводам на протяжении как минимум нескольких тысячелетий. Весеннего запаса воды в яме хватает порой до конца июля, а это очень важно для мигрирующих по пескам стад.

Для человека, однако, эта вода непригодна. Она быстро нагревается, иногда загнивает. Залезающие в пруд животные перемешивают ее с глиной и загрязняют еще сильнее. И все-таки на его берегах зарождалась небольшая пустынный биоценоз, включающий при особо благоприятных условиях даже отдельные засухоустойчивые виды деревьев, тамарикс, верблюжью ко-

лючку. Глина, разбухшая от воды, способна понты корни растений, даже когда в самом пруду не осталось ни капли.

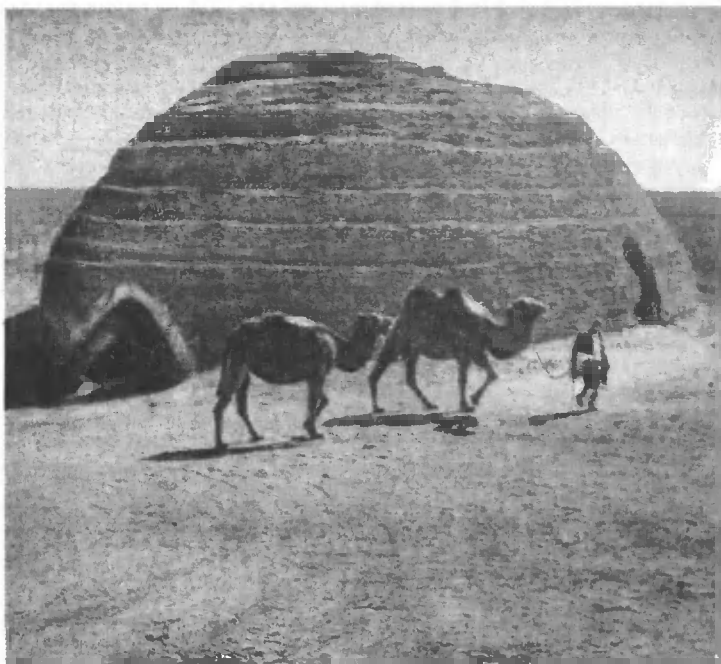
Такырный пруд, конечно, далеко не лучшая форма накопления воды. Гораздо более эффективен чирле — водоналивной колодец, вырытый посреди такыра. В отличие от колодцев более северных широт чирле не собирает воду из подземных водоносных горизонтов, а хранит в себе ее запас, стекший с поверхности. Глубина чирле порой достигает 25—30 м. Вода в нем, естественно, меньше нагревается, не испаряется и не просачивается в стенки, облицованные кирпичом. Следовательно, чирле обеспечивает значительно более полное использование водного запаса пустыни.

Особенно замечателен выработанный скотоводами прием создания грунтовых вод путем искусственного формирования линз пресной воды, плавающих на соленых водах. Эта система водоснабжения отличается тем, что пресная вода атмосферных осадков погружается в естественные коллекторы-хранилища, на сооружение которых не затрачивается почти никаких средств: необходим только котлован и иногда мелкая водосборная сеть. Потери на испарение практически сведены к нулю.

Довольно часто случается, что слой легкой пресной воды, собранной с поверхности такыра, лежит на горизонте более плотных минерализованных подтакырных вод. Такие расслоенные водные линзы — довольно типичное явление для пустыни. Запасы пресной влаги в них (не в колодце, а во всей линзе, конечно) могут достигать 100 тыс. м³ и даже более. Но относиться к ним следует очень бережно. Во-первых, нужно осторожно забирать воду из верхнего, «сладкого» слоя (жители пустыни так называют пресную воду в противоположность горькой воде из засоленных, более глубоких горизонтов). Иначе можно нарушить границу между плотной (горькой) и легкой (сладкой) водой, они перемешаются, и чирле выйдет из строя до следующего года. В аккуратном отношении нуждаются и нижележащие минерализованные воды. Нарушение их равновесного состояния чревато исчезновением пресной воды, для которой они служат водоупором.

Жители аридной зоны горьким опытом приучены внимательно следить за малейшими колебаниями уровня подземных вод. Испорченный или опустевший колодец — это многие километры пути до следующего оазиса, и хорошо, если на эти километры достанет сил у людей и животных. Поэтому над колодцами с незапамятных времен

Действующая средневековая сардоба, в которой хранится собранная с такыра дождевая вода.



строились сардобы — кирпичные своды с отверстиями у основания. Через эти просветы к колодцу или другой подземной емкости сходятся радиальные канавки-лучи, собирающие такырную воду. За состоянием таких природно-архитектурных комплексов следят с особым тщанием, при необходимости поправляя своды и очищая заиляющиеся дрены.

В целом такой комплекс из водоналивного колодца с защитным куполом над ним представляет оптимальный способ утилизации весенних вод пустыни, апробированный столетиями. В течение многих веков на ощупь подбиралась и точно отлаживалась схема размещения этих гидрогеологических коллекторов. Эффектным примером такой сети может послужить система водоналивных колодцев, многие десятки которых в кажущемся беспорядке разбросаны у подножия Копетдага.

Со времён средневековья сохранились крытые сардобы-об, которые сооружались на равнинной части Средней Азии, в основном на караванных путях в Индию и Афганистан, и служили источником для пополнения запасов пресной воды и местом отдыха путников.

В настоящее время только на пастбищах Туркменистана построены уже на современной основе и эксплуатируются около 500 хааков, более 300 сардобов и 450 налив-

ных колодцев. За счет такырного стока обводнено около 20 % пустынных пастбищ Туркменистана. Такую форму ведения хозяйства на такырах принято называть отточной или кааковой.

В сельском хозяйстве исстари широко использовалась и так называемая лиманная система орошения. Слово «лиман» не значит, что где-то поблизости находилось море. Лиманами назывались обвалованные площадки на пути вод, скатывающихся весной на подгорную равнину. Между искусственно насыпанными валами потоки, несущие большое количество мути, замедляли движение и заполняли осадками эти обширные мелководные лужи. А далее как бы повторялась уменьшенная модель такыра: муть оседала, и вода, обогащенная илом, впитывалась в почву. Зерновые культуры, засеянные прямо в жидкую грязь, давали неплохой урожай.

Этот способ отчасти напоминает земледельческие приемы древних египтян, пытавшихся уловить и задержать нильскую воду на своих полях. Несмотря на очевидную примитивность такой технологии, она, как показывают археологические материалы, в VI—VII вв. поддерживала жизнь в крупном Фаришском земледельческом массиве, вытянутом вдоль Нуратинского хребта по соседству с современной Джизакской степью. Площадь массива достигала 2500 км².

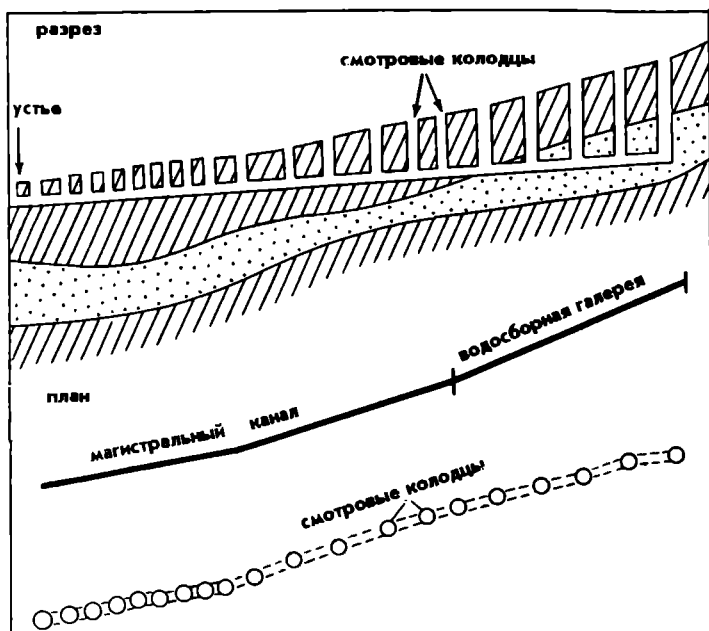
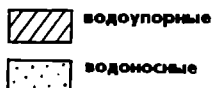


Схема устройства кяриза — подземной галереи, предназначенной для сбора подземных вод, транспортировки и вывода их на поверхность. В верховой части кяриз имеет одну или несколько штолен, перехватывающих воду, далее она попадает в магистральную галерею, откуда самотеком идет на поверхность.

Породы:



Несколько позже, к X в., в этом районе было создано целое водохранилище, запертое мощной каменной стеной с девятью воротами для спуска воды. Такое водохранилище переводит идею лиманного орошения на качественно новый, можно сказать, современный уровень.

Еще более сложным, но зато и более эффективным методом борьбы за воду в предгорьях служат так называемые кяризы — подземные водопроводящие магистрали. В отличие от прудов, водоналивных колодцев и лиманов, обеспечивающих лишь задержание влаги, кяризы призваны забирать воду там, где имеется ее избыток (если это понятие допустимо в отношении водных ресурсов Средней Азии), и переводить ее туда, где в воде испытывается особенно острая нужда.

Что же представляет собой это сооружение? Основным источником воды для равнин Средней Азии, как известно, горы. Они «выхватывают» из верхних слоев атмосферы большое количество осадков, которые потом, после неоднократных преобразований, попадают в жаркие низины. Задача в том, чтобы растянуть во времени поступление этих вод, выровнять его и при этом направить влагу в нужное русло.

Древние строители нашли для этого весьма удачный способ. Довольно высоко в предгорьях, в зоне обильного увлажнения,

они выкапывали глубокий колодец, собиравший воду из подземных горизонтов. Длинным туннелем влага выводилась от этого головного колодца на подгорную равнину. Спускаясь вдоль тальвега естественных понижений, кяриз постепенно сближался с земной поверхностью. К моменту выхода на равнину его устье оказывалось на поверхности, и он давал начало арыку с чистой и холодной водой.

Проще говоря, подземная галерея кяриза имела несколько меньший уклон, чем дно горной долины. Это, видимо, было выгодно с точки зрения сглаживания в годовом ходе поверхностного стока: воды в туннеле текут немного медленнее и, главное, не в течение нескольких весенних недель, а круглый год — за исключением особо неблагоприятных лет. Кроме этого, кяриз гарантировал чистоту воды и сводил к минимуму затраты на испарение. Самая низкая часть долины, ее тальвег, был сухим, но глубоко под ним, в тщательно очищенном, облицованном туннеле бежал поток ключевой влаги. Облицовка требовала филигранного мастерства и была одной из трудных работ. Во многом от нее зависело качество кяриза. Она обеспечивала прочность подземной галереи, а значит, безопасность и уменьшение инфильтрующих потерь.

Через каждые 8—10 м подземное

русло соединялось с поверхностным колодцем. Они были необходимы для удаления грунта во время строительства, а затем для ремонта и ухода за водоводом. Колодцы эти, естественно, становились все мельче по мере приближения к выходу из долины.

Галереи кяризов тянутся порой на десятки километров, наглядно иллюстрируя инженерное мастерство древних жителей предгорной равнины. Трудно представить себе, как они ориентировались под землей в условиях водонасыщенных грунтов, как определяли глубину колодцев, чтобы галерея сохраняла примерно постоянный уклон, ни в коем случае не опускаясь слишком глубоко и, соответственно, не поднимаясь. Иначе в местах перегиба начнется застой и заиливание. Чтобы связать пройденное расстояние, уклон и глубину туннеля, необходимы специальные знания.

Древнейшие сведения о кяризах относятся к I тысячелетию до н. э. и принадлежат перу греческого историка Полбия, который, описывая поход Антиоха III через пустынные области Парфии (территория современного Туркменистана), сообщал, что орошение здесь осуществлялось несколькими подземными каналами с колодцами.

Подземные водосборные галереи, выводящие живительную влагу на поверхность, строились в пределах огромного аридного пояса — от Афганистана до Марокко. В разных местах их называют по-разному: кяриз — в Средней Азии и Афганистане, сахриг — в Йемене, фоггара — в Сахаре.

Некоторые кяризы имеют протяженность в несколько десятков километров, а глубина залегания в исключительных случаях достигает 300 м. Расход воды невелик и обычно составляет от 30 до 100 л/с. В Бахарденском районе Туркменистана находится крупнейший кяриз Хан-кяриз с дебитом 80 л/с (288 м³/ч). В этом же районе — кяриз Караджа, который был сооружен в 1760 г.

Всего в Туркменистане было более 200 кяризов, однако многие из них давно вышли из строя.

Широкое строительство скважин и сооружение Каракульского канала, обеспечивающих переброску значительного количества воды в районы подгорной равнины Копетдага, привело к упадку кяризных систем. В то же время, по нашему мнению, кяризы при их правильном устройстве и эксплуатации обладают рядом преимуществ по сравнению со скважинами: не нарушается естественный режим подземных вод и обе-

спечивается постоянный расход воды высокого качества в течение очень длительного времени.

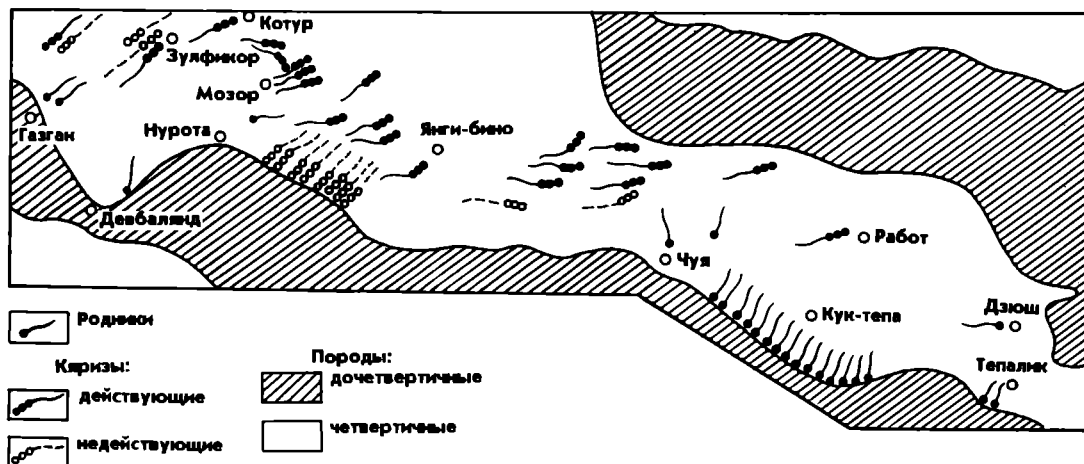
Правда, прогрессирующее уменьшение числа действующих кяризов наблюдается и в других странах. Так, например, в Иране в 1947 г. было более 40 тыс. кяризов общей протяженностью 160 тыс. км. На их долю приходилось 75 % всей воды, использовавшейся в стране на орошение. В настоящее время здесь осталось немногим более 2 тыс. кяризов, но они дают 20 % воды, необходимой для орошения. Без кяризов не могли бы существовать многие крупные иранские города. До 1930 г. 12 подземных галерей были единственными источниками водоснабжения Тегерана. Многие кяризы используют в течение столетий, есть и такие, возраст которых перешагнул 1000 лет.

Как бы то ни было, кяризы строились и успешно функционировали на протяжении многих столетий. Их системой, например, орошались предгорные равнины Нуратинского района Узбекистана площадью около 100 тыс. га. По свидетельству известного исследователя Средней Азии Я. Г. Гулямова, вся территория изрезана линиями кяризов, общее число которых достигает 360. В основном они были построены в средние века, о чем свидетельствуют даты, зашифрованные в их названиях.

Так, буквы-цифры, содержащиеся в названии кярiza Зулум (насилие), позволяют датировать его 941 г., а кяриз Зульфикор (легендарная сабля) — 1077 г. В переводе на европейскую систему летосчисления это будет соответственно 1563 и 1696 гг. н. э.

Дебит кяризов Нуратинской долины Узбекистана в зависимости от атмосферных осадков различен. Некоторые дают до 50—60 л/с. По данным наблюдений за 1953—1958 гг., самый большой среднегодовой дебит кярiza Кальта был в 1954 г., когда он составил 524 л/с при сумме атмосферных осадков 342 мм. В том же году дебит Баш-кярiza также был наибольшим — 266 л/с. Минимум дебита наблюдался в 1958 г., когда по кяризу Кальта он составил всего 138, по Баш-кяризу — 125 л/с. Сумма осадков в этом году была минимальной — 209 мм. Вода основных кяризов характеризуется слабой минерализацией сульфатно-карбонатного типа.

Сам по себе факт, что 1000 км² предгорной пустыни были оживлены благодаря системе кяризного орошения, заставляет с уважением и вниманием отнестись к опыту древних ирригаторов Узбекистана. Некоторые из их построек действуют и сейчас,



Кяризы в западной части Нуратинской долины (Узбекистан).

но значительная часть кяризов заброшена в связи с изменениями в структуре расселения, сложившимися еще в начале века, а также в связи с переходом к наземному орошению.

Крупные наземные каналы, имея неоспоримое преимущество в масштабности решаемых задач, в то же время уступают системе кяризного орошения с точки зрения оптимизации и сбережения водных ресурсов. Идея кяриза очень плодотворна — в современной, естественно, интерпретации — для интенсификации сельского хозяйства засушливых областей. Минимальные транспортные потери, отсутствие контакта с минерализованными водами пустыни обеспечивают эффективное использование каждого кубометра воды. Понятно, что речь идет не о возврате к старому, а о подъеме апробированной народным опытом идеи на новый технологический уровень.

Интересным примером древнего гидротехнического сооружения служит плотина Абдуллахан-банди, развалины которой в 1913 г. были обнаружены в горном ущелье Акчоб, прорезающем отроги Нуратинского хребта. Этот памятник лишний раз свидетельствует об изобретательности и технической грамотности древних обитателей Дизакской области, умело применявших гидротехнические сооружения для «растяжения» весенних запасов воды на весь жаркий сезон.

Детальные исследования А. Г. Мухамеджанова позволили реконструировать об-

щий вид и технические параметры плотины. Она расположена в месте, где естественное расширение долины горной речки как бы замыкается высокой естественной стеной, сложенной мощным слоем твердых кремнистых сланцев. Здесь река, видимо, пропилила проход через тектонический уступ, сформировав узкий и глубокий каньон шириной не более 70—75 м. В геоморфологической литературе такие теснины называются антицедентными долинами. «Живой» тектонический порог медленно поднимается, а пересекающая его река почти так же медленно его «прогрызает», унося обломки скал, гальку, песок и более мелкие частицы горных пород.

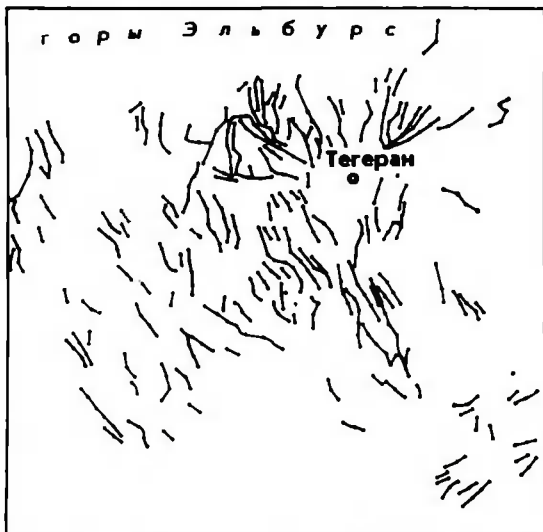
Между отвесными берегами такой долины древние ирригаторы и решили поставить свою Абдуллахан-банди, и, пожалуй, им было трудно выбрать более удачное место. Тело плотины сложено из плит того же темного сланца, что обнажается по берегам. Плиты скреплены известково-зольным раствором. Технология строительства была продумана во всех деталях, вплоть до операций с составом раствора. На внешней, напорной части плотины он более груб и плотен, а внутри и с тыла — несколько рыхлее. Как показали специальные исследования, раствор готовился на основе гашеной извести и других соединений кальция, смешанных с растительной золой и органическими добавками. В результате реакции между активной формой кремнезема, содержащейся в золе, и извести получались плотные гидросиликаты кальция. Как видно, они оказались способными сохранить свои свойства на протяжении 400 лет — она построена между 1582 и 1585 гг. Имя ее создателя Ахмед Али Аталык Кайман.

Длина подошвы плотины достигает 73 м, а сверху из-за расширения стен ущелья — 85 м. Высота сохранившейся части 15 м, толщина у основания — почти 15 м, а поверху — около 5 м. Своими краями плотина упирается в специально высеченные в стенах каньона гнезда.

Абдуллахан-банди имеет интересную двухступенчатую систему спуска воды. В нижней части плотины, примерно в метре над дном реки, имеется сквозной туннель сечением чуть более половины квадратного метра. Сверху к нему опускается глубокий колодец — его глубина, естественно, была на метр меньше высоты плотины, т. е. равнялась 14 м, а диаметр — около 2 м. С внешней стороны плотины к колодцу вела узкая прорезь шириной всего 0,5 м, а глубиной около 12 м. Щель проходила над туннелем, но только до колодца. Это означает, что спуск воды мог осуществляться либо по нижнему туннелю (в случае падения уровня воды), либо в обычное время — через щель, колодец и далее опять по туннелю. Сток регулировался мощными задвижками, пазы для которых, вытесанные в камне, сохранились у всех водопропускных отверстий. Узел водоспуска отделан с особым тщанием и укреплен мощным контрфорсом.

Имелся на плотине и паводковый водосбор, ориентированный так, что струя, с большой скоростью вылетающая из него, ударялась в монолитную стену и, погасив энергию, поступала в нижний бьеф.

Очевидно, такое строительство невозможно без достаточно ясных представлений



Кяризы в районе Тегерана (Иран).

о гидрологии и физике, в частности, о среднем расходе реки в нормальные и экстремально сухие годы, о необходимых соотношениях между площадью освоения плотины, ее весом, давлением накопившейся сверху воды и т. д. Не следует недооценивать опыта и знаний наших предков. Ведь не случайно время столь высокой строительной культуры совпало с подъемом искусства и науки в Средней Азии.

КОРОТКО

В отчете Всемирной организации здравоохранения за 1993 г. отмечается, что полиомиелит в ряде стран мира полностью исчез или же сильно сдал свои позиции: всего за этот год было зарегистрировано 8 тыс. случаев этого заболевания во всем мире (вдвое меньше, чем в 1992 г.); в 141 стране такой диагноз не был поставлен ни разу.

New Scientist. 1994. V. 142. N 1921. P. 10 (Великобритания).

Специалисты из отдела качества окружающей среды Национальной федерации по охране живой природы США произвели оценку того, как влияет загрязнение среды на положение беднейших слоев населения и национальных меньшинств в Вашингтоне. Идентифицированы источники загрязнения, выявлены места хранения, сжигания и переработки отходов, определено их воздействие на жителей разных районов столицы США. Отчет и карты дают

полную информацию о степени загрязнения городской среды. Национальная федерация готовит документ, который участники общественного движения «Grass-roots» («Корни травы»), руководители коммунального хозяйства и других организаций смогут использовать для решения проблем, связанных с улучшением состояния окружающей среды.

International Wildlife. 1993. V. 23. N 3. P. 25 (США).

Эти славные дни прошлого

У. И. Аксфорд

«Его дом — вся наша планета, а предмет исследований — Вселенная». Такие слова в адрес Уильяма Иена Аксфорда сказал на семинаре в честь его 60-летия директор Института астрофизики и космической физики в Гархинге (ФРГ). И это был не дежурный юбилейный пафос, а дань универсализму Аксфорда в науке, масштабам его научной и общественной деятельности, обширности ее направлений и сфер влияния.

Иена Аксфорда можно назвать патриархом, сформировавшим важнейшие представления и концепции космической физики. Ему принадлежит принципиальная в космической физике идея о том, что в задачах взаимодействия солнечного ветра с планетами и кометами солнечный ветер можно трактовать как жидкость, несмотря на практически полное отсутствие кулоновских соударений и колоссальные длины свободного пробега. Он предсказал существование оттошедшей ударной волны у комет и оценил ее характеристики, а также дал объяснение целому ряду важнейших для физики комет явлений. Его оригинальные работы по происхождению солнечного ветра и механизмам его ускорения имеют важные последствия для физики солнечной короны. Работа Аксфорда и К. Хайнса по магнитосферной конвекции стала классической с момента ее представления в 1962 г. На важное ее следствие — обнаружение границы холодной плазмы в околоземном пространстве, т. е. плазмопаузы, — экспериментаторам указал сам же Аксфорд. Его работы по проблемам пересоединения, физике геомагнитных суббурь и солнечных вспышек, так же как и в других областях космической физики и астрофизики, обосновывали на глубоком физическом и математическом уровне главные направления исследований и послужили основанием для современных представлений.

Аксфорду принадлежат ключевые идеи, связанные с космическими лучами: их происхождения, ускорения ударными волнами от вспышек сверхновых, объяснение механизмов модуляции в межпланетной среде, формирования анизотропии солнечных и галактических космических лучей, а также ряд важных исследований физики гелиосферы.

Около 20 лет Иен Аксфорд был директором Института астрономии им. Макса Планка в Катленбурге-Линдау (ФРГ), который под его руководством стал одним из ведущих мировых центров космической физики. Остается удивляться, как он, теоретик, сумел вовлечь институт в разработку уникальной аппаратуры для космических исследований, осуществлявшихся в таких интереснейших миссиях, как «Спейслэб», «Джотто», «Галилео», «Фобос», «Улисс».

Будучи членом различных директивных международных комитетов и комиссий, Аксфорд способствовал рождению и реализации целого ряда выдающихся космических проектов, из которых наиболее знамениты «Вояджер» — облет дальних планет — и «Улисс» — внеэклиптический зонд для исследования свойств солнечного ветра вне плоскости эклиптики, выводимый из нее с помощью гравитационного маневра в поле Юпитера.

В роли президента КОСПАР и Европейского геофизического союза, так же как и в роли ректора Университета в Новой Зеландии, редактора главного журнала Американского геофизического союза (AGS) — «Journal of Geophysical Research», Иен Аксфорд всегда выступал как реформатор, приводивший к изменению облика этих структур в сторону демократизации, усиления их социальной и культурной значимости в жизни международного научного сообщества, а также к неизменному повышению научной продуктивности и уровня этих организаций и журналов.

Мы публикуем отрывки из статьи, подготовленной Аксфордом по случаю его юбилея и юбилея АГС, выбранные им самим для журнала «Природа». Многие из описываемых им событий так или иначе связаны с работами наших ученых и, как мы полагаем, представляют интерес для нашей научной общественности.

© Т. К. Бреус,

кандидат физико-математических наук

Институт космических исследований РАН
Москва



Награду КОСПАР вручает К. И. Грингаузу ее президент И. Аксфорд на сессии 1988 г. На заднем плане — вице-президент КОСПАР, выдающийся американский астрофизик Г. Фридман.

НАЧАЛО

Получив начальное образование в Новой Зеландии, я продолжил обучение на отделении математики Манчестерского университета в 1957 г., незадолго до запуска первого искусственного спутника Земли. Это величайшее событие не сразу повлияло на меня, хотя я и следил за всем, что с ним было связано, со все возрастающим интересом. Знаменитая телевизионная программа Патрика Мура в Англии только что родилась, и я стал ее заядлым зрителем¹. Патрик был и до сих пор остается необыкновенно удачливым телекомментатором. Он использовал каждый новый запуск космических аппаратов на все 100 %: поражал воображение зрителей самими событиями и очаровывал встречами с гостями из России, например Аллой Масевич². Наиболее выдающейся

особенностью первого спутника было триумфальное «бип! бип!», которое возвестило о его присутствии на орбите: передатчик на спутнике был установлен покойным Константином Грингаузом³, который, кроме всего прочего, осуществил первые измерения межпланетной плазмы. Позднее, после симпозиума КОСПАР⁴ во Флоренции в

³ К. И. Грингауз — доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской и Государственных премий, член Международной Академии по астронавтике. Возглавлял лабораторию в Институте космических исследований АН СССР, руководил секцией «Солнечный ветер и межпланетное магнитное поле» международной Ассоциации по геомагнетизму и аэронавтике, был вице-президентом междисциплинарной комиссии по космической плазме КОСПАР. Он начинал свой путь с С. П. Королевым и открыл эру научных космических исследований, установив первый научный прибор — передатчик радиосигналов — на первом искусственном спутнике Земли. Впоследствии практически на всех научных космических аппаратах, исследовавших космическую плазму, устанавливалась аппаратура, разработанная в руководимом им отделе.

⁴ КОСПАР (Комиссия по исследованию и использованию космического пространства) — междисциплинарная научная организация, основанная Международным советом научных союзов (МСНС) в 1957 г. для координации различного рода фундаментальных исследований, осуществляющихся с помощью космических аппаратов и ракет, и для обмена информацией о научных результатах. Членами КОСПАР являются представители национальных научных организаций — академий и сообществ, а также всех научных союзов, объединяемых МСНС. КОСПАР проводит регулярные научные сессии (поначалу они были раз в год, а сейчас раз в два года), труды которых публикуются в «Advance Space Review», а также проводит коллоквиумы и заседания рабочих групп, создает комиссии и долгоживущие научные программы скоординированных международных исследований.

© Аксфорд У. И. Эти славные дни прошлого.

¹ Имеется в виду специальная программа, посвященная космосу. Она существует до сих пор и по-прежнему пользуется популярностью. — Здесь и далее примечания переводчика.

² А. Г. Масевич — советский астроном. С 1952 г. — зам. председателя Астрономического совета АН СССР; с 1957 г. руководила оптическими наблюдениями искусственных спутников Земли в СССР. В 1961—1973 гг. являлась председателем рабочей группы «Наблюдения ИСЗ и телеметрия» КОСПАР.

1964 г., он стал моим близким другом. Там же я встретился впервые с другим своим близким другом, тоже ныне покойным — Ролей Шабанским⁵.

Мои работодатели — военно-воздушные силы Новой Зеландии — ориентировали меня на изучение аэродинамики, чем я и занялся. Однако тема, которую дал мне Джеймс Лайтхилл, относилась к аэродинамике межзвездного газа, за что я по сей день ему благодарен.

У нынешних студентов голова должна идти кругом от количества статей, книг и трудов конференций, относящихся к физике космоса, геофизике и астрофизике. В 50-е годы ситуация была совершенно иной. В то время не слишком-то многое вообще можно было найти для чтения, и я имел привычку проходить через библиотеку университета в любое время дня, надеясь, что там окажется новый журнал, который можно было бы прочитать от корки до корки. Если такого журнала не оказывалось, я усаживался на пол между стеллажами и просматривал все переплетенные выпуски журналов, пусть даже отдаленно имеющих отношение к интересующим меня проблемам. «*Journal of Geophysical Research*»⁶ не приносил большого удовлетворения, так как был посвящен геофизике в целом и выходил раз в квартал изданием малого формата объемом примерно 200 страниц. Наилучшим чтением были труды конференций, которые часто изобиловали интересными статьями, сопровождавшимися дискуссиями и комментариями (порой язвительными). Я все еще храню истрепанные копии Трудов симпозиумов по космической газодинамике за 1953 и 1957 гг., которые сформировали основу моих знаний по этому предмету. В томе за 1953 г. имеется элегантное обсуждение (объемом всего в одну страницу) Томми Голдом природы внезапного начала геомагнитных бурь, в котором он вполне убедительно доказывает, что в формировании этого явления участвуют ударные волны и что скачки на их фронте должны происходить значительно резче, чем в ней-

тральном газе, т. е. эти волны являются «бесстолкновительными». Это было мое первое знакомство с космической физикой в ее современном понимании. Затем я обнаружил книги нынешних классиков Джима Данжи и Тома Каулинга⁷, которые очень помогли мне продвинуться в этом направлении.

Такое довольно бессистемное вхождение в физику плазмы и астрофизику, ни одной из которых я не был даже обучен, было во многих отношениях идеальным, поскольку у меня не было исходных концепций, и я считал все невероятно интересным. Однако теперь я уже не уверен, что английский стиль работы, который я приобрел, в особенности по отношению к теоретическим исследованиям, где-либо достаточно приемлем, поскольку его не всегда понимают и ценят, исключая, возможно, русских. Например, необходимо, чтобы все представлялось настолько легким, насколько это возможно, и считается неудачным и даже утомительным приводить шаг за шагом все вычисления; так, вполне достаточно утверждения в духе Ферма: «можно показать, что $E=mc^2$ », детали же должны быть опущены и могут служить полезным упражнением для читателя. Меня ловили во многих случаях на том, что я слишком конспективен, и теперь я понимаю, что для науки было бы, вероятно, гораздо полезнее, если бы она излагалась более обстоятельно.

В то время Манчестер играл ведущую роль в создании компьютеров, и студенты имели свободный доступ к университетскому компьютеру «Меркюри». Однако численное решение дифференциальных уравнений не привело меня к существенному прогрессу; успех пришел ко мне только тогда, когда компьютер остановили на две недели, и я был вынужден думать. В результате я быстро раскусил проблему своей диссертации. С тех пор я держусь на почтительном расстоянии от компьютеров.

Лайтхилл считал, что его отдел должен быть информирован о новых направлениях исследований, и организовал семинар по фи-

⁵ В. П. Шабанский — доктор физико-математических наук, один из тех, кто заложил основы теоретических представлений о физических процессах в околоземном космическом пространстве. Он руководил лабораторией в Научно-исследовательском институте ядерной физики МГУ, вел теоретический семинар по космической электродинамике, читал созданный им спецкурс «физика межпланетной среды и околоземного космического пространства», оставил после себя школу теоретиков — учеников и коллег, многие из которых получили в настоящее время широкую известность в мировом научном сообществе.

⁶ Главный научный журнал Американского геофизического союза.

⁷ Здесь и далее в статье упоминаются имена многих крупнейших геофизиков, чьи оригинальные исследования во многом способствовали становлению солнечной физики как науки. Классические книги этих ученых переводились на русский язык. Например, в издательстве «Иностранная литература» (впоследствии «Мир») были опубликованы книги Т. Каулинга «Магнитная гидродинамика» (1959); С. Аксороу и С. Чапмена «Солнечно-земная физика» (в 2-х т., 1979); Х. Альфвена и К. Фальтхаммара «Космическая электродинамика» (1967) и др., а Госатомиздат опубликовал перевод книги Дж. Данжи «Космическая электродинамика» (1961).

зике плазмы и магнитной гидродинамике, предполагая, что все мы станем его участниками. Мы начинали с нуля, но поскольку каждый должен был внести свой вклад в работу семинара, вскоре мы уже узнали достаточно, чтобы разбираться в обсуждавшемся. Сам Лайтхилл в качестве собственного вклада в семинар сотворил свою знаменитую статью о волнах в анизотропной среде (думаю, он потратил на это весь уик-энд). Я припоминаю также, что он случайно «открыл» затухание Ландау, когда один из участников семинара представлял собственные выводы того, что, как в итоге стало ясно, было ранее получено Власовым. Том Каулинг, Билл Томпсон, Джим Данжи и другие делали сообщения о своих исследованиях, что давало нам ощущение потенциальной пользы наших усилий. Что касается меня, то я начал методически вводить магнитное поле во все стандартные задачи динамики жидкостей и в конечном счете, после некоторых ошибок, приобрел достаточный опыт в подобной деятельности. Все это позволило мне впоследствии, когда ситуация этого потребовала, довольно быстро включиться в физику магнитосферы.

В связи с отъездом Лайтхилла из Манчестера и необходимостью продолжить работу над диссертацией, я получил возможность провести третий год обучения в Англии, в Кембридже. Здесь я попал под сильное влияние группы DAMTP, и в особенности Джорджа Батчелора, который отучил меня от привычки бесконечно упражняться в магнитной гидродинамике, в результате чего я остался с грудой неопубликованных статей, просматривая которые я нахожу их все еще интересными для себя.

В то время заниматься ударными волнами считалось довольно рискованным в кругах прикладных математиков Кембриджа, но тогда же существовало несколько выдающихся курсов лекций: о течении несжимаемой жидкости — Батчелора, о вращающихся жидкостях — Яна Прудмана, о волнах в воде — Брука Бениamina. Последний включил в свой курс элегантные объяснения параметрических неустойчивостей и уединенных волн в жидкостях, которые существенно опередили все то, что было сделано тогда в физике плазмы. Филип Саффман, у которого я изредка выигрывал непредсказуемые партии в гольф, исследовал как раз такие нелинейные «волны постоянной формы» в плазме с наклонным магнитным полем. Как мне представлялось, на этом пути он должен был прийти к хаотичным бесстолкновительным ударным волнам, однако его статья, по-видимому, забыта.

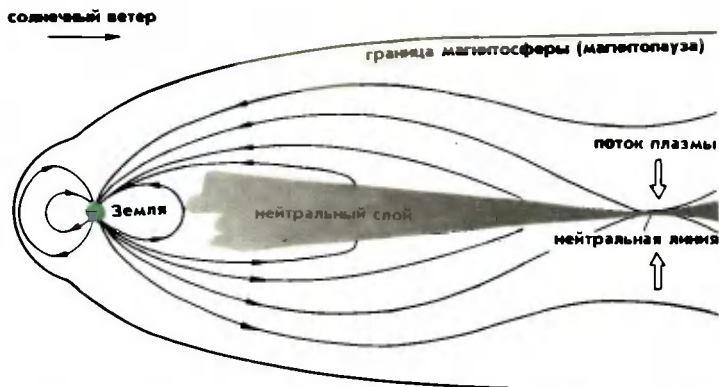
60-е и «АПОЛЛОН»

Во многих аспектах это был удивительный период в истории науки. Проект «Аполлон» был реакцией на успехи советской космонавтики после запуска первого спутника, которые породили почти параноидальные настроения в Соединенных Штатах. Громадные усилия, которые были вложены в проект «Аполлон», и очевидная необходимость снабдить его для респектабельности научным фиговым листком, привели к взлету космической науки в целом. В результате произошел взрыв активности в этой области: молодым людям была вверена ответственность и предоставлены возможности, о которых они не могли и мечтать, и потому этим очень гордились. Каждый новый запуск, новое наблюдение, происходившие с интервалом в несколько месяцев, вызывали всплеск восхищения. Для теоретика это напоминало пребывание в пещере Алладина с россыпями драгоценностей, которые должны быть собраны, натерты до блеска и разложены для придания им большей привлекательности. Американский геофизический союз (АГС) вдохновился хорошей идеей прибрать к рукам космическую науку по причине его (АГС) явного преимущества над астрономами, которые спохватились только в последние годы. «Journal of Geophysical Research» (JGR) раздул свои объемы и стал наипервейшим журналом в этой области.

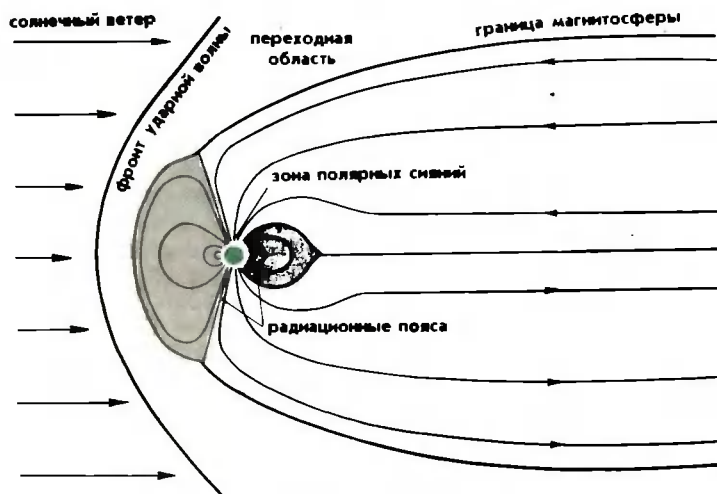
Я бы с удовольствием подольше задержался в Кембридже, но мои работодатели из Новой Зеландии перекинули меня в исследовательскую группу министерства обороны Канады. Поначалу у меня не было причин для энтузиазма от такой перспективы, потому что я любил играть в крикет и находил плоские прекрасные зеленые лужайки кембриджских колледжей, населенные парнями из привилегированных «паблик скулс», не умеющими подавать мячи, весьма удовлетворительными с точки зрения среднего числа отбитых мной мячей. Однако спустя некоторое время я понял, что этот переезд был подарком судьбы, так как сегодняшняя космическая наука тогда еще только стартовала.

Сотрудники отдела телекоммуникаций министерства обороны (DRTE) в Оттаве, среди которых я оказался, активно участвовали в создании первого канадского спутника «Алуэтт»⁸, а также имели огромный

⁸ На спутниках «Алуэтт» устанавливались ионосферные станции для зондирования верхней ионосферы Земли с орбиты искусственного спутника вплоть до главного максимума ионизации.



Схематические представления магнитосферы Земли. Вверху — модель магнитосферы И. Аксфорда, Г. Петчека и Дж. Сиско (1965), в которой присутствует пересоединение магнитных силовых линий в хвосте и представлено образование плазменного слоя в области нейтральной линии, где сливаются противоположно направленные силовые линии. Внизу — модель магнитосферы А. Десслера и Р. Джуды (1965), в которой отсутствует слияние противоположно направленных магнитных силовых линий.



опыт в исследованиях физики полярной ионосферы. Как один из ведущих ученых DRTE, Колин Хайнес, по-видимому, высказал недовольство тем, что слишком много времени и денег расходуется на «железо» и относительно мало — на научные исследования. Вследствие этого ему разрешили организовать теоретическую группу, в которую кроме него вошли Юлиус Фейер и я вместе с другими, такими, как его ближайший сотрудник Джордж Рейд.

С точки зрения научной продукции группы эксперимент на спутнике «Алуэтт» был успешным, однако и сам по себе запуск спутника был большим успехом, и поощрения были примерно равными. Тем не менее для DRTE как научной организации впоследствии наступили тяжелые времена, в частности, я уверен, по той причине, что игнорировалась необходимость финансирования фундаментальной науки.

В результате некоторых исследований картины движения авроральных структур,

проводившихся Нейлом Дэвисом, Колин Хайнс заинтересовался участием магнитосферы в этом явлении. В свою очередь, он заинтересовал меня, поскольку я мог довольно легко разобраться в проблеме, много занимаясь магнитной гидродинамикой в студенческое время.

Термин «магнитосфера» ввел Томми Голд в 1959 г. при рассмотрении перестановочных движений, индуцированных связанными с магнитной плаучестью неустойчивостями⁹.

Принципиально магнитосфера пред-

⁹ Еще до начала космических исследований изучение геомагнитных бурь привело С. Чэпмена и В. С. Ферраро к идее существования у Земли полости, занятой геомагнитным полем, куда не проникают заряженные частицы, летящие из активных областей Солнца во время вспышек. Эта классическая геомагнитная полость Чэпмена и Ферраро была впоследствии названа Т. Голдом «магнитосферой» и впервые обнаружена и исследована в цикле измерений на космических аппаратах «Эксплорер-10, -12» и «ИМП-1» американским магнитологом Н. Ф. Нессом в 1962—1963 гг.

ставляет собой область, в которой геомагнитное поле играет важную, если не преобладающую, роль, определяя поведение плазмы, и где осуществляется процесс «конвекции». Такая концепция основана на магнитогидродинамическом подходе и подчеркивает неразрывность магнитных силовых линий. Ионосфера при этом является частью магнитосферы, и поэтому использование термина «магнитосферно-ионосферные связи» представляется ограниченным и неправильным даже в тех случаях, когда кто-то и знает, что это означает. Таким образом, магнитосфера начинается на высоте примерно 100 км и заканчивается на магнитопаузе, за которой находится солнечный ветер.

При рассмотрении магнитосферной конвекции весьма существенным является учет влияния ионосферы, поскольку она стремится закоротить электрические поля, связанные с конвекцией. Используя сугубо физические термины, можно сказать, что ионосфера будет сопротивляться любому движению в магнитосфере, и, соответственно, должно существовать непрерывное напряжение, направленное против сил, вызывающих движения, если последние продолжают действовать. Хайнс и я рассмотрели сдвиговые напряжения, возникающие в результате вязкого взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой, как один из возможных источников этих напряжений. Вследствие лучшего понимания проблемы пересоединения межпланетного магнитного поля с околоземным¹⁰ в условиях, когда существует малая компонента межпланетного магнитного поля, перпендикулярная к магнитопаузе, приложенные к ней максвелловские сдвиговые напряжения стали представлять собой значительно более вероятным источником напряжений, в особенности из-за корреляции геомагнитной активности с направлением межпланетного магнитного поля, обнаруженной позднее Доном Ферфилдом (НАСА¹¹, США). Вязкие напряжения сами по себе должны стремиться породить чистую вынужденную конвекцию, в основном и практически мгновенно отслеживающую преимущественное направление солнечного ветра.

Это произвело на меня сильное впечатление, поскольку не согласовывалось с экспериментальными данными, с которыми я, будучи еще очень юным, видимо, столкнулся на моем первом симпозиуме КОСПАР в Вашингтоне в 1962 г. Я изменил свою точку зрения под влиянием Сиуна Акасофу¹², нынешние взгляды которого, как мне кажется, существенно отличаются от моих.

Хайнс попросил меня сделать первое представление нашей работы на Ассамблее Международного научного радиосоюза (УРСИ) в Вашингтоне в мае 1960 г. Это была первая настоящая конференция, в которой я участвовал, и первый мой визит в Соединенные Штаты. Доклад входил в программу сессии, открывающей Ассамблею, и я довольно сильно нервничал. Однако я хорошо отрепетировал выступление и имел несколько впечатляющих слайдов, так что все прошло благополучно. В свое время работа получила широкое признание, она и сейчас часто цитируется, иногда обсуждается, однако редко читается. Тем не менее она в основном обобщила наблюдательные данные на основе нескольких эффектных идей и вполне могла оказаться неверной в принципе.

Одним из интересных аспектов нашего сценария конвекции является существование внутренней границы, на которой поток плазмы расщепляется и обтекает Землю, и эта граница соответствует внутренней границе кольцевого тока в магнитосфере и границе проникновения плазмы в авроральную область. Дон Карпентер, наблюдая вистеры, открыл плазмопаузу и в своей диссертации 1960 г. отождествил ее с этой границей. К сожалению, его удержали от публикации этой несомненно правильной идеи. Следует, однако, сказать, что для того, чтобы произошло резкое падение плотности плазмы на плазмопаузе, плазма должна иметь возможность покидать внешнюю магнитосферу, а это требует частичного размыкания магнитных силовых линий, т. е. является пересоединением, как отмечено Данжи в его классической работе 1961 г. В действительности ранее плазмопауза была обнаружена Грингаузом и его коллегами на основании прямых измерений. Это обстоятельство многими игнорировалось в Соединенных Штатах. Однако Карпентер с радостью признал эти результаты, когда я указал ему на них.

¹⁰ Термин «пересоединение» описывает процесс образования топологической связи внутренних областей магнитосферы и плазмы солнечного ветра за счет существования нейтральных точек (или областей) в случае противоположно направленных межпланетного и геомагнитного полей. Эту принципиально важную для физики магнитосферы (так же как и для многих процессов в космической физике и астрофизике) концепцию ввел Дж. Данжи.

¹¹ НАСА — Национальное управление США по авионавигации и исследованию космического пространства.

¹² С. Акасофу — сотрудник С. Чэпмена, один из крупнейших специалистов в области физики магнитосферы и природы геомагнитных бурь. В настоящее время является директором Геофизического института Университета на Аляске (Фербенкс, США).

В итоге Карпентер и Грингауз всегда имели хорошие взаимоотношения и их результаты получили всеобщее признание.

Представления о конвекции чрезвычайно важны, несмотря на то, что не объясняют многих наблюдавшихся явлений, а именно, приобретения энергии частицами, вызывающими полярные сияния, и захваченными магнитосферными частицами, а также подпитку «кольцевого тока» во время геомагнитных бурь. Однако до того как появилась идея конвекции, существовала тенденция рассматривать внутренние области магнитосферы как своего рода мертвую зону, в которой частицы с низкой магнитной жесткостью могут только перемещаться внутрь или наружу, становясь на каком-то этапе движения нейтральными, или рассеиваться в результате не вполне определенных процессов. Идея о том, что плазма могла просто течь в глубь магнитосферы, ускоряться благодаря магнитосферным процессам и частично проявлять себя на ночной стороне в виде полярных сияний, была полностью оторвана от токовых представлений.

Проблема ударной волны представляет собой весьма интересный пример того, как возникают и развиваются научные идеи. Перед тем как Пол Келлог и я, по чистому совпадению, представили сходные статьи на сессии УРСИ в Америке в 1962 г., несколько человек уже предположили, что ударная волна может существовать, и первыми были В. Н. Жигулев и Е. А. Ромишевский в советской литературе¹³. При анализе этой проблемы моей целью было не просто повторить такое предположение, но и привести аргументы в пользу того, что доступные в то время результаты наблюдений для их объяснения, по-видимому, требуют существования ударной волны. Без нее нельзя было быть уверенным, что магнитопауза не представляет собой сильнонеустойчивое образование, а сам фронт не имеет слишком большую ширину, — это затрудняло бы их выделение в сверхзвуковом потоке. Однако данные американских искусственных спутников Земли «Эксплорер-10 и -12» свидетельствовали о наличии резко выраженной магнитопаузы и турбулентного, но достаточно хорошо выявляемого переходного слоя (магнито-

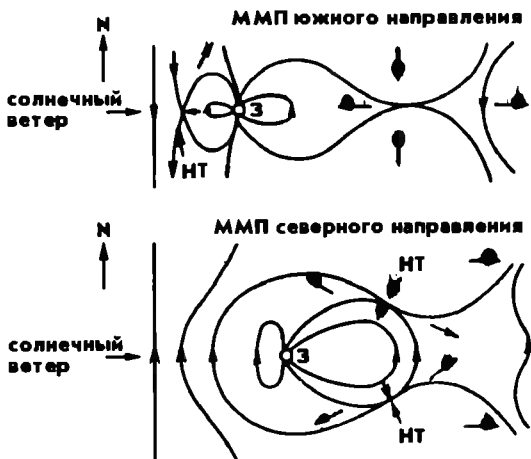
шиза). Из этих и других наблюдений следовало, что достоверно различимый фронт ударной волны может быть обнаружен на больших расстояниях, это и было сделано с помощью магнитометра на борту космического аппарата «ИМП-1» в 1964 г. Норманом Нессом¹⁴. Интересно отметить, что Грингауз и его коллеги, в том числе и И. С. Шкловский¹⁵, также обнаружили магнитошиз в дневной области и предположили, что он связан с фронтом ударной волны. Однако они связали это явление с внутренней стороной плазменного слоя, обнаруженного ими на ночной стороне, и высказали предположение, что оба эти образования представляют собой единый третий радиационный пояс. Это было явно неверно.

После короткого пребывания в Новой Зеландии в 1962—1963 гг. я переехал в Корнеллский университет и затем в Университет в Ла-Холья (Калифорния). В то время Корнелл был великолепным местом, отчасти из-за того, что ему подчинялась обсерватория в Аресибо, и, кроме того, из-за интереса к исследованиям Луны, стимулированного Томми Голдом. Сага о том, что лунные моря — это чаши с пылью, в противоположность идеям о замерзших лавовых озерах, которых предпочитали придерживаться традиционные геологи, представляется замечательной. Аргументы Голда, основанные на интерпретации радарных отражений и рассеивающей способности поверхности Луны, явно вносили определенную ясность в представления, если быть объективным, но я никогда не слышал, что оппозиция имела смелость допустить это. Голд предположил, что хотя более глубокие слои

¹⁴ Н. Ф. Несс — крупнейший американский магнитолог, долгое время возглавлял отдел межпланетных исследований Годдардовского центра космических полетов НАСА в Гринбелте (штат Мэриленд). Он открыл существование магнитосферы Земли, а также магнитосферы большинства исследованных планет Солнечной системы. Член Национальной академии наук США, президент Бартольского научно-исследовательского института Университета в Делавэре (США).

¹⁵ И. С. Шкловский — астроном, член-корреспондент АН СССР, профессор Московского университета. С 1968 по 1985 г. возглавлял отдел астрофизики в Институте космических исследований АН СССР, был членом Международной академии астронавтики, членом Национальной академии наук США, Американской академии искусств и наук, лауреат Ленинской премии и лауреат медали К. Брюса Тихоокеанского астрономического общества. К. И. Грингауз привлек И. С. Шкловского и ряд других ученых, в частности В. И. Красовского и Ю. И. Гальперина, в то время работавших в Институте физики атмосферы АН СССР, к публикации интерпретации полученных им результатов в самом начале своей деятельности на этом поприще. Ему самому, тогда еще сотруднику закрытой военно-промышленной фирмы, было запрещено посылать в открытую печать свои работы, чтобы не «засветить» тематику фирмы.

¹³ Впервые двумерная задача о гидродинамическом обтекании магнитосферы Земли сверхзвуковым потоком заряженных частиц была решена В. Н. Жигулевым и Е. А. Ромишевским в 1959 г. (Докл. АН СССР. 1959. Т. 127. С. 1001), т. е. намного раньше получения экспериментальных результатов. Осмысление этих результатов и привело Аксфорда и Келлога, независимо друг от друга, в 1962 г. к утверждению о необходимости существования отходящей ударной волны у Земли.



Схематическая картина пересоединения межпланетного и геомагнитного полей (по Дж. Данки). При вертикальном относительно плоскости эклиптики направлении межпланетного магнитного поля (ММП) нейтральные точки (НТ) образуются с дневной стороны магнитосферы (вверху) или с ночной ее стороны (внизу) в зависимости от того, направлено ли ММП на Северный полюс N эклиптики или на Южный. Цветными стрелками показано направление движения плазмы. Подход Данки к проблеме пересоединения был, однако, в основном кинематическим. Г. Петчек, Дж. Сиско и И. Аксфорд обосновали и прояснили наиболее важные аспекты процесса пересоединения, существенные для принципиальной возможности его осуществления.

на Луне могут быть спрессованными и отвердевшими, несколько верхних сантиметров пыли могут представлять собой взвесь, поддерживаемую электростатическими силами, так что маленькие кратеры могут быть покрыты ею или скрыты в ней и представлять опасность для астронавтов. Мне это кажется весьма разумным, но люди, ответственные за астронавтов, не отнеслись к идее Голда серьезно и сочли, что лавовый бур с алмазной головкой будет полезнее, чем стропы безопасности.

Мой интерес к магнитосфере в этот период слегка угас. Однако я встретил некоторых достойных упоминания людей, работавших в этой области. Мне было 30 лет, когда однажды я оказался соседом Сиднея Чэпмена на банкете АГС и, испытывая благоговейный страх, обратился к нему: «Профессор Чэпмен». Однако он мгновенно разрядил ситуацию, настояв на том, чтобы я называл его просто по имени, после чего у нас произошла волнующая дискуссия о раннем периоде геомагнетизма. Моя первая встреча с Ханнесом Альфвеном была совершенно иной: это случилось во время моего первого визита в Германию на конференцию. Ханнес появился ровно на один день и утром сделал свое сообщение. В этом сообщении он атаковал все идеи, которые я вы-

сказал ранее о магнитосферной конвекции. К своему удивлению, на этот раз священного трепета я не испытывал и с интересом отстреливался.

Впоследствии, когда он переехал в Ла-Холья, мы с Ханнесом в действительности уживались очень хорошо, но всегда избегали обсуждения научных вопросов. Перед его приездом в университет меня попросили высказать мнение по поводу его приема в штат. Я сказал, что каждый, кто ввел бы альфвеновские волны и сохранение магнитного момента, заслуживает Нобелевской премии. Такое высказывание могло подействовать раздражающе на некоторых уже получивших Нобелевские премии, но оно принесло мне дополнительное удовлетворение, когда Ханнес в действительности достиг этого статуса через несколько лет.

Среди нобелевских лауреатов в Ла-Холья был Гарольд Юри¹⁶, чьи взгляды обычно не имели ничего общего со взглядами Альфвена, однако они нашли точку соприкосновения в оппозиции ядерному оружию и атомным станциям и стали добрыми друзьями. Гарольд был очень простым и дружелюбным человеком, который заботился больше всего о понимании проблемы образования Солнечной системы. Он утверждал, что, имея кусочек Луны, сможет рассказать обо всем. В действительности же, когда требуемые кусочки прибыли, понимание проблемы лишь незначительно продвинулось. Он на самом деле был очень милым человеком, и вместе с его женой Фридой они создавали у новых посетителей их семейного очага ощущение домашнего уюта и благожелательности. Мне случилось однажды пройти через маленькую комнату в его доме, где были разложены все его награды, начиная с Нобелевской премии. Я заметил, что выглядят они впечатляюще. В ответ он сказал: «Это, как поцелуй: если первый хорош, остальные последуют».

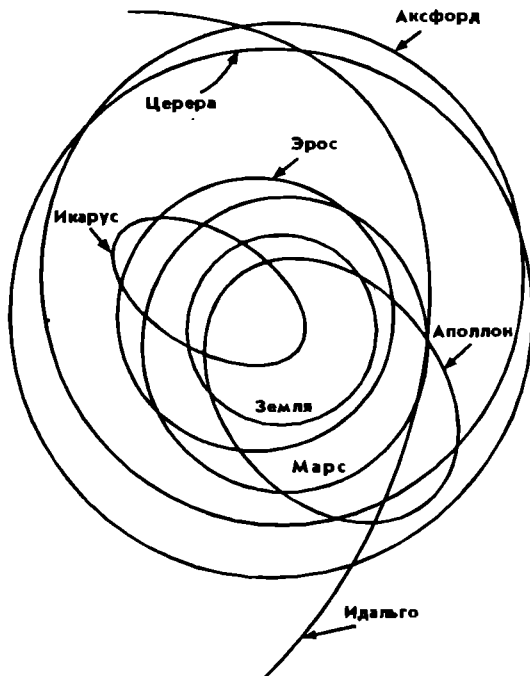
«JGR» И КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА 1969—1973 гг.

Журналы и конференции являются наиболее важными результатами деятельности научного сообщества, и АГС многого добился в отношении того, чтобы его научное сообщество всем этим было хорошо обеспечено.

¹⁶ Г. Юри — американский физик и физикохимик, открыл дейтерий (1932), за что награжден Нобелевской премией 1934 г. Автор многочисленных работ по космохимии.

Становясь редактором «JGR» на 1969—1973 гг., я пришел к выводу, что важно, чтобы тебя воспринимали таким, каков ты есть, и в то же время необходимо оставаться строго нейтральным. Цель журнала прежде всего — публиковать статьи, а не отвергать их, поэтому я положил себе за правило не давать никому слишком больших преимуществ и обеспечивать соответствующее реферирование всех без исключения статей. Журнал заработал высокую репутацию отчасти из-за упомянутой причины, отчасти из-за того, что в самом начале своего редакторства я был в отъезде и пропустил срок сдачи номера. В результате появился необычно тонкий выпуск, что вызвало широко распространившиеся слухи о необычайной строгости нового редактора. Напротив, у меня было секретное правило принимать статью при наличии благоприятных отзывов любых двух рецензентов. Те же, чьи статьи были опубликованы с благодарностями пяти или шести рецензентам, могут теперь понять, почему их потребовалось так много. При окончательном рассмотрении отвергалось только 22 %, но, возможно, существовала определенная самоцензура, которая заранее останавливала более слабые статьи.

Сразу же после ознакомления с работой журнала на меня произвело впечатление серьезное отношение к рецензированию, то количество времени, которое рецензенты тратили на выполнение своей задачи, а также их всегда положительный настрой. По этой причине после нескольких консультаций я решил, с их согласия, открыто отмечать вклад рецензентов. Это прежде всего делает ясным то обстоятельство, что статьи действительно рассматривались в соответствии со стандартной процедурой, и позволяет проконтролировать выбор рецензентов редактором. Приятно видеть, что эта традиция сохранилась даже в более тяжелые времена, когда конкуренция стала жестче. За те четыре года, что я был редактором, мне пришлось иметь дело примерно с 2500 статьями и, по-видимому, с 7000 ответов рецензентов. В этот период было только два случая, которые можно было бы назвать нечестной игрой, что является необычной демонстрацией единства всех, кого это касается, и равенства перед системой рецензирования. И все же, несмотря на помощь, которую я получал, к моменту окончания моего срока на посту редактора эта деятельность утомила меня до такой степени, что я после этого в течение нескольких лет отказывался рецензировать статьи и уменьшил количество собственных публикаций.



Орбиты малой планеты [5097] Аксфорд и некоторых других малых планет, спроецированные на плоскость эклиптики. Первоначально существовавшая под названием 1983 TW1 малая планета, открытая Э. Боуэлом, по его предложению была переименована Международным астрономическим союзом в планету Аксфорд 6 апреля 1993 г.

Даже не имея американского гражданства, я, как редактор, посещал заседания АГС, и меня иногда просили высказать мнение по тому или иному вопросу или выполнить какую-либо работу. Одним из таких поручений было приглашение участвовать в работе Комитета по солнечно-земной физике. Поскольку мое участие как иностранца в работе этого комитета было сомнительным, я был очень раздражен, когда меня неожиданно вызвал рассыльный из комитета, чтобы проинформировать о принятом решении, и было поздно отказываться. Я мгновенно предложил что-либо предпринять, в частности, найти еще кандидатов, так, чтобы состоялись настоящие выборы. Подготовка к выборам шла впопыхах, и они были плохо организованы, но АГС впервые провел их демократическим путем, причисляющим таким случаям, и с тех пор следует этой традиции, которая приносит хорошие результаты. Моя совесть была чиста после подобного прецедента, и я получил от этого

удовлетворение позднее, когда меня избрали президентом КОСПАР. «Наш первый народный президент», — прокомментировал Рояльд Сагдеев¹⁷.

ПОСЛЕ МИССИИ «АПОЛЛОН»

С постепенным сокращением проекта «Аполлон» появилась возможность для расширения планетарных исследований. Экономленные от «Аполлона» средства были отданы на проект «Маринер-10», нацеленный на посылку аппарата к Венере и Меркурию, а затем на миссии «Пионер-10 и -11» — полет через пояс астероидов к Юпитеру и далее. Был разработан смелый, но логичный сценарий, охватывающий исследования всех планет. Все должно было начинаться с пролетных рекогносцировок, затем планировались спутники, атмосферные зонды и, где приемлемо, посадочные модули. Я был счастлив участием в целом ряде рабочих групп, занимавшихся изучением проблемы, получившей название «Большое турне к внешним планетам» («Гранд тур»), впечатляющего и своевременного проекта, разработанного для отправки космических аппаратов с зондами и орбитальными станциями к Юпитеру, Сатурну, Урану, Нептуну и Плутону. Проработки заняли несколько лет и вылились в единый план исследований внешних планет Солнечной системы. В этот план было включено также предложение относительно миссии, нацеленной на вывод аппарата из плоскости эклиптики при облете Юпитера. Оно основывалось на соответствующем предложении, сделанном в 1965 г. Джузеппе Коломбо¹⁸. Впоследствии

по финансовым соображениям это все превратилось в единую миссию «Маринер — Юпитер — Сатурн», осуществленную аппаратами «Вояджер-1 и -2». Много позже внеэклиптическая миссия также стала реальностью, и теперь она называется «Улисс».

Воодушевленный перспективами изучения внешних областей Солнечной системы и имея задание написать обзор о взаимодействии солнечного ветра с Венерой и Марсом, я предложил вместо него статью о магнитосферах и спутниках внешних планет, которая была написана мной и Асокой Мендисом¹⁹. В преддверии пролета Юпитера «Пионером-10» это было безрассудством. Однако статья содержала некоторые полезные идеи относительно возможного поведения пыли в структуре плазменного слоя этой планеты и взаимодействия ее спутников с магнитосферой. Мы отметили, что идея, в соответствии с которой взаимодействие Ио и Юпитера представляет собой униполярный генератор (она предлагалась еще не раз, после того как впервые была высказана Джеком Пиддингтоном, Питером Голдрейхом и Дональдом Линден-Беллом), в действительности не работает из-за очень низкой ожидаемой проводимости верхних слоев спутника Юпитера. Во взаимодействии все же должна участвовать атмосфера, которая, по-видимому, очень тонкая, поскольку не наблюдается. Однако тонкая атмосфера быстро разрушается, и маловероятно, что она смогла бы существовать до настоящего времени без постоянного восстановления за счет появляющегося откуда-то газа или из-за присутствия сухих льдов на поверхности Ио. Винг Ип²⁰ и я смогли показать, что ионы, захваченные из этой очень тонкой атмосферы, состоящей из паров SO_2 , из-за присутствия вулканического льда на поверхности приводят к появлению тока величиной $2 \cdot 10^6$ А и, таким образом, к удивительно сильному взаимодействию Ио с магнитосферой Юпитера.

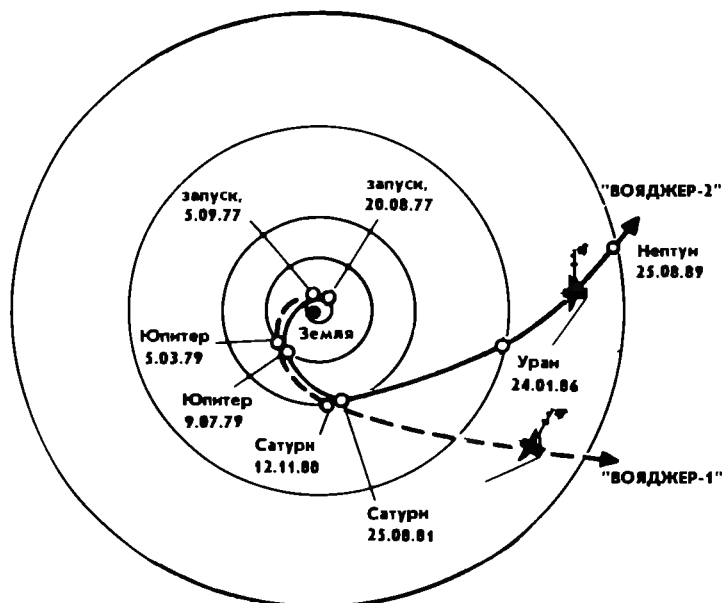
Пролет Юпитера «Пионером-10» был воодушевляющим событием для всех, занимающихся физикой магнитосферы, поскольку были получены данные о том, како-

¹⁷ Р. З. Сагдеев — физик, академик АН СССР. С 1973 по 1989 г. — директор Института космических исследований АН СССР, с 1989 г. — профессор Мэрилендского университета в США. В период своего директорства в ИКИ возглавлял различные комиссии и советы, как национальные, так и международные, формирующие научную политику и программы космических исследований и международного сотрудничества в этой области. Был вице-президентом КОСПАР.

¹⁸ Дж. Коломбо — выдающийся итальянский физик, профессор Университета в Падуе. С 1982 г. возглавлял инженерный факультет по разработке космических аппаратов и ракет, с 1961 г. сотрудничал со Смитсоновским центром по астрофизике и небесной механике в Гарварде, с Калифорнийским технологическим институтом и Лабораторией реактивных движений в Пасадене (Калифорния, США). Он был членом Американской академии искусств и наук, получил золотую медаль НАСА за выдающийся вклад в космические исследования. Коломбо открыл особенность орбитального и собственного вращений Меркурия, разрабатывая пролетную миссию к этой планете в 1972—1973 гг. Ему принадлежат концепция аппарата для миссии «Солнечный зонд», объяснение природы азимутального распределения яркости и спиральной структуры кольца А планеты Сатурн и множество других оригинальных научных идей и технических решений.

¹⁹ Д. А. Мендис — профессор Калифорнийского университета в Сан-Диего (Ла-Холья, США), один из самых крупных теоретиков в области физики комет.

²⁰ В. Х. Ип — многолетний сотрудник Аксфорда и Мендиса. С Аксфордом он опубликовал 16 совместных работ в области физики комет и малых тел Солнечной системы, астрофизики, физики околопланетной космической плазмы. Работает в Институте аэронауки им. Макса Планка в Катленбурге-Линдау (Германия).



Миссия «Вояджер», в которую трансформировался проект «Гранд тур». Она включала в себя два одинаковых аппарата «Вояджер-1» и «Вояджер-2», запущенных в 1977 г. для исследования внешних планет Солнечной системы. Показаны траектории аппаратов и даты сближений с планетами Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун за время этой «космической одиссеи», продолжающейся уже 17 лет. В настоящее время «Вояджер-2» направляется к последней планете Солнечной системы — Плутону. Однако энергетических ресурсов «Вояджера-2», по-видимому, для этого окажется недостаточно. В настоящее время обсуждается возможность осуществления международного проекта запуска аппарата к этой планете с помощью ракеты «Протон» с космодрома Байконур.

ва на самом деле быстро вращающаяся магнитосфера. До этого события споры на эту тему были очень робкими, и хотя такие идеи, как вращательная неустойчивость и дискообразное распределение плазмы, уже обсуждались, магнитное поле всегда рассматривалось, как если бы магнитосфера Юпитера была подобна магнитосфере Земли. Первые результаты «Пионера-10», полученные на осенней сессии АГС 1973 г., очень удивили меня и моего коллегу Лео Глиссена, но мы быстро сообразили, что к чему и за несколько недель разработали модель искаженной вращением магнитосферы, которая была представлена на следующей, весенней сессии АГС.

По своему содержанию проект «Вояджер», как часть проекта «Гранд тур», был одним из самых великих событий науки и культуры нашего века. Галилей с его примитивным телескопом смог увидеть только четыре юпитерианских спутника, которым дал названия, но его выводы привели к изменению способа мышления человечества. В наше время за относительно короткий срок космический аппарат пролетел мимо этих и других юпитерианских лун и полностью изменил наш взгляд на мир.

Первоначально в планы миссии «Вояджер» входило только получение результатов вблизи Юпитера и Сатурна. Однако научная общественность постоянно высказывалась в пользу расширения круга задач до полного восстановления идеи «Гранд тур». Главным аргументом была де-

шевизна обеспечения аппарата достаточным запасом энергии, даже если этот аппарат не был специально сконструирован для более чем четырехлетнего существования. С моей точки зрения, было несчастьем, что в свое время миссия была практически заморожена. Физики, интересующиеся атмосферами планет, пришли в состояние лихорадочного возбуждения, получив впервые результаты об атмосфере Титана, и настояли на том, чтобы «Вояджер-1» (а если будет необходимо, то и «Вояджер-2») был сориентирован на затмение Титаном, чтобы углубиться в исследования его атмосферы. Нежелательным последствием этого была потеря возможности добраться до Плутона в программе «Гранд тур». Сторонники атмосферных исследований считали, что не следует интересоваться Плутоном, потому что он не что иное, как «комочек льда», а вот на Титане, возможно, удастся обнаружить жизнь. К счастью, затмение «Вояджера-1» было удачным, и мы смогли продолжить движение «Вояджера-2» к Урану, а затем к Нептуну. По научной отдаче это, разумеется, значительно превосходило то, что могло дать единичное затмение Титаном. Возможно, помогло то, что наш комитет, который возглавлял в то время Джим Ван Аллен²¹, заставил инженеров Лаборатории реактивного движения в

²¹ Дж. Ван Аллен — американский физик, член Национальной академии наук США, широко известен как ученый, открывший в 1968 г. первый радиационный пояс, состоящий из заряженных частиц, захваченных геомагнитным полем.

Пасадене обеспечить космическому аппарату возможность проследовать за пределы орбиты Сатурна. Я надеюсь, что чья-либо близорукость не помешает продолжению обеих миссий до границы гелиосферы.

Для понимания природы модуляции космических лучей необходимо серьезно задуматься о природе гелиосферы. Это то, что заставило Левретта Дэвиса ввести такую концепцию 40 лет назад. Первоначально я надеялся, что модуляция происходит в относительно ограниченной области в окрестности Солнца, и довольствовался подходом с использованием приближения «силового поля», предложенным Лео Глиссеном и мной в конце 60-х годов. Теперь, однако, ясно, что это не соответствует действительности, и мы должны принимать во внимание влияющие крупномасштабные дрейфы, изменения полярности солнечного магнитного поля, ударную волну на границе гелиосферы.

Нам неизвестны направление и напряженность межзвездного магнитного поля в окрестности гелиосферы, плотность плазмы в межзвездной среде и давление космических лучей низких энергий снаружи гелиосферы — все то, что может обеспечить существенный вклад в давление, которое останавливает солнечный ветер. Согласно ранним предположениям, размеры области, удерживающей солнечный ветер, попадали в интервал от 1.5 а. е. (в соответствии с объяснением, предложенным Джеком Брандом²²) до нескольких тысяч астрономических единиц, как полагал Дэвис, основываясь на первоначальных идеях Бирмана²³ о свойствах солнечного ветра. Вместо того чтобы продолжать делать некоторые общие оценки, в настоящее время я основываю свой подход к предсказанию положения фронта ударной волны на границе гелиосферы — межзвездная среда на том, что говорю достоверно, вполне в духе Колумба, подплывающего к Америке: «Она там, только чуть-чуть дальше». Я начал так говорить в период подготовки проекта «Мари-

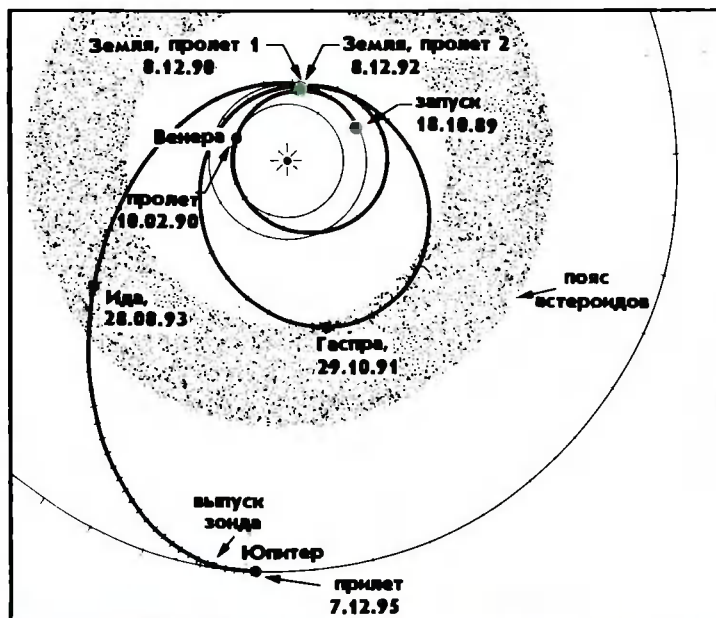
нер — Юпитер — Сатурн», пытаюсь убедить всех назвать миссию «Маринер — Юпитер — Сатурн — Межпланетная среда», предполагая, что ударная волна в гелиосфере может быть сразу же за Нептуном примерно в 50 а. е. Теперь же, когда «Пионер-10» находится примерно в 60 а. е., я перешел к тому, что ударная волна может находиться примерно в 90—100 а. е. Это, может быть, и верно, но мы до конца не убедимся в этом, пока туда не доберемся. Недавнее голосование, которое демократически постановило, что ударная волна находится примерно в 66 а. е., по-видимому, было слишком оптимистичным. Это, наверное, тот случай, когда подход, используемый при принятии решений в номинационном комитете, мог бы принести лучшие результаты. На мой взгляд, можно ожидать, что «Вояджер-2» подойдет к ударной волне в течение последующих 10—20 лет, если, конечно, группа управления проектом имеет намерения продолжить слежение за аппаратом.

Мне также пришлось принять участие в планировании миссии «Пионер — Венера», как представителю сообщества, заинтересованного в измерениях полей и частиц вблизи Венеры. К моей досаде, в Программном комитете проекта не было реальной заинтересованности в измерениях полей и частиц. Однако даже тот малый бортовой вес, который был отведен подобным измерениям, определенно привел к хорошей отдаче. Некоторые из нас были заинтересованы в электрических измерениях и детектировании молний в радиодиапазоне и представили соответствующие предложения, но их проигнорировали. К счастью, на последовавшей советской миссии к Венере был все-таки проведен хороший эксперимент по молниям — это было первым исследованием столь важного атмосферного явления на Венере.

Специалисты по физике атмосферы не достигли таких больших успехов со спутником «Пионер — Юпитер — Спутник — Зонд» (ПЮСЗ). Первоначально эта миссия должна была быть дешевой, поскольку предполагалось погрузить зонд в юпитерианскую атмосферу, а с платформой аппарата проводить исследования магнитосферы, которые считаются не столь приоритетными. ПЮСЗ планировался как совместная германо-американская миссия, и Гуго Фехтиг и я должны были представлять немецкую сторону в группе заинтересованных исследователей. Как председатель Комитета по солнечно-земной физике, Джим Ван Аллен активно проталкивал концепцию «Пионера»,

²² Дж. Брандт — сотрудник Годдардовского центра космических полетов НАСА в Гринбелте (штат Мэриленд). Автор известной книги «Солнечный ветер», вышедшей в США в 1970 г. и изданной на русском языке под ред. К. И. Грингауза в 1973 г.

²³ С 1951 по 1957 г. немецкий астрофизик Л. Бирман опубликовал серию важных работ по изучению ионизированных хвостов комет, в результате которых сформулировал постулат о непрерывном испускании частиц Солнцем, или солнечном корпускулярном излучении, названном впоследствии солнечным ветром. Этот постулат совершенно не соответствовал общепринятой в то время точке зрения о дискретных потоках вещества, движущихся в межпланетном вакууме.



Траектория космического зонда «Галилео» (вверху), направляющегося к Юпитеру. Аппарат был запущен с помощью «Шаттла» на такую орбиту, которая позволила ему, пролетев вблизи Венеры, получить ускорение в сторону Земли и снова дополнительно ускориться в гравитационном поле Земли для того, чтобы пройти пояс астероидов. Наконец, в декабре 1992 г. аппарат, снова пролетев в гравитационном поле Земли, получил ускорение, достаточное для полета к Юпитеру. За пять месяцев до сближения с Юпитером с аппарата будет запущен зонд (схема его раскрытия представлена на рисунке внизу), который, пролетая сквозь мощную атмосферу Юпитера, будет посылать на Землю данные измерений. Тем временем сам аппарат станет искусственным спутником Юпитера и за два года должен примерно 11 раз облететь планету, исследуя ее магнитосферу и спутники Юпитера — Ио, Европу, Ганимед и Каллисто. Например, он должен пролететь на расстоянии всего 1000 км от вулканических образований на Ио, т. е. примерно в 20 раз ближе, чем аппарат «Вояджер», заснявший извержение вулкана на этом спутнике. Справа показана серия фотографий астероида Гаспра, полученных «Галилеем» 29 октября 1991 г. с расстояний от 164 тыс. км (первое фото) до 16 тыс. км (последнее фото). Следует отметить, что во всех пролетах пояса астероидов предыдущими миссиями («Пионер-10 и -11», «Вояджер») не было столь удачных сближений с астероидами, позволивших бы получить их фотографии. Миссия «Галилео» откладывалась несколько раз, и аппарат многократно перевозили на полигон и обратно. По-видимому, из-за тряски возникли какие-то неполадки, и в полете большая антенна, которая должна была обеспечивать высокоскоростную передачу научной информации на Землю, не раскрылась. Однако с помощью второй антенны есть надежда получить не менее 70 % запланированной информации.



но его обошли: помощник управляющего НАСА в ответ на давление, оказанное на участников встречи, в перерыве заседания постановил, что в состав полезной нагрузки должна быть включена телевизионная камера. В результате все очень усложнилось, и миссия стала дорогой со всеми известными сегодня последствиями. Ситуация ухудшилась также из-за схватки между Лабораторией реактивных движений и Центром НАСА в Эймсе за руководство планетарными исследованиями. Это вылилось в то, что космический аппарат стал своего рода гибридом «Пионера» с «Вояджером», по-видимому, в надежде на то, что те, кто требовал дешевенький вращающийся космический аппарат, должны были счесть, что его получили. Тем не менее следует только молиться о том, чтобы родившийся в итоге проект «Галилео» выполнил большую часть из поставленных перед ним задач, поскольку в обозримом будущем ничего подобного не планируется, по крайней мере из того, что относится к исследованиям юпитерианской системы. На зонде установлен детектор молний, который отчасти скрашивает некоторое

наше разочарование «Пионером — Венерой», хотя существование гроз в атмосфере Юпитера уже было доказано «Вояджером-1 и -2».

В области магнитосферной физики основным проектом, который планировался и осуществлялся в это же время, был «Дайнамик — Эксплорер». Он зародился на кулуарной встрече в Ла Холья, в которой участвовали Рик Чэппел, Эндрю Нэги и Питер Бэнкс²⁴, и был нацелен на то, чтобы исследовать «магнитосферно-ионосферные» связи (термин, который я не люблю по причинам, приведенным выше). Окончательное представление программы в штаб-квартире НАСА, по-видимому, было вполне успешным. Но после всего этого мы пошли в кабинет помощника управляющего — Джона Нагли, который спросил меня: «Хорошо,

²⁴ Известные специалисты в области космической физики — сотрудники Мичиганского университета в Анн-Арборе (США). П. Бэнкс в настоящее время возглавляет отдел физики атмосферы, океана и космоса, а Э. Неги руководит лабораторией космической физики этого отдела. Р. Чэппел — специалист в области исследований плазмосферы Земли.

Аксфорд, о чем все это? Больше работы для мальчиков?» Когда до меня полностью дошел смысл его высказывания, я был более чем сконфужен. Однако я нашелся и ответил ему, как мне казалось, вполне убедительно. Я сказал, что планируется регистрация полярных сияний, причем со спутника это делается впервые, и поэтому не только представляет большой интерес для публики, но и позволит получить глобальный обзор полярных сияний, чтобы понять, как работает магнитосфера. Не знаю, удовлетворил ли его такой ответ, но проект был одобрен, и с помощью камеры для регистрации полярных сияний в самом деле удалось получить интересные результаты.

Я полагаю, что на упомянутый критический настрой чиновника по поводу магнитосферной миссии имеет все-таки смысл обратить внимание. Сообщество людей, изучающих магнитосферу, должно его учитывать, поскольку может создаться впечатление, что одна миссия следует за другой в попытках узнать все больше и больше о все меньшем и меньшем. К счастью, следующий важный проект — «Кластер» — даст возможность понять явление пересоединения и связанные с ним процессы, после чего мы, возможно, сможем остановиться и подумать о том, что мы делаем.

НЕУДАЧИ И НАЧИНАНИЯ 80-х ГОДОВ

История проекта «Улисс» во многих отношениях слишком сложна и запутанна, чтобы касаться ее в короткой статье. Однако частично тот фон, на котором она развивалась, может быть освещен. До 1974 г. было предпринято несколько попыток уговорить космические агентства продвинуть вперед внеэклиптическую миссию, включая упомянутое ранее предложение об облете Юпитера. Но все они были безрезультатными. Неожиданно летом 1974 г. была организована объединенная исследовательская группа для изучения возможности миссии, основанной на международном сотрудничестве. Я оказался членом группы и впервые выступал как представитель Европы. Сразу стало ясно, что облет Юпитера является единственной разумной возможностью для выхода аппарата из плоскости эклиптики, и мы предложили двойную миссию, использующую запуск ракеты «Титан — Центавр», как одну из возможностей получить хорошие научные результаты и продемонстрировать взаимодействие между агентствами. Было высказано соображение, что в этом случае удалось бы провести корреляционные измерения с очень интересной малой про-

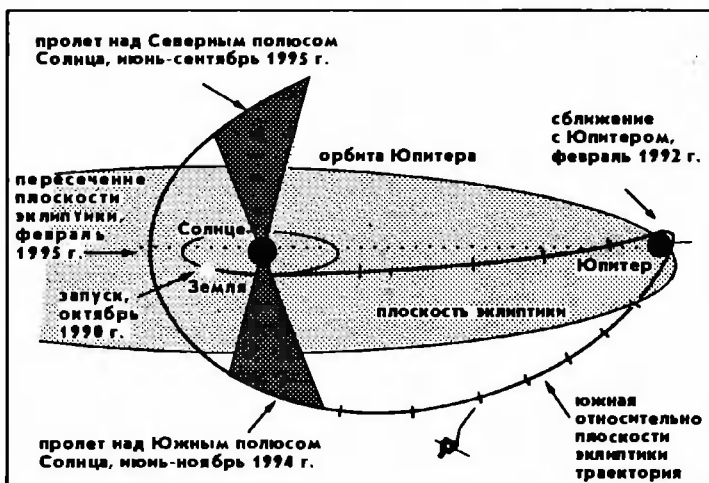
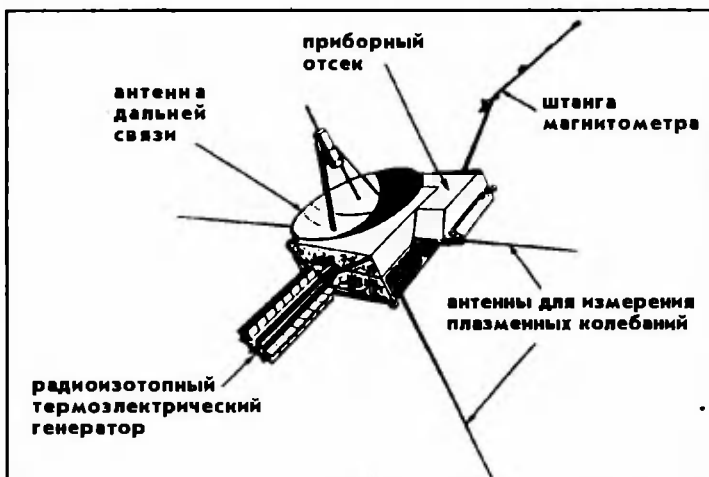
странственной базой в межпланетном пространстве на пути к Юпитеру, одновременные измерения в юпитерианской магнитосфере в двух точках и устранить какие-либо неоднозначности в солнечных наблюдениях, которые могли быть связаны с различиями между полусферами Солнца. Кроме того, имелась возможность осуществить дополнительно солнечные эксперименты с помощью коронографа и камеры для измерения жесткого ультрафиолетового излучения на одном из космических аппаратов НАСА. Концепция была хороша, а миссия — не очень дорогой, был также некий интерес со стороны ученых, занимающихся Солнцем, космической плазмой и космическими лучами. Астрофизикам тоже была выгодна эта миссия, поскольку она предоставляла возможность внеэклиптических измерений γ -всплесков, пыли и нейтрального газа и, возможно, гравитационных волн. Однако на этом пути было много препятствий.

Астрономическое сообщество в Европе желало каким-либо образом принять участие в проекте НАСА «Космический телескоп», и в связи с этим было невозможно добиться приоритета для какой-то банальной внеэклиптической миссии. Следует иметь в виду, что Европейское космическое агентство (ЕКА) — международная организация и что мнение каждой из стран учитывается (хотя мнение некоторых учитывается в большей степени, чем других). Это порождает сложные политические проблемы, не имеющие аналогий в Соединенных Штатах. Ситуация позволяет отдельным влиятельным ученым сильно наращивать свой вес и давление в ЕКА и его производных комитетах и группах, что, по-видимому, неприемлемо для ученых в США. Впоследствии, однако, после множества усилий, аргументов и лоббирования и после того, как камера для регистрации слабых объектов и другое оборудование были утверждены как составные части программы «Космический телескоп», удалось наконец получить благословение нашей миссии как части «пакетной договоренности», и мы должны быть благодарны покойному Эрнсту Транделленбургу²⁵, Эдгару Пейджу²⁶ и некоторым другим автори-

²⁵ Э. Транделленбург — директор научных программ Европейского космического агентства.

²⁶ Э. Пейдж — бывший директор научного отдела Европейского центра науки и технологии (ЭСТЕК). В настоящее время работает в Лаборатории реактивных движений в Пасадене (Калифорния, США), является координатором исследований гелиосферы.

Космический аппарат «Улисс» (вверху) и его траектория (внизу). Современные представления о свойствах космического пространства основаны на данных измерений космическими аппаратами, находившимися всегда в плоскости эклиптики, в которой располагаются и орбиты планет. Миссия «Улисса», или «внеэклиптический зонд», предназначена для исследования свойств солнечного ветра и межпланетного магнитного поля вне плоскости эклиптики. Аппарат был запущен в направлении к Юпитеру в плоскости эклиптики, затем, осуществив маневр в гравитационном поле Юпитера, он вышел из плоскости эклиптики и проводил измерения в южной полусфере. Во второй половине этого года он будет пролетать над такой интереснейшей с точки зрения физики Солнца и свойств солнечного ветра областью, как область, лежащая над Южным полюсом Солнца. Пересекая затем плоскость эклиптики в феврале 1995 г., «Улисс» полетит в сторону ее Северного полюса.



тетам Агентства за поддержку, которую они оказали внутри ЕКА.

Ситуация с НАСА была не менее трудной из-за вялой поддержки руководства НАСА и прямой оппозиции ответственного за этот вопрос сенатора. Однако Эд Смит²⁷ и Лен Фиск приложили все усилия на американской стороне и добились фантастического успеха. Результаты подсчета голосов в сенатском комитете были ошеломляющими: председатель оказался в одиночестве. Это-то и дало нам столь необходимый толчок к действию именно на критической стадии, когда ключевые фигуры по обе стороны Атлантики заверяли друг друга, что эта миссия никогда не состоится. План был

в конце концов полностью одобрен, но затем попал к новому помощнику руководителя НАСА, который решил сэкономить кое-какие деньги, исключив запуск американского спутника. В то время, как обычно, были финансовые трудности, и мы ожидали, что с космическими программами произойдет что-то серьезное. Сначала был атакован и успешно отклонен проект «Галилео», как это случалось не однажды в результате розыгрыша германской карты (по крайней мере в принципе это была совместная американо-германская миссия). Я поинтересовался у Лена, известно ли что-нибудь о внеэклиптической миссии, поскольку германское министерство не имело непосредственного доступа к источнику информации, он он ответил, что все тихо и что, по-видимому, лучше не высовываться. Лаборатория реактивных движений, которая отвечала за

²⁷ Э. Смит — американский магнитолог из Лаборатории реактивной техники Калифорнийского технологического института (Пасадена, США).

обе миссии, также не предприняла ничего, и объявление, что миссия отменяется, было совершенно неожиданным. Это вызвало немедленный резонанс в Европе, и полученная нами дипломатическая и другая поддержка, оказанная людьми, которые ранее не хотели и слышать о нашей миссии, была весьма утешительной, но это, разумеется, не помогло. Однако, несмотря на потерянные несколько лет (из-за некоторых неудач с запусками «Шаттлов»), в конце концов мы добились положительного решения и получили очень хороший проект, хотя остался только один космический аппарат. Об «Улиссе» можно было бы рассказать много больше, но я выбрал наиболее волнующие моменты. Так или иначе, прекрасные результаты, которые поступают с аппарата, должны приносить чувство удовлетворения.

Опыт с «Улиссом» научил нас многому в отношении реальных трудностей международного сотрудничества, тем не менее никто не оставлял попыток его продолжить, поскольку ясно, что рычаги дипломатических средств и финансовых вкладов могут быть очень эффективными, если, конечно, пользоваться ими аккуратно. В частности, Фехтиг и я оказались вовлеченными в другой международный проект, посвященный исследованию комет, осуществляемый НАСА и основанный на потенциальном сотрудничестве с Германией, наподобие «Галилео». Первоначальной идеей было предложить Германии, а возможно и ЕКА, взять на себя разработку и поставку небольшого зонда, который можно было бы направить в сторону кометы Галлея с платформы, построенной НАСА. Этот зонд мог бы послужить также для обеспечения связи с Землей до того момента, когда его направят на встречу с кометой Темпл-2. В конечном итоге проект был разработан совместными усилиями НАСА и ЕКА, но в критический момент опять появился другой помощник управляющего НАСА и объявил, что идея, конечно, хороша, но НАСА участвовать в проекте не будет. Результатом этого, однако, была неожиданная решимость европейцев лететь самим, и, следуя предложению Коломбо, Уве Келлер из Института астрономии им. Макса Планка (Германия) и другие предложили модификацию проекта, названную «Максвелл», которая включала бы комету Галлея как дополнительную цель.

В принципе проект «Максвелл» был очень интересно задуман. Он возник из попытки Транделленбурга создать лунную миссию, основанную на базе аппарата «Геос». Он надеялся осуществить достаточно деше-

вый проект, чтобы отвлечь внимание администрации от гораздо более дорогого, который разрабатывался и должен был управляться Космическим агентством Франции, для того чтобы стащить это агентство с финансовой мели. К неудовольствию Эрнста его предложение трансформировалось в проект исследования хвоста магнитосферы Земли, в котором должно было использоваться гравитационное воздействие Луны для удержания космического аппарата в хвосте магнитосферы Земли. Эта идея вызвала удивительно сильную оппозицию, в особенности в США, которые, наверное, считали подобную миссию своей прерогативой. В результате в Европе началась целая кампания по написанию писем и обращений по этому поводу.

Первоначальной реакцией Джузеппе Коломбо на выход США из намеченной совместной кометной миссии было предложение запустить аппарат «Максвелл» на встречу с кометой Галлея после завершения исследований в хвосте магнитосферы Земли, поскольку в этом случае энергетические затраты на кометную миссию были бы пренебрежимо малыми. Однако в действительности было бы очень трудно создать какую-либо полезную нагрузку, приемлемую для обеих задач. Но обычно Коломбо меньше волновали различные научные проблемы, чем удачные решения проблем небесной механики космического аппарата. Уве Келлер понял, что надо что-то предпринимать для спасения проекта, и направил в ЕКА предложение изучить возможности двойной миссии, оба космических аппарата которой были бы основаны на аппаратах «Геос», но с различной и соответствующей целям научной нагрузкой. Второму аппарату было дано имя «Джотто» — в память о художнике, нарисовавшем в родном городе Коломбо Падуге фреску, на которой комета изображена в виде Вифлеемской звезды (что весьма дискуссионно).

Предложение «Максвелл — Джотто» получило высшую оценку научного Комитета советников ЕКА, который возглавлял Клаус Пинкау. Однако, к сожалению, мы не провели необходимых подготовительных работ, и когда дело дошло до окончательного утверждения, были весьма удивлены, узнав, что астрометрический проект «Гепарх» получил преимущество с соотношением голосов 10 против 1. Единственным голосом в поддержку нашей миссии был голос Германии. Снова политические и финансовые причины сыграли важную роль в голосовании, и наши оппоненты очень эффективно провели процесс отбора, практически

не информируя немецкую делегацию. Вследствие этого поражения «Максвелл», который должен был иметь сходство с современным «Хвостовым зондом», был похоронен, и нужно было спешно организовать кампанию для спасения «Джотто».

К счастью, вопрос не был полностью закрыт, возможно, чтобы избежать ненужного раздражения в Германии, которая примерно на 25 % финансирует ЕКА. Это обстоятельство, а также тщательное лоббирование ЕКА такими личностями, как Ян Оорт (Нидерланды) и Бернард Петерс (Дания), при поддержке Иоганеса Гейса (Швейцария) и Бэнгта Хулдквиста (Швеция) наряду с поддержкой ирландской делегации, которая только что вошла в ЕКА, позволили набрать достаточно голосов для утверждения не требующего больших расходов полета к комете Галлея. Этому процессу, к сожалению, не способствовали некоторые важные персоны, которые использовали «Геральд трибюн» для рекламы своих собственных схем, где, в частности, и поносили «Джотто». В конце концов даже те, кто не поддерживал проект с европейской стороны, осознали, что ЕКА впервые планирует миссию, которая может иметь столь сильный общественный резонанс. Правда, из-за нехватки времени на подготовку некоторых очень сложных экспериментов был ряд трудных моментов, но в конце концов, включая работу японской и советской групп, продвигавшихся параллельно и проводивших дополняющие друг друга эксперименты, все исследование кометы Галлея стало чрезвычайно вдохновляющей историей для всех, кто принимал в ней участие.

Как и в случае «Вояджеров», пролеты аппаратов «Вега» и «Джотто» вблизи кометы Галлея стали большим научным и культурным событием. Ньютоновская теория гравитации совместно с его вычислениями по механике могут рассматриваться как настоящее начало теоретической физики. Значение его вклада было подтверждено возвращением кометы Галлея в 1759 г., как и предсказывалось, но кто же мог мечтать о том, что через двести с небольшим лет мы будем предпринимать усилия, чтобы подлететь к этой комете и впервые сфотографировать ее ядро со столь близкого расстояния.

В конце 80-х после пролета кометы Галлея в поле зрения было не слишком много новых миссий. После того как Институт аэронауки им. Макса Планка внес свой небольшой вклад в советскую миссию «Вега», он оказался в довольно выгодном положении, участвуя в другом советском проек-

те — «Фобос». Многих из нас пригласили на Байконур присутствовать при запуске аппарата «Фобос-1», и на нас произвело большое впечатление, как доверительно и открыто это было сделано. Нам впервые показали ракету «Протон», которую готовили для запуска «Фобоса» и которая лежала на боку в зале сборки. Затем в объявленное время была нажата соответствующая кнопка, и «Фобос-1» отправился в путь.

К несчастью, «Фобос-1» потерялся на пути к Марсу, и с его помощью было получено весьма немного данных. «Фобос-2», как казалось, успешно направлялся на встречу со спутником Марса, но он также вышел из-под контроля и был потерян. На самом деле это не было полной катастрофой, поскольку спутник просуществовал некоторое время на орбите Марса и с его помощью удалось получить блестящие и совершенно новые результаты о взаимодействии солнечного ветра с атмосферой планеты. Однако намерение осуществить впечатляющие тонкие эксперименты с посадочным модулем на поверхности Фобоса было наиболее важной частью миссии, и ее не удалось осуществить. Почему? Мы знаем, что причиной была ошибка компьютера, но, возможно, истинные причины гораздо глубже. С одной стороны, проект выполнялся в очень гибком стиле и в конце даже был представлен сам себе, а с другой стороны, существовали жесткие реалии советской системы, которые следует учитывать. Космические аппараты и эксперименты были созданы в страшной спешке с малыми возможностями для тестирования в некоторых критических областях. Была надежда на почти стахановский энтузиазм людей на всех уровнях, доводивших себя до изнеможения. Это почти удалось, и если бы удалось в полной мере, мы все бы были победителями. По крайней мере, было весело, и мы приобрели новый опыт по сравнению, например, с «Галилео», но должен же быть и разумный промежуточный вариант.

Недавняя потеря «Марс — Обсервера» укрепила репутацию Марса как несчастливой планеты. Когда «Марс-96» будет готов, появится еще один шанс для всплеска суеверий. Важность телевизионной камеры высокого разрешения в этой следующей миссии первостепенна и даст нашим коллегам из бывшей Восточной Германии, ответственным за нее, показать, на что они способны. Институт аэронауки им. Макса Планка участвует в этой миссии с экспериментом по радиозондированию планеты, которое может позволить нам обнаружить вечную мерзло-

ту и, возможно, даст указание на то, могла ли сохраниться вода в жидком состоянии с ранних времен на Марсе. Эти выводы были бы важны для проблемы возможного существования жизни на планете.

Поиск свидетельств жизни на Марсе представляет громадный интерес и должен быть главной целью космических полетов к Марсу, поскольку я не верю в то, что развлечение, доставляемое пилотируемыми космическими полетами, может продолжаться еще долго. Оно может привести к полному пренебрежению наукой. Только если будет получено какое-то свидетельство существования жизни на Марсе в настоящее время или в прошлом, появится основание для исследований планеты человеком. В противном случае таких оснований нет.

ПОСТЕПЕННО УСПОКАИВАЯСЯ

Дожив до шестидесяти, легко прийти к ощущению, что все у тебя идет так же, как и раньше, однако осознаешь, что приходит время платить по счетам, и думаешь о том, что пора уже успокоиться. Как и АГС, который много старше и все еще процветает, я не планирую увянуть, но медленное сужение будущих перспектив во многом способствует тому, чтобы сконцентрироваться на реальности ситуации. Поэтому меня все более увлекает идея наконец успокоиться и сконцентрироваться на том, что действительно интересно. Я надеюсь, что буду иметь возможность еще немного поразмышлять над проблемой солнечного ветра, происхождения космических лучей и, возможно, даже вновь обратиться к проблеме внешней гелиосферы. Я могу наконец наслаждаться привилегией писать статьи без ссылок, как в данном случае.

Я был бы счастлив, если бы мне удалось внести вклад в продолжение сбалансированного развития науки, т. е. правильного соотношении между фундаментальной и прикладной ее областями. Однако повсюду в мире существуют примитивные и разру-

шительные силы, которым трудно противиться. Что касается космической науки, я думаю, что наступило время сконцентрировать усилия на разработке технологии электрических двигателей и использования их для космических миссий, требующих больших энергетических затрат, и создания космических аппаратов для возврата собранных образцов. Потенциальная отдача от развития таких технологий может быть гигантской, как для науки, так и для техники.

Имеется еще много всего, в чем бы я нашел удовлетворение. Я хотел бы видеть, что АГС становится все сильнее и сильнее и что Европейский геофизический союз (ЕГС) станет столь же действенным. Существенно, чтобы громадный потенциал европейской науки был бы реализован с помощью создания эффективной и стабильной инфраструктуры. Успех такого научного союза, как ЕГС, будет успехом науки повсюду, и не следует рассматривать его только как конкурирующее с АГС образование. Мне хотелось бы также видеть организации, курируемые Международным советом научных союзов, в особенности КОСПАР, процветающими, поскольку они помогают объединять все научное сообщество и придавать ему силы в будущем, которое представляется мне трудным и неопределенным. Я пожелал бы им так же хорошо и эффективно действовать, как АГС, что хоть и трудно, но, по-видимому, при соответствующих условиях достижимо. Наконец, я надеюсь, что происходящий сейчас коллапс науки в Восточной Европе и бывшем Советском Союзе не окажется перманентным, что трудности, которые испытывают эти страны, не окажутся заразительными и что АГС и другие организации продолжают делать все возможное, чтобы помочь им и избежать, таким образом, потенциальной катастрофы всей мировой науки.

© Перевод с английского
кандидата физико-математических наук
Т. К. Бреус

Астрономия

Андромеда нам не «близнец»!

Среди специалистов прочно укрепилось представление, что Андромеда является не только ближайшим соседом нашей Галактики — Млечного Пути, но и его «близнецом». Считается, что у них примерно одинаковый возраст, число входящих в их состав шаровых звездных скоплений, история эволюции. Этой точке зрения противоречит исследование, предпринятое международной группой ученых, в которую входят E. Magliier (Университет штата Гавайи, Гонолулу, США), J. van Paradijs (Амстердамский университет, Нидерланды), а также астрономы из Баварии (Германия) и Массачусетского технологического института (Кембридж, США).

Все крупные галактики содержат шаровые скопления, в каждом из которых сотни тысяч звезд. В Млечном Пути специалисты обнаружили к настоящему времени около 150 таких скоплений, распределенных по всему сферическому объему Галактики.

Объединив усилия, астрономы проанализировали большое число изображений Андромеды, стараясь различить все имеющиеся в галактике шаровые скопления, и насчитали по меньшей мере 450, причем пришли к заключению, что в действительности их намного больше. Дело в том, что большинство просмотренных изображений не охватывают самые внешние области галактики, где могут находиться неизвестные звездные скопления. Кроме того, компьютерная программа, которую использовали астрономы, могла просто «упустить» самые мелкие и слабые светящиеся из подобных объектов, поскольку на изображениях они выглядят всего лишь как точки, а не в виде размытых округлых пятен, на которые нацелена ЭВМ.

Если шаровые скопления в Андромеде имеют те же средние размеры, что и в Млечном Пути, и если они распределены в пространстве аналогичным образом, в этом случае истинное количество таких скоплений в галактике Андромеды может составлять от 700 до 2800, т. е. примерно в десять раз больше, чем в Млечном Пути. Отсюда делается заключение, что галактика Андромеды и наша собственная Галактика, хотя и являются соседями, никак не могут считаться «близнецами».

Шаровые звездные скопления принадлежат, очевидно, к числу наиболее древних структур любой галактики. Вероятно, они образовались прежде, чем сама галактика приобрела свои нынешние очертания. Неожиданно большое количество подобных объектов в Андромеде указывает на то, что вся история ее эволюции отнюдь не совпадает с ходом развития нашего Млечного Пути.

³New Scientist. 1993. V. 140. N. 1893. P. 14 (Великобритания).

Экология

Великий канал против великих болот

Правительства Бразилии, Аргентины, Парагвая, Уругвая и Боливии решили совместно разработать план строительства гигантского канала, соединяющего истоки р. Парагвай в юго-западной Бразилии с портом Нуэва-Пальмира вблизи устья р. Ла-Плата в Уругвае. Общая протяженность канала, частично использующего русло р. Парагвай, составит 3400 км.

Основная цель этого строительства — содействовать экономическому развитию глубинных районов пяти стран путем создания удобной и сравнительно недорогой в эксплуатации водной транспортной си-

стемы, связывающей эти районы с уже существующими торгово-промышленными центрами. При этом р. Парагвай, ныне постоянно перекрываемую песчаными заносами и мелями, предстоит расчистить мощными драгами, а частично спрямить, превратив в судоходную магистраль.

Экономическая целесообразность проекта мало у кого вызывает сомнение. Однако против активно выступают защитники природной среды: такой канал нанесет огромный ущерб великим болотам Пантаналь — одному из крупнейших в мире регионов высокой увлажненности почв.

Спряменение русла р. Парагвай увеличит скорость ее течения, вызовет эрозию берегов, уничтожит заводи и старицы, что коренным образом изменит гидрологическую обстановку всего региона и исказит ее экологическую структуру. Превращение реки в судоходный канал означает, что прекратятся периодически повторяющиеся сбросы вод в болота Пантаналь, через самый центр которых он пройдет. Сейчас эта заболоченная местность поглощает влагу во время регулярных пополнений реки, а по окончании этого периода вновь отдаст ее водной системе. В новых условиях в районах, лежащих ниже по течению, возникнет опасность наводнений. Предполагаемое же драгирование повысит количество взвеси в воде, что будет препятствовать поступлению света и росту водорослей, служащих пищей высшим организмам.

Развитие экономической инфраструктуры вдоль канала приведет к расширению сельскохозяйственной деятельности по его берегам, ныне либо покрытым почти не тронутыми человеком лесами, либо занятым высокоувлажненными землями. За последние годы на холмах вокруг болот Пантаналь стали выращивать сою, усилился выпас скота, что уже привело к известному ущербу для экологии данной среды. Защитники природы подчеркивают также,

что в болотах Пантаналь гнездится более 650 видов птиц; там встречается около 250 видов рыбы, и в случае осуществления проекта их существование будет поставлено под угрозу.

В качестве печального примера подобного вторжения в природную среду приводят нарушение экологической системы субтропических болот Эверглейдс¹ в штате Флорида или совершенно нежелательные последствия в связи с принятыми в свое время в США мерами против наводнений по берегам р. Миссисипи. Дискуссия вокруг этого крупномасштабного проекта разворачивается все шире.

New Scientist. 1993. V. 140. N 1896.
P. 5 (Великобритания).

¹ Восстановление великих болот // Природа. 1994. № 2. С. 116.

Палеонтология

Древнейшая черепаха Африки

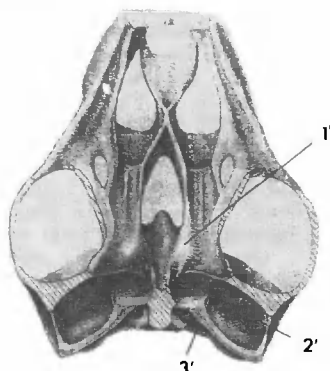
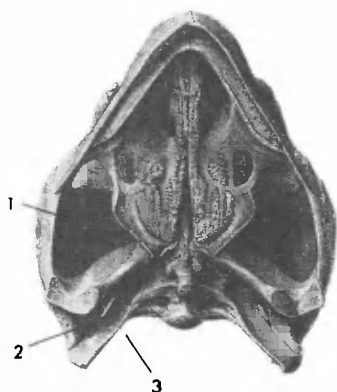
На территории Южно-Африканской Республики в местечке Бормансдрифт (Оранжевая провинция) J. W. Kitching (Институт палеонтологических исследований им. Б. Прайса Университета Витватерсранда, Йоханнесбург, ЮАР) обнаружил в 1980 г. остатки черепа и фрагмент панциря черепахи, которые находились в отложениях средней части формации Эллиот, относящейся к нижней

юре. Совместно с E. S. Gaffney (Американский музей естественной истории, Нью-Йорк) он тщательно исследовал свою находку.

Оказалось, что череп принадлежит черепахе, которая обитала здесь 60 млн. лет назад и являет собой неизвестную стадию ранней эволюции этих животных.

По некоторым морфологическим признакам черепа вид, найденный в Южной Африке, отличается от уже известной группы древних черепах *Proganochelys*, относимых к позднему триасу. Строение этого черепа свидетельствует, что важные структурные преобразования в нем произошли перед, а не после (как считалось прежде) филогенетического обособления двух больших групп черепах — *Cryptodira* (скрытошейные черепахи) и *Pleurodira* (бокошейные черепахи). Поэтому исследователи сочли возможным отнести найденный экземпляр к отдельному семейству, роду и виду:

Строение черепа у черепах из рода *Proganochelys* (слева) и южноафриканской черепахи *Australochelys africanus*. При сравнении обнаруживаются три основных различия, свидетельствующие о более примитивном строении черепа у вида *Proganochelys*: наличие подвизиного сочленения костей [1] вместо их сращения [1']; неотграниченная область среднего уха [2] по сравнению с частично ограниченной с боков [2']; разная степень развития верхней височной кости [3], где она доходит до середины заднего края большого затылочного отверстия, в отличие от [3'].



отряд Testudines (черепахи), семейство Australochelidae (южные черепахи), новый вид *Australochelys africanus* (черепаха южноафриканская).

Nature. 1994. V. 369. N 6475.
P. 55—58 (Великобритания).

Антропология

Пищевой рацион австралопитеков и их эволюция

Среди гоминид плиоцена-плейстоцена особое место занимает группа австралопитеков. Согласно современной точке зрения, от наиболее прогрессивных представителей этой группы около 2 млн. лет назад, по-видимому, произошли древнейшие люди (род *Homo*). Многообразие австралопитеков, живших 3.5—1 млн. лет назад, свидетельствует о сложной эволюции этих гоминид.

Для австралопитеков характерны два направления развития, связанные с их пищевой специализацией. Австралопитек массивный (*Australopithecus robustus*), по-видимому, был вегетарианцем. Строение коренных зубов и гипертрофированный жевательный аппарат этого крупного гоминида (рост 160—170 см, масса — до 80 кг) указывают на то, что питался он, скорее всего, плодами и клубнями растений. У наиболее ранних представителей группы *A. robustus* эта специализация не столь сильно выражена, как у поздних, которые в Африке достаточно долго сосуществовали с древнейшими представителями рода *Homo*. В настоящее время выделяют не менее четырех видов массивных австралопитеков: два из них были распространены в Восточной Африке, два других — в Южной.

Второе направление развития, по-видимому, представляют австралопитек африканский (*A. africanus*), а также человек умелый (*Homo habilis*), которого в последнее время иногда относят к австралопитекам (*A. habilis*). Оба эти вида — *A. africanus* и *A. habilis* — характеризуются промежуточными чертами строения по сравнению с *A. го-*

bustus и H. erectus (человеком прямоходящим, который на территории Восточной Африки появился не позднее 1.7 млн. лет назад). В развитии массивных австралопитеков наблюдалось дальнейшее увеличение размеров и переход ко все большей растительной специализации, а в линии австралопитеков умелых и древнейших людей — все большая всеядность и переход преимущественно к мясной пище, что, скорее всего, и было одной

из важных причин гоминизации.

Подобные представления об эволюции группы австралопитеков основаны, главным образом, на исследовании морфологических особенностей зубной системы и строения скелета, однако они могут указывать лишь на общие тенденции. Другой метод исследования, в ходе которого определялось содержание в костях гоминид стронция и кальция, применил A. Sillen (Кейптаунский универ-

ситет, ЮАР)¹. Полученные им неожиданные результаты позволяют взглянуть на некоторые детали эволюции рода *Australopithecus* с новой точки зрения.

Исследования Sillen'a основывались на том, что у животных, завершающих природные пищевые цепи (т. е. у хищников и трупоедов), величина

¹ Sillen A. // New Scientist. 1992. V. 134. N. 1819. P. 17.

Вниманию читателей!

Ф. СП-1	70707 АБОНЕМЕНТ на журнал <i>ПРИРОДА</i> Количество комплектов на 1995 год <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> Куда (почтовый индекс) (адрес) Кому _____ (фамилия, инициалы)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
	70707 ДОСТАВочная КАРТОЧКА ПВ место ли-тер ПРИРОДА Стоимость подписки пере-адресовки руб. коп. руб. коп. Количество комплектов на 1995 год <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> Куда (почтовый индекс) (адрес) Кому _____ (фамилия, инициалы)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														

соотношения стронция и кальция в костях скелета обычно низка. У растительноядных животных это соотношение, как правило, выше, причем у тех из них, которые употребляют в пищу преимущественно семена, клубни, корневища (т. е. части растений, где запасаются питательные вещества), соотношение стронция и кальция выше, чем у животных, питающихся травой и листьями.

Исследуя кости хищных и растительноядных млекопитающих, обнаруженные вместе

с остатками австралопитеков в местонахождении Свартранс (ЮАР), Sillen установил, что соотношение стронция и кальция в этих группах различается так же, как и у современных хищников и растительноядных. Это свидетельствует, в частности, об отсутствии химических реакций между этими химическими элементами и веществами из вмещающих костные остатки пород. Отношение стронция к кальцию в 50-граммовых образцах, взятых из девяти черепов *A. robustus*, оказалось весь-

ма низким, нетипичным для «чисто» растительноядных животных. Вопреки принятой точке зрения о вегетарианской диете австралопитека массивного, он, как выясняется, был более всеяден, чем это считалось ранее.

Таким образом, полученные данные ставят еще целый ряд важных вопросов в области эволюции как предшественников людей, так и параллельных роду *Homo* групп.

© Н. Е. Машенко
Москва

ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА

На абонемента должен быть проставлен оттиск кассовой машины

При оформлении подписки (переадресовки) без кассовой машины на абонемента проставляется оттиск календарного штампа отделения связи. В этом случае абонемент выдается подписчику с квитанцией об оплате стоимости подписки (переадресовки).

Для оформления подписки на газету или журнал, а также для переадресования издания бланк абонемента с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами, разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями, изложенными в каталогах Роспечати.

Заполнение месячных клеток при переадресовании издания, а также клетки "ПВ - МЕСТО" производится работниками предприятий связи и Роспечати.

Экоцид в СССР глазами американцев

Н. Н. Воронцов,
доктор биологических наук
Москва

КРАЙНОСТИ свойственны нам. В течение десятилетий мы убеждали весь мир в безграничности наших ресурсов, бескрайности наших полей и лесов, неисчерпаемости наших рек и морей. Когда во всем мире появились алармисты (от англ. alarm — звонок, алармист — бьющий тревогу), цензура не пропускала сведения об экологических проблемах нашей страны даже на страницы специальных изданий, не говоря уже о широкой прессе. Постепенно сложилось абсолютно ложное впечатление, что смог характерен для Лос-Анджелеса, отравленные воды — для Великих озер, задымленность — для Ливерпуля и Рура, радиационное загрязнение — для Хиросимы и Нагасаки. У нас же все вроде бы было в порядке.

Когда международное общество готовилось в 1972 г. к первой Конференции ООН по охране природы и защите окружающей среды в Стокгольме, наши идеологи говорили о несерьезности экологических проблем, это-де империалисты хотят поднять надуманную проблему, отвлечь нас от борьбы за мир. А тем временем перед или после Стокгольма в большинстве стран появились специальные министерства охраны природы, создавались программы очистки загрязненных территорий, выделялись на охрану природы огромные (но все же недостаточные) инвестиции, парламентарии трудились над созданием новых жестких законов, экономисты разрабатывали системы штрафов, налогов и льгот, инженеры создавали новые экологически щадящие технологии, автомобили стали выпускаться с катализаторами, хро-



Мерри Фешбах, Альфред Фрейдли-младший. ЭКОЦИД В СССР. ЗДОРОВЬЕ И ПРИРОДА НА ОСАДНОМ ПОЛОЖЕНИИ. Пер. с англ. В. С. Загашвили, А. Н. Натарева, С. В. Самойленко. Введение к амер. изд. Л. Р. Брауна. Предисл. к русск. изд. С. П. Залыгина. М.: НПО «Биотехнология» и изд.-инф. агентство «Голос», 1992. 308 с.

нические загрязнители природы стали разоряться. И ныне воздух в Лос-Анджелесе почище, а Великие озера вернулись лососи. Мы же лишь в конце 80-х годов создали полубесправную Госкомприроду и до сих пор не смогли передать ей и ее преемнику — Минэкологии — всех властных полномочий по контролю над природной средой.

В 1978 г. в самиздате появилась книга никому не известного Б. Комарова «Разрушение природы в СССР». Книга эта, вскоре изданная за рубежом и по сей день не известная нашему читателю, произвела в мире впечатление

разорвавшейся бомбы. Автор утверждал, что природа нашей страны варварски разрушается, приводил сводку немногих просочившихся в печать данных, рассказывал о барских браконьерских охотах в заповеднике одного из славных маршалов. Но то, что знал Б. Комаров (под этим псевдонимом скрывался географ З. Вольфсон, вскоре эмигрировавший в Израиль и спустя годы раскрывший свое авторство) в те годы, — малая толика информации по экологии, которая обрушилась на читателей в годы гласности.

Снятие цензуры с экологических проблем — одно из важнейших достижений горбачевской эпохи — позволило писать, говорить, показывать наши экологические реалии в весьма откровенном виде. В итоге на смену впечатлению о нашем отечестве как некоем экологическом рае (с отдельными недостатками, имеющими сугубо временное и локальное значение) пришло представление об СССР как самой экологически грязной стране, всемирной свалке отходов. Лишь единицы, например Василий Песков в «Комсомолке», Николай Дроздов на телевидении, устояли перед шквалом разоблачений и саморазоблачений, шквалом, в котором участвовали и «зеленые», и парламентарии всех цветов радуги, и журналисты.

А истина? А истина где-то посередине. Около 25 % территории бывшего СССР входит в зоны постоянного загрязнения или экологических катастроф. Примерно 30 % расположено между этими пятнами и потому периодически подвержено волнам загрязнений. Но около 45 % территории бывшего СССР, около 55 % площади России пока еще чисты, даже девственно чисты. Отсюда

не следует успокоительных выводов. Если мы не защитим девственную природу сегодня, завтра ее не будет. Отсюда следует, что наша экологическая политика должна иметь две составляющие: 1) санация (очистка) и рекультивация загрязненных и экологически неблагополучных территорий; 2) охрана природы и неистощительное природопользование в экологических чистых районах. А для реализации этих планов надо знать истинное состояние природы нашего хотя и сократившегося, но все еще обширного отечества.

Нигде, ни в одной лаборатории или «экологическом» офисе, я не видел такого количества публикаций о природе нашей страны и ее разрушении, как в Джорджтаунском университете близ Вашингтона. Кабинет профессора М. Фешбаха и комната его ассистента, также владеющего русским языком, заставлены сотнями капсул с вырезками или ксерокопиями из наших и зарубежных газет и журналов по проблемам охраны природы в теперь уже бывшем СССР. Официальные отчеты Госкомприроды, Гидромета, Госкомстата и около 50 книг были лишь одним из источников для написания книги профессором М. Фешбахом и журналистом А. Френдли (бывшим руководителем бюро журнала «Ньюсуик» в Москве), вторым — стали сотни статей в периодике.

Перед нами не так давно опубликованная в США и в том же году переведенная и изданная у нас книга М. Фешбаха и А. Френдли «Экоцид в СССР» с подзаголовком «Здоровье и

природа на осадном положении». Перечень использованной периодики составляет десятки названий. Помимо печатных изданий широко использованы записи передач нашего и зарубежного радио. Все приведенные факты и мнения даются с библиографическими ссылками, и если эти сведения неточны, то нельзя винить в том авторов.

Из наших официальных источников известно, что средняя продолжительность жизни мужчин сократилась с 66 лет в 1964 г. до 64 в 1989 г., тогда как в большинстве стран мира тенденция в те же годы была противоположной. Каковы причины — социальные, экологические? Какова роль гласности в нарастании «зеленого» движения в нашей стране? Как влияет Чернобыльская авария на рост заболеваемости раком? Каково влияние разрушения среды Приаралья на националистические движения в Узбекистане? В книге «Экоцид в СССР» все проблемы экологии, демографии, экономики, политики, зловещей роли ВПК рассматриваются в тесном переплетении.

К сожалению, авторы рассматривают преимущественно публицистику последних лет, и, собранный воедино, ее обзор производит впечатление ужасающего разрушения природы великой страны. И это, увы, правда, но не вся. Правдой, по счастью, является и то обстоятельство, что средняя антропогенная нагрузка на ландшафт нашей огромной страны пока что ниже, чем в большинстве стран Европы, не говоря уже об Индии, Китае. И соот-

ветственно, наш долг перед будущими поколениями жителей нашей страны и мировым сообществом — спасти те до сих пор еще не уничтоженные массивы девственной природы, от сохранности которых зависит выживание и населения нашей страны и человечества в целом.

Изданная на русском языке книга «Экоцид в СССР», конечно же, найдет своих читателей и в период несомненного спада «зеленого» движения в стране. Однако читателям надо помнить, что гигантский материал, положенный в ее основу, на 90 % базируется на третичной (статьи журналистов), реже — на вторичной (обзоры, сводки) и лишь в немногих случаях — на первичной информации. Отсюда несомненные упрощения и излишняя сенсационность. Авторы не всегда критичны к сенсационным журналистским публикациям. Однако публицистический пафос книги М. Фешбаха и А. Френдли вполне приемлем, если ее воспринимать как обзор нашей периодики. Состояние окружающей среды у нас в самом деле далеко не блестяще, и на загрязненных территориях живут и болеют десятки миллионов соотечественников. Однако нельзя не помнить и о том, что пока еще не вовлеченные в хозяйственный оборот ландшафты Востока страны площадью 8—9 млн. км² сопоставимы по размерам и роли в балансе биосферы Земли с Амазонией. Об этих девственных пока еще землях России и о путях их сохранения в рецензируемой книге не говорится ни слова. Это, быть может, задача других авторов.

Милый Поль, я думаю о тебе

Маргит Дирак

Этот небольшой очерк принадлежит перу жены Поля Адриена Мориса Дирака, крупнейшего физика-теоретика, одного из создателей квантовой механики. Любые воспоминания, касающиеся столь незаурядной фигуры, как говорится, обречены на успех. К мемуарам Маргит Дирак это относится, конечно же, в наибольшей степени, хотя она пишет вовсе не о науке и даже не об ученом. Ее воспоминания носят сугубо камерный, попросту говоря, семейный характер, чем по-своему и привлекательны. Они воспроизводят такие реалии, которых не знали или не замечали другие. Будущему биографу Дирака это станет большим подспорьем.

Примечательно, что жизнь нобелевского лауреата Поля Дирака тесно переплелась с жизнью другого нобелевского лауреата — Эугена Пола Вигнера, тоже физика-теоретика, брата Маргит. Упоминанное в первых же строках рядом с Э. Вигнером семейство фон Нейманов — это знаменитый Джон (Янош) фон Нейман (основоположник теории автоматов) и его жена Мариетта.

Текст публикуется с благословения г-жи Дирак. Кроме того, ею любезно передана воспроизводимая здесь фотография. Сейчас г-жа Дирак проживает в Таллахасси (США), где ее недавно посетили наши физики-теоретики Л. П. Горьков и В. П. Минеев, а также заместитель главного редактора «Природы» А. А. Гурштейн, что способствовало появлению этой публикации.

СВОИ летние отпуска мой брат Эуген обычно проводил в Будапеште, у наших родителей. Это было в начале 30-х. Семья фон Неймана поступала так же, и из Нью-Йорка они иногда плыли одним пароходом.

Как-то во время их приезда я получила приглашение на чай в богатом имении под Будапештом. Обстановка на приеме была спокойной и непринужденной, и ко мне неожиданно обратилась Мариетта: «Ты должна погостить у нас в Принстоне». Это меня приятно удивило и очень обрадовало. Я не знала более очаровательной, умной, блестящей женщины, чем Мариетта.

Остаток этого лета мы провели с Эугеном в нашем загородном доме в 20 километрах севернее Будапешта. Эуген настаивал: «Если ты поедешь в Принстон, то должна остановиться у меня. Что скажут люди, если ты станешь жить не у своего брата?» А мне такая перспектива была вовсе не по душе.

У фон Нейманов был чудесный дом, они и в Америке держались того же стиля жизни, к которому привыкли в Будапеште, а вот моему брату нравилось и выглядеть и вести себя, как бродяга.

Океан мы пересекли осенью. У Эугена была квартира с двумя спальнями, обставленная, как он гордо объявил, меньше чем за 25 долларов. Так она и выглядела. Там была еще столовая и кухня, вполне прилично оборудованная, как это принято в США. Но, увы, образование, которое во времена моего детства получали в Венгрии девочки, включало в себя языки, музыку, историю или искусства, немецкую и французскую литературу. Кроме того, в школе их заваливали домашними заданиями. В результате из меня не только не вышел ученый, но это еще и убило во мне малейшие кулинарные наклонности. На кухню нам не было ходу не только за недостатком времени, но и из опасения, что от нас, не дай Бог, будет пахнуть луком. Поэтому есть мы с братом всегда

отправлялись куда-нибудь. Он привык к этому, да и в Принстоне и вокруг него было много славных местечек, где можно было и пообедать, и поужинать.

Когда вскоре после моего приезда мы обедали в одном из этих рестораников, в зал вошел высокий, стройный молодой человек. Увидев Эугена, он поприветствовал его. У молодого человека был потерянный, печальный вид. Пока он стоял в нерешительности, с несчастным выражением на лице, я спросила Эугена, кто это, и получила ответ, что это английский физик, с которым Эуген учился в Геттингене и с которым там обычно вместе и обедал. «Он не любит есть один». — «Так почему бы тебе не пригласить его к нам за стол?» Так я познакомилась с Полем Дираком.

Это было осенью 1934 г. У Института передовых исследований тогда еще не было своего здания. Сотрудники, в числе которых были Эйнштейн и фон Нейман, и прикомандированные ученые, такие как Дирак, занимали смежные комнаты в боль-



П. Л. Капица и П. А. М. Дирак с супругами на летней школе в Эриче (Сицилия), организованной в 1982 г. профессором А. Зикики.

шом университетском здании, называвшемся Файн-холлом. Я прекрасно помню их: налево была комната Эйнштейна, в середине — Эугена, а направо — Дирака.

У Дирака был годичный отпуск от Кембриджского университета. В США он приехал через Россию, где посетил некоторых из своих русских друзей. Во время одного из наших обедов он сказал, что ему надо поехать в Нью-Йорк, чтобы купить себе зимнее пальто. Свое он оставил в России — у одного из его близких тамошних друзей не оказалось совсем никакого. Этим другом был Тамм, а в 1934 г. жизнь в России была очень трудной. Перспектива ехать за покупкой явно ужасала Дирака, но я и тогда была, и до сих пор остаюсь страстной любительницей делать покупки.

Эуген был поистине милосерден ко мне, такой свободной я никогда не чувствовала себя в моей жизни. Мне было 29, и впервые мною никто не командовал. Поэтому я набралась смелости предложить Дираку сопровождать его и помочь ему купить пальто. Предложение было принято тотчас же. В назначенный день мы должны были встретиться в Файн-холле и оттуда ехать на вокзал. Придя первой, я осмотрелась и в почтовой ячейке Дирака увидела конверт авиапочты. Я захватила его, положила в свою сумочку, но в нью-йоркской суматохе совсем про него забыла. Только в метро,* сунувшись в сумку за платком, я обнаружила его и отдала Полю.

Дирак вскрыл письмо, и, пока читал, лицо его делалось все более и более мрачным. Закончив, он поднял на меня глаза и сказал, что письмо из Кембриджа; близкому другу Дирака, русскому профессору Кембриджского университета, каждое лето уезжавшему в Россию, чтобы помочь тамошней науке, не было разрешено

вернуться в Англию. Писала жена друга, она сообщала, что с двумя маленькими сыновьями уезжает из Англии к мужу. Это было известное письмо Анны Капицы; оно было, разумеется, очень грустным и обескураживающим. Капицы принадлежали к числу тех немногих людей, с которыми Дирака связывала искренняя и верная дружба. Капица не пожелал принять британское гражданство, хотя все друзья не раз предупреждали его, что в один прекрасный день советские власти могут не выпустить его в Англию. И вот этот день наступил.

Это был мой первый поход по нью-йоркским магазинам, а Поль уже бывал в США несколько раз раньше. Для покупки зимнего пальто Поль выбрал «Лорд энд Тэйлор». Прекрасное пальто, прослужившее ему до конца его жизни, вскоре было куплено. Продавец прошептал мне на ухо: «А вы не хотите купить ему и костюм тоже?» Тот, что был на Поле, явно требовал замены. Но в 1934 г. венгров выпускали

из страны разве что лишь с мелочью в кармане. Эуген покупал мне все, что я хотела, а я вела тщательный учет своим тратам, чтобы возместить их ему при его следующем визите в Венгрию. Мне пришлось улыбнуться продавцу и отрицательно покачать головой.

Мы продолжали обедать вместе, и Поль становился более разговорчивым. Он рассказывал мне о своем трудном, я должна сказать, действительно очень трудном, детстве, а я рассказывала ему о своем, тоже оставшем у меня не очень-то веселые воспоминания, и о своем неудачном замужестве. Властный отец Поля взял за правило требовать обращения к себе только по-французски. Часто Полю приходилось молчать просто потому, что он был не в состоянии выразить свои желания по-французски. Вынужденная немота оказалась настолько травмирующим переживанием, что очень молчаливым человеком он оставался до самой смерти. Его отец умер в 1936 г.; Поль в это время был в России, где наблюдал солнечное затмение. Как только он узнал о том, что отец серьезно болен, то немедленно вылетел домой, в Бристоль. Но было уже поздно. В первом после смерти отца письме ко мне он написал: «Теперь я чувствую себя гораздо более свободным». Всякий, кто знал моего Поля, поймет, что его прошлое действительно должно было быть ужасным, если этот мягкий и добрый человек смог ощутить и написать такое.

Семья его отца была родом из Франции, из местечка Дирак с замком Шато Дирак. Во время наполеоновских войн они бежали из Франции и обосновались в Швейцарии, в Женеве. Отец Поля из-за жестокости своих родителей покинул их дом и отправился в Англию, в Бристоль, где повстречался с матерью Поля, дочерью капитана судна. Она работала в библиотеке Бристольского университета, где они и познакомились. Мать Поля была одной из четырех красавиц-сестер, у них было еще два брата. По иронии, на которую способна только жизнь, Поль страдал от жестокости отца, у которого в детстве были те же проблемы. Сам Поль,

хотя и не был властным отцом, сторонился своих детей. Семья Дираков может служить прекрасной иллюстрацией того, что история повторяется.

Поль любил путешествовать: он отправлялся в дорогу в первый же день после окончания семестра. Летом 1936 г. он поехал в Будапешт через Россию, Китай и Ближний Восток. И все в том же самом костюме. Два его чемодана были набиты подарками, полученными на Востоке. Он рассказывал нам, как трудно ему было отказываться, ведь ему сначала показывали прекрасные вещи, заставляли признать их красоту, а потом требовали принять их в подарок.

Летом в Венгрии жарко и чудесно. Мои родители, у которых остановился Поль, жили напротив парка графа Батаньи, где строительство было запрещено, в холмистой части города, называемой Буда, всего в нескольких минутах ходьбы от отеля «Геллерт» с его знаменитым, единственным в своем роде плавательным бассейном. Я жила чуть выше по холму, именуемому горой Геллерт. Я жила не в своем доме, а на квартире, в доме эрцгерцога Фридриха, с божественным видом на город. Так вот, однажды я пошла вниз, чтобы встретиться с Полем в бассейне, и там обнаружила чем-то вызованную публику. Мне показали на купальный костюм одного господина, и я поняла, что Полю грозит неприятности, — это был он, а на его трусах сзади зияла огромная прореха. Возможно, что в России она не произвела бы большого шума, но здесь дело могло кончиться приглашением полицейского. После изрядного сражения был куплен новый купальник. Тщеславие не принадлежало к числу пороков Поля.

Рождество 1935 г. я встречала с двумя моими детьми и их гувернанткой-австриячкой Хильдой (она учила их языкам) в Мариачелл под Веной. Поль приехал к нам туда. Он любил долгие прогулки по окрестностям. Усталости он не знал, к еде был совершенно равнодушен, чего не скажешь про меня. Эта несовместимость преследовала нас всю жизнь.

Мариачелл — прелестное место, особенно зимой. Просто

наслаждение бродить среди прекрасных деревьев и любоваться дивными видами. Я часто отправлялась в эти прогулки вместе с Полем, но каждый раз жалела об этом. Простому, смертному было невозможно состязаться с ним в неутомимости.

В 1936 г. мой брат написал нам о своих планах женитьбы на молодой американке-физике, которую он повстречал в Мадисоне, штат Висконсин. Ему хотелось, чтобы кто-нибудь из нашей семьи приехал познакомиться с ней.

Это было замечательно — еще раз оказаться в США. Я вызвалась отправиться туда и вскоре была уже в пути. Мне предстояло плыть на «Куин Мэри», это был ее первый рейс. А до этого я долго добиралась поездом из Будапешта в Лондон, где два дня жила в гостинице «Гровенор-хаус». Поль пригласил меня в Кембридж пообедать с ним. Он встретил меня на станции и отвез к своим хозяевам, епископу Уайтхеду и его жене, родителям математика Генри Уайтхеда. Миссис Уайтхед была другом и советником Поля. Помню, она в какой-то мере заменяла ему мать. Спустя годы Поль признался, что он спрашивал мнение миссис Уайтхед обо мне. Я ей понравилась, и еще много лет спустя Поль сказал, что миссис Уайтхед нашла меня по-детски простой. А раз так, то я оказалась ему парой, и эту так называемую простоту мы пронесли через всю нашу жизнь.

На следующий день Поль приехал в Лондон, чтобы забрать меня и доставить на своей машине в Саутгемптон. Я поднялась на борт «Куин Мэри» только для того, чтобы узнать, что на моей въездной американской визе стоит не та дата — на десять лет раньше. Важного вида молодой чиновник отвез меня в большое здание и проводил в кабинет, где мы провели, как мне показалось, несколько долгих часов. На мой вопрос, не опоздаю ли я на рейс, молодой чиновник ответил, что корабль не отплывет, пока он на него не вернется. Моим покровителем оказался консул Соединенных Штатов.

Поль наблюдал отплытие лайнера с причала Саутгемптона и в письме описал, какое величественное это было зрелище.

А на нью-йоркском пирсе меня встречал Эуген. Несколько дней я провела в Принстоне, а потом поездом поехала в Мадисон, где жила у Грегори Брейтса. Я познакомилась с Амелией Франк, которая обвенчалась с Эугеном несколькими неделями позже. Это была миниатюрная, очень красивая и во всех отношениях славная девушка.

Вскоре я отплыла обратно в Европу, где в Саутгемптоне меня встретил Поль и отвез в Лондон. Тут же мы решили пожениться. Поль уже вызвал из Бристоля свою маму. Она была добрая, любезная леди, и мы всегда с ней ладили. Во время войны, когда на Бристоль падало столько бомб, она пострадала во время обычной прогулки. Поль перевез ее в Кембридж, и она жила с нами до самой своей смерти в 1942 г.

Больше всего на свете

Поль боялся репортеров. При малейшей возможности он избегал их, и ходят легенды о том, как это ему удавалось сделать, когда в 1933 г. в Стокгольме он получал Нобелевскую премию. Там с ним была его мать, и большую часть времени он умудрялся скрываться от них.

Наша свадьба прошла тихо и скромно. Блэкеты, которые были нашими свидетелями, и мать Поля пообедали с нами, после чего мы на две недели уехали в Брайтон. Это было во время рождественских праздников, поэтому Поль мог уехать из Кембриджа. Наше венчание состоялось 2 января 1937 г., после чего для нас началась старомодная, викторианская семейная жизнь.

Позже во время таких же рождественских каникул я съездила в Будапешт с сестрой Поля. Бетти познакомилась с моим хорошим другом, который жил тогда в Амстердаме. В конце концов она вышла за него замуж, и с тех пор в семье Дираков двое венгров.

Летом 1937 года Поль взял меня в Россию, где мы посетили близкого друга Поля Петра Капицу. Для меня он стал героем — единственный великий человек, у которого хватило смелости сказать «нет» Сталину и отказаться участвовать в создании водородной бомбы. Ему пришлось пережить пять лет домашнего ареста, все это время он летом и зимой жил в изоляции, на своей подмосковной даче, и в одиночестве продолжал свою работу, а единственным помощником была его жена Анна. В любой час любого из дней этих лет его могли застрелить, убить другим способом, но он не дрогнул. Его гуманизм был огромен, его мужество — безгранично. Этого нашего незабвенного друга мы с Полем любили и бесконечно ценили. Он умер в возрасте 89 лет, за несколько месяцев до смерти Поля.

© Перевод с английского
Ю. Ф. Орехова

Над номером работали
Ответственный секретарь
Л. П. БЕЛЯНОВА

Заместитель ответственного
секретаря
В. И. ЕГУДИН

Научные редакторы
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. М. КАРАСЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
М. С. ПОКРОВСКАЯ
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы
Л. М. БОЯРСКАЯ, Е. В. СЕНИЦИНА

Заведующая редакцией
И. Ф. АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е. Е. БУШУЕВА

Компьютерный набор
М. Н. ГРИЦУК

Корректоры
Т. Н. МОРОЗОВА
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
В. С. КРЫЛОВА
В. И. ЕГУДИН

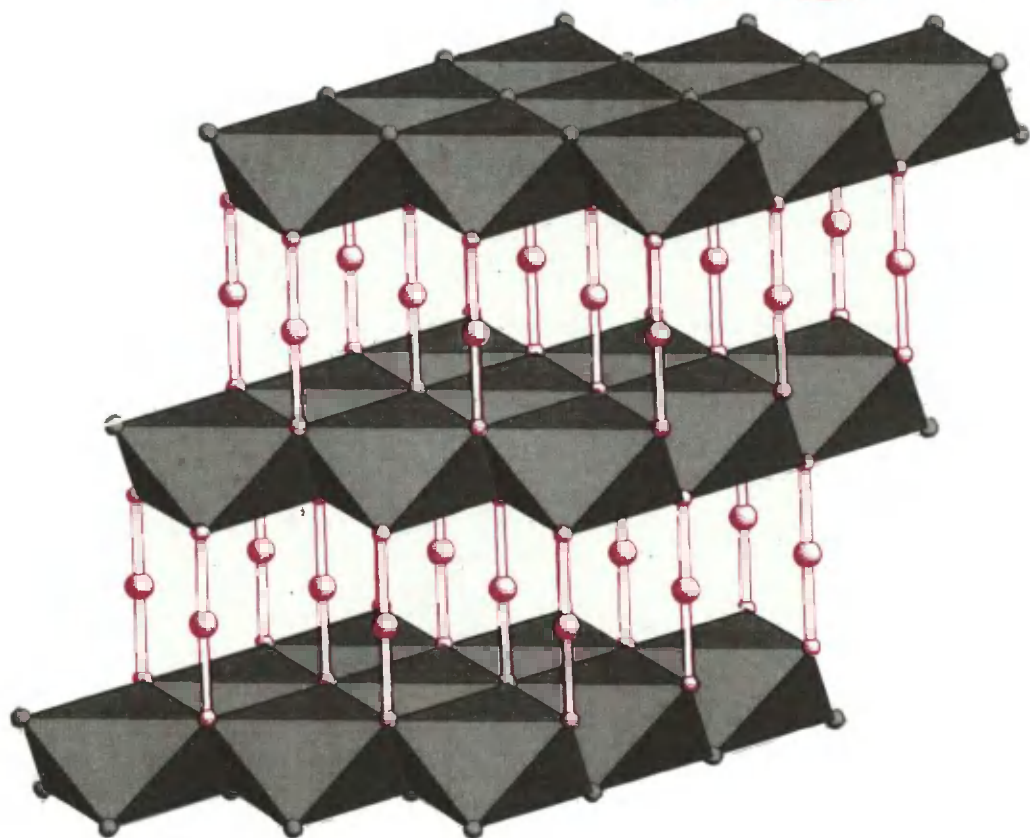
Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароковский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 21.07.94
Подписано в печать 20.09.94
Формат 70×100 1/16
Бумага типографская № 2
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 195,5 тыс.
Уч.-изд. л. 15,2
Тираж 7302 экз.
Зак. 3091

Ордена Трудового Красного
Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Комитета Российской
Федерации по печати
142300, г. Чехов
Московской области

ПРИРОДА

10⁹⁴



Исследование высокотемпературной сверхпроводимости и получение сверхпроводников со времени открытия этого явления в сложных оксидах на основе меди Г. Беднорцем и А. Мюллером (1986 г.) идет поистине семимильными шагами. Температура перехода в сверхпроводящее состояние поднялась с 40 К (1986 г.) до 157 К (1993 г.). Последнее значение достигнуто для одного из соединений нового семейства слоистых купратов, — содержащих катионы ртути, но пока для этого приходится прилагать сверхвысокое давление. Химики-синтетики, занимающиеся получением сверхпроводников, полагают, что можно достигнуть той же температуры перехода в сверхпроводящее состояние и под нормальным давлением.

Антипов Е. В., Путилин С. Н. РЕКОРДСМЕНЫ СРЕДИ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

