

ISSN 0032-874X

ПРОДА

10-96



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Волк. См. в номере: **Бибиков Д. И.** Волк: и хищник, и жертва.

Фото И. А. Мухина

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Проект перспективной российской ракеты-носителя «Ангара» разработки ГКНПЦ им. М. В. Хруничева. См. в номере: **Мишин В. П., Паничкин Н. И.** От баллистических ракет до ракетно-космических комплексов.



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук
журнал «Природа» 1996

В НОМЕРЕ

3 Мишин В.П., Паничкин Н.И. ОТ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ ДО РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМ- ПЛЕКСОВ

Нужна ли нам, россиянам, ракетно-космическая техника? По правильному ли пути шло развитие этой отрасли в нашей стране? Какой должна быть стратегическая политика стран, занимающих ведущие позиции в космонавтике, чтобы ее уникальные возможности приносили ощутимую пользу мировому сообществу?

23 Степанов В.Н. РОЛЬ ОКЕАНА В ФОРМИРОВА- НИИ ДОЛГОПЕРИОДНЫХ КОЛЕ- БАНИЙ КЛИМАТА

Циркуляция океана вносит существенный вклад в формирование автоколебательного режима климатической системы Земли.

36 Бибииков Д.И. ВОЛК: И ХИЩНИК, И ЖЕРТВА

В последнее время мировая общественность наконец-то стала склоняться к мысли о ценности всего живого и каждого вида в отдельности. Почему же в России и еще немногих странах по-прежнему вне закона остается волк? Главная причина, как ни странно, — малая изученность этого крупного хищника.

49 К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖ- ДЕНИЯ В.В.ДОКУЧАЕВА

«Почва, как всякое естественно-историческое тело — ящерица, бабочка, щука и т.д., конечно, будет существовать безотносительно к тому, будет ли ее обрабатывать человек или не будет». Это оптимистическое утверждение В.В.Докучаева, к сожалению, вызывает сомнение у современных почвоведов.

Астахова О.О.
КЛАССИК ПОЧВОВЕДЕНИЯ (49)

Добровольский Г.В., Куст Г.С.
ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВЫ — «ТИХИЙ
КРИЗИС ПЛАНЕТЫ» (53)

67 МОСКОВСКОМУ ФИЗТЕХУ — ПОЛСОТНИ ЛЕТ

Сможет ли Московский физико-технический институт сохранить свой особый статус в новой, рыночной ситуации, не разрушив систему, заложенную в его фундамент отцами-основателями? Каковы место и роль МФТИ в сегодняшней и завтрашней России?

Карлов Н.В.
ЗАЧЕМ ФИЗТЕХ СЕГОДНЯ? (70)

Сон Э.Е.
ПОЙДЕТ ЛИ НАУКА НА «КОНТИ-
НЕНТАЛЬНОМ» ФИЗТЕХЕ? (76)

Андреев А.Ф.
А «ЭНЕРДЖАЙЗЕР» ВСЕ ДВИ-
ЖЕТСЯ... (81)

Диатроптов Д.Б.
ЛЕКЦИИ П.Л.КАПИЦЫ (87)

94 Меньшикова Т.С., Антипов С.А. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОХ-ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРАХ

В последние годы на атомных электростанциях все чаще в качестве горючего используется уран-плутониевое оксидное топливо (МОХ-топливо). Для его изготовления используют отработанный плутоний, что помогает решить проблему его утилизации.

105 Несис К.Н. ФАУНА ПОДВОДНЫХ ГОР — ОТКУДА ОНА БЕРЕТСЯ?

108 НОВОСТИ НАУКИ (47, 64)

КОРОТКО (66)

РЕЦЕНЗИИ

124 Чесноков Н.И. ОТНЮДЬ НЕ ПРОСТАЯ ИСТОРИЯ

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

126 Бронштэн В.А. КАК Я РАЗГЛАСИЛ ГОСУДАРСТ- ВЕННУЮ ТАЙНУ

CONTENTS

3 Mishin V.P. and Panichkin N.I. FROM BALLISTIC MISSILES TO SPACE STATIONS

Do we Russians really need spacecraft engineering? Has its development proceeded along the right path? What should be the strategic policy of the leading countries in astronautics to be of maximum benefit to mankind?

23 Stepanov V.N. THE ROLE OF THE OCEAN IN THE FORMATION OF LONG-PERIOD CLIMATIC VARIATIONS

Oceanic circulation makes a substantial contribution to the formation of the self-oscillating regime of the Earth's climatic system.

36 Bibikov D.I. THE WOLF: A PREDATOR AND A VICTIM

In recent time, the world community has finally come to recognize the value of every species of wildlife. Why is, then, the wolf still outlawed in Russia? Strange as it may seem, the main reason is that there is as yet little understanding of this large predator.

49 ON THE 150TH BIRTHDAY OF V.V. DOKUCHAEV

«Soil, like any other natural body such as a lizard, a butterfly, or a pike, will certainly exist irrespective of whether or not it is cultivated by man». This optimistic statement by V.V. Dokuchaev is, unfortunately, questioned by modern soil scientists.

Astakhova O.O.
OUTSTANDING SOIL SCIENTIST
(49)

Dobrovolsky G.V. and Kust G.S.
SOIL DEGRADATION — AN INCON-
SPICUOUS CRISIS OF THE
PLANET (53)

67 MOSCOW'S PHYSTECH IS 50 YEARS OLD

Will the Moscow Physical Technical Institute manage to retain its special status in the new, free-market economic situation without destroying the system that was laid as its groundwork by the founding fathers? What is the position and role of PhysTech in Russia of today and tomorrow?

Karlov N.V.
WHAT'S THE USE OF PHYSTECH
TODAY? (70)

Son E.E.
WILL SCIENCE BE MOVING AHEAD
AT «CONTINENTAL» PHYSTECH?
(76)

Andreev A.F.
STILL GOING STRONG (81)
Diatroptov D.B.
P.L. KAPITZA'S LECTURES (87)

94 Men'shikova T.S., Antipov S.A. THE USE OF MOX-FUEL IN POWER REACTORS: PROBLEMS AND PROSPECTS

In recent years, atomic power plants have been making increasing use of U-Pu oxide fuel (MOX). It is produced from spent Pu-fuel, thus helping solve the problem of waste disposal.

105 Nesls K.N. THE FAUNA OF SEAMOUNTS: WHERE IT COMES FROM

108 SCIENCE NEWS (47, 64)

IN BRIEF (66)

BOOK REVIEWS

124 Chesnokov N.I. A STORY THAT IS ANYTHING BUT SIMPLE

ENCOUNTERS WITH THE FOR-
GOTTEN

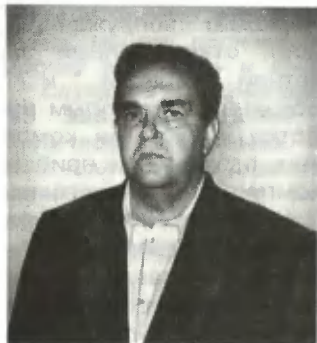
126 Bronstein V.A. HOW I DIVULGED A STATE SE- CRET

От баллистических ракет до ракетно-космических комплексов

В.П.Мишин, Н.И.Паничкин



Василий Павлович Мишин, академик, доктор технических наук, профессор МАИ. Главные научные интересы лежат в области проектирования баллистических управляемых ракет и транспортных космических систем. В 1956–1966 гг. — первый заместитель С.П.Королева. В 1966–1974 гг. — Главный Конструктор по баллистическим ракетам дальнего действия.



Николай Иванович Паничкин, кандидат технических наук, доцент МАИ. В 60–70-е годы работал в ОКБ Королева. Область научных интересов — конструирование и проектирование транспортных космических систем.

В МАЕ 1996 г. минуло 50 лет со дня выхода постановления ЦК ВКП(б) и СНК СССР, положившего начало становлению ракетной отрасли в нашей стране.

50 лет — подходящая дата для подведения итогов развития отечественного ракетостроения, осознания наших достижений и неудач, определения приоритетов на пути дальнейшего освоения космического пространства.

Мы постараемся ответить на следующие вопросы: нужна ли нам, россиянам, ракетно-космическая техника, и если нужна, то для чего? По правильному ли пути шло развитие этой отрасли в нашей стране?

НАЧАЛО

Известно, что к концу Великой Отечественной войны Германия применила новый вид оружия — автоматически управляемые баллистические ракеты дальнего действия Фау-2. Первые сведения об этих ракетах поступили в 1944 г. из района дислоцирования войск генерала П.А.Курочкина близ Варшавы, где немецкие воинские подразделения отрабатывали их запуск перед нанесением боевых ударов по городам Англии и Бельгии.

После того как в августе 1943 г. основной ракетный полигон в Германии «Пенемюнде» был подвергнут жестокой бомбардировке авиацией союзников, немцы стали производить тренировочные пуски ракет со стартовых площадок, расположенных на территории бывшего польского артиллерийского полигона в Близне.

Конструкция этих ракет еще не

была доведена. Иногда они разрушались при входе в плотные слои атмосферы в районе целей. Немцы создали специальные команды для поиска осколков ракет, однако полностью их собрать не удалось из-за быстрого наступления войск генерала Курочкина. Найденные осколки Фау-2 доставили в НИИ-1 Наркомата авиационной промышленности (НКАП), где они были подвергнуты тщательному изучению специальной комиссией, которую возглавлял генерал-майор В.Ф.Болховитинов. В комиссию входили ведущие военные специалисты и конструкторы:

Ю.А.Победоносцев, М.К.Тихонравов, Н.Ф.Флеров, А.А.Боровков, Н.А.Пилюгин, Б.Е.Чертюк, А.Я.Березняк, Л.А.Воскресенский, Ю.Н.Коновалов, В.А.Бородачев, В.П.Мишин, А.М.Исаев и др., многие из которых сыграли видную роль в развитии отечественного ракетостроения.

По обнаруженным осколкам удалось воссоздать общий вид, компоновку, принципиальную схему управления, технологическую схему двигательной установки, массовые, энергетические, летные и другие характеристики Фау-2. Отчет комиссии направили в НКАП и ЦК ВКП(б).

К сожалению, руководство НКАП смогло доказать, что ракеты типа Фау-2 относятся к компетенции наркоматов вооружения и боеприпасов. Все работы, проводимые в НИИ-1 по этому виду оружия, были остановлены. Так руководящим работникам НКАП удалось снять с себя ответственность за развитие ракетной техники в нашей стране.

С 8 сентября 1944 г. немцы начали обстрел ракетами Фау-2 территории Англии и других стран Европы. Всего было запущено 4300 ракет, из них 1402 — по городам Англии (517 взорвались в Лондоне). Эффективность бомбардировок могла быть совершенно иной, если бы в ходе войны немцы успели создать для Фау-2 ядерный заряд.

Война окончилась, а в нашей стране так и не было органа, ответственного за развитие ракетной техники.

И только в августе 1945 г. после Потсдамской конференции ЦК ВКП(б) организовал Межведомственную комиссию по изучению немецкой ракетной техники. По инициативе генерал-лейтенанта Л.М.Гайдукова в ее состав были включены и специалисты НИИ-1, изучавшие осколки Фау-2 в 1944 г., в том числе Сергей Павлович Королев.

В мае 1946 г. в немецком городе Нордхаузене после ознакомления специальной Государственной комиссии, возглавляемой маршалом Н.Д.Яковлевым (в нее также входили нарком вооружения Д.Ф.Устинов, Гайдуков и др.), с работой Межведомственной комиссии было принято решение о подготовке технической документации и организации материальной части для развертывания работ по ракетной технике.

По возвращении Государственной комиссии из Германии вышло упомянутое постановление о развитии ракетостроения в СССР.

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ

Постановлением от 13 мая 1946 г. были определены головной Наркомат вооружений (нарком Устинов), ответственный за развитие ракетной отрасли, и наркоматы, в обязанность которым вменялась разработка и поставка комплектующих систем, агрегатов и приборов, входящих в комплексы ракетного вооружения.

В том же постановлении был указан заказчик — Главное артиллерийское управление Наркомата обороны — и вынесено решение о создании Государственного центрального полигона рядом с поселком Капустин Яр (в 120 км от Сталинграда) для запуска ракет.

Даже в более поздние времена, когда полигон вырос в настоящую научно-исследовательскую организацию, а бывший поселок Капустин Яр — в настоящий зеленый город с гостиницами и теннисными кортами, условия работы и жизни там всегда оставались

трудными и требовали большого мужества и стойкости от испытателей. <...>

Как правило, зимы были снежными с умеренными морозами. С наступлением весны начиналось интенсивное таяние снега, при этом образующейся воде некуда было уходить, ибо земля еще не оттаяла, а поверхность степи была настолько горизонтальна, без всяких канав и стоков, что за короткое теплое время быстро накапливался полуметровый слой талой воды. При этом, насколько хватало глаз, вся безграничная степная поверхность представляла собой ослепительно сверкавшее море, с зеркальной поверхностью, так как мелководье не давало возможности слабым ветрам возмутить ее. Поскольку и степные, и шоссейные дороги скрывались под слоем воды, то ориентирами могли служить только известные старожилам садики, отдельные деревья. В этом смысле поездка на автомобилях в нужный район была похожа на плавание по бесконечной водной поверхности, под которой был ровный мерзлый грунт.

Лето несло с собой, по крайней мере, три ужасных наказания — мошку, страшную пыль и жару, от которой невозможно было укрыться даже в домах, потому что и они прокаливались за день, как утюги. <...>

Несмотря на плотно натянутые до самых плеч сетки и прочую экспедиционную амуницию, мошка пролезала в малейшую дырочку или щель и кусала безжалостно. Случайно открывшийся рот мгновенно забивался кашей из сотен микроскопических насекомых. Все дома в поселке плотно закрывались в период ее появления, но это мало помогало, и ночные часы превращались в кошмар от липкого, душного воздуха и мошки.

Казанский В.В. // Дороги в космос. М., 1992. Т.1. С.92—93.

В Наркомате вооружения головной организацией был НИИ-88 (его работу возглавлял генерал-майор Л.Р.Гонор), созданный на базе артиллерийского завода № 88, расположенного вблизи подмосковной станции Подлипки. Этот институт нес ответственность за все работы по ракетному вооружению СССР. Поэтому его структура была сложной, рассчитанной на многоплановую тематику. В состав

НИИ входили: специальное конструкторское бюро (СКБ), научная часть и опытный завод.

В августе 1946 г. Главным Конструктором по баллистическим ракетам дальнего действия (БРДД) и начальником отдела СКБ стал С.П.Королев.

Образованный еще в Германии по инициативе Сергея Павловича Совет Главных Конструкторов обеспечивал тесное сотрудничество и единство технических позиций «могучей кучки» создателей ракетной техники. Наряду с Королевым в него входили В.П.Глушко (жидкостные ракетные двигатели), Н.А.Пилюгин (автономные системы управления), М.С.Рязанский (системы радионавигации и радиоуправления), В.П.Бармин (наземное заправочное, транспортное и стартовое оборудование) и В.И.Кузнецов (гироскопические командные приборы). Большой вклад внес М.В.Келдыш, — главный теоретик и организатор математической школы, обеспечившей решение многих практических задач космонавтики.

В начале 1947 г. в НИИ-88 появились немецкие специалисты, а Королев сразу по возвращении из Германии приступил к выполнению своих обязанностей. Сергей Павлович и его соратники столкнулись с большими организационными трудностями, связанными со сложной структурой института. В состав СКБ входили Главные Конструкторы разных объектов ракетного вооружения. Однако многоступенчатая институтская структура не предусматривала наличия у них специальных подразделений по баллистике, динамике, аэрогазодинамике, прочности, так же как и экспериментально-производственных подразделений.

В 1956 г. коллектив, возглавляемый Королевым, стал самостоятельной организацией — ОКБ-1¹.

Сергей Павлович был не только ученый, конструктор, но и величайший

¹ В настоящее время это ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королева.

организатор. Он смело шел на риск, но риск оправданный. Принимал решения, иногда заведомо зная, что может и не получиться, но ему надо было проверить, убедиться, опробовать. Он все ломал на своем пути, добиваясь нужного, по его мнению, решения. Пожалуй, самая главная его черта — это исключительная воля. Собранный, целеустремленный, знающий чего он хочет, добивающийся своей цели с исключительной настойчивостью. А цели у него всегда были хорошие. В то же время он был очень осторожный человек. Он сто раз перепроверял свое новое решение и только потом приступал к его исполнению. Его волевые качества отразились на его внешнем облике. Он напоминал боксера, ходил всегда немного набычившись, весь нацеленный вперед.

Королев — великий организатор, умеющий сам работать и заставить работать всех окружающих людей. Вокруг него всегда собирались энтузиасты, безгранично преданные делу.

Вместе с тем Сергей Павлович был очень человечный. Он понимал слабости людские и прощал их. Он умел прощать все, кроме одного — формализма и бездушного отношения к ракетной технике.

Максимов А.А. // Дороги в космос. Т.1. С.112—113.

По документации, разработанной советскими специалистами на основе полученных Межведомственной комиссией разрозненных немецких материалов, на заводе НИИ-88 из немецких узлов и агрегатов была собрана серия ракет Фау-2. Они были испытаны на полигоне в Капустином Яру с участием немецких специалистов. По результатам испытаний, подтвердивших слабые места конструкции Фау-2, разработали комплект технической документации на ракетный комплекс с ракетой Р-1, аналогичной Фау-2, но превосходящей ее по ряду характеристик. 10 октября 1948 г. прошли успешные испытания Р-1, была достигнута дальность 278 км. В 1950 г. боевой ракетный комплекс с ракетой Р-1 был принят на вооружение Советской Армии.

Американцы и англичане оказались в более благоприятном положении,

так как в конце второй мировой войны они первыми оккупировали район Тюрингии, где находились основные заводы по производству ракет Фау-2 и ее основных агрегатов, в том числе подземный сборочный завод этих ракет Миттельверке в районе города Нордхаузен. По Ялтинскому соглашению указанный район Германии должен находиться в советской оккупационной зоне Германии. Поэтому после окончания войны войска союзников ушли и передали его советской администрации. Конечно, при этом союзники не упустили случая и забрали практически всю готовую материальную часть: ракеты Фау-2, приборы системы управления, агрегаты ракеты и наземного оборудования. Объем вывезенной материальной части был значительным. Он позволил США с весны 1946 года запустить на американском полигоне 69 ракет Фау-2 и осуществить большое количество запусков этих ракет в Англии. В США было вывезено также 150 ведущих ученых и лучших специалистов-разработчиков ракеты Фау-2 и основная часть документации.

Мозжорин Ю.А. // Дороги в космос. Т.1. С.136.

Разрабатывая ракеты большей дальности, чем у Р-1, наши специалисты выдвинули и реализовали компоновочную схему с отделяемой головной частью. Ракетная часть сообщает отделяемой головной части с полезной нагрузкой в конце активного участка траектории скорость, необходимую для транспортировки полезной нагрузки на заданную дальность.

При такой компоновочной схеме конструкция ракетной части работает на нагрузки, действующие только на активном участке траектории, а конструкция отделяющейся головной части — на нагрузки, действующие на всей траектории. Нагрузки на активном участке траектории не зависят от дальности, в то время как нагрузки, действующие на отделяемую головную часть при входе в плотные слои атмосферы в районе цели, существенно возрастают с увеличением дальности полета. Реализация данной схемы позволила увеличить дальность транспортировки полезной нагрузки ракеты Р-2 до 600 км. Летные испытания

начались 21 октября 1950 г. Кроме отделяемой головной части эта ракета имела один несущий бак горючего (его стенки одновременно являлись корпусом ракеты), бак окислителя был подвесным. Масса боевого заряда такая же, как у Фау-2.

После введения в конструкцию отделяемой головной части, несущих баков окислителя и горючего была достигнута дальность 1200 км. Первый старт такой ракеты — Р-5 — состоялся 2 апреля 1953 г.

Применение нового конструктивного решения дало возможность ОКБ Королева в короткие сроки (1954—1957) создать межконтинентальную баллистическую ракету (МБР) Р-7 для транспортировки ядерного заряда массой ~5.5 т на дальность 8000 км. 21 августа 1957 г. произведен первый запуск такой ракеты (стартовая масса 279 т).

Какова же была международная обстановка, когда при тесном сотрудничестве ракетчиков с учеными-атомщиками создавался первый советский ракетный межконтинентальный носитель ядерного оружия — ракета Р-7.

Как известно, работы по атомному оружию во время войны велись в Германии, США, Англии и СССР. И.В.Курчатов пишет: «Советские ученые начали работу по практическому использованию атомной энергии в тяжелые дни Великой Отечественной войны (весна 1942 г.), когда родная земля была залита кровью, когда разрушались и горели наши города и села, когда не было никого, кто не испытал бы чувства глубокой скорби из-за гибели близких и дорогих людей. Мы были одни. Наши союзники в борьбе с фашизмом — англичане и американцы, которые в то время были впереди нас в научно-технических вопросах использования атомной энергии, вели свои работы в строго секретных условиях и ничем нам не помогали».

На Потсдамской конференции (1945) глав правительств стран-победительниц во второй мировой войне президент США Г.Трумэн, получив телеграмму об успешном испытании

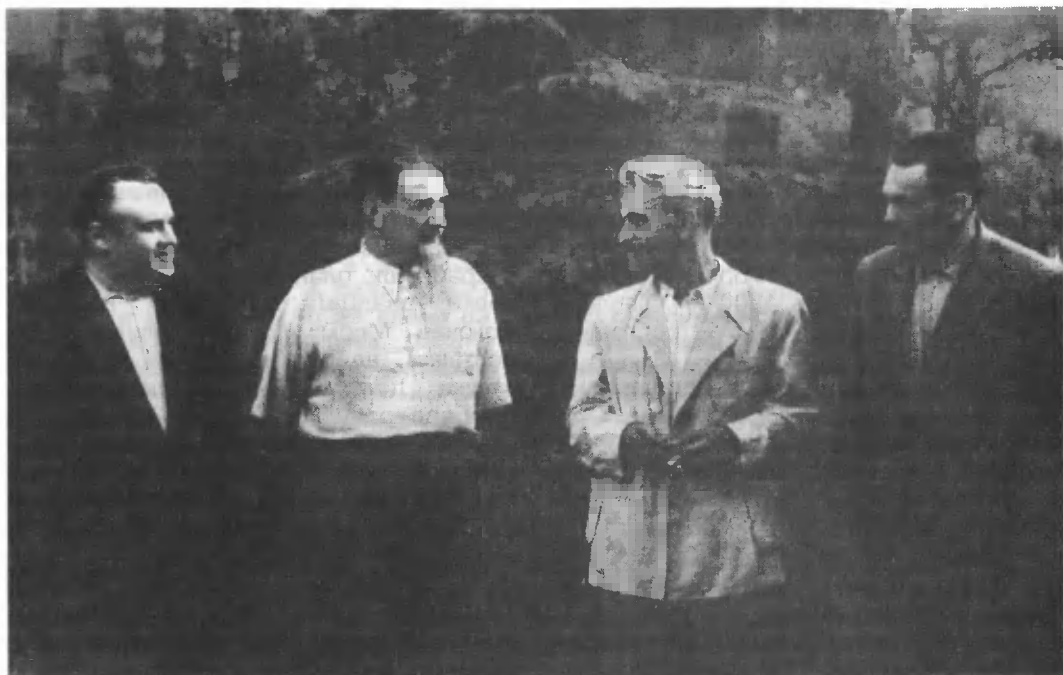
атомного оружия, незамедлительно сообщил И.Сталину о создании в его стране атомной бомбы. Сталин внешне никак не прореагировал на это известие, но в тот же день отдал распоряжение ускорить работы по созданию атомного оружия в СССР. Спустя три месяца по окончании конференции в Потсдаме Пентагон разработал план атомной бомбардировки двадцати советских городов, включая Москву. Первоначально для доставки ядерного оружия к целям ставка делалась на стратегические бомбардировщики В-29.

Именно эти самолеты сбросили в августе 1946 г. атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки (в Хиросиме было убито и ранено более 140 тыс., в Нагасаки — около 75 тыс. человек). Американцы назвали эти акции возмездием за бомбардировку Японией американской военноморской базы Перл-Харбор на Гавайских островах в 1941 г., когда у них погибли более двух тысяч человек и свыше тысячи получили ранения.

Разработка наиболее совершенного американского бомбардировщика В-52 началась летом 1946 г., а 15 апреля 1952 г. первый такой самолет поднялся в воздух. В 1961—1962 гг. основным средством доставки ядерного оружия у США были пилотируемые бомбардировщики В-52 с радиусом действия без дозаправки топливом в воздухе свыше 9600 км. Полеты около пятисот таких бомбардировщиков обеспечивались несколькими сотнями самолетов-заправщиков KC-135, что позволяло В-52 иметь практически неограниченную дальность при нескольких дозаправках в воздухе.

В августе 1959 г. первая американская МБР «Атлас», базировавшаяся в штате Калифорния, была готова к использованию в военных целях. Мощность боевого заряда составляла 4 Мт, максимальная дальность — 14 500 км. С 1960 г. США приступили к выполнению широкой программы вооружения своих ракетных частей межконтинентальными баллистическими ракетами.

В 1946 г. в СССР заработал пер-



вый в Европе атомный реактор, в 1949 г. сделана атомная бомба, а в 1953 г. — термоядерная. Совершенствование МБР и ядерных зарядов шло одновременно. Уменьшение массы ядерного заряда позволило ОКБ Королева разработать ракету Р-9 шахтного базирования, первый пуск которой состоялся в 1961 г. На вооружение она была принята в 1965 г. Находясь в шахтах, эта ракета 20 лет надежно обеспечивала безопасность нашего государства.

В ракетах Р-7 и Р-9 в качестве топлива использовались компоненты жидкий кислород—керосин, причем жидкий кислород при боевом дежурстве ракеты надо было постоянно подпитывать, компенсируя его испарение до старта. Это создавало определенные проблемы.

Для разработки ракет дальнего действия и межконтинентальных ракет на долгохранимых компонентах топлива в 1954 г. на Украине было организовано КБ «Южное». В 1959 г. его возглавил М.К.Янгель. К тому времени там была завершена разработка проекта новой МБР Р-16, ориентированной на массовое развертыва-

ние. 24 октября 1960 г. произведен первый пуск Р-16, оказавшийся аварийным и повлекший гибель людей.

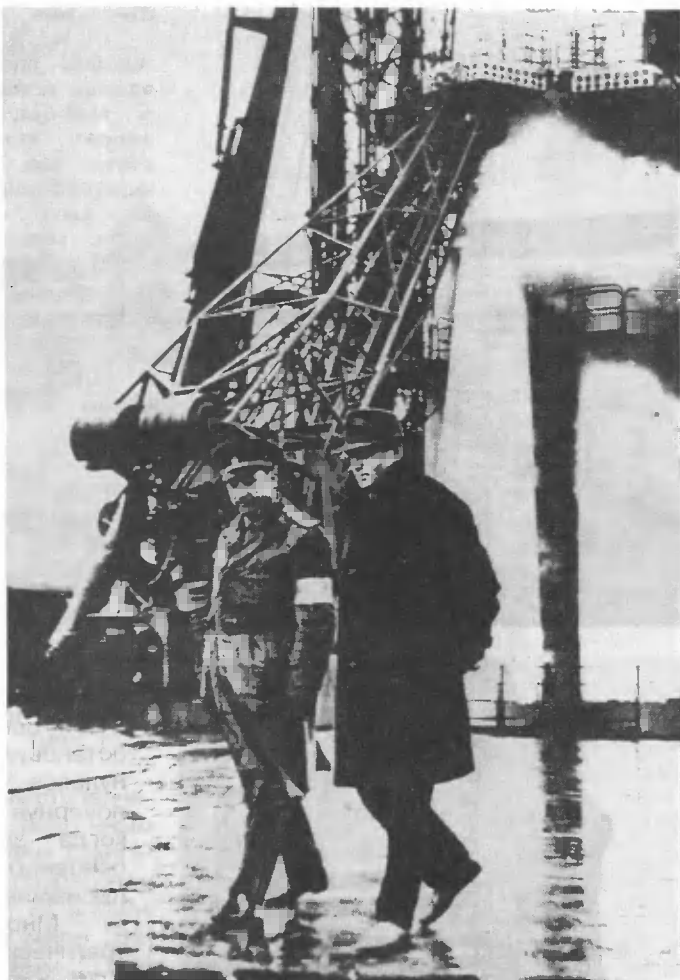
Летные испытания ракетного комплекса Р-16 были начаты в октябре 1960 года под руководством Государственной комиссии, которую возглавлял Главный маршал артиллерии М.И.Неделин.<...>

День клонился к вечеру, смеркалось... Начались последние испытания — предстартовые проверки системы управления. Маршал Неделин сидел на табурете примерно в семнадцати метрах от подножия ракеты. Рядом разместились конструкторы и руководители министерства. Генерал Мрыкин [заместитель начальника Байконурского полигона] подошел к Янгелю: «Все, Михаил Кузьмич, бросаю курить, идемте отойдем в сторонку, выкурим по последней сигарете». <...> Редкий случай, но та «последняя» сигарета спасла ему и Янгелю жизнь.

В 18 часов 45 минут по местному времени была объявлена 30-минутная готовность к пуску. В это время при выполнении операции по приведению в исходное положение программного токораспределителя от него прошла преждевременная команда на запуск

Одна из встреч ракетчиков и атомщиков. Слева направо — С.П.Королев, И.В.Курчатов, М.В.Келдыш, В.П.Мишин. Снимок сделан возле «домика лесника» — особняка в Щукино, расположенного рядом с «Лабораторией № 2» (организована в 1943 г.), где велись работы над атомной бомбой (ныне территория Российского научного центра «Курчатовский институт»).

←



Байконур, стартовая площадка ракеты-носителя «Союз». Пусковая команда находится в укрытии, на стартовой площадке только двое: Главный Конструктор В.П.Мишин и Главный «пускач» — генерал А.С.Кириллов. До старта 15 минут. 70-е годы.

маршевого двигателя второй ступени. Газовой струей работающего двигателя были разрушены оболочки топливных баков первой ступени, возникли пожар и взрыв.<...>

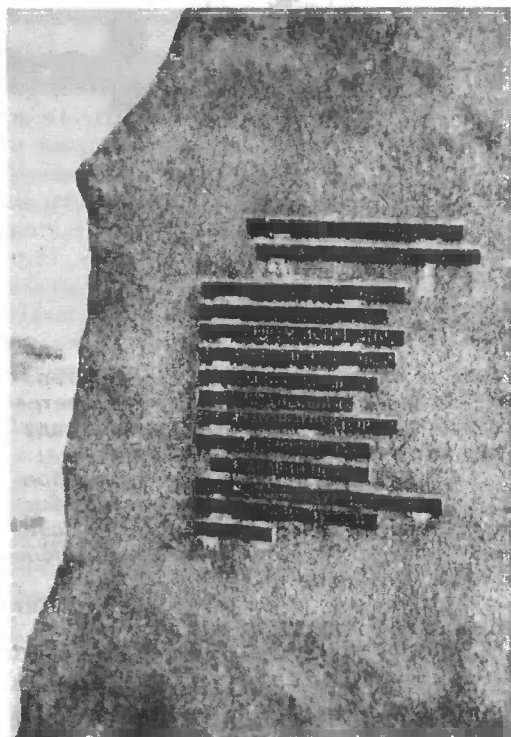
«Плотная струя огня неожиданно вырвалась, накрывая все вокруг, часть боевого расчета и испытателей инстинктивно пыталась вырваться из опасной зоны, люди бежали в сторону правого старта к аппарели — специальному накату, под которым укрывалась различная техника <...>, но на их пути была полоса из свежесалитого битума, тотчас расплавившегося. Многие застревали в горячей вязкой массе и становились добычей огня. <...> Самая страшная участь постигла тех, кто находился на верхних «этажах» площадок обслуживания, — люди срывались в

пламя и вспыхивали, как свечи, горящие на лету. Температура в эпицентре пожара была около трех тысяч градусов». [Из воспоминаний очевидца.]

Погибла значительная часть боевого расчета и ряд руководящих работников, находящихся на стартовой позиции вблизи ракеты, в том числе маршал М.И.Неделин.

Болотин А.Ю. Кто нам ломает крылья. М., 1990. С.16—17.

Трагической ошибкой была уверенность работавших с ракетой специалистов в полной обесточенности ракеты, в том числе и второй ступени. В действительности бортовой источник питания — ампульные батареи — были приведены в рабочее состояние.



При попытке запуска ракеты программный токраспределитель (ПТР) сошел с нулевого положения и остановился, привести его опять в нулевое положение можно, только повернув на 360°. При повороте ПТР, когда замкнулись контакты запуска основного двигателя второй ступени, произошёл его запуск.

Много лет спустя, посетив место трагической гибели участников пуска Р-16, журналист А.Ю.Болотин написал:

Странные чувства владели мною и здесь, на заброшенном пустыре, где когда-то располагался боевой старт, о котором сегодня напоминают лишь одинокие бетонные бункеры, похожие на древние печальные склепы, и погнутая ржавая рама стартового стола с кое-где проросшей травой да дренажная канава, в которой, очевидно, остались неразобранные коммуникации. Двадцать восемь лет прошло, а впечатление такое, что с тех пор и не ступала здесь нога человека. А ведь священен не только Тюр-Там [железнодорожная станция в 30 км от Байконура], священы и эти бетонные плиты, навсегда впитавшие в себя плоть и кровь раздавленных взрывом людей. Почему же мы глухи и слепы к их памяти,

Байконур. Обелиск на месте аварии ракеты Р-16. Апрель 1991 г.

Фото Н.И.Паничкина

почему стыдливо делаем вид, что ничего тогда не произошло? <...>

Политработники полигона рассказывали мне, что не раз ставили вопрос о приведении площадки в порядок, о создании на месте гибели героев мемориала, который мог бы стать центром духовного воспитания будущих поколений ракетчиков. Но пока их попытки разбиваются о глухую стену равнодушия.

Болотин А.Ю. Кто нам ломает крылья. С.23.

2 февраля 1961 г. состоялся второй, успешный пуск ракеты, после чего приступили к ее серийному производству.

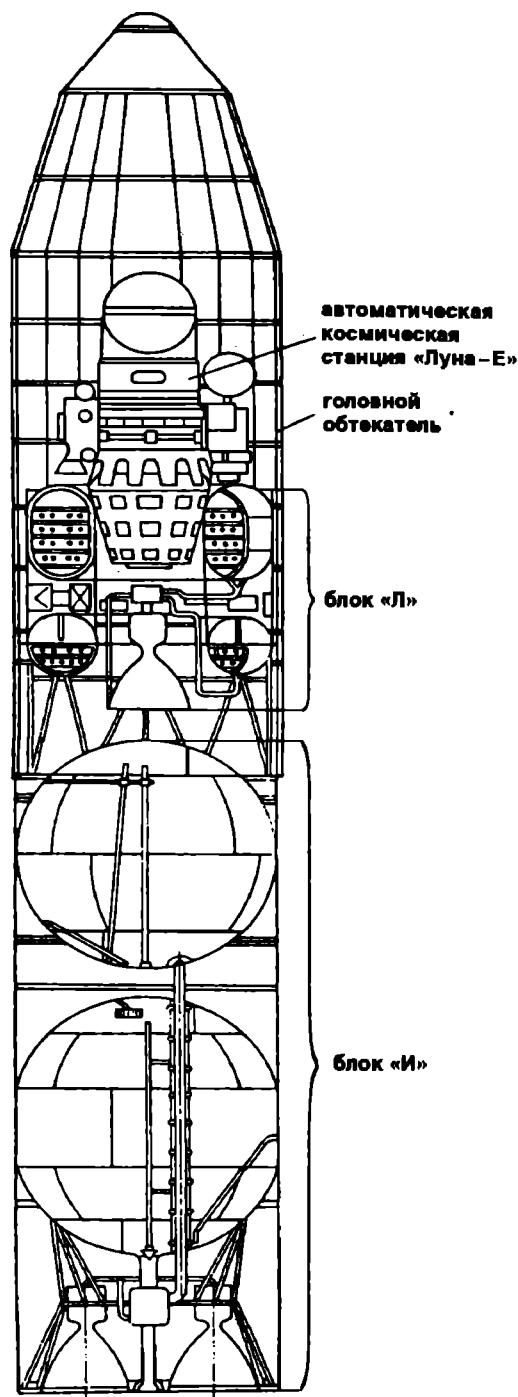
На базе Р-7 была разработана серия ракет-носителей для выведения автоматических космических аппаратов (АКА) и пилотируемых космических кораблей (ПКС) в космос.

С помощью двухступенчатой ракеты-носителя «Спутник» 4 октября 1957 г. был запущен первый в мире искусственный спутник земли (ИСЗ), а 3 ноября 1957 г. и 15 мая 1958 г. — соответственно ИСЗ-2 и 3.

При использовании трехступенчатой ракеты-носителя с разгонным блоком «Е» на третьей ступени (двигатель для этого блока разработан ОКБ-1 и ОКБ С.А.Косберга) 12 апреля 1961 г. стартовал первый в мире ПКС с космонавтом Ю.А.Гагариным. Этой же ракетой доставили АКА первого поколения к Марсу и Венере.

С помощью четырехступенчатой ракеты-носителя «Молния» с разгонным блоком «И» на третьей ступени (двигатель РО-9 конструкции ОКБ Косберга) и разгонным блоком «Л» на четвертой ступени (двигатель С1-5400 конструкции ОКБ-1) запущены космические аппараты второго поколения, в том числе спутник связи «Молния».

Трехступенчатая ракета-носитель с разгонным блоком «И» на третьей ступени была использована для выведения на околоземные орбиты тяжелых ПКС «Восход». В дальнейшем эта модифицированная ракета-носитель, получившая название «Союз», стала использоваться для выведения на



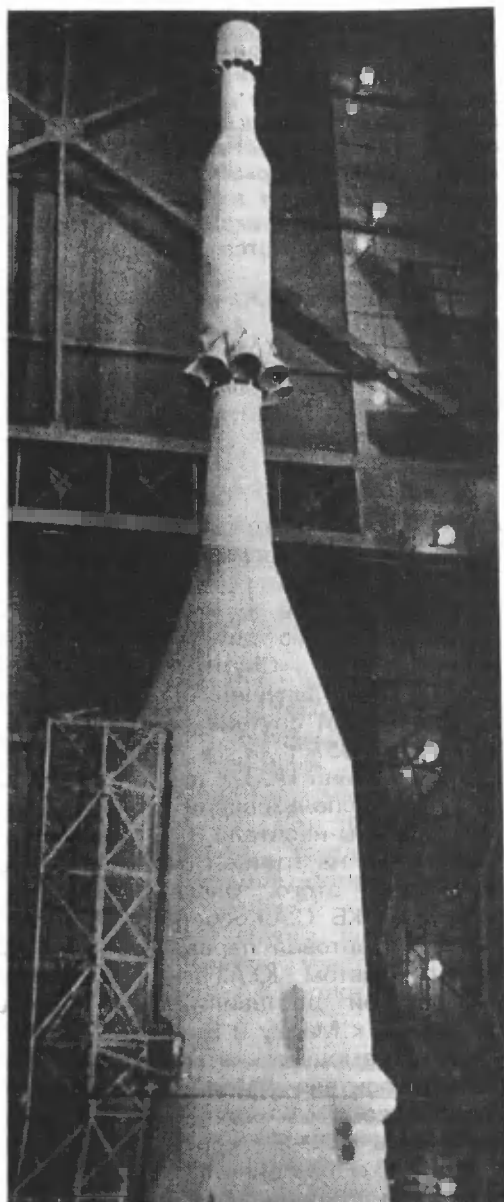
Компоновочная схема ракетных блоков «И» и «Л» ракеты-носителя «Молния». (Основы проектирования летательных аппаратов / Под ред. В.П.Мишина. М., 1985.)

головной
обтекатель
и лунный
комплекс ЛЗ

блок "В"

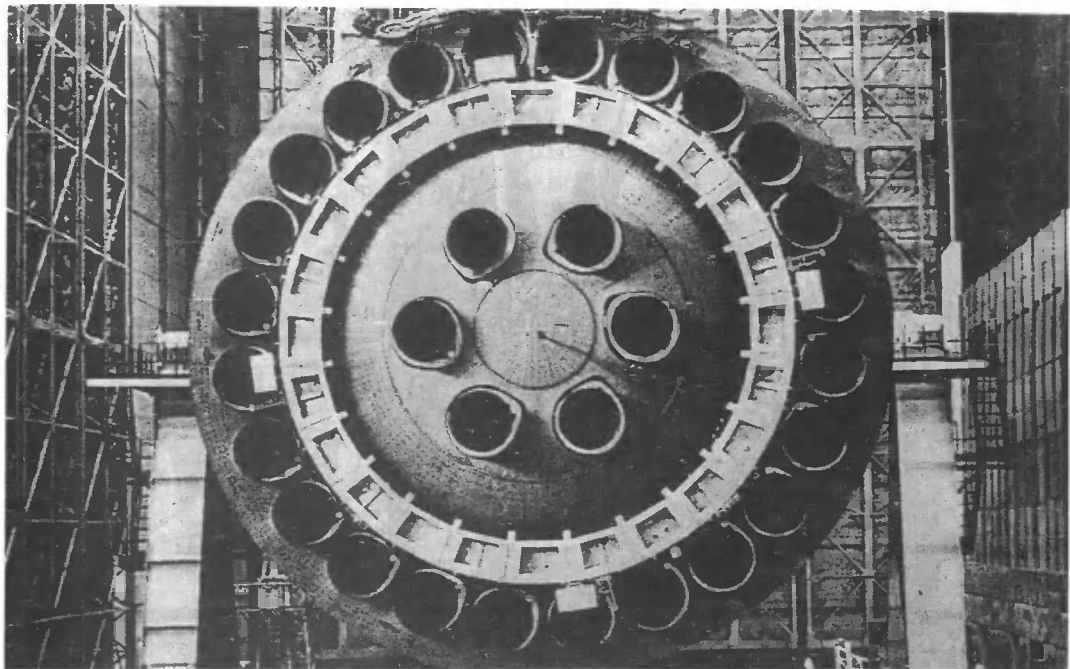
блок "Б"

блок "А"



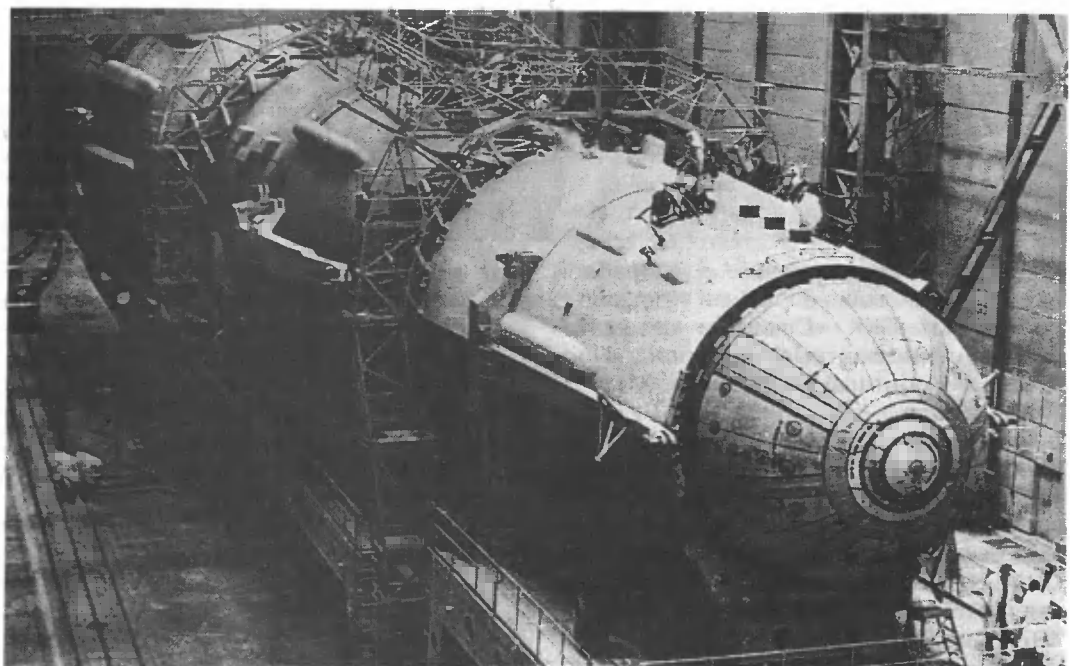
Конструктивно-компоновочная схема носителя Н1 с лунным комплексом ЛЗ под головным обтекателем. Максимальный диаметр корпуса 16 м, общая длина 105,3 м, диаметр головного обтекателя 6 м.

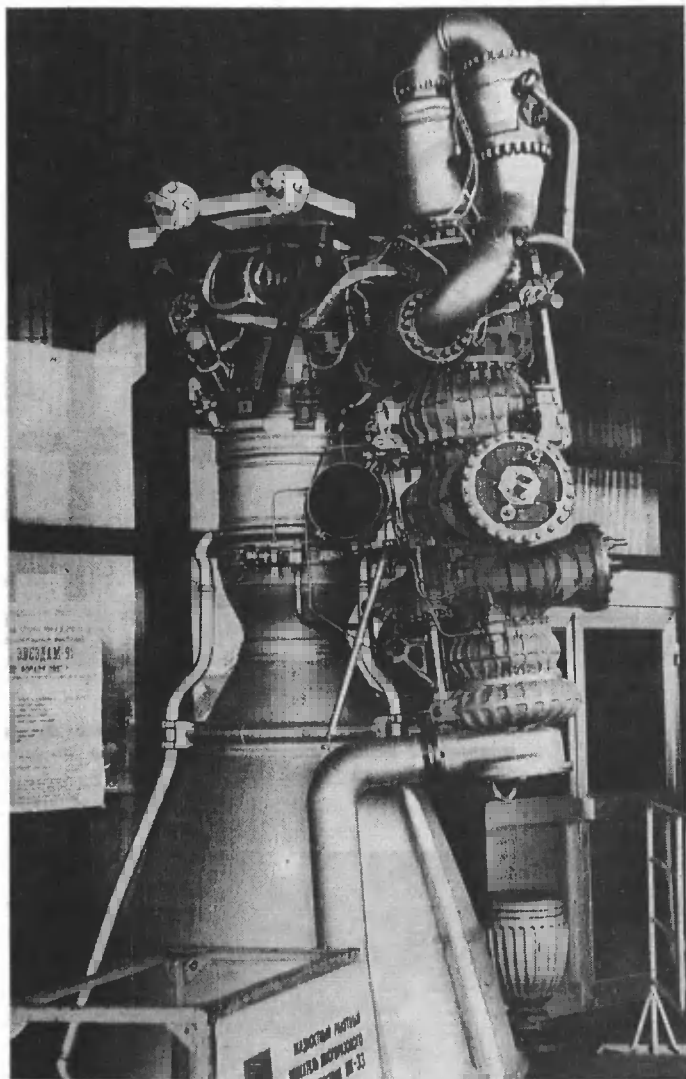
Отделяемая часть комплекса ЛЗ с пороховыми двигателями системы аварийного спасения. Эта система была полностью отработана при пусках ракеты-носителя Н1.



Вид на донную часть разгонного блока первой ступени ракеты-носителя Н1.

Ракета-носитель Н1 без полезной нагрузки в монтажно-испытательном корпусе на космодроме Байконур.





Единый ракетный двигатель НК-33 (конструкции Н.Д.Кузнецова) тридцатидвигательной установки разгонного блока первой ступени ракеты-носителя Н1. ВДНХ, выставка «К звездам — 91».

Фото Н.И.Паничкина



Компоновочная схема лунного корабля.

Трап лунного корабля в сложенном положении, по которому космонавт должен был спуститься на поверхность Луны.



Фото Н.И.Паничкина

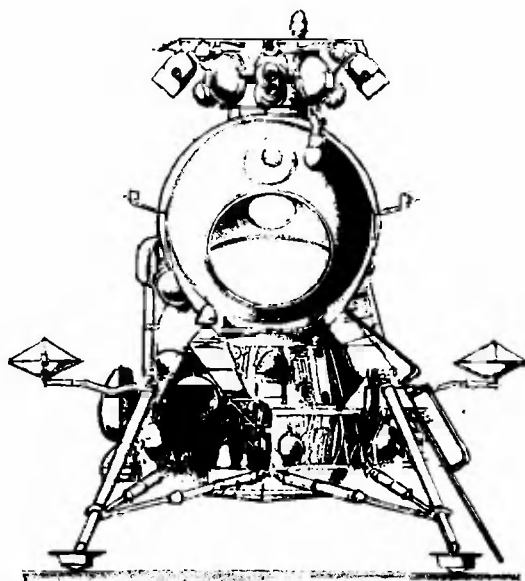
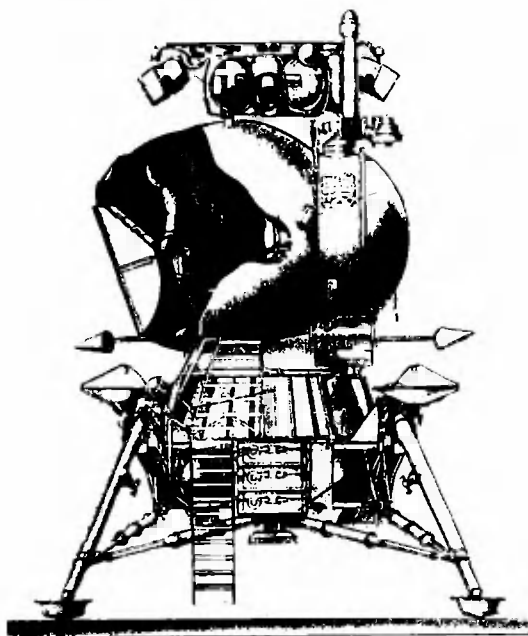
орбиты пилотируемых кораблей «Союз». И сейчас с ее помощью доставляют ПКС «Союз» и автоматические транспортные корабли «Прогресс» к орбитальной станции «Мир».

Запуск в СССР первого ИСЗ и первого космического корабля с Гагариным на борту ослабили позиции США как передовой в научно-техническом отношении державы. Джон Кеннеди, бывший в то время президентом США, заявил о необходимости высадки американской экспедиции на Луну до 1970 г.

С 25 мая 1961 г. США разверну-

ли интенсивные работы над проектом ракетно-космического комплекса (РКС) «Сатурн-V—Аполлон», предусматривавшим высадку двух астронавтов на Луну с их последующим возвращением на Землю. Этим работам был придан статус общенациональной программы.

Наша страна с почти трехлетним опозданием включилась в это негласное соперничество. Начались работы над проектом комплекса Н1-ЛЗ, рассчитанным на высадку на Луну человека. В конце 1964 г. в ОКБ Королева был разработан проект такого космического комплекса. Он предусматривал

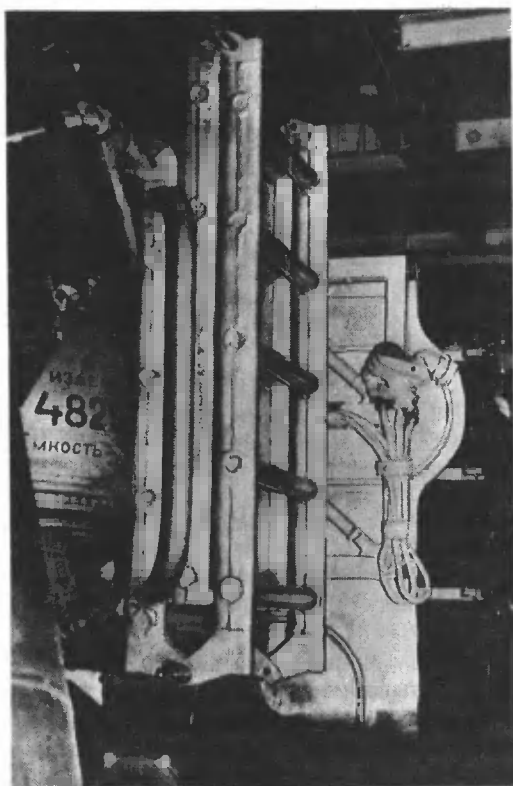


высадку на Луну одного космонавта в лунном корабле, в то время как на окололунной орбите в лунном орбитальном корабле (ЛОК) должен находиться другой космонавт. Масса полезной нагрузки носителя, первоначально определенная в 92 т, в дальнейшем была увеличена до 95 т; стартовая масса — около 2700 т.

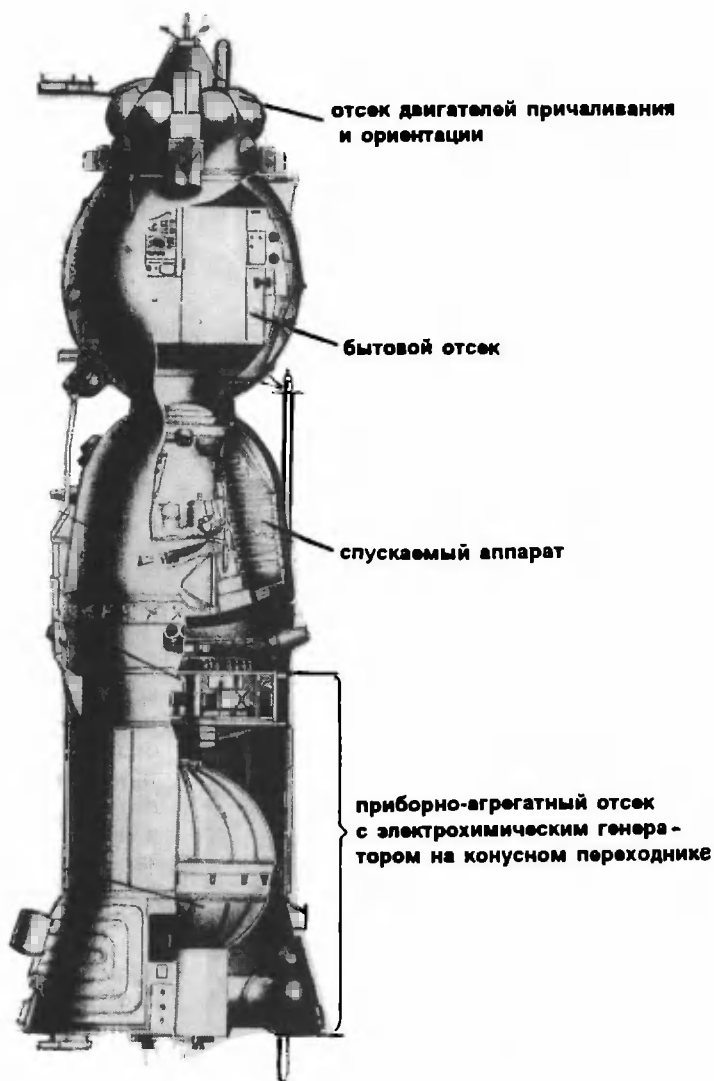
На разгонном блоке первой ступени размещалась тридцатидвигательная установка с номинальной тягой единичного двигателя у Земли 1509 кН. По периферийной окружности находились 24 двигателя, а внутри ее — 6 центральных двигателей. Периферийные двигатели по командам системы управления могли менять тягу в пределах 77—104% номинального значения.

Варьирование ею использовалось для управления носителем по каналам тангажа и рыскания, управление по крену осуществлялось поворотными соплами крена; при этом газ отбирался из газопроводов периферийных двигателей.

Предполагалось отработать единственный двигатель до определенного уровня надежности, а надежность всей



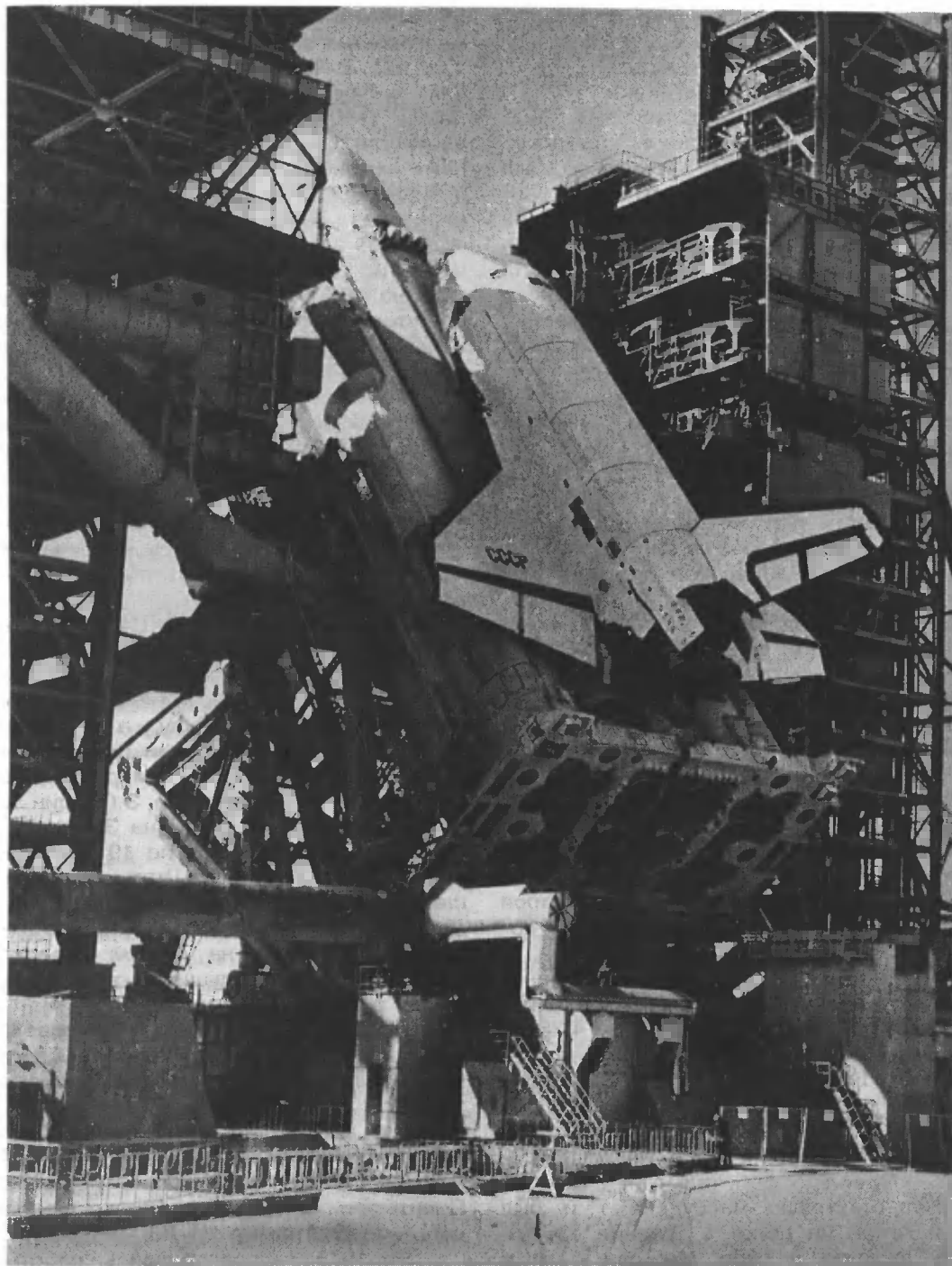
**Компоновочная схема лунного
орбитального корабля.**



двигательной установки обеспечить с помощью системы диагностики, которая в полете (например, на участке полета первой ступени) могла бы выключить до двух пар двигателей. Двигатель, параметры которого вышли из допустимых пределов, выключался, одновременно для сохранения симметрии нагружения конструкции выключался диаметрально противоположный ему двигатель. Оставшиеся исправные двигатели полностью вырабатывали топливо за счет увеличения времени работы; при этом обеспечивались необходимые управляющие моменты. Единич-

ный однокамерный двигатель такой размерности с регулируемой тягой и дожиганием окислительного газа (на топливе жидкий кислород—керосин) создавался впервые. Уверенность Королева в возможности создания такого двигателя была основана на том, что по аналогичной схеме работал прототип — двигатель разгонного блока «Л» с тягой 67 кН.

Космические корабли, которые разрабатывались по программе Н1-Л3 и были реализованы в металле, прошли трудоемкий цикл отработки, но долететь до Луны им не было



Комплекс «Энергия—Буран» в процессе установки в вертикальное положение на старте.

суждено. Однако специалисты, создавшие эту технику, как и сами космические комплексы, заслуживают того, чтобы о них знали и помнили.

Время автономной работы одноместного лунного корабля составляло 46 ч, из них 24 ч он должен был находиться на поверхности Луны. Основное торможение при посадке на Луну, начиная с высоты 25 км, шло за счет работы двигателя блока «Д». На высоте 3 км блок сбрасывался и кратковременно включался основной двигатель лунного корабля на торможение. У поверхности Луны этот двигатель переводился в режим малой тяги для предпосадочного маневра, при выполнении которого космонавт сажал корабль на выбранную площадку. Чтобы избежать опрокидывания, при посадке использовались специальные пороховые двигатели прижатия. Система жизнеобеспечения, расположенная в ранце космонавта, при его выходе из корабля была рассчитана на 6 ч автономной работы.

Во время взлета основной двигатель лунного корабля включался второй раз. Если при его первом включении расход топлива составлял 750 кг, то при втором — 1950 кг. В случае отказа этого двигателя во время как посадки, так и взлета предусматривалось включение резервного двухкамерного двигателя. Если основной двигатель выходил из строя при посадке, она отменялась и корабль переводился в режим взлета. В момент посадки на Луну масса лунного корабля должна была составить 5,25 т, в момент взлета — 4,28 т, полезный объем кабины космонавта — 4,5 м³. Лунный корабль в беспилотном варианте троекратно испытывался на околоземной орбите и был полностью готов для полета к Луне.

Лунный орбитальный корабль имел стартовую массу 9,4 т и был рассчитан на полет в течение 13 сут. Он включал в себя два двигателя и сферический топливный отсек с 2,7 т долгохраняемого топлива. Для стыковки на орбите Луны был отработан в составе космического корабля «Союз»

сближающе-корректирующий двигатель многократного включения с тягой 4,09 кН. В начальный момент движения лунного орбитального корабля к Земле использовался двухкамерный двигатель с тягой 32,36 кН однократного включения. Энергопитание обеспечивалось от электрохимического генератора, работающего на запасах водорода и кислорода. Теплозащитное покрытие спускаемого аппарата рассчитано на вход в атмосферу Земли со второй космической скоростью и испытано при полетах беспилотных кораблей серии «Зонд».

Одновременно с этим проектом разрабатывался другой, рассчитанный на облет Луны одним-двумя космонавтами с возвращением их на Землю.

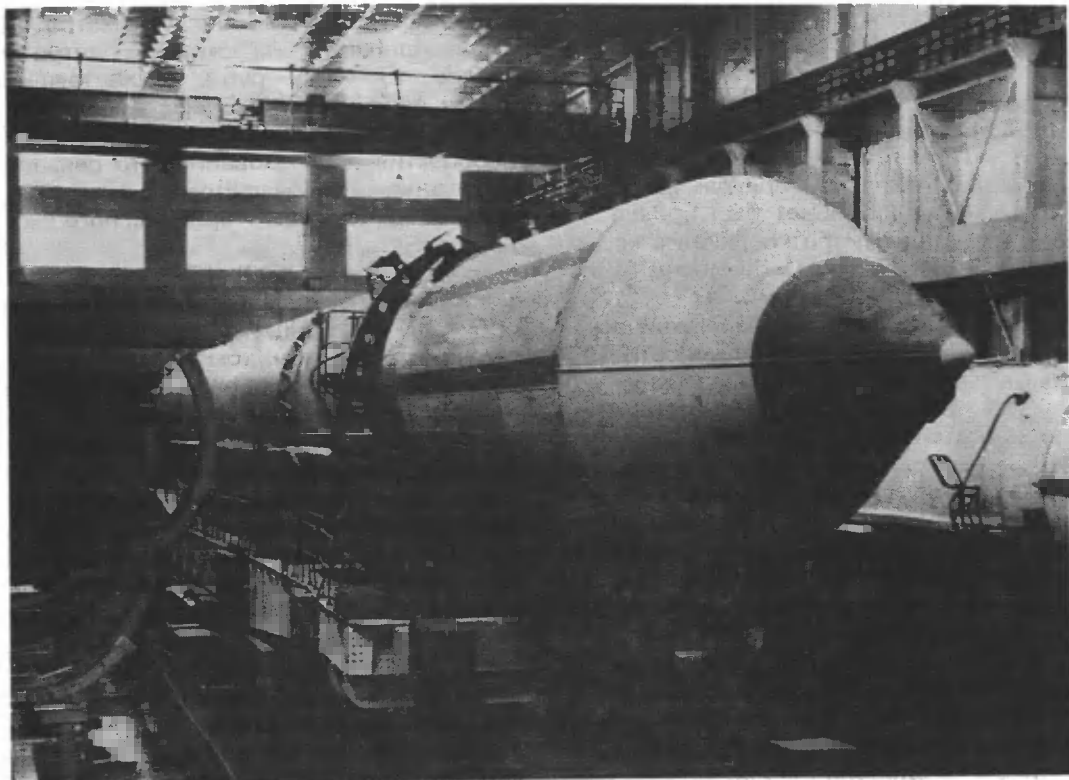
Согласно же программе «Сатурн-V—Аполлон», облет Луны американскими астронавтами предусматривался как промежуточный этап перед полетом и высадкой на Луну.

В декабре 1968 г. США произвели запуск космического корабля «Аполлон-8», в котором три астронавта — Ф.Борман, Дж.Ловелл и У.Андерс — облетели Луну, а в июле 1969 г. впервые по лунной поверхности «совершили прогулку» американские астронавты Н.Армстронг и Э.Олдрин и затем успешно вернулись на Землю.

С 16 июля 1969 г. по 19 декабря 1972 г. Соединенные Штаты провели шесть удачных экспедиций на Луну. Двенадцати американским астронавтам удалось побывать на лунной поверхности. Налогоплательщикам это обошлось в 25 млрд. долл.

Что касается аналогичной советской программы, то с 1969 по 1972 г. было выполнено четыре экспериментальных пуска ракеты-носителя Н1, которые закончились авариями в разные моменты полета первой ступени. В середине 1974 г. вышло решение Политбюро ЦК КПСС о прекращении работ по программе Н1-ЛЗ.

В 1976 г. развернулись работы над ракетой-носителем «Энергия» и орбитальным космическим кораблем многократного использования «Буран». Поиск варианта велся с 1974 г.



Байконур. Ракета-носитель «Зенит» в монтажно-испытательном корпусе.

США, завершив программу «Сатурн-V—Аполлон» в 1972 г., приступили к разработке многоразовой транспортной космической системы (МТКС) «Спейс Шаттл». 12 апреля 1981 г. состоялся ее первый испытательный пилотируемый полет.

Дежурство в космосе корабля с ядерным зарядом на борту может быть реализовано лишь при наличии носителя такого вида оружия, роль которого вполне может выполнять орбитальный космический корабль «Спейс Шаттл». Последний может маневрировать в околоземном пространстве с использованием как двигателей системы орбитального маневрирования (с 11-тонным запасом долгохранимого топлива на борту), так и крыльев (без затрат топлива, при кратковременных погружениях в верхние слои атмосферы).

У «Шаттла» имеются все необходимые служебные системы по обеспечению широкого спектра полезных нагрузок, он может доставить обратно на Землю до 14,5 т полезной нагрузки.

В нашей стране ракетно-космический комплекс УР500-Л1 с ракетой-носителем «Протон», предназначенный для облета Луны с двумя космонавтами и возвращения их на Землю со второй космической скоростью, был отработан в автоматическом варианте (запуски аппаратов «Зонд-5,6,7,8»), но его пилотируемые пуски отменили ввиду опережения нас американцами. Работы по Н1-Л3 прекратили по той же причине, хотя на их проведение уже было потрачено около 3 млрд. руб. при максимальных годовых затратах 600 млн. руб.

Причин, почему мы проиграли американцам в соревновании «Кто будет первым на Луне?», много. Укажем основные из них:

— недостаточное внимание к

этим работам со стороны высших руководителей страны;

- финансирование сразу двух дорогостоящих программ: облета Луны и высадки на ней экспедиции;

- принятие нерационального решения об отдельной программе облета Луны, поскольку облет был предусмотрен как этап отработки ракетно-космического комплекса Н1-Л3 перед экспедицией на Луну;

- недооценка научно-технической сложности отработки надежности РКК для высадки космонавтов на Луну;

- отказ Главного Конструктора по двигателям В.П.Глушко создать для Н1-Л3 ракетные двигатели при использовании топлива жидкий кислород—керосин. Глушко имел большой опыт по разработке подобных двигателей, и, кроме того, в его ведении находилась необходимая экспериментально-производственная база.

Следует отметить, что Валентин Петрович обосновал свой отказ экспериментальными данными, полученными им в результате отработки четырехкамерного кислородно-керосинового двигателя РД-111 для Р-9 (тяга у Земли 1407 кН) с газогенератором на основных компонентах. Через несколько лет он изменил свою точку зрения, но было поздно.

После закрытия программы по Луне в нашей стране приступили к созданию многоразового ракетно-космического комплекса «Энергия—Буран», подобного американской МТКС «Спейс Шаттл».

К настоящему моменту США выполнили более 79 успешных запусков «Спейс Шаттла», из них только 25-й был аварийным. В ходе эксплуатации системы «Спейс Шаттл» стало ясно, что часть задач в космосе дешевле решать одноразовыми носителями. В связи с этим президент Джордж Буш заявил, что эта система будет применяться в первую очередь для решения тех задач в космосе, которые не могут быть решены одноразовыми ракетами-носителями.

Система «Энергия—Буран» в беспилотном варианте стартовала один

раз — 15 ноября 1988 г. Несмотря на произведенные огромные затраты (более 15 млрд. руб.), в настоящее время работы по комплексу «Энергия—Буран» прекращены ввиду неясных перспектив использования, что связано с отставанием разработок по полезным нагрузкам для орбитального корабля «Буран».

На базе УР500К—Л1, пилотируемого космического корабля «Союз» и орбитальной станции «Алмаз» в нашей стране разработан комплекс УР500К—«Салют». На его основе созданы блоки орбитальной станции «Мир».

Базовый блок станции «Мир» был запущен 20 февраля 1986 г., а с 15 марта того же года она находится в пилотируемом режиме полета. С этой станцией дважды проводилась стыковка орбитального корабля «Спейс Шаттл». Первая состоялась 26 июня 1995 г., вторая — 25 апреля 1996 г., когда на «Мир» доставили американского астронавта Шеннон Люсид. Она пробыла на станции до 25 сентября 1996 г., ее вернул на Землю американский космический корабль.

Таким образом, стыковки орбитальных кораблей «Спейс Шаттл» и «Мир» возобновили российско-американское сотрудничество в космосе, столь необходимое для дальнейшего изучения и освоения космического пространства, начало которому было положено стыковкой американского «Аполлона» и нашего «Союза». К сожалению, запуск более совершенной орбитальной станции «Мир-2» задерживается из-за нехватки финансирования.

На базе одного бокового разгонного блока ракеты-носителя «Энергия» создана двухступенчатая ракета-носитель «Зенит», работающая на топливе жидкий кислород—керосин. Она включает двигатели замкнутой схемы, имеет высокую степень автоматизации подготовки ракеты к старту и способна выводить на низкие орбиты грузы массой ~14 т при стартовой массе 460 т. «Зенит» — экологически чистая ракета и, по замыслу разработчиков, должна стать одним из основных



Министр общего машиностроения С.А.Афанасьев и Главный Конструктор ОКБ-1 В.П.Мишин (в центре в первом ряду) с группой сотрудников ОКБ, военных и космонавтов. В том же ряду слева — Б.В.Раушенбах и Б.Е.Чертюк; во втором ряду второй справа — Ю.И.Семенов (ныне президент ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П.Королева). Начало 70-х.

средств выведения в космос полезных грузов на ближайшие десятилетия. При достижении определенного уровня надежности этого носителя предполагается использовать его для доставки на орбиту ПКК нового поколения и широко применять в коммерческих запусках.

На базе разработанных для «Энергии» двигателей, которые сегодня выпускаются серийно, создается двухступенчатая ракета-носитель «Ангара» с топливом жидкий кислород — керосин на разгонном блоке первой ступени и жидкий кислород — жидкий водород — на второй. С космодрома Плесецк эта ракета сможет вывести 26 т полезной нагрузки на орбиту с параметрами: высота (круговой орбиты) 200 км, наклонение 63° при стартовой массе 640 т. Для этих двух

ракет в Плесецке начали строить универсальный стартовый комплекс.

Работающая в космосе станция «Мир» в значительной степени уже выработала свой ресурс. Предполагается, что ее заменит международная орбитальная станция «Альфа». Если же этот проект не будет осуществлен, на околоземную орбиту выведут российскую станцию нового поколения «Мир-2».

РАЗМЫШЛЯЯ О БУДУЩИХ КОСМИЧЕСКИХ СТАРТАХ

С появлением суверенного государства Казахстан возник ряд проблем относительно космодрома Байконур, расположенного на его территории. Так, теперь приходится платить Казахстану ежегодную арендную плату 115 млн. долл. (срок аренды, начиная с 28 марта 1994 г., 20 лет). Происходит частичная переориентация на запуски с космодрома в Плесецке, изучается вопрос об использовании плавучих платформ для морских стартов в сотрудничестве с фирмами США и Норвегии.

Что сегодня известно о космодроме Байконур? Там устарело 75%

техники, а ее износ составляет свыше 50%.

Соратник Королева, Б.Е.Черток пишет в своей книге²: «Надо ли было создавать полигон [Байконур] в таком гиблом месте только потому, что первоначально по карте было удобно расположить три пункта радиоуправления, которые спустя всего пять лет после начала строительства оказались ненужными?» И далее: «Я уверен, что, если бы в 1954 г. и даже в начале 1955 г. мы лучше чувствовали перспективу развития инерциальных систем навигации, комиссия Вознюка выбрала бы вариант Астраханской области».

Черток прав в том, что место в районе Байконура гиблое, не пригодное для постоянного проживания людей по климатическим и природным условиям. И к его предложению о строительстве космодрома в Астраханской области следует отнестись со всем вниманием. А начать можно было бы с сооружения универсального стартового комплекса для экологически чистых носителей «Зенит» и «Ангара». Конечно, возникает вопрос с зонами падения, прежде всего разгонных блоков первых ступеней этих носителей. Однако его можно решить, если разработать систему управления указанными блоками на нисходящем участке траектории и ограничить их районы падения.

Предложение использовать под космодром бывшую ракетную базу МБР «Свободный-18» в Амурской области не приемлемо прежде всего из-за сейсмоопасности этой зоны, значительного удаления космодрома от основных предприятий отрасли, близости границы с Китаем.

Создание нового космодрома связано с огромными вложениями, но России нужен свой национальный космодром, он жизненно необходим, поэтому деньги для его строительства следует изыскать. Здесь уместно вспомнить слова Королева: «Расходы

на космос окупятся во сто крат». А назвать космодром мы предлагаем коротким и гордым словом «Русь».

Послевоенное развитие ракетно-космической техники сыграло определяющую роль в ускорении научно-технического прогресса, вершиной которого явилось вступление в эру освоения космоса.

Велики заслуги первопроходцев, среди которых имя Сергея Павловича Королева занимает одно из самых почетных мест. Разработанная под его руководством межконтинентальная баллистическая ракета Р-7 послужила основой ракетно-ядерного щита, обеспечившего нашей стране паритет с США в доставке ядерного оружия в любую точку земного шара. Эта же ракета стала базовой при создании ракет-носителей космических аппаратов, благодаря которым наша страна занимала ведущие позиции в изучении и освоении космоса.

Продолжение космических исследований связано с затратами, которые в настоящее время не под силу даже богатым странам. Преодоление финансовых проблем лежит на путях международного сотрудничества.

Погоня за престижными достижениями, характерная для начального периода развития ракетно-космической отрасли, сейчас уступает место целенаправленной деятельности человечества, ориентированной на дальнейшее освоение космоса для решения земных проблем: энергетической, экологической, предотвращения ракетно-ядерной войны, в том числе путем создания международной системы противоракетной обороны, которая будет уничтожать наземными или космическими средствами любую ракету с ядерным зарядом на борту.

В решении этих проблем заинтересовано все мировое сообщество, поэтому дальнейшее освоение космоса должно стать аренной международного сотрудничества, направленного на благо всех обитателей планеты Земля.

² Черток Б.Е. Ракеты и люди. М., 1994. Ч.1. С.412.

Роль океана в формировании долгопериодных колебаний климата

В. Н. Степанов



Владимир Николаевич Степанов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН. Занимается моделированием геофизических процессов, в частности океанской и атмосферной циркуляции, а также моделированием долгопериодных изменений климата.

ДОСТОВЕРНО известно, что в последние два миллиона лет климат Земли существенно менялся: на смену периодам, когда ледяной покров распространялся на значительные территории Северной Америки и Европы, приходили относительно более теплые межледниковья. Предпринималось множество попыток объяснить причины этих долгопериодных климатических колебаний — еще в середине нашего столетия их число превышало полсотни¹. Среди них, на первый взгляд, наиболее привлекательна гипотеза югославского астронома Дж.Миланковича, предположившего, что перемены климата на планете в основном вызваны изменениями орбитальных параметров Земли: наклонения эклиптики (с периодом колебания 41 тыс. лет), прецессии земной оси (21 тыс. лет), эксцентриситета (100 тыс. лет). Влияние этих факторов проявляется в изменчивости распределения инсоляции на внешней границе атмосферы. При этом наиболее сильно выражены колебания первых двух характеристик. Однако, судя по палеогеографическим данным, значительно ярче заметны колебания климата на периодах около 100 тыс. лет. Поэтому естественно попытаться найти некоторые механизмы взаимодействия в самой климатической системе, обуславливающие колебания в ней. Относительно недавно специалисты обратили внимание на связь изменчивости климата (за десятки лет) с циркуляцией океана². Цель

© Степанов В.Н. Роль океана в формировании долгопериодных колебаний климата.

¹ Сергин В.Я., Сергин С.Я. Системный анализ проблемы больших колебаний климата и оледенения Земли. Л., 1978.

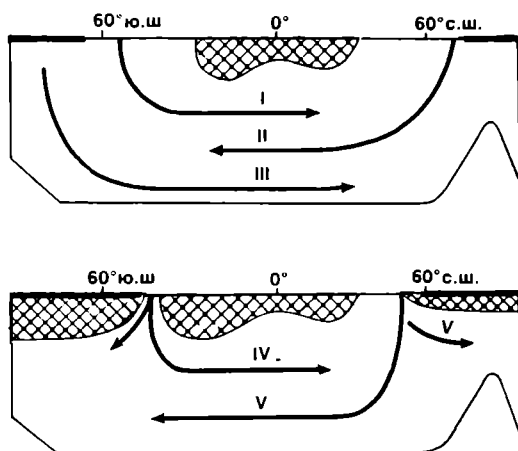
² Лаппо С.С. Механизм межокеанского обмена теплом и солями // М., Природа. 1995. № 2. С.100—106.

данной статьи — показать роль океана в долгопериодных колебаниях климата.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О КЛИМАТЕ

Согласно современным представлениям, климат Земли — это статистический ансамбль состояний, проходящих системой океан — суша — атмосфера за несколько десятилетий³. Если принять во внимание, что 70% Земли занимает Мировой океан — самое медленно меняющееся (инерционное) звено в климатической системе — то определение климата всей системы по существу совпадает с определением климата океана. Последний формируется гидрофизическими океанскими полями, приспособившимися к среднесуточному состоянию атмосферы и к геометрии океанских бассейнов, т.е. к конфигурации береговой линии и рельефу дна. Современное взаимное расположение океана, суши и льдов определяет состояние современной климатической системы — оно обусловлено циркуляцией атмосферы и океана.

В соответствии с зональным обменом энергии и веществ как в океане, так и в атмосфере в одних и тех же географических областях создаются однотипные системы с весьма близкими горизонтальными масштабами. Так, в низких широтах происходит антициклоническое обращение водных и воздушных масс (по часовой стрелке), в высоких широтах — циклоническое (против часовой стрелки), а в северной полярной области над океаном обращение масс снова антициклоническое. В пределах океана одни и те же системы сохраняются в течение круглого года в воде и воздухе, что объясняется однородностью подстилающей (водной) поверхности и относительно малой сезонной изменчивостью свойств вод и их циркуляции. Исключение — северные части Атлантического и Тихого океанов. Здесь при постоянном циклоническом обращении океанских вод Исландский и Алеутский барические минимумы в



Схематичный меридиональный разрез циркуляции океана для межледниковых (сверху) и ледниковых условий на западе Атлантики.

Римскими цифрами обозначены: антарктические промежуточные воды (I), североатлантические глубинные воды (II), антарктические придонные воды (III), ледниковые промежуточные воды (IV), ледниковые придонные воды (V). Заштрихованы поверхностные воды с низкой плотностью, цветом показан морской лед. Область образования глубинных вод в ледниковое время находится ближе к экватору из-за перемещения морского льда к низким широтам.

атмосфере хорошо выражены только осенью и зимой, а летом они размываются. Для сезонной изменчивости переноса воздушных и водных масс характерно небольшое смещение в холодное время года всех систем вдоль меридиана в направлении к низким широтам, а также усиление интенсивности циркуляции (в результате увеличения температурных контрастов между тропическими и полярными широтами). В атмосфере эти изменения значительно больше, чем в океане.

Перемещение водных и воздушных масс, энерго- и массообмен в приповерхностном слое океана и атмосферы происходит в основном вдоль параллелей. Межширотный обмен, помимо последовательного переноса масс из одной системы в другую, осуществляется за счет меридиального обмена по периферии круговоротов вод. В низких

³ Монин А.С. Введение в теорию климата. Л., 1982.

широтах вдоль западных берегов океанов самые легкие тропические воды выносятся в умеренную зону. В ней самой и в субполярной зоне, наоборот, более плотные воды текут вдоль западных побережий в направлении низких широт, а менее плотные воды умеренного и тропического поясов — вдоль берегов в высокие широты Мирового океана. У западных берегов океана из-за изменения силы Кориолиса по мере изменения широты образуются узкие пограничные интенсивные течения (например, в Северном полушарии — это течения Гольфстрим и Куроисио). На восточных границах усиления циркуляции не происходит.

Ориентировка главных крупномасштабных поверхностных течений по направлению преобладающих ветров показывает, что эти течения в значительной мере обусловлены ветровым воздействием на поверхность океана. Создаваемые ими сгоны и нагоны формируют «рельеф» поверхности океана. Более всего она приподнята (до метра) на западных окраинах океанов, а понижена в приполярных областях.

Циркуляция глубинных вод в основном определяется горизонтальным и вертикальным распределением плотности морской воды, хотя следует отметить, что в формировании стратификации заметную роль играет ветер наряду с тепловым взаимодействием океана и атмосферы, обменом массой между ними (осадки и испарение). Весьма существенны для циркуляции затраты и выделение тепла, а также осолонение (опреснение) при образовании (таянии) льда. Во многих районах Мирового океана глубинные воды движутся в противоположных поверхностным течениям направлениях. Важнейший фактор образования глубинных вод — проникающая конвекция, связанная с опусканием вод при осолонении и охлаждении в областях интенсивного выхолаживания и льдообразования.

Хотя циркуляции в северных частях Атлантики и Тихого океана в общих чертах похожи, между ними имеется существенное различие. Так в

Атлантике плотные воды на ее северной границе опускаются вниз и текут затем к югу, причем испарение с поверхности океана превышает количество выпавших осадков (это первый тип циркуляции). В северной же части Тихого океана плотные придонные воды вовсе не образуются, а поступают от берегов Антарктиды, а количество осадков здесь больше испарения с поверхности (второй тип циркуляции).

Восстановить картину циркуляции вод и гидрологический режим древних океанов можно с помощью традиционных методов анализа океанских отложений. Но более предпочтителен метод математического моделирования. Однако и в этом случае необходимо знать условия, складывающиеся на поверхности океана, и прежде всего температуру и соленость.

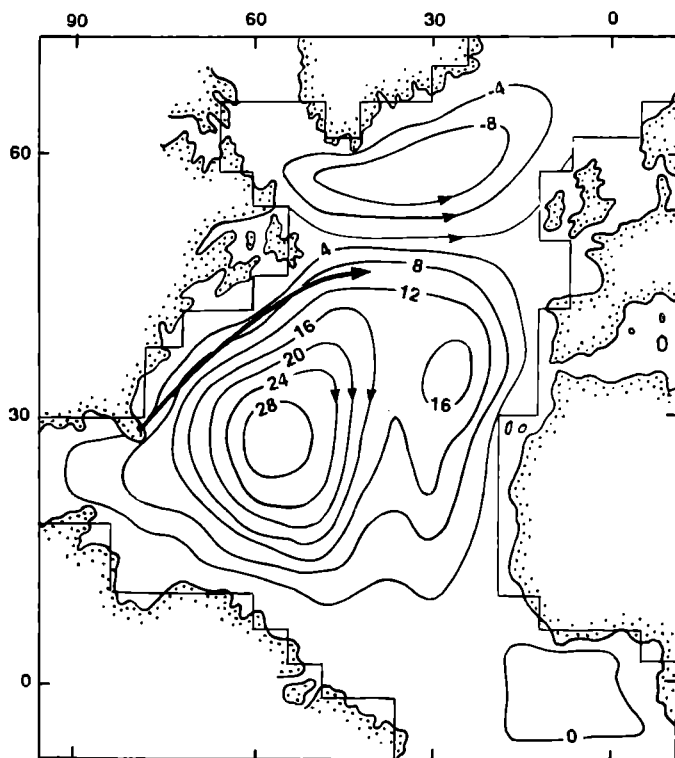
На основе анализа кернов осадков были построены карты температуры поверхности океана для максимума последнего вюрмского (или валдайского) оледенения — 18 тыс. лет назад⁴.

При их сравнении с современными, оказывается, что ширина экваториального пояса не изменилась, а зоны более высоких широт значительно сузились, т.е. основные перемены в циркуляции океана должны были происходить в умеренных и высоких широтах. Поверхностная температура Северной Атлантики менялась сильнее, чем в северной части Тихого океана. Следовательно, более сильные изменения океанской циркуляции должны были наблюдаться в Северной Атлантике. Численные эксперименты подтвердили этот вывод.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОКЕАНСКОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

В численных экспериментах по воспроизведению океанских циркуляций для современного периода и вюрма необходимые граничные усло-

⁴ CLIMAP project members. Seasonal reconstruction of the Earth's surface of the last glacial maximum // Geol. Soc. Amer. Map and chart. N.-Y., 1981.



Суммарный перенос водных масс (функция полных потоков в северовузах, $1 \text{ св} = 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$) в Северной Атлантике в современный период (слева) и 18 тыс. лет назад. В настоящее время южная граница циклонического круговорота проходит между 52° — 56° с.ш. В юрме интенсификации антициклонической циркуляции не произошло,

вия на поверхности океана получались с помощью зональной модели атмосферы⁵. При моделировании использовалась расчетная сетка с разрешением 4° по широте и 6° по долготе; в модели было четыре расчетных горизонта: 0, 500, 1500 и 2500 м. Зональные поля в модели современной и четвертичной атмосферы рассчитывались в полосе от 90° ю.ш. до 90° с.ш. с шагом по меридиану 4° .

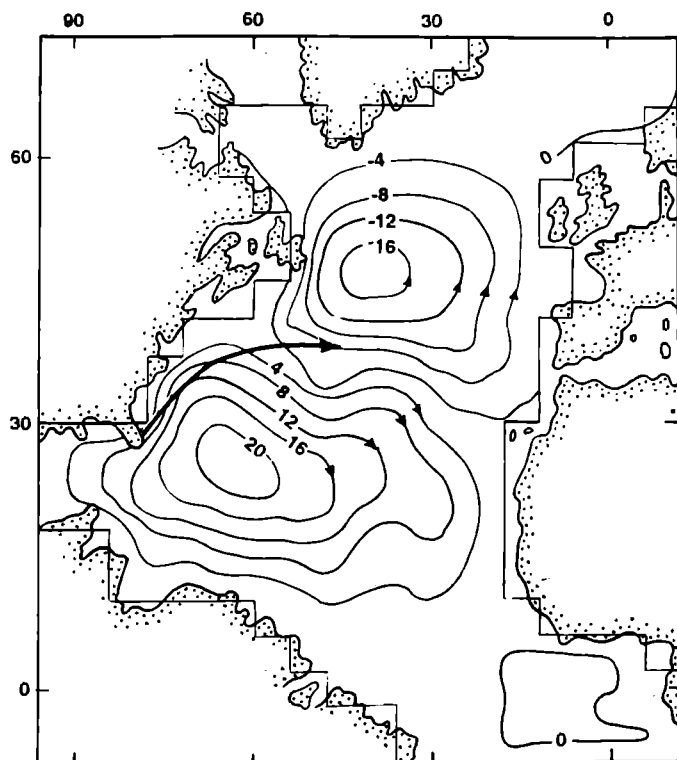
Разница между значениями средней многолетней температуры поверхности океана и приземной температуры воздуха, которая получилась в этих экспериментах, минимальна в тропических широтах и достигает 12°C на 60° с.ш. Имеются различия в скорости

изменения температуры в зависимости от широты в Северном и Южном полушариях, что связано со значительным увеличением площади материкового оледенения в Северном полушарии. Так, в юрме температура поверхности суши в области 50° — 60° с.ш. понизилась почти на 20°C , в то время, как в Южном полушарии в области 60° — 70° ю.ш. всего на 10°C .

Полученные в численных экспериментах величины скоростей на поверхности в зоне Гольфстрима и Курисио достигают 30 см/с , в пассатной зоне — 10 — 15 см/с . С глубиной скорости течений затухают и иногда меняют направление. Например, в Северной Атлантике на горизонте 1500 м хорошо видно юго-западное противотечение под Северо-Атлантическим течением. Поля модельной температуры, полученные в этих экспериментах, хорошо отражают основные черты циркуляционной структуры в слое максимального изменения температуры — термоклина. Заметно ядро теплой

⁵ Еникеев В.Х., Степанов В.Н. Моделирование климатической системы океан — атмосфера в период оледенения // Моделирование гидрофизических полей и процессов в океане. М., 1986.; Еникеев В.Х., Степанов В.Н. Моделирование четвертичной палеоциркуляции в Атлантическом и Тихом океанах // Модели океанских процессов. М., 1989.

сильно, до 12° , сместились струя Гольфстрима (показан цветом) на юг. В то время уменьшение объема вод, вовлеченных в антициклоническую ячейку циркуляции, приводило к снижению расхода в струе на 20%. Циклоническое кольцо циркуляции было более развито, чем в современной Атлантике.



воды в центре антициклонического круговорота.

Аналогичные расчеты были проведены и для максимума последнего оледенения. В юрмской Атлантике происходит перестройка течений по мере изменения глубины. В северной части бассейна усилился западный перенос на верхних горизонтах, с глубиной под ним появляется северо-восточное течение, отличное от направления течений на этом горизонте в современную эпоху. Один из самых главных результатов моделирования — усложнение вертикальной структуры палеотечений и появление многослойности. В поле палеотемпературы в слое термоклина сохранились основные черты, присущие современной циркуляции в Северной Атлантике.

Хорошо выражено, хотя и сильно поджато в меридиональном направлении, ядро теплой воды в антициклоническом круговороте, несколько выросли меридиональные градиенты температуры в средних широтах. Температу-

ра вод в термокLINE понизилась примерно на 2°C , изотермы в северных широтах сместились в южном направлении на $8\text{--}12^\circ$.

В Тихом океане в период оледенения интенсивность циклонического круговорота получилась в два раза ниже современной. Это можно объяснить перемещением к югу на $5\text{--}8^\circ$ границы льдов, которые уменьшают взаимодействие океана с атмосферой. Увеличение же интенсивности на 20% в субтропической ячейке циркуляции объясняется тем, что граница атмосферного антициклона сместилась к югу и перепады атмосферного давления над поверхностью в пределах антициклона оказались более сильными. Поле палеотемпературы в области антициклона в Тихом океане изменилось незначительно. Температура вод понизилась примерно на 1°C , а в северных широтах — примерно на 2°C .

Итак, можно сделать вывод, что океан, в котором примерно одинаково развиты циклоническая и антициклони-

ческая ячейки циркуляции, менее подвержен изменениям, обусловленным граничными условиями на его поверхности.

Численные расчеты, в которых учитывалось взаимное подстраивание режимов атмосферы и океана, показывают, что антициклонический круговорот медленно отстает на юг до тех пор, пока морские льды не сдвинутся примерно до 52° с.ш. и циклоническая циркуляция совсем не затухнет. В этом случае теплые воды антициклона проникают на север и вызывают таяние льдов. В Тихом океане аналогичное явление не наблюдается.

Таким образом, океаны с разными типами циркуляции по-разному откликаются на изменение граничных условий, складывающихся на его поверхности. Крупномасштабная циркуляция в Северной Атлантике, установившаяся в вюрме, блокировала перенос тепла (и, следовательно, влаги) в высокие широты. Морской лед резко уменьшал испарение с поверхности океана в околледниковой зоне. Полученная циркуляция в данном случае соответствует второму типу.

Следовательно, перестройка течений ведет к дефициту притока влаги из океана в атмосферу, что (как было показано в численных экспериментах) вызывает деградацию ледниковых покровов. Разрушение ледниковых покровов сопровождается необычайно суровым климатом — в это время наблюдается максимальное перемещение границы морских льдов на юг. В наших экспериментах максимальному понижению границы морских льдов соответствует новая перестройка течений: антициклоническая ячейка вытягивается на юг, что вызывает таяние морского льда. Образованию же континентальных ледниковых покровов препятствует холодная вода на поверхности океана, образовавшаяся в результате таяния континентального и морского льда. После деградации ледниковых покровов снова возникает циркуляция первого типа, т.е. появляются условия для возобновления роста ледников.

Палеогеографические данные под-

тверждают, что долгопериодные колебания климата контролируются океанской циркуляцией. Американские ученые В.Раддиман и А.Мак-Интайр проанализировали распределение видов планктонных фораминифер, чувствительных к изменениям температур, в колонках глубоководных грунтов. Они были отобраны на меридиональном профиле в Северной Атлантике и позволили проследить историю смещения Гольфстрима на разных этапах плейстоцена⁶. Оказалось, что в межледниковые эпохи Гольфстрим пересекал Атлантический океан в «косом», северо-восточном направлении, следуя от мыса Гаттераса к Британским о-вам, а во время оледенений поворачивал на восток, так что его воды двигались от названного мыса к Пиренейскому п-ову. По числу колебаний стрелы Гольфстрима и сопоставлению их следов с палеомагнитной шкалой времени, установлено, что ориентировка океанских течений испытывала изменения, подчинявшиеся ритму в 100 тыс. лет. На спектрах климатических индикаторов преобладает пик именно с этим значением периода⁷.

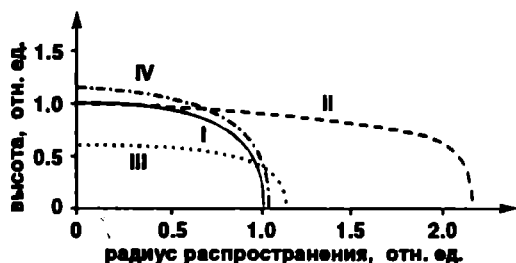
Остановимся теперь на роли ледниковых щитов в долгопериодных колебаниях климата.

МАТЕРИКОВОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ

Современное материковое оледенение представлено главным образом ледниковыми щитами Антарктиды (масса ледового панциря $2.1 \cdot 10^{16}$ т) и Гренландии ($2.3 \cdot 10^{15}$ т). Оледенение Антарктиды начало формироваться 20–40 млн. лет назад и приобрело современные размеры около 5 млн. лет назад. Гренландский же щит возник 3–5 млн. лет назад. В теплые эпохи последних 2 млн. лет Гренландский и Антарктический ледниковые

⁶ Ruddiman W.F., McIntyre A. Northeast Atlantic paleoclimatic changes over the past 600.000 years // Investigation of late Quaternary paleoceanography and paleoclimatology. Geol. Soc. Amer. N.-Y., 1976.

⁷ Hays J.D., Imbri J., Shackleton N.J. // Science. 1976. № 194. P.1121–1132.



Модельные профили ледниковых покровов для Северного полушария: современный период (I), максимальная стадия оледенения в вюрме (II), максимально возможное похолодание (III), более теплый период (IV). По абсциссе — отношение радиуса покрова к современному, по ординате — отношение высоты покрова к максимальной современной. Видно, что наиболее распространены ледниковые покровы в вюрме. При максимально возможном похолодании и более теплом, чем ныне, периоде их объем значительно меньше.

покрова имели приблизительно современные размеры (соответственно 1.7 и 13.9 млн. км²). В холодные эпохи они увеличивались, но основное приращение материкового оледенения происходило из-за возникновения больших ледниковых покровов в Северной Америке (Лаврентьевского, Кордильерского) и Евразии (Британского, Скандинавского, Карского, Восточно-Сибирского и др.). Площадь ледников достигала примерно 30—35 млн. км² в Северном и 15 млн. км² в Южном полушариях. В Северной Америке материковое оледенение доходило до 40° с.ш. в Европе — до 50° с.ш. При этом уровень Мирового океана понижался в ледниковые эпохи на 100—130 м.

Для описания движения льда в ледниковом покрове используются уравнения Навье—Стокса. Сравнение членов этих уравнений по порядку величины показывает, что основными здесь являются те из них, которые описывают баланс между силами давления и вязкими напряжениями.

С помощью этих уравнений можно рассчитать усредненную по вертикали скорость движения льда, а по ней оценить время, которое требуется для перемещения частицы из заданной точки в краевую зону, где частица покидает ледник. Оценки,

выполненные с помощью такой простой гидродинамической модели, показывают, что эффект изменения массообмена в центре покрова и вблизи его периферии (где приток массы максимален) будет заметен, соответственно, через время порядка 20 тыс. лет и 100 лет⁸. Следовательно, время реакции ледникового покрова на изменение массообмена в его краевой зоне имеет тот же порядок, что и время инерции океана.

Если рассмотреть предельный случай, когда накопление льда прекращается, то решение уравнений, описывающих его движение, показывает, что с течением времени толщина покрова уменьшается за счет вязкого растекания льда, и характерное время жизни ледника при отсутствии его подпитки составляет около 30 тыс. лет для антарктического покрова и 10 тыс. лет для гренландского. Следовательно, если отсутствует источник влаги, которая аккумулируется в покрове, то ледниковые щиты должны исчезнуть за счет вязкого растекания льда.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ

Результаты численных экспериментов, изложенные выше, приводят к выводу о ведущей роли океана и его ледяного покрова в формировании климата Земли. Действительно, океан является поставщиком «строительного материала» для роста ледниковых покровов и основным «нагревательным элементом» атмосферы. Температура поверхности океана — интегральная характеристика всех термодинамических процессов, протекающих в климатической системе океан — атмосфера — льды. Поэтому она должна определять все важные климатические характеристики: границу распространения материковых льдов, термический режим атмосферы, ее влажность и т.д. Эксперименты, выполненные с помощью простых

⁸ Stepanov V.N. // Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine. Bordeaux, 1993. № 53. P.293—306.

моделей атмосферы и ледниковых щитов, подтверждают этот вывод.

Расчеты показывают, что скорость перемещения границы ледникового покрова того же порядка, что и время инерции океана. Следовательно, состояние океанской поверхности будет определять не только режим атмосферы, но и положение границы материкового оледенения. Поэтому были проведены эксперименты, в которых при различных значениях температуры поверхности океана система атмосфера — материковые льды находилась в установившемся режиме.

По заданной зональной температуре поверхности океана рассчитываются термический режим атмосферы и материковое оледенение (считается, что, как только температура поверхности океана достигает температуры замерзания морской воды, океан покрывается льдом и низкая температура — меньше -1.88°C — соответствует температуре воздуха над морским льдом, которая рассчитывается по зональной модели атмосферы). Были проведены эксперименты для температуры поверхности океана, соответствующей современному времени (I); максимальному оледенению 18 тыс. лет назад (II); максимально возможному похолоданию (III).

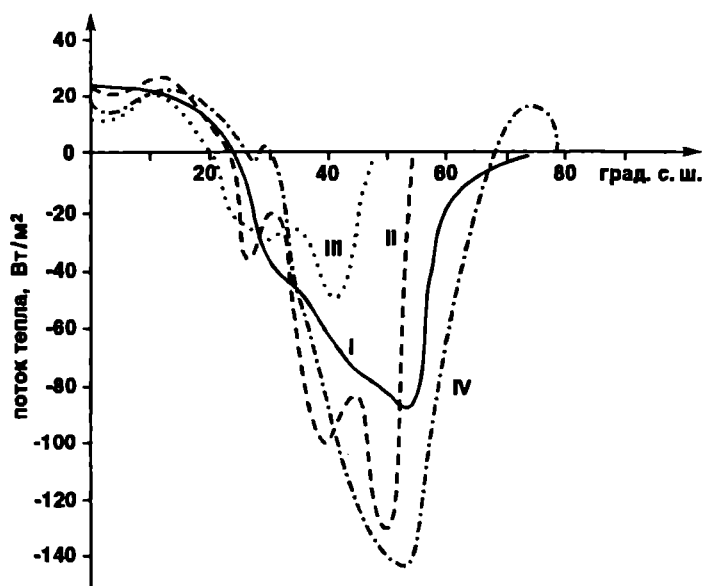
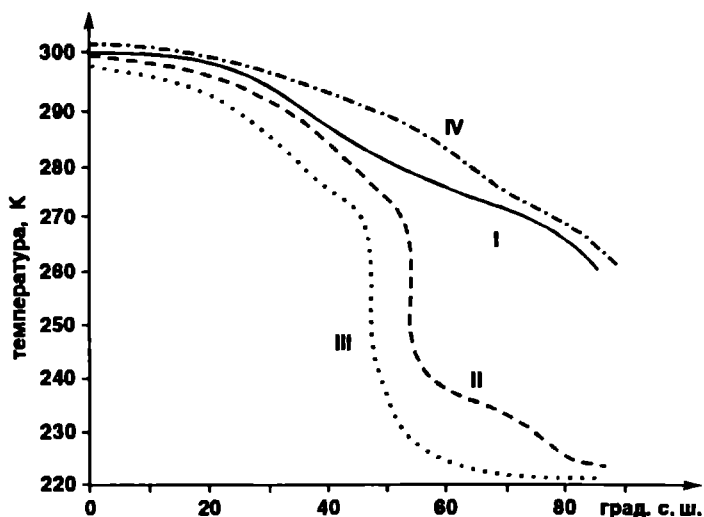
В эксперименте II ледниковый щит распространился почти до 44° с.ш. (это неплохо совпадает с данными, полученными другими методами). Дальнейшее понижение температуры поверхности океана (эксперимент III) вызвало усиление континентальности климата (дефицит осадков), что привело к отступлению кромки ледникового щита до ее почти современного положения. Такой результат находится в соответствии с установленным фактом о необычайной суровости климата в Европе в эпоху деградации позднеледникового оледенения.

Полученные в экспериментах профили температуры поверхности океана и потоков тепла в океан свидетельствуют о том, что росту ледниковых покровов способствует понижение температуры поверхности океана, но толь-

ко до тех пор, пока граница морских льдов не достигнет максимально возможной южной границы. Тогда аккумуляция резко уменьшается за счет уменьшения испарения с поверхности океана около ледниковой зоны и перестройки циркуляции вод. Как было показано выше, максимальному распространению границы морских льдов в Северной Атлантике для вюрма соответствует циркуляция океана с очень поджатым к югу антициклональным крупномасштабным круговоротом. В вюрме граница раздела циклональной и антициклональной ячеек в Северной Атлантике находится в той же широтной зоне, что и данная граница в северной части Тихого океана, который оказался более устойчивым к изменениям температуры на поверхности. Такая структура течений уменьшает меридиональный перенос тепла океаном в северные широты, а следовательно, и влаги, которая служит строительным материалом для ледниковых покровов.

С понижением температуры поверхности океана наблюдается уменьшение отдачи тепла из океана в атмосферу, т.е. увеличивается теплоспас океана, что должно, в конечном счете, привести к увеличению переноса тепла в высокие широты. Как было сказано ранее, при мало изменяющейся температуре на экваторе и при постепенном перемещении границы морских льдов на юг, фаза максимального сжатия в меридиональном направлении антициклональной ячейки горизонтальной крупномасштабной циркуляции океана в вюрме сменяется фазой растяжения этой ячейки, проникающей далеко на север и достигающей почти современных размеров. При этом, естественно, увеличивается перенос тепла в высокие широты, что должно вызывать быстрое отступление границы морских льдов на север. В результате система атмосфера — океан — льды приходит к состоянию, похожему на современное — типичного межледникового. Увеличивается аккумуляция над поверхностью щита. Снова возникают условия для возобновления роста ледников.

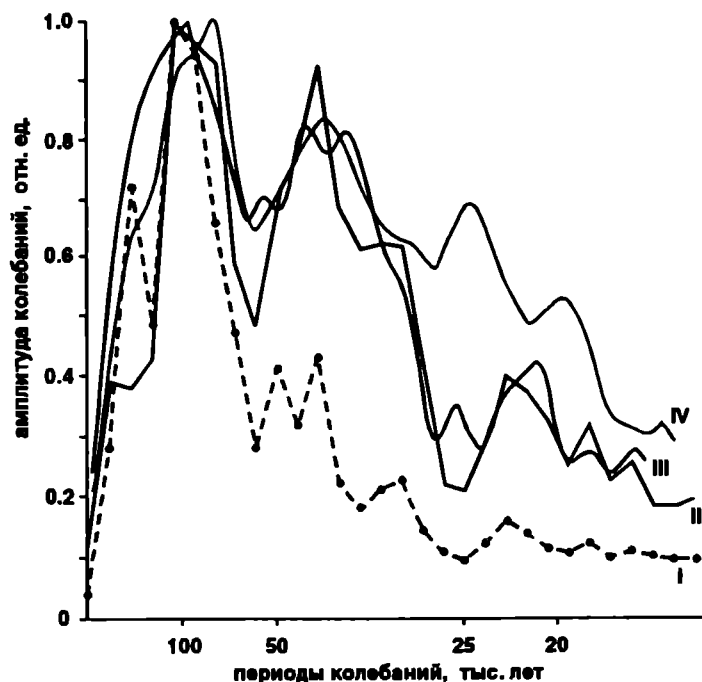
Модельные профили температуры атмосферы над океаном (вверху) и потоки тепла в океан: современный период (I), юг (II), максимальное похолодание (III), более теплый период (IV).



Внешние факторы могут инициировать рост или деградацию ледниковых покровов. Это хорошо демонстрирует следующий численный эксперимент. Для более теплой в Северном полушарии океанской температуры, аналогично выше приведенным экспериментам, рассчитывался установившийся режим. В начальный момент времени материковое оледенение соответствовало современному периоду. В установившемся режиме объем льда увеличился, но ледниковый щит незначительно распространился в низкие широты (так как

температура поверхности океана у нас фиксирована). Если же начинать расчет при сдвиге границы ледника на несколько градусов южнее современного состояния, то ледник остается в этом новом состоянии. Максимальная величина сдвига не превышает 8° (при ее превышении ледник возвращается к состоянию, характеризующемуся этим сдвигом).

Подобный эксперимент был проведен и для температуры поверхности океана, соответствующей современному времени. Оказалось, что в данном



Спектры климатических изменений за 500 тыс. лет: модельная изменчивость температуры (I) и оледенения (II); изменчивость температуры оледенения за 1 млн. лет (III), палеогеографические данные (IV).

случае граница ледника может смещаться на величину около 20° , т.е. ледник может распространяться до тех же пределов, что и в вьюме. Поток тепла в океан для более высокой температуры поверхности океана уменьшился по сравнению с современным значением (в умеренных широтах более теплый океан отдает в атмосферу больше тепла). Следовательно, внешние возмущения (по теории Миланковича, это колебания инсоляции: ослабление радиации летом и усиление зимой или наоборот) ускоряют процесс роста или деградации ледниковых покровов. Расчеты показывают, однако, что этой изменчивости инсоляции недостаточно, чтобы вызвать наблюдаемые климатические колебания. Несовпадением периодов колебания инсоляции с собственными колебаниями системы можно объяснить неравномерность в продолжительности и степени суровости ледниковых эпох, имевших место за последние 2 млн. лет. Таким образом, из-за существования нелинейной обратной связи (образования ледниковых щитов при похолодании и их разрушения вследствие усиления континентальности климата) система атмосфера —

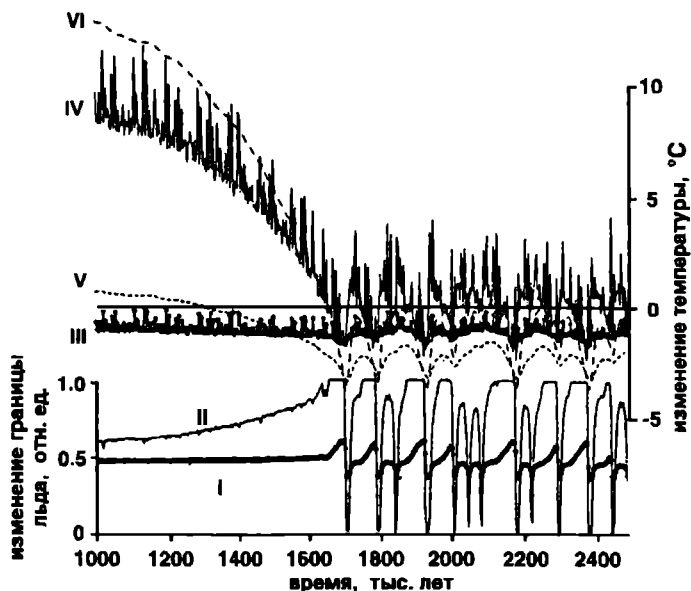
океан — льды может находиться в автоколебательном режиме.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

После того, как стал понятен механизм возникновения долгопериодных колебаний климата, можно построить простую модель климата⁹. В ней океан разделен на четыре блока. Два находятся в умеренных и высоких широтах Северного и Южного полушарий. Взаимодействие между ними осуществляется через два блока нижних широт. Модель состоит из шести уравнений, описывающих положение морского льда и средней поверхностной температуры океана. При определенных условиях в климатической системе возможно установление того автоколебательного режима, о котором мы уже говорили. Построенная модель правильно воспроизводит качественные особенности колебаний климата и оледенения Земли, установленные с помощью палеогеографических данных. Так, например, вычисленные отклонения темпера-

⁹ Степанов В.Н. // Метеорология и гидрология. 1990. № 9. С.20—27.

Результаты моделирования перехода климатической системы от плейстоцена к плейстоцену без усреднения моделируемых характеристик. Изменение границы распространения оледенения в Южном (I) и Северном (II) полушариях; изменение температуры в зонах умеренных и высоких широт в Южном (III) и Северном (IV) полушариях, в экваториальных зонах Южного (V) и Северного (VI) полушарий. Распределение V и VI показано в пятикратном увеличении (относительно III и IV).



туры земной поверхности от современного ее значения в сторону похолодания в 2—3 раза больше, чем в сторону потепления. Сам процесс разрушения ледниковых покровов и сопутствующее этому потепление протекают намного быстрее, чем происходит распространение льдов и похолодание.

В результате моделирования установлен сдвиг фаз между изменениями средней поверхностной температуры Земли и границей распространения ледниковых щитов. Он соответствует эмпирическим данным о последнем оледенении: минимальная температура земной поверхности имела место не в момент максимального распространения континентальных льдов, а когда они уже начали сокращаться¹⁰.

Численные эксперименты, проведенные с помощью простой модели климата, показали, что для правильного воспроизведения его долгопериодных колебаний необходимо учитывать межвековую изменчивость, вызываемую неустойчивостью глобальных круговоротов в океане из-за смещения фронтов раздела в воздушной и водной средах.

В атмосфере, в области западного переноса, в умеренных широтах образуются так называемые струйные течения, которые оказываются неустойчивыми. Возмущения, порождаемые этой неустойчивостью, разрастаются и превращаются в волны Россби—Блиновой, движущиеся на запад относительно основного потока. В ложбинах и гребнях этих волн формируются циклонические и антициклонические вихри. У поверхности Земли под зонами областей струйного течения возникают фронты, которые в свою очередь тоже оказываются неустойчивыми. Волновые возмущения на них разрастаются и превращаются в приземные циклоны и антициклоны, которые определяют атмосферную циркуляцию.

Поскольку неустойчивость течений имеет стохастический характер, в экспериментах считается, что межвековая изменчивость тоже носит случайный характер. В численном счете эта изменчивость генерировалась случайным образом (поэтому в дальнейшем будем ее называть «климатическим шумом»).

После того, как мы описали, каким образом учитывается в модели межвековая климатическая изменчивость, перейдем к описанию условий и

¹⁰ Farrand W. // Geol. Rundschau. 1965. Bd.54. Ht. 1.

самых результатов моделирования долгопериодных изменений климата.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ОТ ПЛИОЦЕНА К ПЛЕЙСТОЦЕНУ

Согласно палеогеографическим данным, Гренландский ледниковый покров существует 3—5 млн. лет. Следовательно, плейстоценовые колебания климата начались позже возникновение материкового оледенения (американские ученые Дж.Хейс и В.Бергрэн пришли к заключению, что начало плейстоценовой эпохи отстоит от современности на 1.8 млн. лет)¹¹.

До начала плейстоценовых колебаний, когда не было обширного оледенения, океан в зоне 45—65° был теплее современного примерно на 10°C. При большей температуре поверхности океана не существует резких фронтов раздела воздушных и водных масс. Поэтому течения в этих зонах были устойчивыми. Океан был спокойнее, чем в настоящее время. Следовательно, можно считать, что в то время океан почти не «шумел». Внешние же возмущения, связанные с изменением орбитальных параметров Земли, присутствовали всегда.

Они подавались в модель системы океан — атмосфера — льды, и при определенном понижении температуры поверхности океана включался процесс «шумообразования», который затем постоянно присутствовал в нашей климатической системе. Ей была предоставлена возможность свободно эволюционировать. Через время порядка 2 млн. лет в ней самовозбудились колебания с периодами от 10 до 100 тыс. лет. Данная модель правильно воспроизводит качественные особенности колебаний климата и оледенения. Слабые колебания сменяются более крупными. Максимальное понижение температуры совпадает с началом разрушения ледниковых покровов.

Вид кривых, описывающих изменения поверхностной океанской темпе-

ратуры и границы распространения оледенения, зависит от выбора случайного ряда, имитирующего межвековую изменчивость, но их спектры (спектральные кривые, показывающие, какие периоды доминируют в процессе) очень похожи между собой. Построенные по временному ряду порядка 500 тыс. лет, они имеют пики на периодах около 100, 50 и 25—30 тыс. лет (т.е. колебания с этими периодами превалируют), причем первые два пика сравнимы по величине. Правда, в спектрах, полученных по кривым, описывающим изменчивость оледенения, значение второго пика несколько больше первого. Но если взять более длительный временной ряд (1—1.5 млн. лет), спектры всех климатических характеристик имеют максимальные пики на периоде около 50 тыс. лет.

Полученный характер спектральных кривых, как видим, обусловлен свойствами самой нелинейной климатической системы при наличии в ней климатического шума и в данных экспериментах не зависит от астрономических факторов. В то же время в палеогеографических данных за последние 468 тыс. лет обнаруживаются 100-, 41- и 23-тысячелетние климатические циклы. Это означает, что астрономические факторы как-то определяют величину периодов существовавших климатических колебаний.

Выполненные численные эксперименты показали, что на характер спектра колебаний существенно влияет климатический шум. Его величина зависит от обостренности меридиональных градиентов, возникающих на фронтальных разделах воздушных и водных масс. И действительно, если при моделировании принять, что максимальному увеличению притока солнечной радиации соответствует минимальное значение обостренности градиента, то и амплитуда шума минимальна, и, наоборот, при максимальной величине градиентов амплитуда шума становится в два раза больше. При этом результаты моделирования изменились в лучшую сторону. Как и в описанном выше эксперименте, возникал колебательный режим. Но

¹¹ Hays J.D., Berggren W.A. Quaternary boundaries and correlations // *Micropaleontology of the oceans*. Cambridge, 1971.

спектры климатических изменений, полученные в результате анализа этих модельных временных рядов за различные промежутки времени (0,5, 1 и 1,5 млн. лет), оказались очень похожими между собой и имеют пики на периодах около 100, 41—45 и 20—25 тыс. лет. Кроме того, спектр кривой, описывающей изменчивость распространения ледниковых покровов, был близок к спектру, построенному на основе палеогеографических данных.

*

Таким образом, механизм долгопериодных колебаний климата может быть следующим. При наличии суши в высоких широтах образуются ледниковые покровы, из-за которых уменьшается альбедо поверхности. В свою очередь это приводит к уменьшению солнечной радиации, получаемой поверхностью, и соответственно к похолоданию. Понижение температуры атмосферы вызывает увеличение притока тепла из океана, что ведет к понижению океанской поверхностной температуры и, следовательно, к постепенному перемещению границы морского оледенения на юг. Происходит перестройка циркуляции в океане: резко уменьшается меридиональный перенос тепла в умеренные широты, с которым связано количество влаги, испаряемой с поверхности океана. При этом границы материковых и морских льдов продвигаются на юг. В результате из-за перестройки циркуляции и блокирования морским льдом испарения с поверхности околледниковой зоны приток влаги, необходимый для аккумуляции в ледниковом щите, прекращается, т.е. происходит усиление континентальности климата, ведущего к деградации ледниковых щитов. Расчеты показывают, что отступление материкового и морского оледенений в высокие широты идут со скоростями одного порядка. Иными словами, время разрушения покрова соответствует времени реакции океана на климатические изменения. После разрушения ледниковых покровов наступает межледниковье. Образуются условия для повторения описанного выше цикла.

Внешние возмущения, накладыва-

емые на собственные колебания системы, создают неравномерность в продолжительности и степени суровости ледниковых эпох. Это хорошо видно на примере вюрмского оледенения. Наблюдалось три его стадии — вюрм-1 (25 тыс. лет назад), вюрм-2 (21 тыс. лет назад), вюрм-3 (18 тыс. лет назад), причем последняя стадия была наиболее суровая. Согласно гипотезе Миланковича, такой должна быть стадия вюрм-1, когда изменчивость инсоляции была максимальной. По нашим же расчетам в этой первой стадии четвертичного оледенения при росте ледниковых покровов в высоких широтах имела место сильная изменчивость инсоляции, вызвавшая усиление континентальности климата над ледниковым покровом, что замедлило рост ледниковых щитов или, возможно даже, вызвало частичное их разрушение. В вюрме-3 не было такого сильного изменения инсоляции, и система океан — атмосфера — льды совершала собственные колебания, при которых ледники и продвинулись так далеко на юг.

Следовательно, для правильного воспроизведения долгопериодных колебаний климата необходимо учитывать межвековую климатическую изменчивость, вызываемую неустойчивостью глобальных круговоротов в океане из-за смещения фронтов раздела в воздушной и водной средах. Именно эта изменчивость, порождающая климатический шум, обуславливает существование различных по продолжительности ледниковых эпох.

Представленными результатами моделирования не только можно ответить на вопрос о причине колебаний климата и оледенения Земли в холодные эпохи, но и объяснить отсутствие значительных колебаний в теплые периоды. Медленному остыванию океана в это время способствовало то, что неустойчивость струйных течений на фронтах раздела воздушной и водной масс была слабо выражена. Поскольку период собственных колебаний системы океан — атмосфера — льды очень велик, процесс образования континентальных ледниковых покровов идет чрезвычайно медленно.

Волк: и хищник, и жертва

Д. И. Бибиков

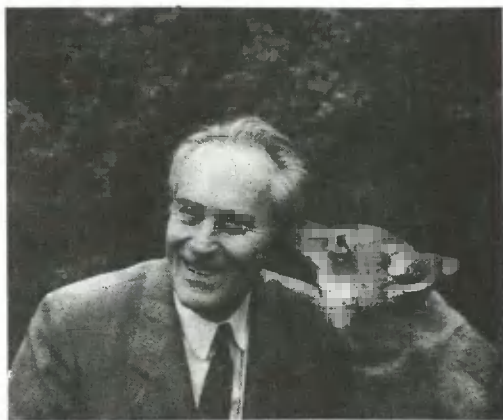


ШЕНОК зажмурил еще полузакрывшие глаза от показавшихся ему яркими предзакатных сумерек — он впервые выполз из норы, услышав вой возвращавшейся матери. Волчата завизжали, заголосили, и в этих звуках уже угадывались и лай, и вой, и ворчание.

В средней полосе России в мае рождается новое поколение опасных хищников, которые будут поедать кабанов и лосей, созданных якобы для охотников и жаркого, а если удастся, то и полакомятся бараниной или телятиной. Все это так, как уверяет охотничья администрация, и под ее влиянием власть имущие ведут непрекращающуюся борьбу с волками. Какова же судьба поколения волков 1996 года рождения? Очевидно, пока все та же, что и предшествующих лет — 80% погибнут в первый же год, до приобретения жизненного опыта (за счет естественной смертности и (или) уничтожения). До 10-летия доживут единицы.

Сейчас, после многих лет затишья, в прессе вновь появился интерес к волку. На фоне хотя еще и робкого поворота к охране природы парадоксально выглядит война с ним в России, других странах СНГ, Монголии, Китае. Почему же эта война продолжается у нас?

В волчьей проблеме всегда пугала вероятность всплеск численности хищника. Именно вспышки и разруха делают его опасным. Начинаясь волчья напасть вынуждала к чрезвычайным мерам и монархов, и правительства. Не щадили этого зверя и в советское время. Но, надо отдать должное, в бывшем СССР (и теперь в России) никогда не было задачи полностью уничтожить вид: «Много волков — бьем, мало — перестаем», — говорил Я.С.Русанов, один из идеологов охотоведения в послевоенной охотничьей администрации. Однако зверей уничтожали там, где их легче взять, часто не в тех местах, где ущерб от них был больше. Не

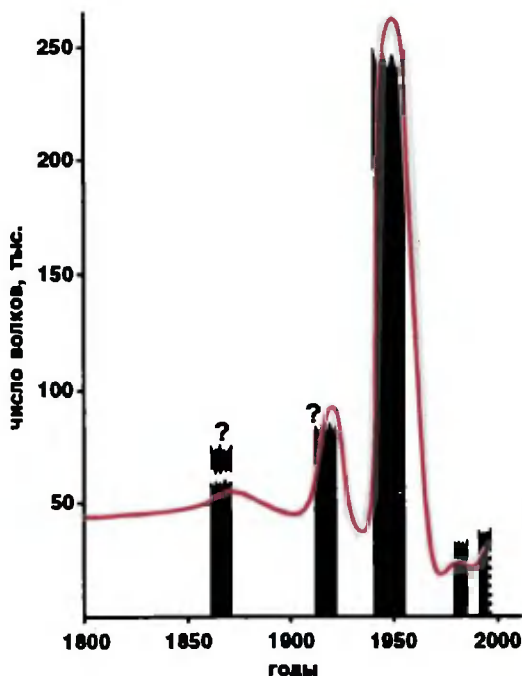


Дмитрий Иванович Бибилов, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН. Специалист в медицинской зоологии, охране природы, экологии грызунов и крупных хищных зверей. Член рабочей группы по волку Международного союза охраны природы, сопредседатель комиссии по крупным хищникам Териалогического общества РАН. Неоднократно публиковался в «Природе».

справлялось охотничье ведомство с волком, но и не хотело признать провал своей стратегии в отношении к нему.

По моим упрощенным подсчетам, за советское время уничтожено более 1.5 млн. волков (таблица). На премии охотникам израсходовано около 150 млн. руб. (в ценах 60—70-х годов); не меньше пошло на выплаты по страхованию скота, коллективные выезды и вылеты за нашкодившими разбойниками, на конкурсы и награды. Популяция волков в стране, при максимуме в конце 40-х годов в 150—200 тыс. (в РСФСР, надо полагать, было около 80 тыс. зверей), уничтожалась до 10—15 раз! Но волков не стало меньше, их численность даже, как уверяют в Охотдепартаменте Минсельхозпрода РФ, угрожающе нарастает. Этим и обосновывается требование чиновников шире применять приманку, отравленную ядами.

А как выглядит борьба с волком в СССР и ныне в России на фоне других стран? В целом мы повторяем мировую практику (и ошибки) в отно-



Всплески численности волка.

шениях с волком. Правда, в отличие от стран Европы и США, где он был уничтожен полностью, нам, к счастью, не удалось этого сделать и не только из-за отсутствия четких целей и более чем нестроного выполнения задачи, но и из-за бездорожья на наших огромных территориях. Почему же в нашей стране до сих пор волк вне закона? Не единодушны ли охотничьей и иной администрации сохранить его как

своего рода «козла отпущения» за грехи охотничьего хозяйства и животноводства тому виной? Почему деятели российской охоты, многие из которых едва ли знакомы с экологией (в ее прямом, а не искаженном смысле, т.е. как наукой о взаимоотношениях организмов между собой и со средой обитания), но зато близки к любящей поохотиться администрации, приговорили волка к безоговорочному уничтожению? Им это выгодно.

Доныне в СНГ и, в частности, в России он сохраняет полученный «по наследству» статус вредного и опасного хищника, подлежащего уничтожению. В научных доказательствах этого статуса никто не нуждался прежде, не требует их и теперь. Оправдывающие ярлык опасного зверя беды, которые он приносит, всячески выпячивались, тогда как данные науки игнорировались, а то и отрицались.

Попробуем подытожить волчьи грехи, его вредность и опасность. С этим зверем все не просто: это — хищник очень активный, явный конкурент человека в охоте на диких копытных, виновник потрав домашнего скота. Висят на волке еще по крайней мере два смертных греха:

нападение на людей и людоедство;

хранение и передача вируса бешенства, глистных и других инвазий и инфекций.

Рассмотрим, насколько доказаны и справедливы эти претензии к волку,

Таблица

Оценка численности волков в СССР, интенсивность борьбы с ними и расходы на вознаграждения охотникам

Временной период	Численность	Количество уничтоженных зверей (тыс.)		Выплачено премий (млн. руб.)
		за год	за период	
1925—1945	Стабильная; рост к концу периода	20	400	40
1946—1965	Очень высокая; снижение к концу периода	30	600	60
1966—1975	Стабильно низкая; рост к концу периода	15	150	15
1976—1988	Увеличение; снижение к концу периода	20	360	36
1989—1992	Стабильная; рост в 90-х годах	15(?)	60	6

Всего: 1570

157

Щенки начинают высовываться из логова, как только прорежутся глаза.

Фото Г.Левенштейна



какова доля фактов и эмоций в таких обвинениях.

Нападения здоровых волков на людей не вымысел, хотя немалое число специалистов их отрицает. Сведения о количестве атак и их жертвах всегда преувеличивались. Судя по архивным данным Тартуского университета, имеются сотни правдивых описаний конкретных фактов. Волки нападали почти всегда на детей. Людоедство проявлялось локально и периодически. Так, по сведениям И.Роотси, на территории нынешней Эстонии в 1804—1854 гг. большинство нападений (82) произошло в уезде Тартумаа, в трех других уездах они были единичны, а в

семи волки совсем не нападали на людей.

С.А.Корытин приводит статистику подобных инцидентов в России за 1840—1861 гг. Из 273 нападений они случались в 23 из 70 губерний, причем на Московскую, Владимирскую, Санкт-Петербургскую, Лифляндскую, Подольскую, Черниговскую, Киевскую, Могилевскую и Минскую губернии приходится по 8—30 атак в каждой, а всего — более половины из общего числа.

Картографирование нападений хорошо укладывается в зону последствий наполеоновского похода, а также межнациональных конфликтов по границам Польши, Украины, прибалтий-



Песнь жизни.



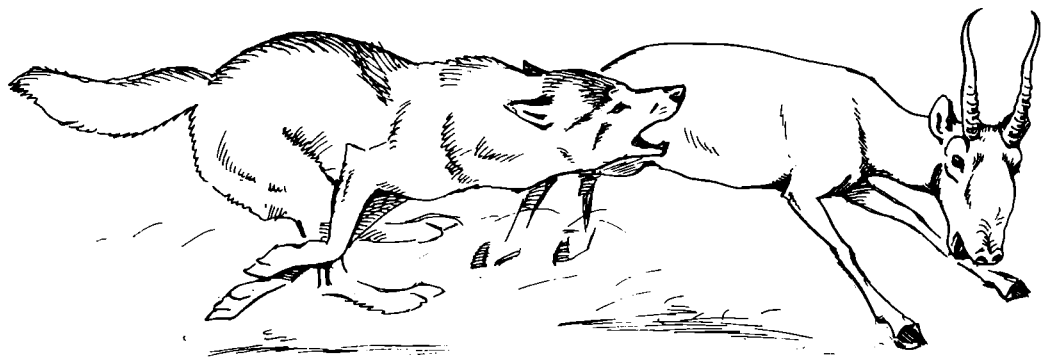
*Алтай.
зимой.*

*Волчьи владения
Фото Г.Г. Собанского*



Волки: мощный лесной подвид (вверху), достигающий массы до 60 кг, и его арабский собрат (20—30 кг) — обитатель пустынных мест.





Охота на сайгака.

ских государств. Условия и повод для нападения и людоедства создавал человек, оставляя незахороненными тела солдат. Голодный волк, раз насытившись столь легкой добычей, со временем терял врожденный страх перед человеком. В потомстве такого зверя вполне могла сохраниться эта черта; так «воспитывалось» людоедство. Может быть, поэтому и совпадает география волчьих нападений и военных конфликтов?

В XX в. волки тоже нападали на людей, но эти сведения находятся в архивах МВД и еще не изучены. Провоцировала людоедство и гибель миллионов людей от недорода и голода, как было в царской России, при коллективизации и в зонах ГУЛАГа. М.П.Павлов описал¹ 20 случаев людоедства в Кировской области (1944—1953) и 10 — во Владимирской (1945—1947). Все это подтверждает, что в экстремальных условиях здоровые волки могут нападать на людей (нарушение «табу» известно для крупных хищных зверей). Примечательно, что в эксперименте у трети этих хищников из 22 подопытных обнаружена потенциальная агрессивность к некоторым людям², но ее блокирует врожденный страх перед человеком. Людоедом же волк может стать из-за старости и болезни.

К сожалению, обычно не известно, был ли нападавший на людей зверь здоровым или бешеным. В период послевоенной вспышки численности (1947) даже П.А.Мантейфель — председатель Комиссии по волку — считал более вероятными нападения больных хищников. Но он не учитывал, что звери, находящиеся в последней стадии бешенства, не могут быть людоедами, им в это время не до еды. Что же касается появления волков-людоедов при бедственном положении в стране или на какой-либо ее территории, то создают такие ситуации отнюдь не животные.

Как упоминалось, кроме этого страшного греха за серым хищником числится и распространение бешенства. Этим заболеванием по-прежнему страдают дикие и домашние животные, поэтому так важно знать переносчиков. Природные очаги бешенства постепенно сокращаются, в отличие от городских, которые существуют главным образом за счет кошек и собак. Волк не выступает ныне как основной хранитель рабической инфекции в природе, локальные очаги с его участием сохраняются преимущественно в Азии, в местах концентрации зверей. Благодаря сокращению численности волка в СССР его значение как источника вируса бешенства уменьшилось с 3.5% в 1946—1956 гг. до 0.7—1.4% в 1958—1960, а значение лисицы возросло с 2.1 до 5.2—7%. В природной циркуляции вируса роль волка нередко преувеличивается, а его регулирующим функциям не отдается

¹ Павлов М.П. Волк. М., 1990.

² Крушинский Л.В. Поведение волков // Волки. Поведение волка. М., 1980. С.6—13.

должного. Этот зверь всегда преследует и убивает лисиц и енотовидных собак, но почти никогда не ест их. Не является ли вспышка бешенства 70-х годов в Западной Европе следствием полного уничтожения хищника к тому времени? В России, где волк не переводился, случаев заболевания оказалось в 10 раз меньше.

Какие же особенности поведения бешеных волков важны эпидемиологически и связаны с его экологией? В большинстве случаев больные звери атакуют людей в конце зимы — ранней весной. В Эстонии в XIX в. на этот период приходилось 72% из 50 нападений. Больные звери чаще нападают за день-два до смерти, видимо, лишь немногие набрасываются, будучи на более ранней стадии заболевания. В таком случае, пока зверь не обессилен, он может искушать несколько человек. Например, в Воронежской области (8 февраля 1980 г.) и в Клинцах Брянской области (1 мая 1985 г.) от одного волка пострадали по 10 и более человек.

Роль волка в распространении бешенства сложна, противоречива и недостаточно изучена³ (в частности, как истребителя, антагониста лисиц, енотовидных собак, их бродячих и одичавших сородичей). В 80-х годах в СССР больные бешенством волки нападали не менее чем на 10—15 человек ежегодно. Это опасно — да. Но надо ли из-за этого уничтожать и всех здоровых, причем повсеместно? Может быть, лучше регулировать их популяции там, где из года в год среди них бывает бешенство или просто слишком много развелось?

И еще одна вина волка — распространение паразитов и болезней (помимо бешенства). Здесь тоже очень много неясного, его роль в этом скорее двойственна. Нельзя исключить, что болезнетворные микробы стерилизуются в желудке волка, как бациллы чумы в погадках хищных птиц. Чем иначе может объяснить ветеринарная



Волк не собирается расставаться с добычей, на которую кто-то покушается.

наука резкое увеличение потерь скота в Молдавии от болезней после того, как волков там полностью истребили, а взамен появились бродячие собаки?

Наконец, важно знать, во что обходится потрава скота и дичи. Мы специально провели ее оценку (чтобы выровнять различия денежных мер в разные годы, использовались условные единицы, УЕ) и выяснили, что максимальными волчьей потравы были в 70—80-х годах прошлого века (9 УЕ) и в 20-х текущего столетия (2.2 УЕ). Рост ущерба отмечен также во время второй мировой войны. Позднее, в 50—60-х годах, когда всюду увеличивалась численность диких копытных, начал формироваться тип «лесных» волков, избегающих человеческих поселений. В начале 70-х годов при минимуме волков и доступности многочисленных скотомогильников ущерб животноводству почти сошел на нет и, хотя позднее он несколько возрос, все же был в сотни раз меньше, чем в 20-х годах.

³ Спасский А.А., Бибииков Д.И. Паразитологи о волке // Природа. 1985. № 7. С.63—67.

Урон, который наносят волки популяциям лосей и оленей и вообще дичи, изменчив, поскольку зависит от многих причин. Но он и весьма не точен. Кроме множества домыслов, основанных на показателях прожорливости (иногда ее вычисляют по объему воды, вмещающейся в желудок зверя!), данных по существу нет. Ненадежны расчеты и потому, что далеко не все следы волка, обнаруженные около останков лосей и оленей, могут служить обвинением против этого зверя. Часть из них — погибшие подранки или результат браконьерства. Кроме того, и это очень важно, подсчитывая ущерб, надо бы оценить значимость волчьего хищничества для всей экосистемы, в том числе для редких птиц и зверей.

Хорошо известна зависимость «нахлебников» (т.е. комменсалов) от волчьей добычи. Ее подбирают росомахи, мелкие собаки, куньи, пернатые хищники — орлы, орланы, грифы и множество других. В Пиренеях волков нет, а стало быть, нет и остатков его пиршества, и потому для исчезающего там бородача и других пернатых падальщиков приходится выкладывать подкормку. А у нас призывают шире применять отравленную ядом приманку, видимо, чтобы расправиться сразу со всеми хищниками и падальщиками, будь то птицы или млекопитающие. Уже давно пора и Министерству охраны окружающей среды и природных ресурсов, и Академии наук потребовать на этот счет объяснений в Минсельхозпроду РФ и добиться прекращения российского позора — загрязнения ядами природы.

Перечислив грехи волка и проанализировав их, перейдем к экологическим исследованиям. Что он подкармливает со своего стола немало число других животных, только что упоминалось. На самом деле его роль в системе растительность—дикие копытные—волк гораздо значительнее: будучи звеном этой системы, он поддерживает эколого-физиологическое здоровье в популяциях жертв. Олени, антилопы и лоси без волка

теряют многие ценные для процветания вида качества. Известный натуралист Г.Г.Собанский заметил, что за несколько лет отсутствия волка на Алтае маралы потеряли осторожность, телята стали далеко уходить от матерей⁴. Возвращение хищника быстро вернуло оленям былую чуткость и даже пружинистость походки. Поэтому разговоры о способности человека самому осуществлять селекцию в популяциях дичи — пустые; на деле лось и кабан измельчали при «селекции наоборот», а косули, того и гляди, сравняются по размерам с зайцами.

Очень нужны фундаментальные исследования географической, сезонной и пространственной изменчивости трофики волка, ее специфики в местных условиях. Много сулит изучение поведенческих адаптаций, которые вырабатываются у него при включении в рацион новых видов жертв, сроки проявления таких приспособлений. А.Н.Филимонов и другие зоологи исследовали пару сайгак—волк и не нашли подтверждения бытовавшему мнению о массовой сопряженности миграций жертвы и хищника⁵. Установлена также разнокачественность его поведения в крупных, обычно здоровых, и мелких, ущербных, стадах: волки «хозяйничают» преимущественно в мелких. Подобные исследования выявляют, насколько важна его роль в экосистеме. Этот зверь — сложнейшая фигура в живой природе, и правы наши предшественники, говорившие: «...волк среди... природы... прямо-таки необходимый элемент... стереть его с лица Земли нет никакой необходимости...»⁶.

Итак, поставив волка в положение жертвы, жестоко преследуя его, человек сам создал для хищника

⁴ Собанский Г.Г. Алтай. // Волк. М., 1985. С.522—529.

⁵ Филимонов А.Н., Лаптев С.П. Наблюдения за волком и сайгой на юге Актобинской области // Копытные фауны СССР. М., 1975. С.207—208; Филимонов А.Н. Волк и сайгак в Казахстане // Тез. I конф. молодых ученых ЦОП МСХ СССР. 1978. С.111—115.

⁶ Пачосский И. Ответ на ответ г-на Калинина // Псовая и ружейная охота. Кн.6. 1902. С.148.

дилемму: исчезнуть или выжить, приспособившись к жизни изгоя. Пока он выживает, но не столько за счет своей феноменальной пластичности, как (к счастью) из-за неэффективности борьбы с ним. Жестокое преследование многих поколений равносильно отбору по поведению: несообразительные звери погибали, а умные выживали. Так что практика тотального истребления волка в советском исполнении оказалась своеобразным экспериментом, показавшим, что игнорирование законов природы влечет за собой набор нежелательных последствий. Яркий пример тому — заполнение экологической ниши волка койотами в США, шакалами на Кавказе, а в других местах чаще всего — одичавшими собаками и волко-собачьими гибридами⁷.

Таким образом, многие десятилетия воздействовал мощный подавляющий волка фактор, но зверь снова и снова выходил победителем: восстанавливалась структура его популяций, вырабатывались новые адаптации, совершенствовалась рассудочная деятельность. Он стал обходить уловки человека, меняя повадки и подвижность. Похоже, у волка уже формируется новая стратегия воспроизводства: если в стае погибает старая самка, может быть покрыта молодая, а если семья лишается обоих матерых, их место занимают двухлетние звери. В результате в семье есть потомство и сохраняется участок обитания. Кроме того, при уменьшении плотности волчьего населения возрастает плодовитость — увеличивается размер выводков. Как сообщают с Алтая, из Карелии и Воронежской области, теперь там бывает по две и даже три беременных самки в одной стае. Не являются ли подобные факты признаком формирования полигамии?

К сожалению, до сих пор не изучено, как влияет изъятие волков и нарушение структуры популяции на образ их жизни, но какие-то наблюде-

ния все же имеются. В последнее время формируются новые черты поведения волков в тундре и пустыне. На Чукотке (и в Подмосковье) они лишь однократно кормятся на жертве, т.е. насытившись раз, далеко уходят от нее⁸. При охоте на волков (во время промысла сайгака) в Казахстане в первый год наблюдений 32% обнаруженных в свете прожектора зверей залегали, прятались. Затем доля затаившихся сокращалась и составила в 1975 г. всего 4%. Будучи обнаруженными, они убегали поначалу группой, а потом врассыпную, к ближайшему кочарнику или солонцу, где их невозможно преследовать. На третий год уменьшилось и число встреч с волками, и не только потому, что их стало меньше, главное — они сделались осторожнее и избегали полевых дорог. Так что важность изучения стереотипа поведения волка как жертвы в системе волк—человек представляется неоспоримой.

Как же осуществляются в последние годы исследования волка? И в России, и за рубежом опубликовано огромное число статей и книг о нем, но в большинстве своем они недостаточно основательны. Поверхностность в описании разных сторон жизни хищника, обилие объяснений вызвано тем, что многие годы люди боролись с ним и ограничивались минимумом специальных знаний. Во второй половине XX в. в США стали применять новые методики исследований, к волчьей проблеме обратились многие десятки специалистов. Появились открытия, в первую очередь они касались фоновой роли волка в экосистемах и в эволюции копытных — их жертв. Фундаментальные знания перестроили общественное мнение в его пользу. Война с ним прекратилась, в США и некоторых странах Западной Европы уже начали восстанавливать его популяции, идет подготовка к этому в Великобритании, Австрии, Японии и других государствах.

⁷ Рябов Л.С., Бибилов Д.И. Пустует ли экологическая ниша волка? // Природа. 1982. № 3. С.26—30.

⁸ Железнов Н.К. Дикие копытные северо-востока СССР. Владивосток, 1990.

В СССР серьезная наука о волке началась с 70-х годов, но она была неплановой, попутной, выполнялась из интереса отдельных натуралистов к зверю и проблеме. Появились обобщения разнородных российских данных, обзор зарубежных публикаций, а в 80-х годах вышли солидная академическая монография «Волк», несколько книг и сборников, посвященных хищнику. Прискорбно, что до сих пор новая администрация не сдвинулась с позиций старых догм в решении волчьей проблемы. Исследования клубка сложнейших фундаментальных вопросов считаются, видимо, ненужными.

Иначе идут дела в США и Канаде. По моим примерным подсчетам, не менее чем в 30 многолетних программах полевых исследований волка в этих странах занято более 300 специалистов! Многие программы ориентированы на то, чтобы найти оптимальные дозы изъятия зверя в локальных популяциях (одну—две трети от численности) там, где пытаются восстановить численность дикого северного оленя карибу, других оленей, лося. Кроме того в нескольких штатах США выполняются солидные исследования по интродукции волка, а также обрабатываются данные полевых наблюдений, полученные специалистами разного профиля из двух—трех десятков университетов.

Что ждет волка на русской земле? Как поведет он себя в ближайшие годы? Вероятнее всего зверя потянет к фермам и скотогильникам, т.е. усилится его синантропизация, поскольку в лесу с каждым годом становится все меньше лосей и кабанов. Но будет ли расти его численность — неясно, пока угрожаю-

щего роста, как пугают в Охотдепартаменте, нет. В некоторых областях популяции стабильны или даже сокращаются (например, в Черноземье). Рыночные механизмы в отношении волка как объекта охоты начинают действовать, но прежние тенденции пока еще сильнее.

Если обратиться к мировому опыту, то лучший пример для нас — Канада, пожалуй, единственная страна, где зверь давно имеет статус охотничьего. Здесь существует лицензионный отстрел (а это около 50 тыс. животных), который и обеспечивает, благодаря ценному меху и дорогой трофейной охоте, финансирование мониторинга популяций и изъятие отдельных волков-скотинников.

Итак, волк — ценный охотничий вид, он играет большую роль в экосистемах, но в трансформированном ландшафте вызывает конфликтные ситуации. Федеральный закон, видимо, установит статус волка как пушного зверя и объекта охоты, укажет конкретные сроки и запрещенные методы добычи. Регулирование его численности должны финансировать охотничьи и сельскохозяйственные организации, ведь одни получают (могут получать) от этого прибыль, а другие оградят себя от потерь. Но никакие разумные действия невозможны, пока точно не установлена его численность во всем ареале и конкретных местах. Чтобы управлять популяцией волка, не разрушая ее структуру, кроме мониторинга его размещения и численности должна исследоваться роль хищника в экосистемах разной степени нарушения. Все это возможно лишь при целенаправленном финансировании за счет части (10—15%) тех средств, которые выделяются властями на борьбу с волком.

Биология

Компьютерная модель рисунка на теле рыбы-ангела

А.М.Тьюринг, один из основателей современной кибернетики, предложил в 1952 г. модель зарождения стабильных периодических структур («картинок») в первоначально гомогенной среде, названную им реакционно-диффузионной волной¹.

Кинетика Тьюринга позволяет проследить пространственно-временную эволюцию «картинок», представляющих собой распределение концентраций двух гипотетических веществ — активатора и ингибитора. На основе его гипотезы

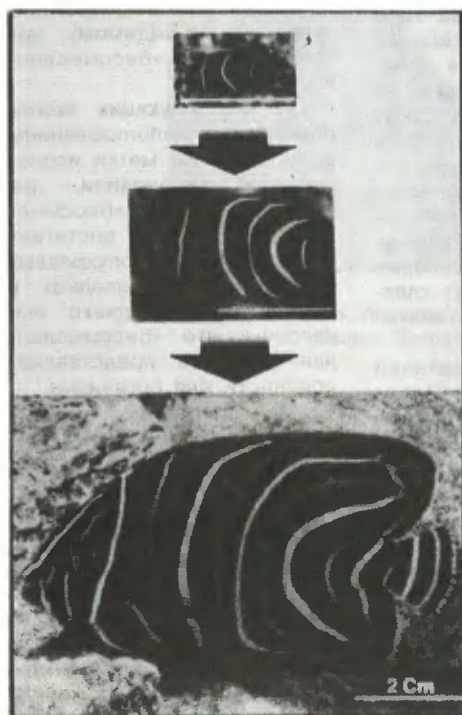
построено много теоретических моделей для объяснения формообразования, но убедительных экспериментальных данных в пользу такого механизма в мире живых организмов до сих пор не получено.

Японские ученые С.Кондо и Р.Асаи (S.Kondo, R.Asai; университет Киото) обнаружили его в картине полосок на теле рыб-ангелов. У этих тропических морских рыб (род *Pomacanthus*) оно покрыто параллельными темными и светлыми полосками — концентрическими, дугообразно изогнутыми от хвоста к голове у полукруглой рыбы-ангела (*P.semicirculatus*) или продольными у императорской (*P.imperator*). У первого вида полоски сплошные, у второго часть из них разветвляется, сливается или оканчивается слепо, но у обоих ширина полосок и

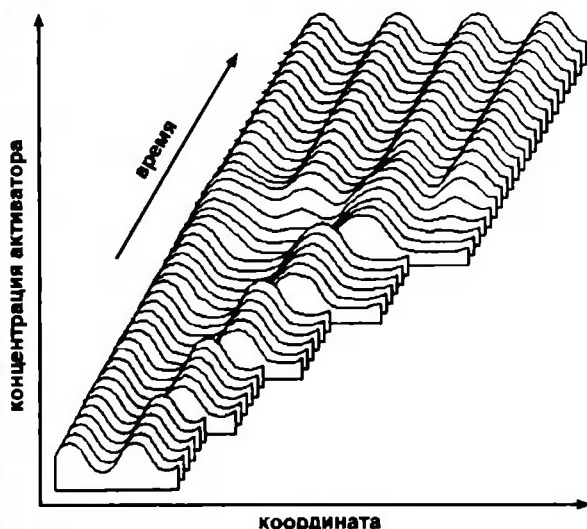
расстояния между ними остаются в среднем неизменными — от малька и до взрослой рыбы (в отличие от других полосатых животных — тигра и зебры: когда они растут, площадь кожи увеличивается пропорционально росту и соответственно шире становятся темные и светлые полосы на шкуре).

У мальков полукруглой рыбы-ангела, когда их длина не больше 2 см, на теле имеются три полосы. По мере роста расстояние между ними увеличивается, но при длине тела 4 см в промежутках возникают новые полосы и расстояние между соседними полосками скачкообразно возвращается к исходному. Затем и темные, и светлые полоски снова расширяются до тех пор, пока при длине 8—9 см появляются новые полосы и пространственный период опять восстанавливается.

¹ Turing A.M. // Phil. Trans. Roy. Soc. 1952. B.237. P.37—72.



Эволюция картины полос на теле полукруглой рыбы-ангела (слева) в двух-, шести- и 12-месячном возрасте (сверху вниз) и ее компьютерная модель. Постепенный рост длины волны концентрации активатора приводит к скачкообразной перестройке в волне при удвоении пространственного периода и возвращению к исходной периодичности.



Кондо и Асаи создали компьютерную модель развития рисунка при росте рыбы на основе реакционно-диффузионной волны Тьюринга и получили замечательное совпадение с тем, что происходит на теле мальков ангелов в 1—3-месячном возрасте. Используя модель, можно предсказать, каким будет рисунок на рыбке через заданное время (50 тыс. компьютерных шагов соответствуют 90 сут жизни мальков).

Вполне вероятно, что механизм, лежащий в основе морфогенеза и формирования образов, работает по принципу реакционно-диффузионной волны. Осталось «немного» — узнать, что за молекулы действуют в коже растущей рыбки, что это за активатор и ингибитор.

Nature. 1995. V.376. № 6543. P.722—723; 765—768 (Великобритания).

Биология

Меняются времена, меняются и любимые запахи

По мнению специалистов, человек может различать в среднем около 10 тыс. запахов. Запахи, приятные или неприятные, могут влиять на деятельность центральной нервной системы, органов дыхания, пищеварения, воздействовать на настроение и чувства. Что касается американцев, то с бурным развитием новых технологий отношение к запахам у них изменилось весьма своеобразно.

Так, по данным исследования, проведенного недавно Фондом по изучению вкусов и запахов (Чикаго, США), люди, родившиеся до 1930 г., испытывают ностальгию по следующим запахам: сосны, розы, чердачной пыли, свежей рыбы,

лилий, свежее испеченного хлеба, мыла, черники, корицы, морского воздуха, луга, сена, сожженных листьев.

Американцы, родившиеся после 1930 г., получают удовольствие от запахов горячей покрывки автомобиля, отбросов, дыма, авиационного топлива, машинного масла, пластика, шариков от моли, выхлопных газов, средств защиты от насекомых, фабричного воздуха, лака для ногтей, хлора.

National Wildlife. 1995. V.33. № 3. P.6 (США).

Молекулярная биология

«Молчание» гена спасет от рака?

Установлено, что при развитии большинства видов раковых опухолей наблюдается повышенная активность гена, кодирующего синтез фермента протеинкиназы. Существуют два типа фермента: протеинкиназа-I стимулирует деление клеток, а протеинкиназа-II — тормозит. В здоровом организме содержание двух типов фермента находится в определенном равновесии, с преобладанием протеинкиназы-II, что и обеспечивает нормальное обновление клеток. В раковых же клетках доминирует протеинкиназа-I.

Группа исследователей во главе с Юн Чо-Чунем (Yoon Cho-Chung; Национальный институт рака, Бетезда, США) предприняла попытку заблокировать ген, ответственный за продукцию протеинкиназы-I. Они предположили, что этого можно добиться, создав «бессмысленные» участки ДНК, комплементарные определенным кускам информационной РНК (иРНК), которая осуществляет считывание

этого гена. Синтетические участки ДНК, связывая иРНК, препятствуют считыванию и таким образом блокируют синтез протеинкиназы-I.

Чтобы экспериментально проверить свою гипотезу, авторы вводили мышам раковые клетки и вызывали у них образование опухоли прямой кишки. Когда опухоль начинала расти, животным вводили синтетическую ДНК. Как и предполагалось, рост опухоли замедлялся. Более того, эффект оказался длительнее, чем ожидалось: после однократной инъекции ДНК рост опухоли приостанавливался на две недели, хотя до этого было установлено, что «бессмысленная» ДНК живет в организме мыши около трех дней. Авторы полагают, что достаточно длительное торможение роста опухоли обусловлено изменением соотношения между продукцией разных типов протеинкиназ. Активация синтеза протеинкиназы-II, по-видимому, удлиняет жизнь «бессмысленной» ДНК.

В последующих экспериментах с использованием радиоактивной метки исследователи установили, что 80% введенной «бессмысленной» ДНК достигает своей цели — опухолевых клеток, а 20% оседает в других тканях, однако они уверены, что «бессмысленная» ДНК не представляет опасности для организма.

В ближайшее время авторы предполагают приступить к клиническим испытаниям нового метода лечения опухолей. Они надеются, что регулярное введение синтетической ДНК позволит в достаточной степени сдерживать рост опухоли.

Nature medicine. 1995. V.1. P.528—530 (США).

КЛАССИК ПОЧВОВЕДЕНИЯ

К 150-летию со дня рождения В.В.Докучаева



*В.В.Докучаев после окончания университета.
Санкт-Петербург, 1872 г.*

Каждому, наверное, известно, что имя Василия Васильевича Докучаева неразрывно связано с формированием и развитием почвоведения как отдельной научной дисциплины. Существует масса биографической литературы (см. например: Полюнов Б.Б., Крупеников И.А., Крупеников Л.А. Василий Васильевич Докучаев. М., 1959; Чеботарева Л.А. Василий Васильевич Докучаев. М., 1961. Т.IX; Кирьянов К.Ф. Василий Васильевич Докучаев. М., 1963; Зонн С.В. Василий Васильевич Докучаев. М., 1991), посвященной этому незаурядному человеку и талантливому ученому. И все же в год 150-летия Докучаева хочется напомнить основные вехи его жизненного и творческого пути.

1 марта 1846 г. в деревне Милуково Смоленской губернии в семье священника родился второй сын — Василий. Как и было тогда положено, начальное образование он получил сначала в духовном училище в Вязьме, а затем в Смоленской духовной семинарии. Но в 1867 г. он становится студентом естественного отделения физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета, где специализируется на кафедре геологии у профессора П.А.Пузыревского. После успешного окончания уни-



В одной из последних поездок. Слева направо: В.В.Докучаев и представитель лесного департамента Тифлиса Я.С.Медведев. Кавказ, 1898 г. (Публикуется впервые.)

верситета в 1871 г. остается на кафедре геогнозии и минералогии в качестве хранителя при геологическом кабинете.

Его первая научная работа, которую он защитил как магистерскую диссертацию в 1877 г., посвящена исследованию речных долин. Однако еще тремя годами раньше проявился первый интерес к изучению почв: в 1874 г. на заседании Петербургского общества естествоиспытателей он делает доклад «О подзоле Смоленской губернии», а еще через два года — доклад «Итоги о русском черноземе» на заседании Императорского Вольного экономического общества. По результатам этого выступления принято решение об организации экспедиции для изучения чернозема. Так Докучаев получает средства для широких натурных исследований.

В 1883 г. выходит его классический труд «Русский чернозем». С этой, ставшей настольной, книгой почвоведов начался блестящий ряд исследований, который привел к новому пониманию роли почв в природе.

80-е годы — время большого творческого подъема: Докучаев организует свою первую большую экспедицию — Нижегородскую, отчеты которой (14 томов) послужили образцом для всех последующих почвенно-географических исследований. В 1888 г. он собирает новую многолетнюю экспедицию — Полтавскую, где, используя предыдущий опыт, проводит оценки земель и почв. В этой экспедиции рядом с Докучаевым работает его ученик В.И.Вернадский; а через год он на Всемирной выставке в Париже представляет «Коллекцию русских почв» Докучаева, которая получает золотую медаль, а ее соавтатель — орден «За заслуги по земледелию».

На опыте двух экспедиций Докучаев разрабатывает оригинальную методику составления почвенных карт, показавшую, как, сочетая полевые исследования с лабораторными, можно получать почвенные карты на генетической основе, которые в равной степени удовлетворяют интересам науки и практики.

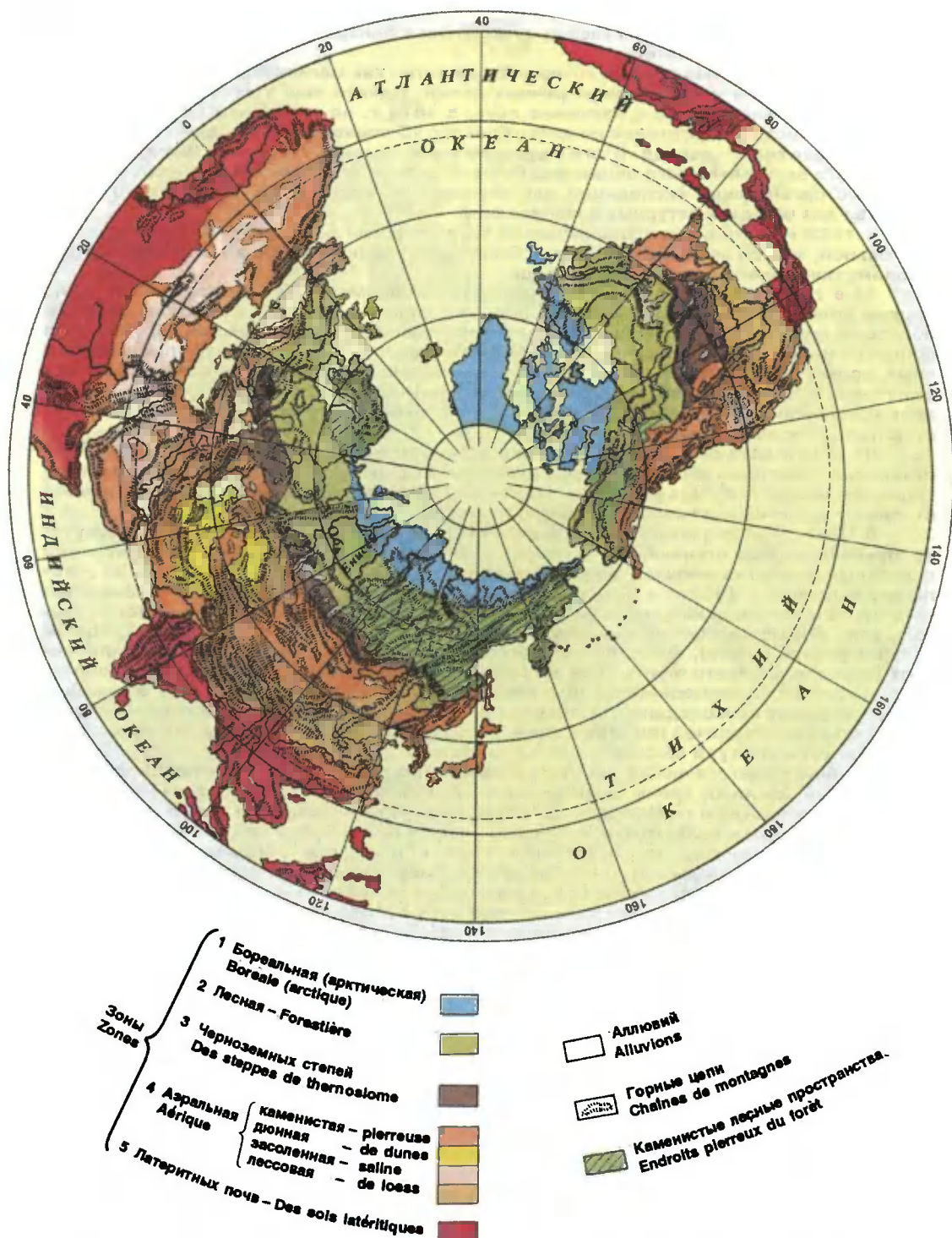
В 1890—1891 гг., когда засухи охватили огромную степную часть страны, Докучаев одним из первых откликается на народное бедствие. Его план полной реконструкции сельского хозяйства южной России составил основу книги «Наши степи прежде и теперь», изданной в 1892 г. в пользу голодающих крестьян. Более того, он добивается организации специальной экспедиции Лесного департамента (в ней выросли такие ученые, как Г.Р.Высоцкий — основатель почвенной гидрологии и Г.Ф.Морозов — родоначальник учения о лесе), возглавляет ее и создает целую сеть опытных станций, проверяет реальность своего плана. В те же годы Докучаев становится ректором Новоалександрийского сельскохозяйственного института (ныне Харьковского), где открывает первую кафедру почвоведения, берется за реорганизацию института и успешно справляется с трудной задачей (по этому плану был реорганизован и Петровский сельскохозяйственный институт в Москве — ныне Тимирязевская академия).

Вообще педагогическая работа забирает много сил. Осознавая необходимость образования широких слоев земледельцев, Докучаев организует частные курсы по сельскому хозяйству и почвоведению, в том числе и для женщин, а также — первые в России почвенные и сельскохозяйственные музеи в Нижнем Новгороде и Полтаве.

Последние три года жизни Докучаев уходит от дел, силы покидают его — сказывается напряжение прежних лет. 8 ноября 1903 г. Докучаева не стало.

Хотя еще при жизни работы Докучаева получали признание на Всемирных выставках, рядом с ним трудились его талантливые ученики (В.И.Вернадский, Г.Н.Высоцкий, Г.Ф.Морозов, А.Н.Краснов, Н.М.Симбирцев и др.), составившие гордость отечественной науки, действовали его экспедиции и опытные станции, выходили его книги и карты, но в полной мере оценить научное наследие человека, который, по словам В.Р.Вильямса, на целую эпоху опередил свое время, смогли лишь его потомки.

Трудно перечислить все заслуги этого замечательного труженика науки. Он не только ввел в науку народные понятия чернозем, подзол, солонец, но и целый класс новых тел — биокосных; открыл законы горизонтальной и вертикальной зональности, обосновал необходимость комплексного подхода к изучению природы и один из первых применил биогеоценотический метод исследования. Но, что самое главное, — Докучаев изменил стиль мышления естествоиспытателей и создал новую науку о четвертом царстве природы. Он первый понял, что безжалостная эксплуатация почвы, которая не только кормит человека, но прежде всего служит важным источником жизни, может привести к ее истощению. Сегодня эта позиция Докучаева заняла прочное место в науке, его идеи и опыт до сих пор служат почвоведом. И потому так современно звучат слова Вернадского, написанные им еще в 30-е годы: «Василий Васильевич дал могучий толчок мысли и научной работе, который чувствуется в научной жизни... уже многие годы после его смерти».



Почвенные зоны Северного полушария — карта, составленная В.В.Докучаевым к Всемирной выставке в Париже в 1900 г. (копия с рукописной карты, с текстом на французском языке).

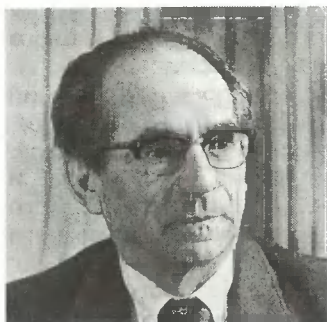
Деградация почв — «тихий кризис планеты»

Г. В. Добровольский, Г. С. Куст

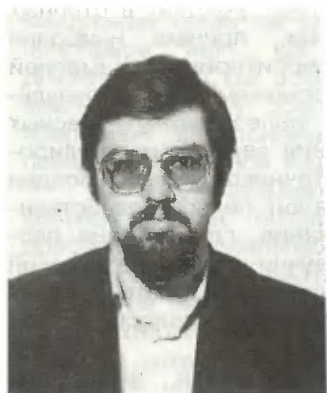
ВАСИЛИЙ Васильевич Докучаев — выдающийся естествоиспытатель, основатель новой отрасли естествознания — генетического почвоведения. Впервые в истории науки он установил, что почвы представляют особые естественно-исторические тела, сформировавшиеся на поверхности Земли в результате многовекового воздействия растительности и животных организмов на горные породы в различных условиях климата и рельефа местности. Докучаев сформулировал главные законы генезиса и географии почв, разработал методы их изучения и принципы научно-обоснованного использования в сельском, лесном и других отраслях хозяйственной деятельности человека и, что самое главное, убедительно показал важнейшую роль почв в жизни природы и человеческого общества.

Учение Докучаева оказало сильное влияние на развитие целого ряда научных дисциплин, в том числе на физическую географию, четвертичную геологию и геоморфологию, гидрогеологию и грунтоведение, минералогию и геохимию, геоботанику и почвенную зоологию, биогеоценологию, агрономию, лесоведение и агролесомелиорацию. В наше время Докучаев заслуженно признается одним из основателей современной экологии и учения о биосфере.

Изучая в 70—80-х годах XIX в. по поручению Вольного экономического общества состояние почв черноземных губерний России, Докучаев обратил внимание на бесконтрольное и поэтому пагубное воздействие человека на



Глеб Всеволодович Добровольский, академик, советник ректората Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Основные научные интересы сосредоточены в области генезиса, географии и охраны почв, истории почвоведения. Автор многих научных работ и учебников по этим разделам почвоведения. Член редколлегии журнала «Природа».



Герман Станиславович Куст, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник почвенного факультета МГУ. Область научных интересов — эволюция, генезис, классификация почв и ландшафтов.

плодородие знаменитого русского чернозема, и вообще — на состояние природных условий южной России.

Называя человека «мнимым владелином земли», который хозяйничает на ней «на правах бесконтрольного и неразумного деспота», Докучаев писал: «В одних местах он немилосердно выжигает и вырубает леса, в других пускает палы, в третьих — устраивает свои толоки и выгоны, страшно уплотнившие степь; наконец, в четвертых совершенно оголяет от векового дерна, превращая в зернистую черноземную пыль — превосходнейший материал для черных бурь и энергического засорения не только родников, но и озер и речек, а иногда и молодых лесков. В результате такого хозяйничания, такого безобразного господствования над степью было: постепенное, но упорно прогрессирующее иссушение наших, когда-то плодороднейших, степей, бесспорное понижение уровня грунтовых вод, обеднение и уменьшение родников, засорение и загрязнение рек..., расширение площади сыпучих и летучих песков... и, наконец, полное бессилие богатейшей в мире почвы...»¹.

Широко известно, что Докучаев не только разработал комплексную программу восстановления плодородия черноземов, но и реализовал ее на нескольких опытных участках в степных областях России, причем наиболее полно на территории «Каменной степи» под Воронежем. Там в результате посадки полезащитных лесных полос, укрепления оврагов и регулирования водоисточников был создан образцовый эталон сельскохозяйственного использования, где сегодня располагается Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-черноземной полосы им. В.В.Докучаева².

В почве Докучаев видел не только объект земледелия, но и

важнейшее звено в цепи сложных взаимодействий между так называемой «мертвой» и живой природой. По его убеждению, почва — источник жизни и главная среда ее обитания на Земле. На бедных, неплодородных землях не могут развиваться растения, а без них не усваивается солнечная энергия, составляющая основу жизни на планете.

Эти простые истины люди понимали всегда, хотя и несколько утилитарно: плодородие земли — основа благополучия. Такое антропоцентристское понимание значения почв за время развития человеческой цивилизации не раз было причиной территориальных споров, войн. Оно же послужило толчком для многих географических открытий в древние и средние века, а в новое время способствовало повышению культуры землепользования, поскольку человечество начало осознавать ограниченность земельных ресурсов.

Однако понимание ограниченности земельных ресурсов пришло не сразу, да и в настоящее время человечество все еще не осознало этой проблемы в полном объеме. Несмотря на достижения научно-технического прогресса, культура землепользования во многих странах мира (и Россия — не исключение, а скорее — яркий печальный пример) все еще остается на низком уровне. А точнее — рост культуры землепользования не адекватен постоянному сокращению земельных ресурсов.

С незапамятных времен человечество решало эту проблему преимущественно экстенсивным путем: истощенные земли рано или поздно забрасывались, в оборот вводились новые земли, а почвы, потерявшие свое плодородие, отдавались на откуп матушке-природе, которая старательно латала нанесенные-человеком раны.

Подобная практика привела к тому, что за всю историю существования человечества было освоено и заброшено в результате деградации 2 млрд. га плодородных земель — это больше площади ныне обрабатываемых полей и пастбищ (около 1.5 млрд.

¹ Докучаев В.В. Сочинения. М.;Л., 1951. Т.VII. С.173.

² Скачков Б.И. Долгая жизнь Докучаевского оазиса // Природа. 1982. № 5. С.2—11.

га)³. Сократились и площади лесов: если 10 тыс. лет назад они занимали 50–60% поверхности суши, 100 лет назад — 30–40%, то сейчас они не превышают 23–30%. За последние 40 лет уничтожено около 50% влажных тропических лесов⁴.

Парадокс современной ситуации состоит в том, что научно-технический прогресс только углубляет кризис, поскольку человечество все еще предпочитает вкладывать средства в программы, направленные на удовлетворение своих сиюминутных потребностей, нежели думать о будущем. Так, в настоящее время на каждого человека ежегодно добывают и выращивают примерно 20 т сырья, которое с помощью энергетической мощности в 2,5 кВт и 800 т воды перерабатывается в конечные продукты массой 2 т, идущие на прямое потребление. Таким образом, 90% первоначально добытого сырья уходит в прямые отходы, а из оставшихся 2 т конечного продукта в течение того же года выбрасывается не менее 1 т⁵. Результат очевиден: к сокращению площади лесов, опустыниванию, эрозии и засолению почв за индустриальный период добавились постоянные и аварийные физико-химические воздействия, вызывающие загрязнение природной среды, способствующие социальной напряженности, стрессу, росту заболеваемости и т.д.⁶ Эти и другие очевидные причины, создающие опасность экологической катастрофы, хорошо известны.

Однако есть другие, гораздо менее заметные, но не менее опасные изменения в биосфере, ведущие к постепенной утрате способности ком-

пенсировать неблагоприятные антропогенные геофизические процессы, что в конечном итоге ведет к утрате структурной организованности и глобальной устойчивости биосферы, т.е. к ее гибели. К такого рода процессам современная экология относит: истощение невозобновимых ресурсов, утрату биологического разнообразия, снижение биопродуктивности. Гораздо меньше внимания, что совершенно необоснованно, уделяется при этом деградации почвенного покрова планеты.

Основанная Докучаевым наука о почвах — почвоведение — долгое время считавшаяся только одним из направлений сельскохозяйственной науки, сегодня все более утверждается как самостоятельная отрасль естествознания, призванная решать экологические проблемы. Современное представление о почве как источнике жизни на Земле несравненно шире утилитарного понимания ее как субстрата для получения продуктов питания. Почвенный покров образует на поверхности суши Земли особую оболочку — педосферу, и именно этой тончайшей биокосной мембране на земной поверхности, «коже Земли», принадлежит существенная роль в поддержании устойчивости биосферы.

Современное почвоведение рассматривает почву не только как особое природное тело, как это установил Докучаев, но и как особую полифункциональную систему, обеспечивающую непрерывное воспроизводство жизни на поверхности земной суши.

Не имея возможности в рамках краткой статьи останавливаться подробно на глобальных экологических функциях почв⁷, отметим только важнейшие из них.

Биологическая продуктивность

почв, на которой базируется не только сельское, но и лесное хозяйство, — это глобальная функция почвы. Она характеризуется понятием «плодородие», которое обеспечивает челове-

³ Розанов Б.Г., Таргульян В.О., Орлов Д.С. Глобальные тенденции изменения почв и почвенного покрова // Почвоведение. 1989. Т.5. С.5–15.

⁴ Григорьев Ю.Ю., Зеланд М.Г., Яцков А.А. Человек, климат и растительность в голоцене. М., 1988.

⁵ Лосев К.С. Вода. Л., 1989; Минин А.А. Климат и экосистемы суши: взаимосвязи и пространственно-временная изменчивость состояний // Итоги науки и техники. Сер. Метеорология и климатология. М., ВИНТИ. 1991. Т.19.

⁶ Лосев К.С., Горшков В.Г., Кондратьев К.Я. и др. Проблемы экологии России. М., 1993.

⁷ Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М., 1990.



Уничтожение почвы при лесоразработках (Our Planet. 1991. V.3. № 1).

→
Глобальный цикл углерода. Цифры даны в Гт С/год (Our Planet. 1991. V.3. № 1).

ству 98—99% (по весу) продуктов питания, в том числе 85—87% белкового. Объем пищевых продуктов, добываемых человеком на суше, равен 1.3 млрд. т/год, а в океане — только 0.017 млрд. т/год⁸.

Почва как среда обитания организмов отличается наибольшей плотностью жизни и очень высокой геохимической энергией живого вещества. В ней живет более 50% всех видов животных, масса которых составляет 90% всех живых существ суши⁹. Почвы буквально пронизаны жизнью: в 1 г количество микроорганизмов может достигать 20 млрд., а суммарная длина грибных гиф — несколько тысяч метров¹⁰. По новейшим данным люминесцентно-микроскопического анализа общие запасы

биомассы микробов составляют десятки тонн в пересчете на гектар, а доля углерода микробной биомассы в общем содержании органических веществ в почвах — 50—70%¹¹. Биомасса наземных экосистем в 750 раз превышает биомассу морей и океанов. Видовое разнообразие организмов суши несравненно больше, чем обитателей водной среды. По образному выражению выдающегося биолога М.С.Гилярова, «почва остается неисчерпаемым источником живых культур, основным хранилищем генетического разнообразия жизни на нашей планете».

Почва — это энергетический банк планеты. В гумусе содержится такое же количество аккумулированной солнечной энергии, сколько во всей наземной массе растительности — (12—15·10¹⁸ ккал)¹².

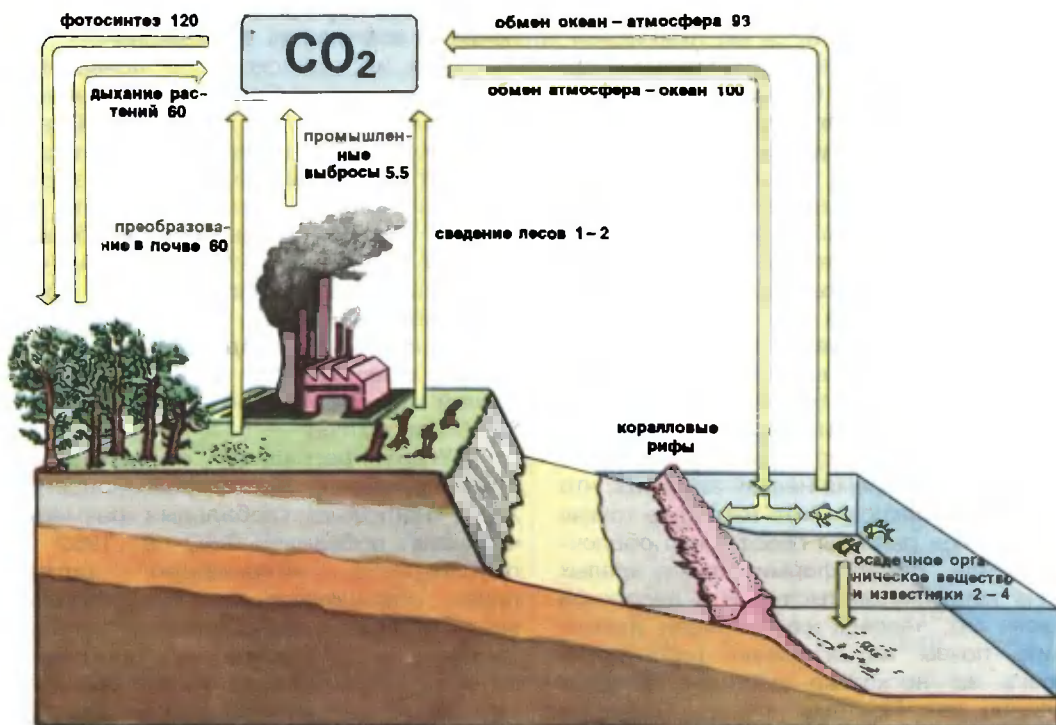
⁸ Моисеев Н.Н., Крапивин В.Ф., Свирижев Ю.М., Тарко А.М. На пути к построению модели динамических процессов в биосфере // Вестн. Акад. наук СССР. 1979. № 10. С.89.

⁹ Гиляров М.С., Криволуцкий Д.И. Жизнь в почве. М., 1985.

¹⁰ Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М., 1987.

¹¹ Полянская Л.М., Головченко А.В., Звягинцев Д.Г. Микробная биомасса в почвах // Доклады Академии наук. 1995. Т.344. № 6. С.846—848.

¹² Ковда В.А., Якушевская И.В. Биомасса и гумусовая оболочка суши // Биосфера и ее ресурсы. М., 1971.



Почвенный покров как кожа Земли предохраняет, литосферу от разрушения денудацией и эрозией, и одновременно предотвращает катастрофическое развитие этих процессов — заиливание водоемов, усиление наводнений, деградацию рельефа, загрязнение природной среды и др.

Почва как регулятор состава атмосферы и гидросферы. По словам Вернадского, состав почти всех поверхностных (в том числе морских) и грунтовых вод Земли, обусловлен главным образом химической работой почвы, через которую просачиваются атмосферные осадки. Почва в соответствии с ее гидрофизическими свойствами и обменной физико-химической способностью избирательно отдает в поверхностный и подземный сток растворенные в воде химические вещества. Газообмен почва—атмосфера вместе с фотосинтезом и дыханием живых организмов поддерживает постоянство атмосферного воздуха. В системе «почва—атмосфе-

ра» почва служит генератором одних газов и стоком — для других. Исследования почвенных микробиологов и почвоведов в последние годы демонстрируют все большее влияние биохимических процессов в почвах на состав не только приземных, но и более высоких слоев атмосферы. Оказалось, что дыхание почв поставляет в атмосферу во много раз больше углерода в составе диоксида, чем все его антропогенные выбросы¹³. Парниковые газы (CO₂, CH₄, N₂O), привлечение внимание ученых в последние годы, имеют биологическое происхождение: они образуются микробами при разложении органического вещества, синтезированного растениями. Установлено, что основной источник поступления диоксида углерода в атмосферу — «дыхание почв» (размер промышленных выбросов CO₂ по крайней мере в 5 раз меньше). Метан также продуцируется

¹³ Заварзин Г.А. Цикл углерода в природных экосистемах России // Природа. 1994. № 7. С. 15.

в основном заболоченными почвами и болотами¹⁴.

Почва обеспечивает постоянное взаимодействие большого геологического и малого биологического круговоротов веществ на земной поверхности. Все биогеохимические циклы элементов, включая циклы таких важнейших биофилов, как углерод, азот, кислород, а также потокообразующие циклы воды, осуществляются именно через почву, при ее регулирующем участии в качестве геомембраны, с одной стороны, и в качестве аккумулятора биофилов — с другой. Почвенные биофильные кларки элементов в десятки раз выше их кларков в земной коре¹⁵.

В то же время нельзя забывать, что почвенный покров — это наиболее тонкая и наиболее ранимая геосферная оболочка Земли. Время формирования зрелых почв исчисляется тысячами и десятками тысяч лет, человек же способен уничтожить почвы на огромных территориях всего за несколько десятков и даже единиц лет. Поэтому почвенный покров больших территорий — это почти невозобновимый фонд одного из важнейших видов природных ресурсов. Кроме того, любое загрязнение почвы в связи со слабой способностью к рассеянию попадающих в нее токсических компонентов обладает в основном долговременным и трудно устранимым действием.

Таким образом, экологическое значение почв не менее важно, чем хозяйственное и экономическое. Нарушение естественных режимов их функционирования неизбежно сказываются на среде обитания человека, приводит к возникновению проблем социального и медико-санитарного характера.

Представления о важной роли почв в жизни природы и человека к концу XX в. прочно утвердились в науке. Не только почвоведы, геологи и биологи, но и выдающиеся представители точных наук, в том числе математики пришли к заключению, что

«не будет преувеличением сказать, что почва — это основа биосферы»¹⁶.

Что же происходит с почвами в настоящее время? Почему такие известные экологи мира, как Ж. Дорст, Л. Браун называют ускоряющуюся деградацию почв «тихим экологическим кризисом планеты» и самой сильной (если не считать атомной войны) угрозой благополучию человечества? Дело в том, что скорость потери плодородных почв, этого «экологического щита биосферы» увеличилась за последние 50 лет в 30 раз по сравнению со средней исторической и составляет по разным данным 8—15 млн. га/год.

Угроза деградации и разрушения почв приобрела во второй половине XX в. настолько глобальные размеры, что это побудило ФАО в 1982 г. опубликовать «Всемирную хартию почв», обращенную к правительствам всех стран и международным организациям и содержащую программу научных исследований и необходимых мер по охране почв и рациональному, экологически обоснованному использованию земельных ресурсов¹⁷.

Причины сокращения земельных ресурсов и деградации почв мира разные. Во-первых, рост численности населения мира ускоренными темпами ведет к относительному уменьшению продуктивных земельных ресурсов планеты. Если общая площадь пашни, равная 1.5 млрд. га, почти не меняется вот уже около 30 лет, то площадь пашни на душу населения, составлявшая еще в 1960 г. 0.5 га, по прогнозу на 2000 г. сократится более чем в 2 раза и составит не более 0.23 га¹⁸. Во-вторых, для поддержания стабильной площади пашни ежегодно в качестве компенсации отчужденных и деградированных земель вводится в обработку адекватная площадь пастбищ, лугов, лесов и зарослей, что

¹⁶ Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика. М., 1988. С.104.

¹⁷ Всемирная хартия почв // Почвоведение. 1983. №3. С.7.

¹⁸ Добровольский Г.В., Розанов Б.Г. Нива планеты // Природа и человек. 1981. № 1. С.22—24.

¹⁴ Кудяров В.Н. Выделение углекислого газа почвенным покровом России // Природа. 1994. № 7. С.37—44.

¹⁵ Ферсман А.Е. Геохимия. Л., 1934. Т.1.

Средний химический элементарный состав земной коры, почв (в весовых %) и организмов суши (в весовых % на живое вещество). По А. П. Виноградову

Элемент	Средний весовой процент		
	в земной коре	в почве (на сырую почву)	в организмах
O	47.20	55.00	70.00
H	0.15	5.00	10.5
C	0.10	5.00	18.0
N	$2,3 \times 10^{-2}$	0.10	0.30
Si	27.60	20.00	0.15
Al	8.80	7.00	0.02
Fe	5.00	2.00	0.02
Ti	0.60	0.40	8×10^{-4}
Mn	0.09	0.06	7×10^{-3}
Ca	3.50	2.00	0.50
Na	2.64	1.00	0.02
K	2.50	1.00	0.07
P	7.8×10^{-2}	0.08	0.07
Cl	4.8×10^{-2}	0.10	0.04
S	0.05	0.04	0.05
Cu	0.01	5×10^{-4}	1×10^{-4}
Zn	5×10^{-3}	1×10^{-3}	3×10^{-4}
Pb	1.6×10^{-3}	1×10^{-5}	—

приводит к абсолютному уменьшению продуктивных земельных ресурсов.

В настоящее время, по данным Global Assessment of Soil Degradation, деградации почв в мире подвержено около 2 млрд. га, из них за счет водной эрозии — 55.6%, ветровой (дефляции) — 27.9%, химической деградации (истощение, засоление, закисление, загрязнение) — 12.12%, физической деградации (уплотнение, подтопление, выработка торфяных почв) — 4.2%. Основные причины этого процесса — неконтролируемая распашка, вырубка лесов, экологически необоснованные методы мелиорации, излишняя агротехническая нагрузка и переуплотнение почв, промышленное и биологическое загрязнение¹⁹.

Прогрессирующие потери продуктивных земельных ресурсов характерны почти для всех стран мира, как развивающихся, так и развитых. Так, Италия теряет ежегодно 45 тыс. га,

Великобритания — 23 тыс., Франция — 65 тыс., Нидерланды — 7 тыс., Япония — 55 тыс. га, в Индии поражено 25—30% всех обрабатываемых земель сильной эрозией, в Китае ежегодные потери сельскохозяйственных земель составляют около 1.3 млн. га²⁰.

Почвенный покров земледельческих районов России также находится в явно критическом состоянии, особенно в Европейской части страны. По данным Государственных (национальных) докладов о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1993 г. и 1994 г., Государственного доклада «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1994 г.», из 186 млн. га сельскохозяйственных земель России около 60 млн. га подвержены эрозии, 40 млн. га представлены засоленными и солонцовыми комплексами, 26 млн. га переувлажнены и заболочены, 73 млн. га земель — кислые, 12 млн. га

¹⁹ Guidelines for General Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). UNEP-ISRIC, 1988. P.1—12.

²⁰ Розанов Б.Г., Розанов А.Б. Основные тенденции изменения почвенного покрова земли под воздействием человека // Почвенно-экологический мониторинг. М., 1994. С.8—31.

засорены камнями, 7 млн. га заросли кустарником и мелкоколесьем, около 5 млн. га загрязнены радионуклидами, на площади около 50 млн. га прогрессирует опустынивание. 40% пахотных почв сильно переуплотнены в результате работы тяжелых сельскохозяйственных машин, а по прогнозам к 2000 г. в России из-за переуплотнения и разрушения структуры почв может быть утрачено до 10—15% используемой ныне пашни и 5—10% пастбищ, а 10.4% почв окажутся загрязненными промышленными отходами.

Качественное состояние земель России постоянно ухудшается. За последние 20 лет площадь деградированных земель увеличилась в 1.6 раза. По меньшей мере 20—25% всех мелиорированных земель (около 4 млн. га) требуют срочной комплексной реконструкции. Почвы с содержанием гумуса ниже оптимального составляют около 88% пашни. При этом потери органического вещества (дегумификация) постоянно растут: в среднем по России теряется гумуса 0.64 т/год с одного гектара пашни, а по России в целом — более 84 млн. т/год, или более 10% от общих темпов дегумификации в мире.

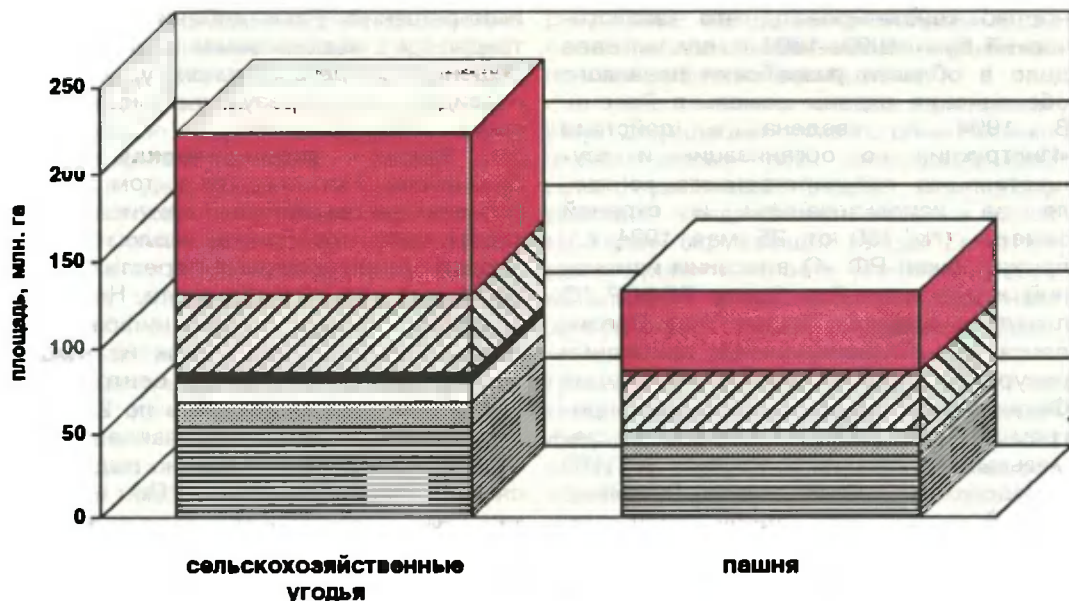
Все это происходит из-за сокращения (по сравнению с даже далеко не оптимальными 1985—1990 гг.) внесения органических удобрений более чем в два раза, минеральных удобрений — в пять, известкования в два, гипсования солонцовых почв в 4—5 раз. Резко снизились противоэрозионные, лесомелиоративные и водно-воздушные мелиоративные работы. Далека от оптимальной с экологической точки зрения и география нашего сельского хозяйства: около 80% продукции сельского хозяйства производится на черноземах, которых в России хотя и не мало, но которые занимают всего 7% ее территории. Конечно, черноземы — наше огромное национальное богатство, лучшие почвы в мире, как говорил Докучаев, но и они из-за антропогенного пресса теряют свое легендарное плодородие, испытывают дегумификацию, эрозию,

слитизацию, осолонцевание и загрязнение. В то же время далеко недостаточно используются потенциальные ресурсы таежно-лесной зоны для развития животноводства и лучшей организации лесного хозяйства.

Такие негативные экологические последствия антропогенных изменений почв и почвенного покрова проявляются на разных участках суши планеты в самой разной степени: местами они только намечаются, а где-то уже приняли форму настоящего экологического кризиса, ведущего часто к необратимой утрате биосферного потенциала той или иной территории. В разных странах правительства и население по-разному относятся к проблемам деградации почв и потери земельных ресурсов. Вместе с тем, задача всех почвоведов общая: привлечь внимание правительств и мировой общественности к тому, что критически ухудшающееся состояние почв, особенно в регионах традиционного земледелия, представляет угрозу как национальной безопасности отдельных государств, так и угрозу жизни на Земле в целом.

Что касается России, то вряд ли следует специально доказывать, что страна, где около 40% пахотных земель деградированы в той или иной степени, а около 30% малопродуктивны, может и далее не задумываться о благосостоянии своего народа. А ведь при сохранении современных темпов деградации почв в России и одновременном росте мировых цен на продукты питания всего через 60—100 лет продуктивные земли будут полностью истощены.

Именно поэтому Межведомственная комиссия по экологической безопасности Совета безопасности РФ рассмотрела 14 декабря 1993 г. вопрос «О мерах по предотвращению деградации почв России с целью снижения угрозы национальной безопасности». Признав, что почвы России находятся в критическом состоянии, Межведомственная комиссия считает целесообразным подготовить проект Указа Президента Российской Федерации «О мерах по предотвраще-



почвы:

- эродированные
- вторично засоленные
- вторично заболоченные
- нарушенные горными работами
- кислые малоплодородные
- в удовлетворительном состоянии

Состояние сельскохозяйственных угодий России.

нию деградации почв России и повышению их плодородия» (Экологическая безопасность России, 1995).

Какие же меры необходимы в первую очередь для предотвращения «тихого кризиса планеты»? Что можно отнести к разряду первоочередных задач по борьбе с деградацией почвенных ресурсов России на современном этапе жизни страны с ее неустойчивой политической и экономической ситуацией?

Эти вопросы не новы. И проблемы, с ними связанные, не раз ставились почвоведом на различных совещаниях, в обращениях к органам законодательной и исполнительной власти. Нельзя сказать, что ничего не было сделано. Так, в стране в 1991 г. был принят

Земельный кодекс РСФСР, где сказано, что собственники, арендаторы, пользователи земли обязаны эффективно использовать землю в соответствии с ее назначением, повышать ее плодородие, проводить комплекс обязательных мероприятий по охране почв от эрозии, заболачивания, загрязнения, не допускать ухудшения экологической обстановки и эколого-правовых требований охраны окружающей природной среды, нести ответственность и возмещать ущерб за совершение земельных экологических правонарушений (ст.53 ЗК РСФСР 1991 г.).

В 1992 г. постановлением Правительства РФ № 879 была утверждена Государственная программа повышения плодородия почв России, в которой представлен продуманный комплекс мер на период до 1995 г. с просчитанными экономическими затратами по основным объемам работ. В преамбуле к программе четко указаны основные процессы деградации почв страны. Были определены ответственные за исполнение этой программы. За прошедшее время органы федеральной власти приняли более 40 нормативных актов, регулирующих землепользование и охрану земель.

Таким образом, можно с уверен-

ностью констатировать, что «экологический бум» 1990—1993 г. сделал свое дело в области разработки правового обеспечения охраны земель в России. В 1994 г. введена в действие «Инструкция по организации и осуществлению государственного контроля за использованием и охраной земель» (№ 160 от 25 мая 1994 г.), принят Закон РФ «О внесении изменений и дополнений в Закон РСФСР "О плате за землю"», издан Указ Президента РФ «О федеральных природных ресурсах». Продолжается реализация Федеральной научно-технической программы «Земельные ресурсы и земельные отношения в России» и ГНТП «Экологическая безопасность России».

Вместе с тем, наблюдения ученых за состоянием почв страны, сделанные в последние годы, показали, что несмотря на принятые нормативные акты качество земель продолжает ухудшаться, плодородие падает со все возрастающими темпами. В Основных итогах Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1994 г. (Москва, Роскомзем РФ, 1995) прямо отмечено, что качественное состояние значительной части земель России неудовлетворительное и продолжает ухудшаться, в связи с чем сохранение почв и восстановление их плодородия являются первоочередной задачей.

В чем же причины? По нашему мнению, их много, но главных три.

Первая — **организационная несогласованность**. Контроль за выполнением Государственной комплексной программы повышения плодородия почв России возложен на четыре федеральных органа: Минсельхоз, Роскомзем, Минприроды, Госкомсанэпиднадзор, не считая региональных органов исполнительной власти. А всего в России насчитывается 19 федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих экологические функции. Сам факт существования такого большого числа ведомств, контролирующих состояние природы, уже предопределяет несогласованность в выполнении принимаемых

ими решений. Если добавить к этому трудности с выполнением федеральных решений на региональном уровне, то очевидно, что их результативность оказывается весьма низка.

Вторая — **экономическая нестабильность**. Нет секрета в том, что в условиях экономического кризиса, в котором находится страна, экологические проекты в числе первых перестают финансироваться из госбюджета. Но стоит задуматься и над такими цифрами. В бывшем СССР в 80-х годах на нужды охраны окружающей среды централизованно ежегодно выделялось по 2 млрд. руб., которые не всегда осваивались. В США на те же цели ежегодно выделяется по 100 млрд. долл. По нашему мнению, это говорит об отношении людей, ответственных за формирование госбюджета, к проблемам экологии. Большая доля экологических проектов финансируется за счет различных благотворительных зарубежных фондов, но они не могут компенсировать недостаток бюджетных средств.

И, наконец, — **земельная политика и уровень экологического образования**. По конституции РФ (ст.9), земля может находиться в частной, государственной, муниципальной и иных формах собственности. Частная собственность стоит на первом месте, чем подчеркивается ее ведущее значение, если не сейчас, то в скором будущем²¹. Земельная политика Правительства России в этом плане направлена на постепенную денационализацию и приватизацию земель, передачу их в частную собственность, аренду. В этих условиях неизбежно возрастает число мелких собственников и пользователей земель, которые часто не имеют достаточного образования в области экологически сбалансированного землепользования. В связи с этим встает задача скорейшего повышения уровня экологической грамотности населения разных возрастных и социальных групп, и в первую очередь, хозяев земель, а также лиц,

²¹ Петров В.В. Экологическое право России. М., Изд-во БЕК. 1995.

работающих в организациях, формирующих общественное мнение (средства массовой информации, общественные организации, партии и т.п.).

Конечно, трудно предлагать единое решение, которое спасло бы Россию от деградации и истощения ее почвенных ресурсов. Проблема слишком многопланова, чтобы найти панацею от всех бед. В мире идет поиск наиболее эффективных систем земледелия, которые одновременно с высокой продуктивностью обеспечивали бы и сохранность почвенного покрова, т.е. были бы почвоохранными. В этом же направлении ведут разработки и отечественные почвоведы и агрономы. Видимо, наиболее перспективны варианты так называемых ландшафтно-экологических и адаптивно-ландшафтных систем земледелия, задача которых максимально приспособить земледелие и растениеводство к особенностям зональных и ландшафтных условий различных регионов России. Есть и хороший практический опыт высокопродуктивного и природоохранного ведения сельского хозяйства в ряде областей и районов России.

Чрезвычайно важны работы Роскомзема по созданию государственной кадастровой системы, а также государственной автоматизированной системы регистрации земель, обеспечивающей правовое регулирование земельных отношений, осуществление контроля за охраной и использованием земель. Давно назрела разработка нового Земельного кодекса России. Около 10 лет почвоведы ставят перед руководством страны вопрос о необходимости государственного закона «О почвах», в котором красной нитью должно звучать положение о том, что почвы — **не только объект сельскохозяйственного пользования, но в первую очередь — важнейшее экологическое условие сохранения жизни на Земле** (в лесах, лугах, на пашнях, городских землях и т.п.). Такой закон должен определять порядок государственного финансирования и стимулирования мер по охране почв,

разработке методов экологически безопасного землепользования, адаптивно-ландшафтного земледелия.

Вместе с тем, нельзя приостановить деградации почв страны только экономическим или законодательным путем, увеличивая ставки земельного налога и вводя дополнительный налог на охрану окружающей среды. Ее также нельзя решить, просто увеличив требовательность к органам, ответственным за состояние почвенных ресурсов. Важнейшей частью государственной программы охраны почв и повышения их плодородия должна стать комплексная федеральная программа повышения экологической грамотности населения в области рационального землепользования, предусматривающая охват всех социальных и возрастных групп населения, а в первую очередь — ориентированная на собственников земли.

По нашему мнению, разработка и осуществление такой программы — одна из актуальнейших задач настоящего времени, и невыполнение ее грозит обернуться катастрофой в ближайшем будущем. Ведь еще в конце прошлого века, заключая в своей знаменитой книге «Наши степи прежде и теперь» предложения по усовершенствованию ведения сельского хозяйства в степных областях России, Докучаев справедливо утверждал: «Но само собой разумеется, что никакая наука, никакая техника не могут пособить больному, если последний не желает лечиться, не желает пользоваться указаниями ни той, ни другой, или беспрестанно, нередко по капризу нарушает данные ему советы. Никакое естествознание, никакое самое детальнейшее исследование России, никакая агрономия не улучшат нашей сельскохозяйственной промышленности, не поспособят нашим хозяйствам, если сами землевладельцы не пожелают того или, правильнее, не будут понимать свои выгоды, а равно права и обязанности к земле»²².

²² Докучаев В.В. Сочинения. М.; Л., 1951. Т. VI. С. 101—102.

Астрофизика

Взгляд на гигантский квазар через гравитационную линзу

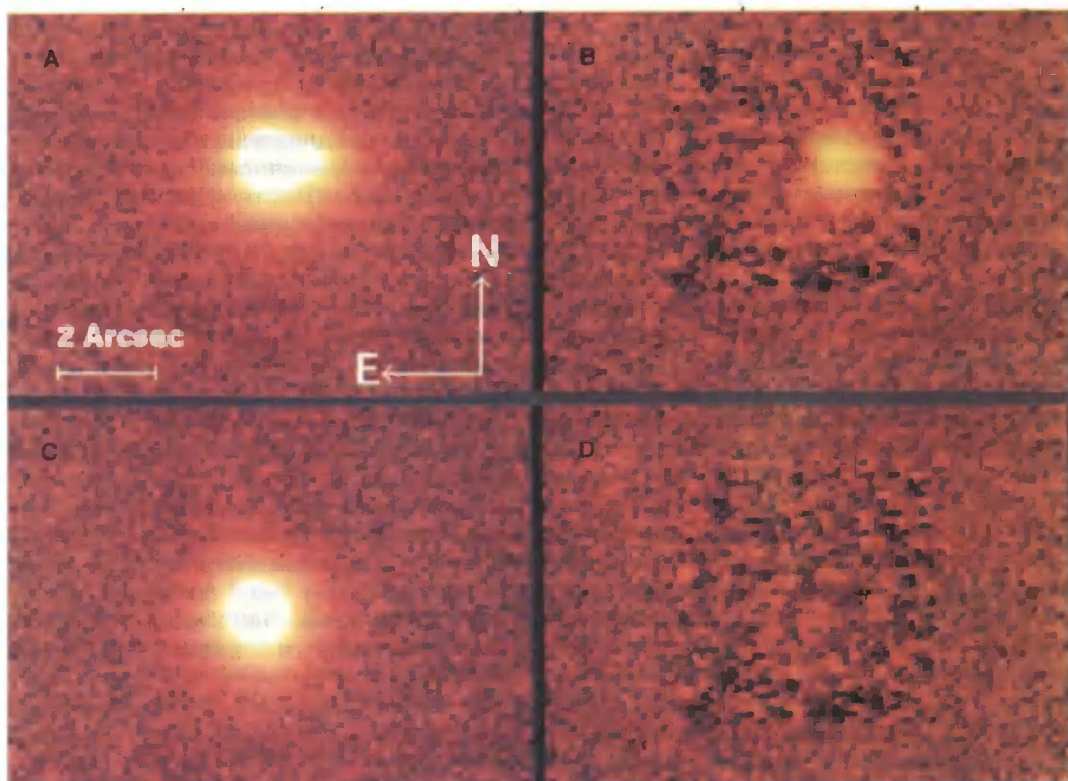
Астрономы уверены, что квазары — это очень активные ядра далеких галактик. Но механизм их активности до сих пор не до конца ясен. Особенно интересуют специалистов квазары высокой светимости (HLQ — highly luminous quasar): их мощность наиболее велика и с немалым трудом укладывается в рамки эволюционных представлений о галактиках. Столь активные объекты должны быть чрезвычайно редкими, а наблюдается их немало. Недавно высказано предположение, что не все из этих ква-

заров действительно обладают фантастической мощностью излучения: не исключено, что некоторые лишь кажутся такими яркими.

Видимое усиление яркости далеких космических источников может быть следствием предсказанного Эйнштейном 80 лет назад отклонения лучей света массивными телами. Существование этого эффекта было доказано уже в 1919 г. при наблюдении полного солнечного затмения. Тогда же стало ясно, что гравитационное поле может играть роль линзы, искривляющей и концентрирующей свет и другие виды излучения. В 1930-х годах швейцарский астроном Ф.Цвикки (1898—1974), работавший на обсерватории

Маунт Вилсон в Калифорнии (США), предсказал, что мощное гравитационное поле отдельных галактик и их скоплений способно искажать и дробить на части изображения еще более далеких галактик. Но только в

Изображение квазара J03.13, полученное на NTT (Телескопе новой технологии, ЕОО, Чили) в феврале 1994 г. На снимке А вытянутость изображения в направлении восток-запад указывает на эффект гравитационной линзы; на снимке В — из изображения математически вычтен яркий компонент; на С — вычтен слабый компонент; на D видно, что после вычитания обоих компонентов других нет (ESO PR Photo 06/96).



1979 г. эффект гравитационной линзы был реально открыт при наблюдении квазаров, близкие изображения которых показывали одинаковое расстояние от Земли и синхронно изменяли свою яркость. С тех пор было обнаружено уже несколько подобных космических миражей. Чаще всего изображение далекого объекта разбивается гравитационной линзой на две части, но бывает, что и на четыре.

В Европейской южной обсерватории (Чили) было предпринято специальное исследование изображений HLQ с целью определить, какая доля этих объектов обязана своей высокой видимой яркостью гравитационному усилению света. Это не только поможет уточнить природу квазаров, но и даст представление о количестве массивных объектов во Вселенной, определяющих ее динамику. С начала осуществления этой программы в 1989 г. астрономы ЕЮО обнаружили уже семь «космических миражей». Последним из них стал квазар J03.13, имеющий видимую звездную величину 17.2 и красное смещение 2.545. Два его изображения, из которых одно в семь раз ярче другого, разделены углом всего 0.84". Лишь специальная методика обработки изображений позволила увидеть их по отдельности.

В спектре квазара J03.13 видны две системы линий поглощения с красными смещениями 2.340 и 1.085. Это означает, что на луче зрения между нами и квазаром лежат два объекта — скорее всего галактики. Чтобы окончательно доказать принадлежность обоих изображений квазара одному источнику, необходимо сравнить их спектры, полученные раздельно. Но наземными средствами сделать это практически невозможно — помочь здесь способен Космический телескоп им. Хаббла.

По предварительному заключению астрономов, исследующих гравитационные линзы, количество массивных объектов во Вселенной, ответственных за этот эффект, не так уж велико. Вероятно, большинство из них является галактиками. Их суммарная масса составляет всего 1% от той, которая необходима, чтобы остановить расширение Вселенной.

ESO Press Release 04/96. 9 February 1996.

Геофизика.
Космические исследования

Спутники измеряют движение тектонических плит

На заседании Американского геофизического союза, состоявшегося в декабре 1994 г., К.Ларсон (K.Larson; Университет штата Колорадо) и Д.Фреймюллер (J.Frey Mueller; Стэнфордский университет) сообщили о том, что Австралия и Антарктида удаляются друг от друга со скоростью 5—7.5 см в год, при этом Австралия перемещается в северо-восточном направлении. Такой вывод они сделали на основании анализа данных, полученных от GPS (Global Positioning System — Глобальной системы позиционирования объектов) по Международной информационной сети Internet.

Еженедельные измерения велись по опорным пунктам, расположенным в Австралии, Новой Зеландии, Антарктиде, на Гавайских о-вах и о.Таити. Спутники этой системы позволяют определять расстояния между опорными пунктами, удаленными друг от друга на 100 миль, с точностью до толщины двух кредитных карточек, а для пунктов, отстоя-

щих на несколько тысяч миль, — до толщины карандаша. Столь высокоточные измерения дали прямое доказательство дрейфа тектонических плит. Важно отметить, что до 1991 г. в Антарктиде не было опорных пунктов, позволяющих использовать систему GPS.

Ларсон и Фреймюллер считают, что дрейф Австралии вызван раздвижением рифтовой долины подводного хребта Макуори, протянувшегося между Австралией и Антарктидой. Такой характер дрейфа аналогичен ситуации, которая сложилась между Северной Америкой и Европой, раздвигаемыми Срединно-Атлантическим хребтом.

Функционирование 25 спутников системы GPS координируется министерствами обороны и транспорта США. Со спутников на пункты наземного приема, расположенные на всех материках, ежедневно поступает телеметрическая информация.

Использование информации от GPS крайне актуально в сейсмически активной южной Калифорнии; здесь планируется разместить более 100 пунктов приема информации для мониторинга зоны крупного тектонического разлома Сан-Андреас и некоторых других.

Система GPS позволяет также измерять колебания уровня океана. Ожидается, что в будущем использование возможностей GPS обеспечит безаварийную посадку самолетов во время мощных ураганов.

Geotimes. 1995. V.40. № 3. P.7 (США).

Вирусология

Мутация вируса — защита от гепатита

Японским исследователям во главе с Р.Фукуда (Медицинский университет Симанэ, г.Идзумо) удалось создать теорию, объясняющую, почему у подавляющего большинства людей, инфицированных вирусом гепатита В (HBV), не развиваются клинические проявления болезни. Известно, что из 350 млн. человек во всем мире болеют только около 10%.

Авторы выделили и исследовали вирусные частицы из крови людей, инфицированных HBV. Оказалось, что у 17 из 19 практически здоровых его носителей вирус имел определенную мутацию в гене, получившем название X. В то же время у всех девяти обследованных больных гепатитом такой вирусной мутации не было.

Как выяснилось, ген X кодирует белок, который активизирует цепочку генов, участвующих в репродукции вируса. Авторы полагают, что мутация гена X подавляет активность этих генов

и ограничивает формирование новых вирусных частиц. Таким образом, у носителей вируса гепатита В репликация вируса происходит намного медленнее, чем у больных.

Ученые предполагают, что может существовать и другая мутация гена X, ускоряющая репликацию вирусных частиц и способная вызывать скоротечный гепатит, разрушающий печень больного в течение месяца.

Journal of Infectious Diseases. 1995. V.172. P.1191—1194 (США).

КОРОТКО

Французский палеоантрополог Ж.-Ф.Риго (J.-P.Rigaud; Бордоский университет) с коллегами обнаружили в одной из пещер на юго-западе Франции следы костров, относящихся к эпохе неандертальского человека. Судя по радиоуглеродному анализу обуглившейся почвы, неандертальцы сознательно пользовались огнем 53900—65600 лет назад. Вероятно, пещерные люди жгли костры для освещения, когда изготавливали каменные орудия (кстати, найденные в этой же пещере), а поддерживали огонь, срывая со стен лишайники.

Science News. 1996. V.149. № 3. P.41 (США).

В апреле 1996 г. вступил в строй крупнейший в мире детектор нейтрино, построенный в Японии. Он представляет собой распо-

ложенный в глубине шахты бассейн, содержащий 50 тыс. т чистой воды. Пройдя сквозь слой земных пород толщиной 1 км, нейтрино солнечного происхождения попадают в прозрачный детектор, регистрирующий черенковские фотоны от весьма редких событий взаимодействия нейтрино с ядрами молекул воды.

Строительство этой уникальной астрофизической обсерватории обошлось в 63 млн. ф. ст. К работе на ней приступили ученые Японии, Польши и США.

New Scientist. 1996. V. 150. № 2025. P.10 (Великобритания).

Конец июля 1995 г. ознаменовался на о.Лусон (Филиппины) непрерывными проливными дождями, связанными с прохождением сильнейшего тропического шторма. На склонах вулкана Пинатубо (высота около 1600 м над ур. м.) это вызвало интенсивный сход

селей. Наибольший ущерб грязевые потоки причинили в долине р.Пасиг-Потреро: на площади 12 км² они оставили около 30 млн. км³ каменно-глинистой породы. Под ее слоем толщиной до 4 м были погребены 23 жилых дома; около 15 тыс. жителей бежали с насиженных мест. Убытки исчисляются сотнями миллионов долларов.

Эти события — отдаленные последствия катастрофического извержения Пинатубо в 1991 г., когда на склонах горы отложились гигантские массы пепла: ничем не закрепленные, они при каждом очередном сезоне муссонных дождей превращаются в грязевые потоки, угрожая жизни и имуществу всего окрестного населения.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1995. V.20. № 7. P.8 (США).

МОСКОВСКОМУ ФИЗТЕХУ — ПОЛСОТНИ ЛЕТ

25 ноября 1946 г. — дата рождения Московского физико-технического института (МФТИ), знаменитого Физтеха. Его история уходит корнями в предвоенные годы. Еще в 1938 г. «Правда» опубликовала письмо видных ученых Н.И.Мухелишвили, С.Л.Соболева, С.А.Христиановича и др. о необходимости организовать учебное заведение нового типа — Высшую физико-техническую школу. Эта задача рассматривалась как государственно важная. Война помешала ее осуществлению. Но сразу же после войны этот план стал энергично разрабатываться инициативной группой, которую фактически возглавил П.Л.Капица. В числе энтузиастов создания Физтеха — А.И.Алиханов, С.И.Вавилов, И.М.Виноградов, И.В.Курчатов, Н.Н.Семенов, С.А.Христианович, М.В.Келдыш, Л.Д.Ландау, А.И.Шальников, А.И.Берг, А.В.Палладин и другие представители научно-технической элиты страны.

Сохранилась «Записка об организации Московского физико-технического института» (10 страниц машинописного текста), посланная на имя Председателя СНК Г.М.Маленкова 23 октября 1945 г., в которой говорится:

«Для того, чтобы в возможно короткий срок подготовить необходимые кадры для самых важных отраслей физико-технических наук, мы предлагаем создать особое учебное заведение «Московский Физико-технический институт» на базе наших сильнейших научно-исследовательских институтов: ЦАГИ, Института Физических проблем АН СССР, Лаборатории № 2 АН СССР [будущий Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова], Физического института АН СССР, Института химической физики АН СССР и Математического института АН СССР».

Авторы считали необходимым положить «в основу организации Московского физико-технического института следующие принципы:

1. Специальный отбор по всей стране наиболее способной к научным исследованиям и талантливой молодежи.
2. Привлечение в качестве преподавателей наиболее активных и талантливых ученых.
3. Специальные методы обучения, рассчитанные на максимальное развитие творческой инициативы и индивидуально приспособленные к особенностям каждого учащегося.
4. Обучение на экспериментальной базе наших лучших исследовательских институтов».

В марте 1946 г. Сталин подписал постановление о создании Высшей технической школы. Но вскоре это постановление было фактически отменено — противники нового вуза сумели обернуть в свою пользу время, ушедшее на поиски подходящих помещений, продолжавшиеся до тех пор, пока П.Л.Капица не убедил своих коллег выйти за пределы Москвы. Так возник нынешний адрес Физтеха — город Долгопрудный, где еще до войны был создан Центр воздухоплавания и начал возводиться дирижаблестроительный институт.

В результате противостояния сторонников и противников Физтеха появилось компромиссное решение, оформленное постановлением от 25 ноября 1946 г., — создать не институт, а на базе МГУ Физико-технический факультет, который только в сентябре 1951 г. стал Московским физико-техническим институтом, где уже полностью была осуществлена ранее задуманная система обучения. Эта система, как показывает история, с блеском себя оправдала.

За 50 лет своего существования Физтех подготовил 22 тыс. специалистов высокого класса, из которых 7500 стали кандидатами и около 1600 докторами наук, более 50 — избраны в Российскую академию наук. Имена, как они себя называют, «физтехов» мы встречаем в списках лауреатов Госпремий, среди руководителей научных институтов, больших исследовательских программ, в правительственных структурах, в числе профессоров виднейших университетов разных стран, а в последние годы — и в преуспевающих коммерческих фирмах.

Как стал формироваться особый тип людей — выпускник Физтеха? Сможет ли МФТИ сохранить свои позиции в новой рыночной ситуации, не утрачивая традиций и не меняя системы, которая была заложена в его фундамент отцами-основателями? Какова роль Физтеха в сегодняшней и завтрашней России?

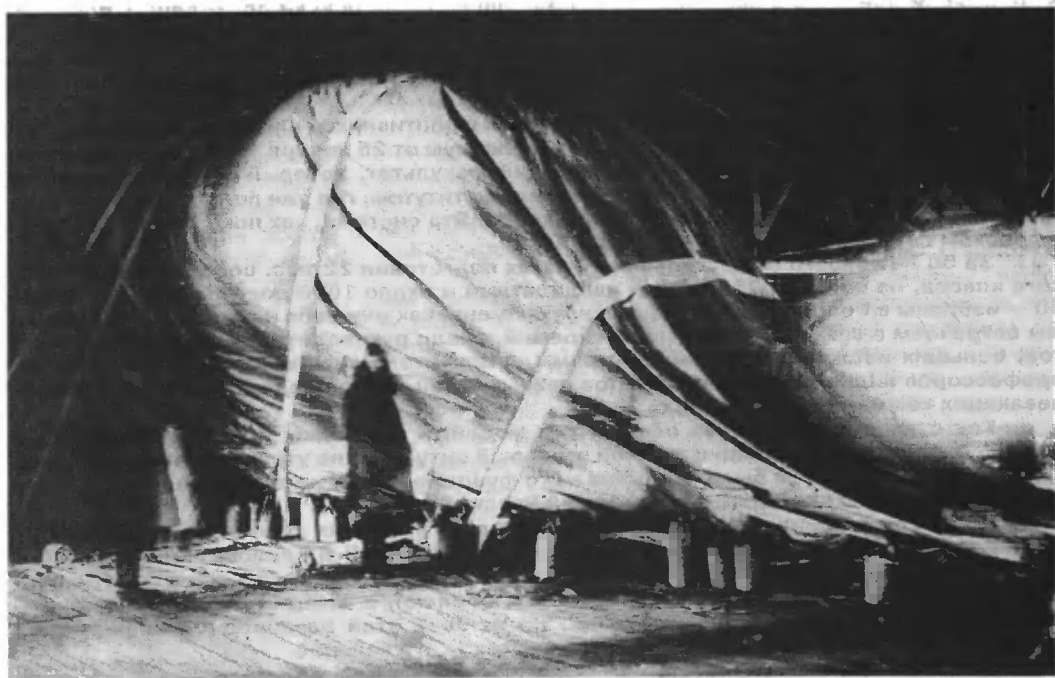
На наших страницах прозвучат голоса людей, имеющих разный опыт общения с МФТИ. Происхождение текстов — тоже разное. Так, статья Н.В.Карлова — результат его беседы с нашим научным обозревателем; очерк А.Ф.Андреева готовился в первую очередь для сборника «Я — ФИЗТЕХ» (издается к юбилею), а заметки Д.Б.Диатроптова — изложение ранее прочитанного доклада. Но из всей этой разнородной информации складывается отчетливое понимание, что Физтех — это явление.

Долгой жизни тебе, Физтех!



У станции Долгопрудная. 50-е годы.

Неподалеку, в долгопрудненском "Дирижаблестрое", еще в середине 30-х годов создавались дирижабли для экспедиции Умберто Нобиле, который работал здесь и читал лекции для студентов Дирижаблестроительного института.





Ректоры МФТИ: Н.В.Карлов, И.Ф.Петров, О.М.Белоцерковский, С.А.Христианович. Главный корпус МФТИ.
Фото В.В.Бездудного

Фото А.А.Шуки



Зачем Физтех сегодня?

Член-корреспондент РАН **Н. В. Карлов**,
ректор МФТИ

МОСКОВСКИЙ Физтех — уникальное учебное заведение. Оно создавалось в исключительных обстоятельствах, и его особенности определялись форсмажорностью задач, которые призван был решать этот вуз — сначала факультет МГУ, а потом институт. Вспомним конец 40-х годов. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что первое решение правительства о создании учебного заведения этого типа принимается через пять дней после печально знаменитой фултоновской речи Черчилля, от которой ведется отсчет холодной войны... Совпадения такого рода бывают, но не всегда они случайны. В ту пору наша разоренная страна, пережившая тяжелейшую из войн, в результате которой большинство городов ее европейской части лежало в развалинах, вынуждена была приступить к созданию современной военной техники.

Для осуществления этой цели годился только один способ — нужно было развязать творческие способности молодых людей, сделать так, чтобы ими руководили талантливейшие ученые, создать в условиях экстерриториальности атмосферу в некотором смысле интеллектуальной свободы — в отличие от состояния общества в целом. Достаточно сказать, что в нашей тогдашней библиотеке были Кнут Гамсун, Меттерлиник, Ибсен. Гамсун был старого издания, со старой орфографией. Мы наслаждались «Доктором Штокманом», где говорится, что демократия немислима хотя бы по той причине, что глупых людей больше, чем умных, и решение большинства не является самым разумным из возможных... Эта литература была строжайше запрещена во многих других местах, тогда как у нас, в нашей библиотеке,

можно было даже прочесть «Несвоевременные мысли» Горького. Не говоря уже о материалах всех съездов партии. В известных рамках, конечно, но у нас была интеллектуальная свобода. И даже обвинения какого-нибудь комсомольца в том, что тот не понимает линии партии в так называемой дискуссии 48-го года по поводу генетики, опубликованные в стенгазете, не приводили ни к каким последствиям — этих обвинений просто никто не замечал.

Мы яростно учились, учились у Капицы, Ландау, Рытова, Соболева, Лаврентьева... И у многих других хорошо известных ученых — всех не перечислишь. Конечно, нас несколько возвышала в собственных глазах приобщенность к большому государственному делу. Помню ощущение некоторой особенности, элитарности, неподсудности правилам, действующим вне факультета. Мы были связаны с номерными заводами, номерными институтами, у нас было специальное медицинское обслуживание, и мы проходили по специальному департаменту — первому главному управлению, которое возглавлял Берия. Все это создавало определенный тонус и влияло на общее романтическое отношение к делу, которому мы себя посвятили.

Важно было и быстро пришедшее к нам понимание того печального обстоятельства, что поколение, которое должно нам предшествовать, вырублено войной. Мы развивались как бы в полупустом пространстве и, как я это называю, — на фронте ударной волны.

Перед нами были люди много старше нас. Среднекомандные должности открывались для нас очень рано — и мы их занимали. Может быть, даже в известном смысле и незаслуженно. Но занимая эти должности, мы

принимали на себя ответственность, которую глубоко чувствовали, а в результате и зрели быстрее. Тогда мы преодолели этот демографический разрыв. Сейчас, как мне представляется, ситуация схожая, хотя и в силу новых условий. Такая вот выпала на долю моего поколения судьба. 50 лет назад перед нами лежала демографическая пропасть, а сейчас она сзади. Поэтому мои сверстники и я считаем своим священным долгом построить мост, протянуть руку к тем, кто придет.

Мне хотелось бы подчеркнуть логику развития Физтеха. Он был создан, чтобы решить конкретные задачи в форсмажорных обстоятельствах. В процессе его развития они возникали снова — когда пошла космическая гонка, когда раскручивалась Дубна со своим синхрофазотроном, когда сажались на Луну, чтобы взглянуть на нее с той стороны, — грандиозные задачи!

Но потом наступила другая эпоха. Ушла оборонная мотивация науки и новой технологии, а народно-хозяйственная мотивация не наступила, и Физтех стоит перед задачей нахождения для себя *raison d'être*. С моей точки зрения, система Физтеха хороша именно в форсмажорных обстоятельствах, потому что в стабильных условиях физфак и мехмат нормальных университетов вполне обеспечивают страну физиками и математиками. Но университеты не годятся для рывка, который иногда бывает нужен.

Вообще университеты (я имею в виду настоящие, а не новоиспеченные) устроены по-другому — над ними довлеет Фридрих Барбаросса с его эдиктом от 1155 г. Согласно этому эдикту, главная задача университета — воспитывать людей в уважении к Богу и его наместнику на Земле, императору. А через 600 лет Елизавета Петровна, подписав указ о создании Московского университета, составленный Шуваловым с помощью Ломоносова, среди прочих образовательных задач подразумевала и такое: разоблачать сектантство и принимать меры

по искоренению оного в народе. Другими словами, университет — это заведение преимущественно идеологическое. Точнее, университеты всегда создавались для решения трех важных задач: обеспечить физиологическое здоровье человека (медики), имущественное здоровье (юристы) и духовное здоровье (религия). И они этим потребностям отвечали. (Кстати говоря, я глубоко разочарован тем, что у нас медицинские институты вышли из университетов. Университет должен быть университетом — от слова «Универсум».) Университеты нужны для создания образованной нации. Но нечто новое должно делаться таким учебным заведением, как Физтех.

Какая может быть цель, *raison d'être*, у Физтеха сейчас? Это национальная безопасность России, понимаемая не только с военной точки зрения, но только с точки зрения борьбы с бандитизмом, в плане экономической ситуации или экологической, с позиций морально-этических и религиозных воззрений, — национальная безопасность России во всем многомерном объеме этого понятия, включая построение российского национального самосознания, которого еще нет. Физтех должен здесь играть важную роль, поскольку ему привычно решать многомерные нелинейные задачи.

Вот блестящий пример. Был такой физик, впоследствии академик, звали его Дмитрий Сергеевич Рождественский. Начал работать в Санкт-Петербурге еще до переименования его в Петроград, занимался фундаментальными исследованиями в спектроскопии. Вроде бы никому не нужными. Начинается первая мировая война. Россия воюет с Германией. Цейсовских биноклей нет. Но Рождественский разрабатывает способы варки оптического стекла, и у нас появляются собственные первоклассные бинокли. Мораль: фундаментальная наука дает квалифицированных людей. Возникает необходимость — и эти люди успешно решают прикладные задачи. Другой пример — академик Николай Дмитриевич Зелинский. Занимался он в до-

вольно абстрактном плане различными органическими реакциями. Он тоже откликается на требования войны — изобретает первый в мире и самый надежный противогаз.

Можно взять пример и более близкий к нам по времени. Вспомним академика Владимира Александровича Фока. Ведь это чистой воды теоретик — разрабатывал теорию относительности. Однако задачи распространения радиоволн и радиолокации были решены именно им.

Сейчас другие проблемы. Экология. Медицина. Биофизика. Биология на молекулярном уровне. Геном человека. Генетика молекулярная. Все это в известном смысле тончайшая физика и химия, для которых нужны люди с фундаментальной подготовкой, нужна компьютерная наука.

А как решается такая задача? Всем известный, навязший в зубах Газпром тянет продуктопроводы от Ямала к Индии, к границе России. Но я далеко не уверен, что их тянет оптимальным образом. Я не говорю, что у сварщиков где-то по дороге был престольный праздник и они сварили не так, как надо. Я говорю о самой сети — это же мощная компьютерная задача. Об оптимальной, в первую очередь с точки зрения надежности, сети, о расположении задвижек на ней, управлении ими. О течении многокомпонентного газа, в том числе и конденсата, по трубам.

Таких задач очень много. Первая по сложности — психология. Взаимодействие между людьми очень часто иррационально. Люди сплошь и рядом поступают вопреки собственной прагматической выгоде. Ко мне приходят компьютерные инженеры, которые строят на языке кубиков и взаимодействия между кубиками некие схемы поведения и управления. Спрашивается, можно ли учесть модель такого поведения: «Пойду выколю себе глаз — пусть у моей тещи будет зять кривой»? Это же тоже наука.

Как решить такую проблему, когда какая-нибудь, допустим финансовая, структура, заполненная изо-

щренными бухгалтерами, отторгает людей, владеющих компьютерной наукой? Потому что, с одной стороны, предлагаются решения, которые делают часть персонала ненужной, а с другой стороны, возникает новая ситуация, в которой человеку надо думать, обладать воображением. В результате — неприятие. Как быть? Тут ведь тоже требуется фундаментальная наука.

Одним словом, сейчас много задач для Физтеха. Страна снова находится в форсмажорных обстоятельствах. Каких — это вопрос отдельный. Я его не рассматриваю. Мне здесь важно подчеркнуть, что для решения проблемы национальной безопасности страны нужны такие институты, как Физтех. Нужны нетривиальные молодые люди, с нетривиальной подготовкой, базирующейся на серьезном изучении настоящей математики, настоящей физики. Это происходит на первых трех курсах. А потом надо, чтобы их подрихтовали в разных институтах. Конечно, это — идеальная схема.

У нас прекрасный абитуриентский корпус. На Физтехе давно сложилась система выявления и развития даровитых ребят — заочная физико-техническая школа (ЗФТШ), в которой постоянно учатся около 10 тыс. ребят — заочно, по переписке. В течение учебного года преподаватели, аспиранты, студенты-старшекурсники рецензируют около 100 тыс. работ, присланных школьниками-старшеклассниками в ответ на задания, полученные ими из МФТИ. Обучение ведется индивидуально по системе все усложняющихся заданий. В результате они составляют лучшую часть абитуриентского корпуса МФТИ, давая 60—70% ежегодного приема на первый курс. Сила ЗФТШ заключается в том, что там 3000 выпускников, а мы принимаем всего 600 человек. На 600 студентов 60% — из ЗФТШ, т.е. 360 человек. К нам попадает только 10% — мы работаем на вузы России. Я встречал в Америке людей, которые с гордостью говорили о том, что хотя

им не довелось учиться на Физтехе, тем не менее они окончили ЗФТШ. ЗФТШ существует 30 лет. До всех разговоров о дистантном образовании мы это сделали, на бумажных носителях. Своим трудом, регулярной почтой.

Мне говорят, что как-то во время телеинтервью с В.А.Садовничим Евгений Киселев спросил его, когда у нас будет, как в цивилизованных странах, платное образование. Садовничий был шокирован и сказал, что он — против этого. Мы с Садовничим расходимся по многим позициям, но тут я его поддерживаю полностью. Я — тоже против платного обучения в России. И не только потому, что общество наше не готово к этому. Оно действительно не готово, социально и по уровню своего благосостояния. Что определяет сейчас кризисное состояние общества? Кризисное состояние общества определяют три позиции: здравоохранение, жилье, образование детей. Отсутствие перспективы в этих вопросах. Невозможно дать детям серьезное образование, оно уже по существу стало платным, хорошее образование. И эта платность безобразна, потому что она на полутонах, она инфляционная, она криминальна. И вместе с тем работает влияние, работает телефонное право. Люди интеллигентного труда скоро не будут иметь средств на настоящее образование для своих детей. Только нувориши могут себе это позволить, хотя и не понимают, что у нас образование лучше, чем в других странах. Оно почти всюду хуже. Кстати, в Германии хорошее, и оно там не платное.

В Америке богатые, знаменитые университеты получают лишь 20% средств за счет вкладов учащихся. И только люди, у которых нет в стране никаких корней, платят за образование. Ты можешь быть сыном русских эмигрантов в Америке, неполноценным американским гражданином. Или приехать за лучшим образованием в Оксфорд или Кембридж, в Англию. В таком случае — будь добр, плати свою тысячу фунтов. А если ты британец, ты платить не будешь. И если ты

беден, то как талантливый человек получишь поддержку. Все социально ориентировано, направлено на образование людей. В Англии — великолепная средняя школа, великолепная система аттестации на выходе из школы. Поэтому университетское образование там не такое, как у нас, в Америке или Германии, оно глубокое, но узконаправленное. И бакалавр из Кембриджа — это в нашем понимании готовый кандидат наук. В Америке студенты учат то, чему у нас учатся в средней школе.

Недавно Национальная академия наук и Инженерная академия США с гордостью объявили, что они наконец-то доработали отчет K12 — схему фундаментального научного образования для Америки. K12 — это от детского сада до 12-го класса. Они готовили сквозную схему несколько лет, 262 страницы, и за 25 долларов продают. Примут — не примут, не знаю. Они жутко обеспокоены состоянием американского среднего образования, вполне адекватно описанного в известном романе Марти Ларни «Четвертый позвонок», который вовсе не пародия. Так оно и есть на самом деле.

Образование — единственное, что делалось у нас правильно и хорошо. Оно было, быть может, чересчур идеологизировано.

В последние годы в МФТИ все больше увеличивается, как ни странно на первый взгляд, компонента, связанная с провинцией, глухой провинцией. Сейчас наша команда на международной олимпиаде по физике завоевала третье место. Кроме того — одна золотая, три серебряных и одна бронзовая медаль. Но далеко не все члены этой команды стремятся поступать в Физтех. Ребята из городов, где есть подходящие по профилю учебные институты, остаются у себя. Родители боятся за детей, надо как-то решать денежные проблемы — оба фактора работают в одну сторону. Таким образом увеличилась роль региональных вузов. Только из тех мест, где поблизости ничего приличного для

Рассказывает академик О.М.Белоцерковский:

На Физтех часто приезжали руководители нашего министерства (Минвуза РСФСР). Как-то один из заместителей министра Алексей Иванович Попов заметил: «Олег Михайлович, у вас все просто, у вас все отлажено». Я спрашиваю: «Что именно?» — «Детский сад — Физтех — и докторская». Мы с ним несколько раз вспоминали этот афоризм. Какая-то доля истины здесь была.

В начале этого года я несколько месяцев провел в Лос-Аламосе. Там я встретил одного выпускника Физтеха (выпускника ФОПФА) Сашу Балацких. Ему 35 лет. В ходе разговора я его спросил:

— Саша, что вам дал Физтех? Что считаете вам хорошо, а что тяжело давалось? И вообще, что плохо и что не так на Физтехе? Он ответил: «Прежде всего уникальная фундаментальная подготовка, которая дает возможность работать на самых современных аспектах».

(Он не испытывает никаких затруднений, а может быть, имеет даже превосходство по сравнению с американскими коллегами.)

— А что все-таки тяжело?

Он усмехнулся и сказал:

— На мой взгляд, все-таки очень много давали языка.

И, к сожалению, он отметил, что не научился разговорному языку на Физтехе. Ему пришлось пройти двухлетний курс американского английского языка, и он сейчас владеет им абсолютно свободно.

— А что еще?

Он широко улыбнулся и сказал:

— Уж очень «крутые» общежития.

Потом, подумав, добавил: «Бурса». Я согласился с ним. И, к сожалению, так до сих пор.

(Из сб. «Я — ФИЗТЕХ». М., 1996.)

ние с профессорами избранного факультета. Цель собеседования формулируется просто — определить, сможет ли абитуриент учиться на Физтехе, а затем работать в науке. Берем только тех, у кого есть стремление понимать природу, кто хочет быть физиком.

Правда, через некоторое время все они могут оказаться в Америке. Что же — значит, у нас прекрасная фундаментальная подготовка. Кое-кто быстро сориентируется и пойдет в современный бизнес, но это будут не лотошники, не лавочники, а управляющие банковским компьютерным капиталом, инвестиционным капиталом, может быть, производством. Эта внутренняя эмиграция страшнее внешней, потому что люди теряются для науки полностью. Они умные люди, но уже не будут наслаждаться, читая «Phys. Rev. Letters». Они уже ушли от этого. Те, кто эмигрировал в Гарвард или Станфорд, для науки не потеряны, может, и для России не потеряны. И все равно очень обидно сознавать, что твои студенты уйдут в ту или другую эмиграцию.

Главная же наша проблема — это поддержание жизненных сил студентов на первых курсах (старшекурсники начинают подрабатывать). Стипендия издательски смехотворна, существовать на нее нельзя. И если родители помогать не могут, то ребята находятся в совершенно жутком состоянии. У Института абсолютно нет денег. Они нам даются только на зарплату и стипендию. Здание ремонтируй — как хочешь. Мы сдаем помещения, что не вполне законно, получаем средства, которых хватает только на то, чтобы вставлять постоянно бьющиеся стекла. Общежитие рушится. Институт кое-что зарабатывает, у нас и гранты есть, но на отчисления от этих средств нельзя содержать институт.

Не знаю, что сейчас думают по этой части наши экономисты, приближенные к власти. Но в начале 1992 г. они рассуждали так. Это были доктора наук, ранее работавшие в академических институтах. Они понимали, что экономика, которой они обучались, — это не наука. Самые умные, самые трезвые из них сознавали, что они

учебы нет, посылают ребят на Физтех. К счастью, талантливые люди равномерно распределены по стране.

Прием у нас ведется так. После четырех экзаменов все, получившие положительные отметки, т.е. набравшие от 12 до 20 баллов, а также освобожденные от экзаменов победители олимпиад проходят собеседова-

доктора наук, которых нет. Дальше они допускали логическую ошибку: считали, что физико-математических наук тоже нет. Зачем же финансировать то, чего не существует?

Тиран и автократ так не рассуждал. Раздумывая над этим, я пришел к утверждению, что наука есть придворная дама. В демократическом обществе науки и интеллигенции быть не может. В то время как ни один серьезный авторитарный режим не способен существовать без науки, она ему нужна. Но наука — это еще и люди науки. Для них нет святых вещей, нет никаких табу, они все подвергают сомнению. И они начинают через некоторое время рубить тот сук, на котором сидят. Притом лицом обернувшись к стволу.

Меня часто спрашивают, какие теперь стимулы для молодежи идти в науку, в том числе и через наш институт. Я называю три стимула.

Первый — чисто идеальный: любовь к знанию. Это вневременная, прекрасная и вечная мотивация.

Вторая мотивация — локальная в пространстве и времени. Это компьютерная наука, необходимая для современной экономики, современного управления, современного банковского дела. Все эти сферы связаны с невероятным рынком рабочей силы. Выпускники Физтеха действительно идут там нарасхват.

И третий стимул: МФТИ — самый конкурентоспособный из российских вузов на западных рынках.

Как только наши студенты стали ездить за границу, я начал получать

письма такого типа: «Зачем ты прислал имярек к нам учиться, мы у него учимся. Пожалуйста, пришли его в аспирантуру». Это из университета, занимающего 25-е место по иерархии, Rotterdam University. Я недавно объехал восемь заграничных университетов, встретил там человек 60 с Физтеха. Работают изумительно. Ребята с факультета общей и прикладной физики в Калифорнийском технологическом институте работают в социологической группе, делают социологический прогноз. Они там тихомирно расписали весь сценарий нашего парламентского кризиса 1993 г. И предсказали танковый обстрел Белого дома. Они просто это написали. Они знают реалии, знают математику, физику.

Но единственным оправданием, единственным основанием достойного существования МФТИ, его *raison d'être*, его целью может быть только служение России, только польза Российскому государству.

Вряд ли стоит доказывать необходимость развития фундаментальной науки, науки естествоиспытательского плана, науки изысканий, науки исследований природы вещей и соответствующей этому подготовки кадров, без чего страна превратится в территорию. Но я хочу еще раз подчеркнуть, что сейчас, как никогда, стране нужна интеллектуальная элита, подготавливаемая в интересах национальной безопасности России.

Публикацию подготовили
И. Н. Арутюнян,
Н. В. Успенская

Пойдет ли наука на «континентальном» Физтехе?

Э. Е. Сон,

доктор физико-математических наук,
проректор МФТИ по научной работе

НАШИМИ отцами-основателями была заложена идея о такой системе Физтеха, в которой «разделены переменные»: на «континентальном» Физтехе (в Долгопрудном) ведется только интенсивная подготовка по дисциплинам «институтского» цикла — математике, физике, иностранному языку, общественно-политическим дисциплинам, позже — по компьютерным наукам; во втором — базовом — цикле студенты Физтеха получают необходимое специальное образование на базовых кафедрах, где постепенно вовлекаются в научно-исследовательскую работу. Базовые кафедры Физтеха — это, как известно, институты Российской Академии наук и отраслевые научно-исследовательские институты. Поскольку серьезной научной работы на «континентальном» Физтехе вести не предполагалось, научная материальная база в Долгопрудном существенно не развивалась.

Эта традиция была нарушена заведующим кафедрой в Долгопрудном, впоследствии основателем новосибирского Академгородка, М.А.Лаврентьевым, который «пробил» создание испытательного полигона МФТИ в поселке Орево Дмитровского района. Этот полигон функционирует и в настоящее время.

Вскоре после создания института стала очевидной также необходимость ввести промежуточный цикл — между институтским и базовым. Уже в названиях факультетов (радиотехнический,

радиофизический, аэромеханический) были заложены идеи некоторых общих дисциплин. Однако лекционного материала для такого промежуточного цикла оказалось явно недостаточно — тогда возникли небольшие группы, готовившие установки для демонстрации опытов по ходу лекций. Иногда эти установки оказывались весьма оригинальными.

В конце концов экспериментальные лаборатории из подвала лабораторного корпуса перешли в специально построенные корпуса (кафедра физической механики, кафедра радиотехники), и через некоторое время студенты, аспиранты, молодые ассистенты развернули там научные исследования, которые довольно быстро стали давать результаты и получили признание. В Долгопрудном начали формироваться научные школы, воспринявшие традиции базовых кафедр. Возникли факультетские циклы и факультетские кафедры, которые вначале возглавляли ученые из базовых институтов, а затем их сменили бывшие студенты.

Тематика научных исследований определялась фундаментальными проблемами, косвенно связанными с оборонными задачами. Это физика горения и взрыва, гидродинамика, физика плазмы, лазеров, электромагнитных ускорителей и др. В соответствии с планами научных исследований, проводившихся совместно с базовыми кафедрами, были построены целые корпуса.

Когда США приступили к развитию работ по SDI (Strategic Defence



На открытии факультета проблем физики и энергетики: О.М.Белоцерковский, А.М.Прохоров, И.Ф.Образцов, П.Л.Капица, Р.З.Сагдеев, Е.П.Велихов. 1976 г.

Фото В.В.Бездудного

Б.М.Понтекорво и С.Т.Беляев на кафедре теоретической физики. 80-е годы.

Фото В.В.Бездудного



Initiative) — программе, известной в нашей стране под названием «Звездные войны», в Советском Союзе стали рассматриваться и готовиться варианты «несимметричного ответа». Вследствие того, что для создания вооружения на новых физических принципах требовались фундаментальные исследования, появилась необходимость в новых мощных научных центрах. Один из них должен был возникнуть на «континентальном» Физтехе.

Но этого не случилось. Началось разрушение Советского Союза, а с ним — и переориентация военной

доктрины. Финансирование научных исследований в области оборонной тематики резко пошло на убыль. На Физтехе оно стало падать с 90% практически до нуля. Физтех оказался в трудном положении. Приходилось менять привычные формы работы, приспосабливать их к новым условиям. Ситуацию можно определить так: без денег на науку от спецтематики и базовых кафедр, зато — свобода действий. Научные исследования пришлось повернуть в сторону новых источников финансирования: Госкомвуза, Миннауки, различных фондов, ком-

В институте 9 факультетов, на которых обучается 3700 студентов и 600 аспирантов. Подготовка ведется только по дневной форме. Ежегодно не менее 25% выпускников получают дипломы с отличием.

В МФТИ 26 институтских и факультетских кафедр и 87 выпускающих (базовых) кафедр, осуществляющих подготовку кадров по 94 специализациям.

В учебном процессе занято более 80 членов Российской Академии наук и 500 докторов наук, профессоров. Кафедрами руководят 37 академиков и 12 членов-корреспондентов РАН.

паний и зарубежных университетов. Это оказалось нелегким делом — Физтех выпадал из привычной схемы финансирования вузов России.

Во всех университетах мира основную часть научных исследований ведут студенты старших курсов (магистерского курса) и аспиранты, на Физтехе же студенты старших курсов и аспиранты занимаются научной работой на базовых кафедрах. Это сдерживало развитие науки в нашем кампусе, и в этом отношении мы проигрывали другим вузам, например МИФИ. Таким образом, Физтеху сложно было вклиниться в бюджетное финансирование — все «пироги» были поделены без него. Однако вспомним, что в начале демократических процессов существенную роль играл Верховный Совет СССР, депутатом которого был наш ректор Н.В.Карлов. В то же время проходила перестройка управления систем научных исследований и образования. Комитету Верховного Совета по науке, где Н.В.Карлов работал, совместно с выпускником МФТИ Ю.А.Рыжовым, В.Н.Беляевым и другими, удалось не только принять участие в формировании состава Государственного комитета по высшему образованию (Госкомвуз) и Комитета по науке и технической политике Российской Федерации под руководством выпускника МФТИ Б.С.Салтыкова, но и создать ряд научных программ, в

которых Физтех был определен в качестве головной организации.

Появились новые предпосылки для развития научных исследований. Результаты не замедлили сказаться. Основные усилия были направлены на укрепление и модернизацию материальной базы. За последние три года основные фонды по приборам и вычислительной технике, приобретенные на средства, заработанные благодаря научной деятельности, превысили по стоимости существовавшие ранее. Какую мы можем теперь ожидать отдачу от научной деятельности?

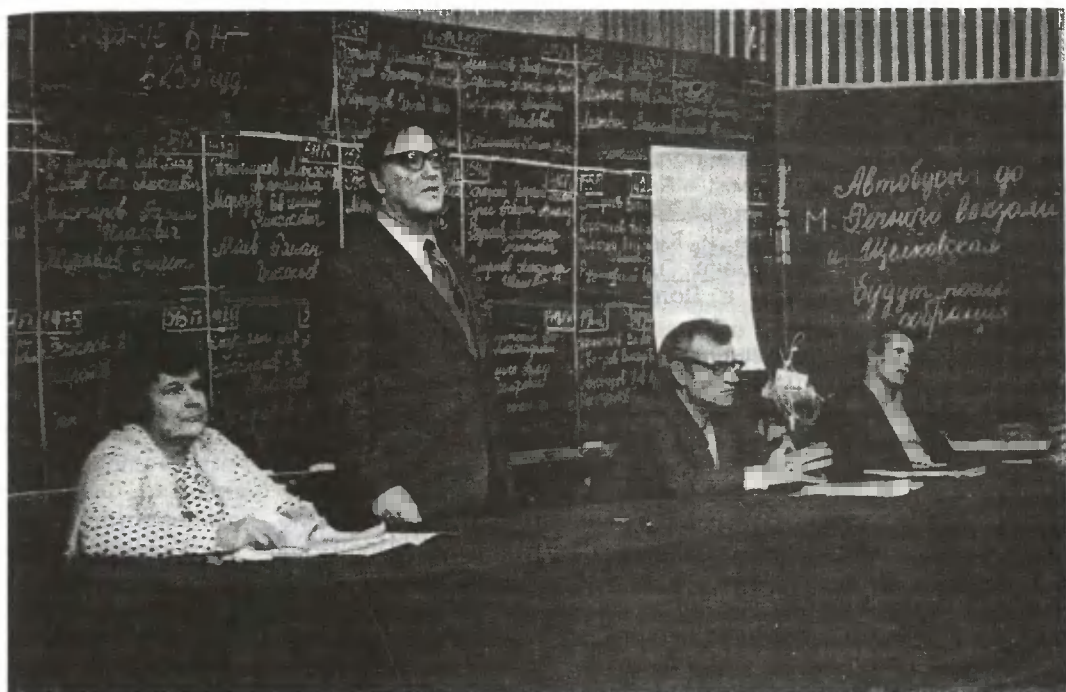
Госкомвуз провел аналитическую работу по динамике научных исследований в трех секторах науки. В России традиционно наука развивалась в институтах Академии наук, отраслевых научно-исследовательских институтах и высшей школе. Сокращение финансирования науки по тем или иным причинам привело к разрушению интеллектуального потенциала отраслевой и академической науки в большей степени, чем вузовской. Так, по разным оценкам, около 20% научных работников Академии наук уехало за рубеж или сменило род деятельности. Притом это лучшие, наиболее активные ученые в области теоретической физики, математики, биологии и других перспективных направлений.

Другая ситуация в высшей школе. По данным Госкомвуза, за последние

Институт активно развивает международное сотрудничество. Заключает договоры с вузами и научными организациями США, Великобритании, Франции, Германии, Китая, Республики Корея и др. по проведению совместных научных исследований и подготовки научных кадров.

В настоящее время 27 студентов старших курсов института учатся или находятся на стажировке в зарубежных вузах, преимущественно в США.

В 1990 г. МФТИ был принят в Ассоциацию университетов Европы (Конференция ректоров Европы — КРЕ) и в 1993 г. стал членом Международной Евразийской ассоциации университетов.



Объявляются итоги госэкзамена по физике. Слева от С.П.Капицы — Н.И.Петеримова. Справа — Б.В.Скороваров и А.С.Дьяков. 70-е годы.

Фото В.В.Бездудного

четыре года количество преподавателей в высшей школе не только не уменьшилось, но даже несколько увеличилось. В то же время количество научных сотрудников сократилось за четыре года в пять раз. Финансирование научных исследований в вузах по сравнению с отраслевой и академической наукой сократилось меньше. Это привело к тому, что к научной работе в вузах все больше привлекаются ученые отраслевой и академической науки. Для МФТИ это означает, что вектор финансирования и научной активности сменил направление на противоположное — от базовых кафедр к «континентальному» Физтеху. Здесь находит отражение мысль, высказанная профессором С.П.Капицей, о том, что Физтех был создан в

определенное историческое время, для решения задач того времени, и этот исторический опыт не будет повторен никогда.

Изменение вектора научной активности привело к созданию высококлассных учебно-научных лабораторий в институте, в частности на факультете общей и прикладной физики — по инициативе его декана Ф.Ф.Каменца. И в настоящее время продолжают возникать предложения от научных групп и их лидеров о готовности продолжить научные исследования на Физтехе и в других вузах с переносом туда современных научных лабораторий и стендов.

На одном из последних заседаний ученого совета института Н.В.Карлов определил ситуацию как нарушение «парадигмы П.Л.Капицы» о соотношении базовых кафедр и «континентального» Физтеха. В наше время, видимо, целесообразно, сохраняя в основном «систему Физтеха», допускать некоторую конкуренцию между базовыми и факультетскими кафедрами.

ми и давать возможность студентам готовить курсовые и дипломные работы на факультетских кафедрах. Такие прецеденты существовали и ранее: кафедры Ю.В.Гуляева и Д.С.Лукина — базовые, тем не менее располагаются они в Долгопрудном. Кафедры Г.Я.Гуськова и Б.Б.Кадомицева частично находятся в Зеленограде и Курчатовском институте, но имеют штатных сотрудников и площади в Долгопрудном.

Теперь приведем данные настоящего времени по структуре и уровню финансирования научных исследований в высшей школе и соответственно в МФТИ. Ранее, в условиях централизованного распределения, академические институты и вузы финансировались преимущественно за счет госбюджета. Теперь эта часть называется тематическим планом и составляет около 50% от общего финансирования. В отличие от прежней системы финансирования по тематическому плану предполагает конкурсность внутри вуза. Научно-технический совет института определяет темы для участия в конкурсе и проводит этот конкурс самостоятельно. Каждая из выбранных тем обычно разрабатывается в течение трех лет. В отдельных случаях вуз имеет право выдвинуть наиболее перспективные работы для участия в конкурсе дополнительного финансирования по тематическому плану. В 1995 г. такими темами были научные работы под руководством А.Т.Онуфриева, Д.С.Лукина и А.С.Бугаева.

Вторая часть финансирования в высшей школе распределяется через научные программы. Эта система состоит в том, что на основании предложений вузов и экспертных сове-

тов Госкомвуза отбираются наиболее важные и перспективные направления, по которым создаются программы. Одновременно определяются головные вузы, т.е. вузы, отвечающие за проведение конкурса проектов и организацию научных исследований по программе. Например, МФТИ — головной вуз по программе «Фундаментальные исследования в области прикладной математики и физики в технических вузах России» и ряду других программ. Кроме того, группы ученых могут принимать участие в конкурсах по программам, ведущимся другими вузами.

Итак, многое изменилось не только со времен основания Физтеха, но и за последние, постперестроечные времена. Произошло сокращение государственного бюджетного финансирования, появилась система грантов, оказалось возможным взаимодействовать с зарубежными университетами, иностранными компаниями. На Физтехе были созданы научно-технические Центры совместно с Принстонским университетом, компаниями DEC (DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION), IBM, SSA (SAMSUNG AEROSPACE), ведутся переговоры об открытии Центров с компанией ABB (ASEA BROWN BOVERI, Швейцария), ITRI (INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE, Тайвань).

Так уж случилось, что вице-премьером и министром науки в России стал выпускник Физтеха В. Е. Фортков, который заведует кафедрой в МФТИ и понимает изнутри проблемы подготовки кадров для фундаментальной науки и новых технологий.

Мы надеемся, что подъем научной волны на физтеховском континенте непременно состоится.

А «энерджайзер» все движется...

Академик А. Ф. Андреев,
директор Института физических проблем им. П.Л.Капицы РАН,
вице-президент РАН

БЕЗ ПРЕУВЕЛИЧЕНИЯ можно сказать, что идея создания Физтеха — «вуза нового типа» — была гениальна, и ее воплощение сравнимо с такими достижениями, как создание ядерной бомбы или запуск космического корабля... Но это уже история, а сегодня? А сегодня — посмотрите, кто из образованных людей оказался приспособленным к новым условиям жизни?.. Среди руководителей коммерческих структур — огромное количество физтехов. Ведущие сотрудники академических институтов, в которых продолжает «делаться» наука, — физтехи (конечно, не только они, но их несравненно больше, чем, например, выпускников физфака МГУ или МИФИ). В Америке сейчас полно вновь приехавших русских, но отнюдь не все они там процветают; физтехи и за рубежом, как правило, добиваются результата и признания.

Как, почему, откуда такой успех?

Я часто бываю на Западе и наблюдаю жизнь «их» студентов и постдоков. У меня сложилось впечатление, что собственно учебный процесс там имеет значение второстепенное, он уступает место спорту и дискотекам: жизнь идет не спеша, в свое удовольствие. Невольно я начинаю вспоминать и сравнивать...

Наша студенческая жизнь была совсем иной. Мы начинали заниматься в 9.30 утра, а заканчивали в 9.30 вечера (плюс я еще на дорогу с Лефортовского вала тратил часа полтора в один конец). Вставал рано-рано, возвращался поздно, а ведь надо было еще уйму заданий сделать. К счастью, очень быстро я понял: пытаться делать все, что задают, — абсолютно невозможно. Какие-то вещи существенные надо понимать и знать, а многое-многое другое — уметь списывать. Некоторые из нас, кто не сумел сориентироваться таким обра-

зом и с прямолинейным упрямством пытался выполнять все, — просто не выдержали.

Первые три года действительно были ужасно тяжелы. Но это был отбор! Не просто жесткий, но даже жестокий. Проверялось и отрабатывалось все — знания, способности, умение учиться, жизнестойкость. Те, кто прошел это «чистилище», конечно, были люди экстра-класса. И начиная с четвертого курса им создавались все творческие условия — работой в свое удовольствие, думай, делай!.. Таким образом люди, приехавшие со всей страны, уже поступившие на Физтех в результате жесткого отбора во время приема, еще раз «сортировались» на первых курсах учебы в институте. Так происходило в течение многих лет, и отсюда результаты — целые плеяды выдающихся ученых-физтехов...

Отступая от главного, хочется вспомнить какие-то события, эпизоды студенческой жизни, касающиеся не только учебы.

Одно из моих сильных первых впечатлений: слова проректора Шумовского на собрании первокурсников. «Вы, — сказал он, — закончили школу, ребята из вашего класса сейчас пойдут разными путями, действительно разлетитесь кто куда и забудете друг друга. Но вот те, с кем вы сегодня начинаете учиться на Физтехе, будут рядом всю жизнь». Он был прав... Именно по прошествии первых трех лет обучения — проверки на «выживание» — начинаются воспоминания о студенческой жизни, не касающиеся только учебы.

Еще помню, как мы любили петь физтеховские песни.. Как сидели по вечерам в общежитии и ждали, когда с базы приедут старшекурсники и начнется песнопение. Один из лидеров этого действа — Лев Кулевский (его база была в ФИАНе). Было ощущение некоего братства.

Очень яркое воспоминание — как



*Ректор И.Ф.Петров среди студентов. 1958 г.
Фото А.А.Щуки*

*Лабораторный корпус. Начало 60-х.
Фото А.А.Щуки*



мы летали. Летом (перед четвертым курсом) поставили нам палатки рядом с футбольным полем, надели на нас военную форму, настоящую, с погонами, только пуговицы не металлические, а пластмассовые, как у курсантов. Прожили мы в этих палатках недели две (домой отпускали только на субботу и воскресенье), а потом пришел автобус и отвез нас на небольшой аэродром в районе «дачи Ворошилова». Там было три или четыре двухместных самолета, выглядели они вполне реактивными, только с пропеллерами. Сидений в них не было, просто углубление, в него закладывался парашют, на который ты и садился. То есть настоящий летчик сидел впереди, а ты — сзади. Управление — параллельное. Летчик делал мертвые петли, штопоры, другие фигуры высшего пилотажа, а ты наблюдал за всеми его движениями. Давали и поручить. Это было потрясающе! Кстати, до нас этого еще не было, а после нас этого уже не было — так что только наш курс «катали» на самолетах, и запомнилось это на всю жизнь.

Другое воспоминание — моя сдача госэкзамена по «войне».

В середине четвертого курса я сдавал теорминимум Ландау. Он меня спросил: «Сколько еще вам учиться?» Я ответил: «Еще два года». «Нет, это слишком, — сказал Ландау, — надо раньше кончать», — и дал команду. На Физтехе тогда все можно было сделать; Ландау сказал, и это сделали. Получил я досрочно диплом и ушел в аспирантуру. Но военный-то билет не дали! Ведь сборы я еще не прошел. В результате по военным делам я был еще якобы на Физтехе, и, когда пришло время, меня призвали сдавать госэкзамен, причем сдавал я его не со всеми, а один. И вот собрались военные, дали мне вопросы и говорят: «Сидите, занимайтесь, а будете готовы — нас позовете». Я в библиотеку сбегал, посмотрел что можно, зову экзаменаторов. Они собрались и хихикают: «Мы вам один вопрос зададим: знаете какое звание вам будут присваивать?» Я говорю: «Знаю!» На этом все и закончилось.

Это атмосфера... Кстати, когда я заканчивал Физтех, в нем было жуткое



Герой Советского Союза, генерал-лейтенант авиации А.В.Беляков. Участник беспосадочного перелета Москва — Северный полюс — Ванкувер (США), совершенного совместно с В.П.Чкаловым и Г.Ф.Байдуковым. В 1961—1970 гг. — заведующий военной кафедрой МФТИ.

Фото А.А.Щуки

количество генералов: ректор (тогда директор) — генерал-лейтенант И.Ф.Петров, зам. по учебной работе — генерал-лейтенант А.В.Беляков, начальник военной кафедры — генерал-лейтенант Спирин, еще был генерал-майор Туржанский, а еще я помню интеллигентнейшего и грамотного полковника Поляка. Так что военных для Физтеха отбирали тоже неординарных.

А впервые я услышал о Физтехе классе в шестом. Отец сказал (он работал тогда в НИИ-108), что у них появились особо одаренные студенты. По всей Москве тогда говорили о МФТИ как об институте для особо одаренных ребят, и отношение к этому институту было особо уважительное (это к вопросу о рекламе).

Мы были, кстати, первые, у кого первая цифра номера группы (моя группа — 622) означала год поступления. Это началось с нас. И осталось. До этого просто не было факультетов, были специальности.

...Фантастический успех Физтеха был обусловлен прежде всего тем, что его идея, его система разрабатывалась и воплощалась людьми исключительно выдающимися не только в науке, но и в ее организации. Поэтому в «системе Физтеха» и сегодня можно видеть определенные перспективы, искать и находить ответы на проблемы жизни сегодняшней.

Ситуации — точки отсчета — очень ведь схожи. После войны, когда Физтех создавался, страна была разрушена, но стояла перед ней грандиозная задача: создать научный потенциал, в частности для того, чтобы в противовес американцам сделать ядерную бомбу. А сейчас какая страна?.. Она разворованная и нищая. Справедливости ради надо сказать, что власть имущие не только тогда, но и сейчас прекрасно понимают: наука должна иметь приоритет. Так в чем разница? Тогда существовал механизм претворения решений в жизнь.

Поставив задачу, преподавателям Физтеха тогда дали хорошую зарплату, лучших из лучших студентов, транспорт — добирались на работу без мытарств; студенты получили большую стипендию, возможность учиться у лучших профессоров, освобождение от службы в армии, перспективную и высокооплачиваемую работу по окончании учебы. Гарантией успеха служил жесткий (порой, как я уже говорил, жестокий) отбор людей.

В принципе такое положение вещей необходимо и в наше время. Я не вижу другого подхода к решению. Но вот как это сделать, когда механизм выполнения решений сегодня практически отсутствует? За неимением возможности «кормить» всех пойти на сокращение?.. Нет. Это не выход. Нынешний механизм сокращения таков, что уходят как раз лучшие.

То, что сегодня получает основная масса научных сотрудников, — это пособие по безработице, даже меньше. Кто может и согласен (или вынужден) так жить — пусть живет; важно, чтобы правительство в условиях инфляции регулярно повышало это «пособие».

Коллективы многих институтов Академии наук собирались в свое время и, решая «как быть», приходили

к выводу: возьмемся, мол, за руки, друзья, и вместе будем умирать. Но сейчас люди уже так не скажут. С одной стороны, это говорит об «индивидуализации», даже обесособлении, а с другой — о том, что идея «равенства», а вернее — уравниловки, — отмирает.

Значит, необходимо создание новых (параллельных) престижных позиций внутри имеющейся структуры. Отбор на них должен быть жестким. Зато прошедшие его должны иметь все — и для работы (лаборатории, оборудование...), и для жизни (зарплата, жилье...).

Проблема здесь чисто психологическая. И не нужно ее бояться. Когда, к примеру, появились соросовские гранты, многие говорили, что это приведет к социальному взрыву. Действительно, кто-то стал получать 500 долл. в месяц, кто-то остался с зарплатой в 200 000 рублей. Однако никакого взрыва не произошло. Критерии же получения грантов, критерии «оценки» ученого в общем-то просты и всем известны. Возьмите любого физика и попросите его назвать десять лучших физиков. И он назовет. Спросите второго, третьего... А теперь посмотрите на пересечения — и все станет ясно.

Но вот задача: вам дали миллиард, как его разделить? Ответ: кроме как равномерно «размазать», нет способа разделить. Это и на уровне Академии, и отделений, и институтов — везде. Если вы принесли мешок денег, кроме как разделить поровну, никак нельзя. Или пропорционально чему-то, уже ранее выдававшемуся. Но вопрос-то должен стоять наоборот. Ректор Физтеха должен сказать декану: «У тебя на факультете учреждаются три профессорские ставки по 1000 долл. в месяц. Твое дело — выбрать этих троих». Решение — сверху, и жесткое, а уж выборы на эти три позиции могут идти самым демократическим путем: нужно собирать специалистов, студентов, оценить, кто лучше лекции читает и т.п. Вероятность, что это будут действительно три лучших кандидата, — большая. И вот прошедшим конкурс нужно создать все условия. Студенты тогда пойдут к этим профессорам самые лучшие, и стипендия у них будет выше, и учиться там

будет интереснее, и престиж выше — все это произойдет. Нужно, чтобы все начиналось с элитности, а не просто с денег (с того, чтобы их добывать и потом размазывать по общему котлу), а уж сколько иметь элитных позиций — сколько получится; можно три, можно тридцать, а можно одну.

Сегодня восстанавливать элитность можно только внутри целого. Невозможно, я думаю, например, весь Физтех поднять на новый уровень. Но можно взять и создать в нем зародыш чего-то нового, экстраординарного, и не в одной области, а по возможности во многих. Это обязательно даст результат, а главное, сохранит (а теперь уже логичнее сказать — вновь создаст) условия отбора лучших.

Это простая вещь. Но на нее очень трудно решиться, так как «снизу» такое решение никогда не пройдет, ведь большинство в таком способе выживания не заинтересовано. Потому и должно быть решение «сверху». Так, кстати, Физтех и организовывался — сверху. Создать такой элитный институт было решением правительства. Сейчас по существу нет механизмов даже для исполнения правительственных решений; просто ничего не работает, идет криминализация всего на свете.

Фундаментальная наука не нужна данному, конкретному налогоплательщику в отдельности, она нужна в целом — государству. А потому никто, кроме государства, не будет (и не должен) ее финансировать. Это чисто государственное дело. И если государство хочет, чтобы в стране осталась фундаментальная наука, это должно быть делом приоритетным. Должны быть и элитные институты, и элитные кафедры, и элитные профессора, и элитные студенты. Иначе откуда быть высокому уровню науки и ее достижений?!

Начинать же создавать элитные позиции надо с людей ранга профессора — высшего научного уровня. (Администраторы — дело другое; на Западе, к примеру, их работа котируется мало, она считается общественной нагрузкой.) Дело в том, что студент без профессора — ничто. Элитного студента без элитного профессора сделать нельзя.

В нашем институте в свое время обсуждалось такое предложение: взять нескольких молодых талантливых ребят, перевести их на контракт и установить им высокие зарплаты. Но молодой всегда работает под патронажем некоего заслуженного профессора, без него он не может состояться. А раз так, как же можно, чтобы у начинающего зарплата была выше, чем у его наставника, — люди есть люди, никто так работать не будет.

Тем не менее надо четко понимать, что молодой ученый должен иметь будущее (материально обеспеченное и обустроенное в том числе), и, как можно, помогать ему. Вот такой пример.

Паша Шевченко, выпускник Физтеха, был моим стажером (в ИФП такая система: два года — стажер, затем три года — аспирантура), а потом решил уехать для продолжения обучения в Австралию. Подал соответствующее заявление. И вот я получаю информацию от другого своего ученика — Жени Башкина, который у нас в свое время стал доктором, потом работал в Германии, а сейчас переехал в Австралию: «Александр Федорович! Мы получили аппликашн от Вашего ученика Шевченко. Это он делает с Вашего ведома или через Вашу голову? Если Вы действительно рекомендуете его, то сейчас же его возьмем, в виде исключения, так как сроки приема прошли». Я вижу в этом примере престиж нашего института, престиж людей, которые в нем работают, а если идти от истоков, — престиж физтеховского образования. Студент этот престиж использует как трамплин для получения своей собственной позиции — и в науке, и в жизни. Это нормально. В конкретном случае тем более, ведь Шевченко — украинский подданный, и ему еще труднее «сделать» себе будущее.

Но повторю: чтобы иметь элитных студентов, надо в первую очередь иметь элитных преподавателей. Что делать в этом направлении — более или менее ясно. Надо, хотя это и очень трудно, перешагнуть через уравниловку. Я не вижу другого выхода. Сокращать нельзя. Нужно не сокращать, а создавать новые престижные позиции. И главное — обеспечить

отбор на эти позиции. Это должно относиться ко всем — от профессора до абитуриента. (Здесь уместно вспомнить о Заочной физико-технической школе при МФТИ, ее роли; обязательно помогать ей не только сохраниться, но и укрепиться.)

Не знаю в деталях сегодняшнего положения дел на Физтехе, но меня несколько пугает увеличение коммерции, этот стиль, при котором для выживания привлекаются всякие коммерческие методы. Дело в том, что после того, как отбор произошел, люди действительно могут успешно заниматься самыми разными вещами. Но когда в самом начале путается наука и коммерция, то становится непонятным: а кого и для чего отбирать? Это сложный, конечно, вопрос. Выживать надо все равно, никуда не денешься.

Положение — и Физтех, и его баз — тяжелое. Физтех — порождение советской системы. При ней в нашем государстве было «все самое научное». Во-первых, самая научная идеология — единственная научная идеология. И все, что было, основывалось на достижениях самой передовой науки. А в действительности? В действительности были научные военные приложения, обильно одобренные идеологией. Сейчас все это (идеология уж во всяком случае) безвозвратно кануло, осталась только озлобленность населения, которому надоело «все самое научное», у него вообще к науке — антипатия. То есть мы получили некий обратный эффект. Наверное, именно отсюда у многих сегодня вера во всяких колдунов, предсказателей и т.п., вера в то, во что верить просто хочется. А над людьми, которые сегодня занимаются наукой, порой просто насмеются. Ребята рассказывают: останавливают гаишники, спрашивают, где работаешь; если отвечаешь, что в Академии наук, отпускают с состраданием: ах, бедненький... Народ жизнь знает.

Но народ и предчувствует будущее. Вот у меня шофер по Академии — Саша. Его коллеги уходят в

коммерческие структуры, ездят на джипах, и платят им много. А он все в Академии работает. Почему? Он объясняет, что, мол, теща говорит: «Саша, не суепись, не надо, наука свое возьмет». А что! Это тоже глас народа, вера, что не все пропало и за наукой — будущее!

Сейчас мы вроде бы начинаем спасать науку. Наблюдаются всякие телодвижения: учредили то, учредили это. Мне иногда поневоле приходит на ум сравнение, что мы строим бараки. (Это в 30—40-е годы так решали жилищную проблему: настроили барачков, а потом очень скоро их приходилось сносить и строить настоящие дома.) Так вот, надо сразу строить хорошо. Не надо делать временки, в науке тем более. Надо делать все самое лучшее.

Это реально. Наши студенты, молодые научные сотрудники (порой не самые лучшие) приходят в любую иностранную лабораторию, и очень скоро выясняется, что там они — лучшие, они — лидеры. Причина этого опять-таки в принципах отбора, который еще сохраняется.

Существует и некое физтеховское братство. Может, это и миф в существенной степени, но тем не менее, если надо сделать что-то серьезное, проще идти по линии Физтеха. И это еще раз подтверждает, что Физтех принадлежит к ряду элитных институтов мира. Посмотрите, как на Западе лучшие университеты держатся за своих выпускников (а выпускники — за *alma mater*)! Нам этому еще учиться...

У физтехов потенциал — жизненной силы — очень много. Нужно очень «постараться», чтобы они полностью деградировали. Помните одну смешную рекламу: бегущие по лыжне зайчики, «начиненные» батарейками разных фирм. И вот по очереди они сходят с лыжни — падают, так как кончается заряд. Физтехи, по-моему, как «энерджайзеры»... Они все еще движутся вперед.

Публикацию подготовила **Н.Ф.Симонова**

Судьба мне подарила во время работы на Физтехе контакты с выдающимися умами отечественной науки мирового класса.

В течение долгого времени у нас были чрезвычайно теплые и очень доверительные отношения с академиком Петром Леонидовичем Капицей, вплоть до его смерти в 1984 г. П.Л.Капица был *de facto* председателем Координационного совета института. Он очень любил Физтех. Координационный совет собирался за 25 лет, в течение которых я был ректором, всего 2—3 раза. Но регулярно, примерно раз в месяц, у нас проходили очень обстоятельные разговоры с Петром Леонидовичем, где многое обсуждалось, например, тенденции развития науки, высшей школы и вообще образования. Как правило, он назначал мне встречу на ужин, в 8 часов вечера. Как правило, я к нему опаздывал, потому что ехал из Долгопрудного. Как правило, он всегда хмурился и говорил: «Олег, вы опять

опаздываете». Как правило, я всегда был голоден...

После ужина мы переходили на второй этаж, где продолжали беседу далеко за полночь. Могу сказать, что П.Л.Капица был один из самых стойких и ярких патриотов нашей страны. Он практически на всех этапах отстаивал достоинство и приоритет отечественной науки и нашего образа жизни. Можно долго говорить о многих аспектах наших бесед. Ему нравился Физтех, ему нравилась система организации, он практически не вмешивался в деликатные внутренние аспекты жизни института. Глобальные вещи мы всегда оговаривали, и его реакция была весьма ценной. Когда были наиболее трудные моменты на Физтехе, а они возникали регулярно, то мы склонялись к тому, что целесообразно, например, заслушать работу Физтеха на Президиуме академии. Таких заседаний было три — в 1970, 1976 и 1984 гг.

Академик **О.М.Белоцерковский**

Лекции П. Л. Капицы

Д. Б. Диатроптов

Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН

ПРИ ОСНОВАНИИ Физико-технического факультета МГУ П.Л.Капица и Л.Д.Ландау взяли́сь читать совместно и параллельно общую физику для студентов первого и второго курсов. Цель такого удвоения заключалась в том, чтобы наглядно показать студентам диалектическое единство дедуктивного подхода — от общих принципов к решению конкретных задач (в лекциях теоретика Ландау) и индуктивного — от частных наблюдений и опытов к установлению законов природы (в лекциях экспериментатора Капицы).

В 1947/48 учебном году Ландау прочитал для первого курса разделы механики, молекулярной физики и

электричества. Лекции стенографировались. В 1948 г. этот курс (23 лекции) был издан университетом в количестве 500 экземпляров. Стенограммы подвергались лишь незначительной правке, и Ландау в предисловии извиняется перед читателями за неизбежную шероховатость изложения. Примета времени: книге предпослано введение, посвященное «великой и почетной» роли русской науки в развитии физики. Для второго курса в 1948/49 учебном году чтение «теоретической» части лекций продолжил Е.М.Лифшиц. Не знаю, стенографировались ли они, но изданы не были.

Свою «экспериментальную» часть Капица прочитал в 1947/48 учебном году (первый курс, 17 лекций) и в 1948/49-м (второй курс, 23 лекции). Осенью 1949 г. он начал лекции для



В 1964 г. на экзамене: О.М.Белоцерковский, И.Л.Капица, Д.Б.Диатропов, М.В.Казарновский.

Фото В.В.Бездудного

У проходной Физтеха в 50-е годы.

Фото А.А.Шуки



следующего набора первокурсников. Однако прочесть ему довелось только семь лекций — он был отставлен от преподавания за неявку на торжественные заседания, посвященные 70-летию Сталина.

Большая лекционный курс Капица не читал. После возвращения из опалы он долгие годы был заведующим кафедрой низких температур Физтеха. Активно участвовал в государственных экзаменах по общей физике и в защитах дипломных работ. С особой тщательностью относился к приему в аспирантуру. Для каждого вступительного экзамена он составлял набор задач и обсуждал с поступающими их решение.

Стенограммы лекций Капицы в 1947—1949 гг. сохранились, и сейчас по инициативе Физтеха началась подготовка их к изданию. В отличие от лекций Ландау, которые по стилю не отличаются от обычного учебника, они в высшей степени оригинальны. Поскольку в его задачу не входило последовательное изложение всего курса, он был более свободен в выборе материала. Слушатель этих лекций В.П.Смилга вспоминает: «Скорее он рассказывал серию новелл о физике. Новелл, сопровождаемых эффектными аттракционами-демонстрациями, которые прерывались воспоминаниями, порой совершенно неожиданными, или столь же неожиданными вопросами к аудитории, или обсуждением задачи, возникшей тут же, у доски»¹.

Сам Петр Леонидович в заключительной лекции так характеризовал свой курс: «Если вы проследили ход моих лекций, вы, наверное, заметили в них основное — я считал, что не стоит вам читать систематического курса физики, их много есть напечатанных. Но во всех них есть один недостаток, имеющий большое значение для молодых людей, начинающих изучать физику, — в них описывается наука не так, как она делается. Я вам

в самом начале говорил, что науку легче всего излагать дедуктивным путем... Например, взять основные законы Ньютона и из них выводить все следствия. Но наука делается не так, а иначе. Люди наблюдают разные явления, а потом выводят обобщения. Путь научной индукции: вы из ряда фактов идете к большим обобщениям. Я и строил свой курс именно так. Мне приходилось много готовиться к вашим лекциям, я вам хотел подробно показать, как все создается и как все выходит. Картина получается нестройная, но она для вас более убедительная, потому что, если вы будете в научной работе исходить из больших обобщений и проверять на опыте, вы будете делать только научное закрытие, а не открытие. Открытие возникает тогда, когда вы стремитесь из фактов сделать обобщение, когда вы ищете противоречия между отдельными фактами и существующими теориями. Это искание и надо делать исходным пунктом своей работы».

По тексту видно, как тщательно Капица готовился к лекциям, сколько книг он перелопатил из своей богатой библиотеки и сколько кембриджских воспоминаний извлек из своей памяти (не было бы счастья... — ведь в эти годы он был безработный!).

Петр Леонидович не жалеет времени на поучения и советы студентам: как выбрать учебник, наиболее соответствующий характеру мышления читателя, как не застревать на непонятном месте — в ходе дальнейшего изучения оно разъяснится. Совет, диаметрально противоположный «апокрифу» из Ландау: «Если ты чего-то не понял, прочти еще раз. Если не понял после пяти раз, значит, ты — дурак».

В основных «новеллах» Капица как бы вводит слушателя в здание науки по тем подмосткам, с помощью которых оно возводилось. Ему удается создать эффект присутствия: люди, работающие на подмостках, делаясь своим мастерством. Прагматик мог бы обойтись без этих лекций, для сдачи экзамена они были не обязательны, но давние слушатели, ставшие настоящи-

¹ Смилга В.П. Физика как она есть. Природа. 1994. № 4. С. 168.



КВН-62: МФТИ — МИФИ. Конкурс "Петухи" судит Альберт Аксельрод.



Фото из книги А.А.Шуки "Физтех и физтехи", вышедшей к юбилею МФТИ.

ми учеными, до сих пор вспоминают лекции как те первые толчки, которые направили их на путь подлинного научного творчества.

Можно представить себе, какое впечатление на мальчика-первокурсника должен был произвести рассказ, как Капица в Кембридже собственными руками впервые получил рекордной величины импульсное магнитное поле; как толчок от генератора, силы приличного землетрясения, приходил к чувствительным приборам, когда те уже все, что надо, успели зарегистрировать; как частенько взрывались катушки электромагнита, пугая слабонервных. Капица вспоминает, что Эйнштейн уговаривал его исследовать влияние сильного магнитного поля на распространение света: «На этот опыт надо было потратить два года. Но если бы удалось найти это влияние, сразу изменились бы фундаментально все теоретические представления. Старик Оливер Лодж тоже предлагал мне не раз сделать такой опыт. Когда я говорил, что это будет стоить 15 тысяч фунтов, он отвечал — делайте, я уплачу». «Может быть, и стоило бы сделать такой опыт», — с сомнением добавляет Петр Леонидович. Откуда эти сомнения? Капица вспоминает опыты П.Бриджмена по проверке закона Ома от самых слабых токов, которые поддаются измерению, до самых сильных, какие только выдержит материал проводника: «Бриджмен на свою работу затратил полтора-два года, а теперь она применения не имеет. Я сейчас с трудом разыскал эти данные. Хотя работа по замыслу красивая, но так как она не дает никаких отклонений от линейности закона Ома, она забыта... Делать трудный опыт с заведомо очень малой величиной эффекта — это все равно, что ставить на скачках на хромую лошадь — шансы ничтожны».

Перед рассказом о строительстве своего первого гелиевого оживителя Капица излагает «новеллу» о Д.Дьюаре, который 10 мая 1896 г. получил жидкий водород. Это был важный рубеж на пути к низким температурам,

над этим же работали в Кракове К.Ольшевский и З.Врублевский.

«Дьюар был рад, что он первый оживил водород, и когда был назначен его доклад в Королевском обществе, для него это был большой день. Но у него был враг, очень известное лицо — Рамзай, который открыл аргон, вы о нем, вероятно, слышали. Они были очень недружны между собой. И вот когда Дьюар сделал доклад о своем водороде, то встал Рамзай и говорит, что это действительно потрясающая вещь, что ему удалось оживить водород, все это замечательно и умно, но что он только что был за границей и видел в Кракове Ольшевского и Врублевского, которые показывали прибор, более остроумно сделанный, и что они получают жидкий водород куда в большем количестве, чем Дьюар... Все присутствующие это выслушали, докладчику сдержанно хлопали, но праздник у Дьюара был испорчен. Тогда он пишет в Краков, запрашивает об их приборе. Те отвечают: ничего подобного, нам не удалось оживить водород. Рамзай все это выдумал, чтобы нагадить Дьюару... Они оба были химиками, а химики как-то больше ссорятся между собой, чем физики... Мои симпатии, например, на стороне Ольшевского и Врублевского. Они шли более верными методами и более точными, а Дьюар шел эмпирическим методом и даже определил критические константы водорода хуже Ольшевского. Дьюар был очень богатый человек, он мог завести себе прекрасную аппаратуру. А богатство его заключалось в заводах по производству виски, судите, насколько он был богат. Если бы у Ольшевского и Врублевского были такие же средства, как у Дьюара, они бы раньше его оживили водород, потому что, читая их работы, видишь, что и анализ, и подход, и самый стиль работы, нужно отдать им справедливость, были более элегантны, более интересны, чем у Дьюара».

Далее Петр Леонидович замечает, что Дьюар «обладал страстью все патентовать». Парадоксально, но теп-

лоизолированный сосуд, который и называется «дьюаром», — единственный, что им не запатентовано.

Вот зарисовка празднования в 1931 г. столетия со дня открытия М.Фарадеем электромагнитной индукции, основы всей современной электротехники: «...В самом крупном зале в Лондоне, вмещающем больше пяти тысяч человек, посредине на пьедестале стояли две катушки Фарадея, а кругом располагались разнообразные образцы техники, показано постепенное их развитие. Эти две катушки над всем залом царили как эмблема. Англичане — большие мастера рекламировать свою науку и ученых, показывать свой товар, промышленность, торговать». Я недавно проходил по залам Политехнического музея и с грустью смотрел на скучные, с детства знакомые экспонаты.

В галерее портретов ученых, которых представляет Капица, один из самых колоритных — Ньютон. Беломраморная абстрактная фигура из учебников превращается в живого человека, «стахановца», который, будучи Смотрителем монетного двора, в несколько раз увеличил производительность станков для чеканки и крутыми административными мерами избавил Англию от завала неполновесной монеты; человека, болезненно самолюбивого и нередко грубого. В перепалке с Королевским астрономом Дж.Флемстидом в заседании Королевского общества он обзывает того «силли поппи» (глупый щенок — а обоим под 80!).

Со многими учеными, ставшими классиками науки, Петр Леонидович был лично знаком, рассказ о них окрашен эмоционально.

Гимном трудолюбию и изобретательности звучит рассказ о предельно тонких и упругих кварцевых нитях подвеса, которые Бойс после многолетних опытов научился вытягивать с помощью выстрела из арбалета. Это изобретение позволило усовершенствовать целый ряд приборов и, в частности, получить более точное значение гравитационной постоянной.

Касаясь начала работ по радиосвязи, Петр Леонидович объясняет

успех Г.Маркони (в ущерб А.С.Попову) тем, что он догадался запатентовать простую, но необходимую деталь передатчика и приемника — антенну. Капица говорит: «В Англии он у меня был и произвел весьма неблагоприятное впечатление, и все его очень не любили. Это был настоящий делец, ничего в стиле ученого в нем не было, и разговорами на научные темы он не интересовался».

В истории с дальней радиосвязью поучительно то, что сам ее родоначальник Г.Герц в ее возможность не верил, не подозревая о существовании отражающей ионосферы! В связи с этим снова и снова Петр Леонидович предостерегает молодежь от слепого подчинения авторитетам. Один из любимых анекдотов Капицы — о юношах, попросивших раввина посмотреть в священных книгах, можно ли им носить бороду. «Нельзя». — «Но ведь ты сам с бородой!» — «А я никого не спрашивал!»

Можно было бы опасаться, что за прошедшие полвека экспериментальные методы, которым столько внимания уделял Капица, устареют. Однако для установления основных законов физики описываемые им методы не утратили своей доказательности. В основном развитие экспериментальной техники идет по линии индустриализации (строительство ускорителей, плазменных установок, радиотелескопов и т.д.) и автоматизации с применением ЭВМ. В тех случаях, когда прогресс колоссален, как, например, в измерении времени методами квантовой электроники, Капица дал вполне оправдавшиеся прогнозы.

Петр Леонидович подготовил первый набор задач, предназначенных не только для проверки знаний, но и для того, чтобы пробудить у студентов интерес к более глубокому изучению вопроса. На одной из лекций Капица рассказывает о характере этих задач и указывает по номерам, какие, по его мнению, более доступны для первокурсников.

Стенограммы лекций Ландау, по

его словам, нуждались только в незначительной правке, которую, надо думать, выполнил его многолетний соавтор и «пишущая рука» Е.М.Лифшиц. Со стенограммами Капицы дело обстоит гораздо труднее. У Петра Леонидовича была неважная дикция, и стенографистка не всегда правильно понимала слова. Вдобавок и сам Капица частенько произносил одно слово, имея в виду другое. Никаких заметок к лекциям не сохранилось (к сожалению, и у тогдашних студентов тоже), так что подготовка их к печати представит определенную сложность, особенно места, где должны быть формулы.

Мне пришлось порядочно помучиться с оригинально построенным элементарным доказательством того факта, что распределение токов по проводникам разветвленной сети отвечает минимуму поглощаемой мощности. В теоретической физике аналогичный вывод для ёмкостной проводящей среды делается методом вариационного исчисления. Особенно сложный случай с катушкой Румкорфа. Петр Леонидович специально предупреждает студентов, что в книгах работа катушки описана неправильно. Но формул, которые он писал на доске, естественно, в стенограмме нет.

Капица показывал рисунки, чертежи, фотографии, но найти соответствующий графический материал совсем не просто.

Особое место в расшифровке стенограмм занимает проверка и восстановление не очень известных имен. Например, по поводу Портсмутского архива рукописей Ньютона в стенограмме написано, что его купил «ученый Хейм...». С помощью С.П.Ка-

пицы удалось установить, что имелся в виду знаменитый экономист Кейнс, с которым Петр Леонидович был хорошо знаком в Кембридже.

Излагая историю открытия электрона, Капица говорит: «Томсон был замечательный человек. Но не менее замечательным был его ассистент Эверде(?), который делал все приборы и в эксперименте вообще лучше соображал, чем сам Томсон. Томсон только интерпретировал результаты, а сами эксперименты делал Эверде. Он, например, разработал широко применяющуюся замазку для стеклянных вакуумных приборов». Фамилия «Эверде» звучит как-то очень сомнительно, и грех было бы неправильно назвать человека, который своими руками впервые взвесил электрон. П.Е.Рубинин установил, что настоящая фамилия ассистента — Эверетт.

В заключение несколько слов о себе. Я работал в лаборатории Капицы последние 30 лет его жизни, был в ежедневном контакте с ним и уже почти 40 лет преподаю по рекомендации Петра Леонидовича на Физтехе на кафедре общей физики. Когда мне предложили готовить рукописи лекций к изданию и я прочел их, то понял, что это в значительной мере мой долг. Читать рукописи, несмотря на отмеченные трудности, было интересно и поучительно, а местами, я бы сказал, даже увлекательно.

Я думаю, что любознательный студент почувствует в лекциях атмосферу творческой научной работы и почерпнет много добрых советов, а для преподавателей это просто клад труднодоступных сведений по преподаванию физики индуктивным методом.

Состояние и перспектива использования *МОХ*-топлива в энергетических реакторах

Т. С. Меньшикова, С. А. Антипов

Уран-плутониевое оксидное топливо — *МОХ*-топливо (Mixed OXides — смесь оксидов урана и плутония) — наиболее рационально использовать в ядерных реакторах на быстрых нейтронах. Такие реакторы — одно из самых интересных и перспективных направлений в развитии атомной энергетики.

Авторы статьи имеют непосредственное отношение к разработке и эксплуатации твэлов с *МОХ*-топливом и относят себя к убежденным сторонникам развития этого направления. Такой вид топлива, думается, сможет решить проблему получения неисчерпаемого и безопасного источника энергии.

В данной статье описываются основные свойства и особенности использования *МОХ*-топлива.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *МОХ*-ТОПЛИВА В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Вслед за решением задачи создания отечественного атомного оружия, которое ликвидировало монополию США, встал во весь рост новая задача — использование энергии атома для производства электроэнергии. Атомные электростанции (АЭС) принципиально решают энергетическую проблему на многие десятилетия. В качестве топлива для таких станций можно использовать различные соединения делящихся изотопов урана-235 или плутония-239.

В этом качестве на первой в мире АЭС в Обнинске был использован сплав урана с 9% молибдена, диспергированный в магний.

За рубежом (США) в первых реакторах на быстрых нейтронах использовалось металлическое топливо (сплавы $UPu-FS$ и $UPuZr$; здесь FS — фиссиум, т.е. продукты деления). В СССР академиком А.А.Бочваром было предложено оксидное топливо. Оно имеет ряд преимуществ: оксиды обладают более высокой температурой плавления, они достаточно инертны к теплоносителям и материалу оболочки и являются промежуточным продуктом

в процессе получения металлического топлива. В дальнейшем этот вид топлива после ряда аварий на станциях, которые использовали металлическое горючее, стали применять и зарубежные специалисты. Наиболее распространенное топливо — диоксид урана¹. Изучаются также возможности нитридного и карбидного топлива.

В последние годы значительно чаще стали употреблять в качестве ядерного топлива смешанные диоксиды урана и плутония, так называемое *МОХ*-топливо. Для его изготовления используют плутоний, выделенный из отработанных урановых блоков различных реакторов, и уран из отвалов, образующихся на заводах по производству обогащенного $U-235$, обедненный изотопом $U-235$ по сравнению с природным².

Несколько слов о самом плутонии. Плутоний-239 — элемент периодической системы, получаемый искусственно из $U-238$ при облучении последнего нейтронами в атомном реакторе в результате двух β -распадов:

¹ Решетников Ф.Г., Головин И.С., Бибилашвили Ю.К., Меньшикова Т.С., Чиров Д.А., Коновалов В.Ф. Производство и контроль твэлов и ТВС // Атомная наука и техника. М., 1987. С.131—143.

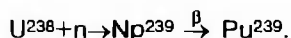
² Бибилашвили Ю.К., Решетников Ф.Г. Ядерный топливный цикл с реакторами ВВЭР, РБМК, БН в России // Изв. вузов. Ядерная энергетика. 1994. № 2—3. С.54—55.



Татьяна Сергеевна Меньшикова, доктор технических наук, главный научный сотрудник Государственного научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов» РФ им. академика А.А.Бочвара. Область профессиональных интересов — разработка технологии оксидного ядерного топлива, исследование свойств МОХ-топлива, металловедение реакторных материалов.



Сергей Алексеевич Антипов, кандидат технических наук, начальник лаборатории того же института. Область профессиональных интересов — физика металлов, металловедение, исследование и разработка технологии ядерного топлива и твэлов на основе МОХ-топлива.



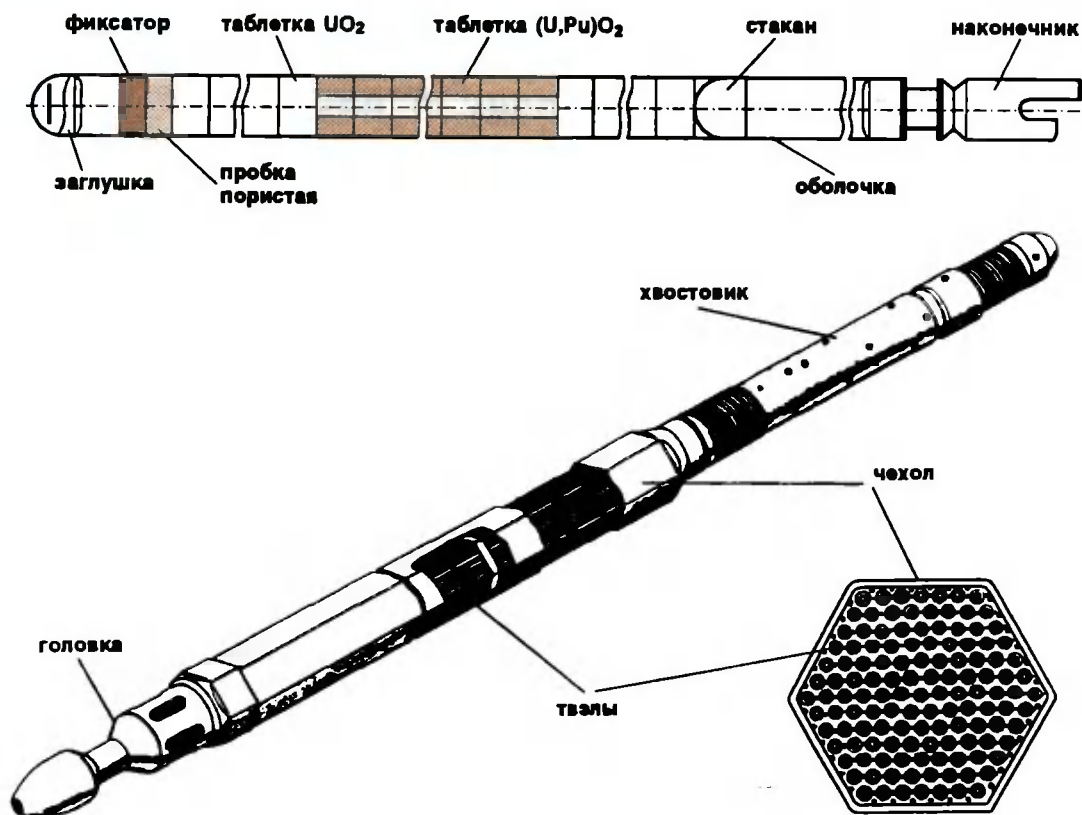
Радиационные свойства плутония зависят от соотношения различных изотопов в нем. Изотопами называются элементы, занимающие одно и то же место в периодической системе, т.е. атомный номер у них один (в случае плутония — 94), а атомный вес разный. Химическим путем их отделить не удастся, их разделение основывается на весьма незначительной разнице в весе (массе). У плутония обнаружено 14 изотопов с массовым числом от 232 до 246, но наиболее распространенными являются Pu^{239} и смесь изотопов Pu^{238} , Pu^{240} , Pu^{241} и Pu^{242} , процент остальных пренебрежимо мал. Изотопный состав плутония влияет на уровень максимального энерговыделения, и его необходимо регулировать, а зависит он от типа реактора, в котором образовывается плутоний, от степени выгорания, времени выдержки до переработки, количества топливных циклов.

Плутоний, выделяемый из отработавшего топлива АЭС, содержит смесь высокорadioактивных изотопов, называется высокофоновым (ВФ) и требует дистанционных и полностью автоматизированных методов изготовления твэлов из него. Плутоний, выделенный из облученных блоков U-238 или полученный в однократном цикле в быстром реакторе, содержит существенно меньше радиоактивных изотопов и называется низкофоновым (НФ). С таким плутонием можно работать в перчаточных камерах без особой защиты.

Высокофоновый плутоний — это смесь изотопов, основным из которых является Pu-239 . В значительно меньших количествах в смеси содержатся Pu-240 , Pu-241 , Pu-242 и Pu-238 . ВФ плутоний обладает α , β и γ -активностью.

α -частицы состоят из двух протонов и двух нейтронов, они поглощаются любым веществом и могут вызвать серьезные повреждения живых клеток. Однако для защиты от излучения достаточно листа папиросной бумаги.

β -частицы — это поток электро-



Принципиальная конструкция твэла стержневого типа, представляющего собой тонкостенную герметичную стальную оболочку диаметром с обычный карандаш и длиной 2,4 м, для экспериментальных быстрых реакторов БН-600 (вверху). Тепловыделяющая сборка (ТВС), на врезе — ее сечение (внизу).

нов, вылетающих из ядра, они обладают большей проникающей способностью, защитой от них может служить, например, алюминиевый лист толщиной не менее 6 мм.

γ -излучение — это коротковолновое электромагнитное излучение, для защиты от него необходим экран из свинцовых пластин или толстых бетонных плит (~25 мм)³.

Спонтанное деление Pu-240 и Pu-242, а также (α , n)-реакция в

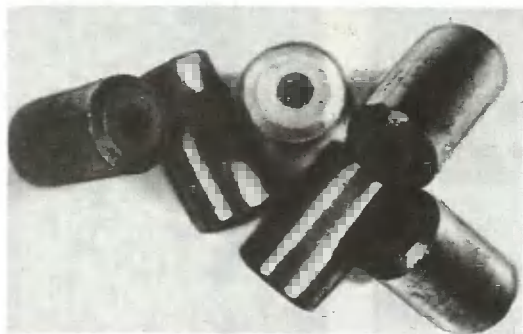
Pu-238 и Pu-240 сопровождаются нейтронным излучением, что затрудняет обращение с этим материалом при изготовлении тепловыделяющих элементов (твэлов).

Кроме того, Pu-238 — основной источник тепла, за ним следом идет Am-241. Выделение тепла нужно учитывать при транспортировке и хранении.

Радиоактивные материалы со временем теряют свою излучательную способность, превращаясь в стабильные изотопы. Период полураспада Pu-239 равен 24 400 годам, т.е. это элемент, при работе с которым требуются серьезные меры защиты, так как, попадая в организм, он выводится медленно и в отдельных органах остается надолго.

Под действием тепловых нейтронов делятся только Pu-239 и Pu-241, а быстрые нейтроны вызывают деле-

³ Преображенская Л.Б., Зарубин В.А., Никандрова А.В. Популярно о ядерной энергетике. М., 1993. С.48.



Внешний вид ступок (таблеток) из $(U,Pu)O_2$.

ние всех изотопов, включая и Pu-240, и Pu-242. Период полураспада Pu-241 относительно короткий, и за время его хранения распадается значительное его количество с образованием Am-241, который, если уровень превышает допустимый, создает довольно большие затруднения в работе из-за сильного γ -излучения.

Наиболее эффективно плутоний может быть использован в реакторах на быстрых нейтронах в виде смеси диоксидов урана и плутония — МОХ-топлива. У нас по его применению в тепловых реакторах делаются только первые шаги, а за рубежом, например в 16 тепловых реакторах Франции, его использование уже предусмотрено, а в 9 из них сборками с МОХ-топливом с 2—4 мас. % плутония уже загружено до трети активной зоны.

В данной статье основное внимание уделено разработке МОХ-топлива для отечественных реакторов на быстрых нейтронах, так называемых РБН — БН-600 и БН-800⁴. Но сначала скажем несколько слов о типах реакторов.

Нейтроны, образующиеся в реакторе, в момент рождения обладают очень высокой энергией, они движутся со скоростью нескольких десятков тысяч км/с. Эти нейтроны называются быстрыми.

Затем их энергия и скорость быстро уменьшаются в результате

столкновения с атомами. Нейтроны замедляются особенно эффективно в воде и графите, и их скорость снижается до нескольких км/с. Такие замедленные нейтроны называются тепловыми, а реакторы, в которых они используются, — тепловыми реакторами. Нейтрон, попадая в топливо, вызывает деление одного из ядер. Тепловые реакторы требуют наименьшего количества делящихся изотопов (U-235 или Pu-239), т.е. минимальной критической массы, поэтому тепловые реакторы и получили в настоящее время большее распространение.

Быстрый реактор наиболее интересен и перспективен для развития атомной энергетики, он способен решить проблему получения неисчерпаемого источника энергии, так как может воспроизводить ядерное горючее.

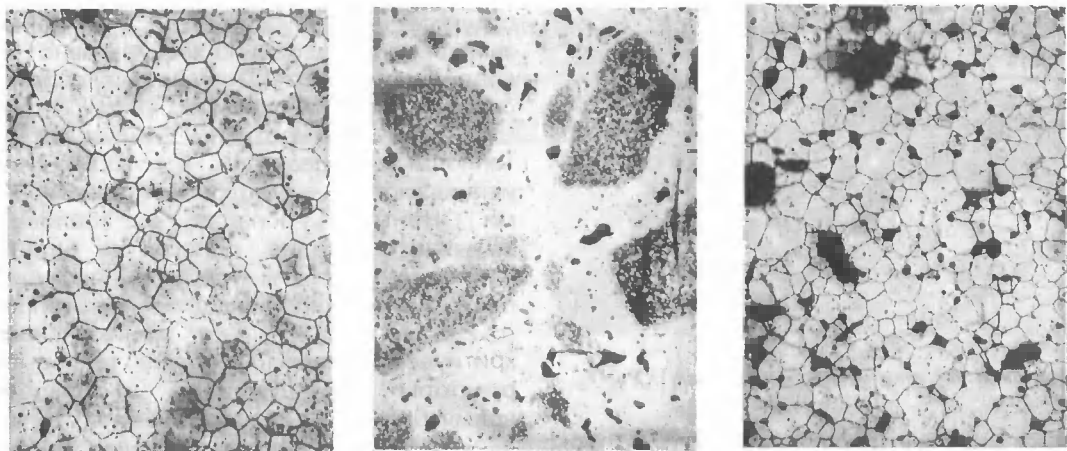
Кроме того, быстрый реактор позволяет вовлечь в топливный цикл огромные массы накопленного отвалного урана обогатительного производства, так как под действием нейтронов больших энергий может делиться и изотоп U-238.

Следует отметить, что ядерное топливо очень экономично. Так, одна тонна ядерного топлива эквивалентна по теплотворной способности ~80 000 т угля (нефти).

В быстром реакторе деление происходит под действием быстрых нейтронов, он требует большей критической массы, что увеличивает стоимость топливной загрузки, и его конструкция несколько сложнее. Однако надо учитывать, что этот тип реактора позволяет практически полностью решить одну из важнейших проблем — проблему топливно-энергетических ресурсов.

В быстром реакторе возможно воспроизводство ядерного горючего, которое характеризуется коэффициентом воспроизводства (КВ), равным отношению количества воспроизведенного топлива к количеству сгоревшего за то же время. В действующих быстрых реакторах БН-350, БН-600 значение КВ равно ~1,4. К примеру, при загрузке 1000 кг через два года

⁴ Берикбосинов В.Т., Гущин Ю.А., Евсеев В.И. и др. Что такое быстрый ядерный реактор. М., 1992.



Микроструктура сердечников из МОХ-топлива с 25 мас. % Pu, полученных спеканием соосажденных порошков $(U,Pu)O_2$ (слева), механически смешанных порошков после обычного режима грануляции (в середине) и после применения специального смесителя (справа), светлые области соответствуют участкам с повышенным содержанием плутония ($\times 340$).

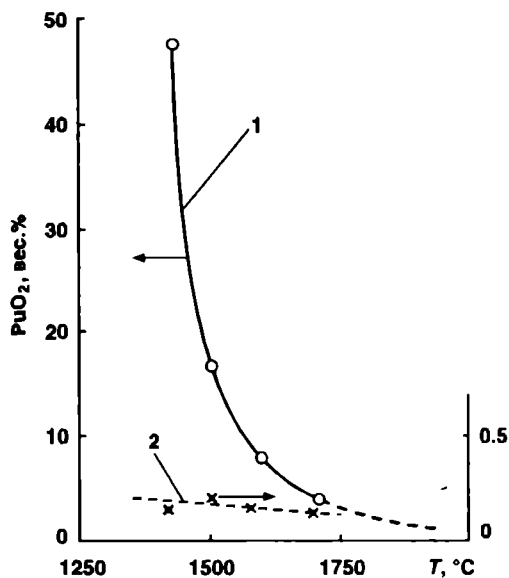
получают ~1400 кг плутония, т.е. быстрый реактор может воспроизводить плутоний, с избытком восполняя его выгорание.

Для теплового реактора мощностью 1000 МВт, где используется U-235, требуется 200 т U-238 ежегодно, за жизнь реактора (~30 лет) — ~6000 т урана, что грозит исчерпанием запасов природного урана через 50—80 лет.

Быстрый реактор мощностью 1000 МВт за 30 лет потребует всего 50 т природного урана, т.е., производя энергию, он еще дает и новое ядерное топливо — плутоний. Быстрый реактор обладает не только высоким КВ, но и высокой энергонапряженностью. В силу физических особенностей в нем обязательна высокая концентрация топлива (17—29 мас. % Pu), причем по экономическим соображениям в топливе нужно достичь глубоких выгораний — 10% тяжелых атомов (т.а.). Все это накладывает особые требования к твэлам и МОХ-топливу быстрых реакторов.

У нас в стране осуществляется последовательная программа строительства быстрых реакторов. В течение 20 лет научным руководителем этой программы был академик А.И.Лейпунский. Благодаря своевременному разрыванию работ наша страна заняла лидирующее место в строительстве АЭС с быстрыми реакторами. Так, в 1958 г. был построен первый быстрый реактор БР-5 мощностью 5 МВт, в 1968 г. — экспериментальный реактор БОР-60, в 1973 г. пущен первый опытно-промышленный реактор БН-350 мощностью 350 МВт, из них 250 МВт идет на выработку электроэнергии, а 100 МВт используются на установке по получению пресной воды из морской с производительностью 120 000 т в сутки. В 1980 г. пущен реактор БН-600 мощностью 600 МВт. В первых загрузках отечественных реакторов использовали урановое оксидное топливо — UO_2 . В это же время в Англии и Франции также были пущены реакторы на быстрых нейтронах (DFR, PFR, Рапсодия, Феникс, Суперфеникс, Монджю). Часть из них работает до сих пор.

По экономичности быстрые реакторы пока уступают тепловым. Они дороже других типов, так как их конструкция сложнее и используемое ими высокообогащенное топливо дороже. Однако перспектива их удешевления вполне реальна.



Зависимость полноты растворения в азотной кислоте таблеток из механически смешанных порошков диоксида урана и плутония (1) и из химически соосажденных порошков $(U,Pu)O_2$ (2) от температуры их спекания.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ТВЭЛА С МОХ-ТОПЛИВОМ

Сердце атомного реактора — активная зона, в которую загружается ядерное топливо в виде тепловыделяющих элементов — ТВЭлов. Они обеспечивают надежный нагрев теплоносителя.

Условия работы ТВЭла быстрого реактора очень сложны и своеобразны. Топливо работает при высоких температурах, нагрузках и большом нейтронном потоке. Воздействие нейтронов приводит к ряду необратимых процессов в материале оболочки и топливе.

Характер поведения МОХ-топлива под облучением несколько отличается от поведения UO_2 -топлива. Это связано с различием в упругости паров UO_2 и $(UPu)O_2$ и скорости их сублимации и конденсации.

В процессе облучения диоксидного топлива в быстром реакторе происходит перестройка структуры таблетки — в ее центре образуются столбчатые

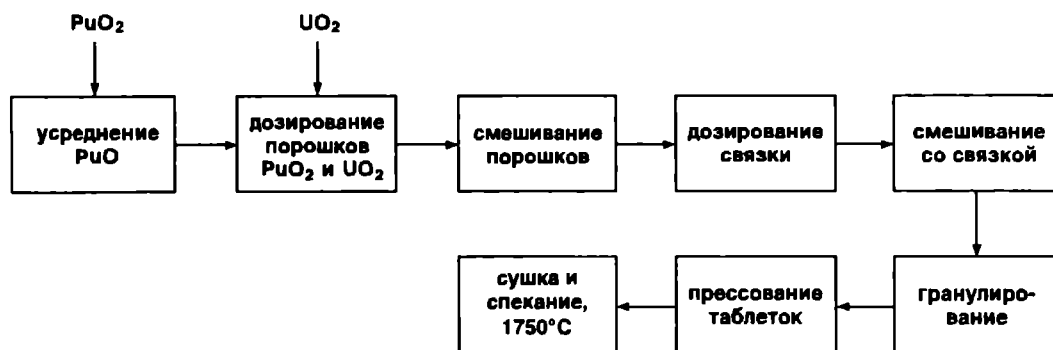
кристаллы, за которыми идет область равноосных кристаллов. Исходная структура сохраняется только на поверхности таблетки в виде пояски толщиной ~0.2 мм. В процессе облучения в области столбчатых зерен возникает узкая кольцевая зона, обогащенная плутонием. Размер этой зоны зависит от тепловой нагрузки в ТВэле.

При облучении наблюдается и взаимодействие МОХ-топлива с оболочкой ТВЭла. На характер взаимодействия оказывает влияние отношение числа атомов кислорода к сумме чисел атомов урана и плутония ($O/U+Pu$ или O/M). Это отношение принято называть кислородным коэффициентом (КК). Для снижения взаимодействия нужно постараться сделать КК меньше 2, т.е. иметь достехиометрический состав МОХ-топлива $(U,Pu)O_{1.98}$. При выгорании КК растёт, и это усиливает взаимодействие топлива с оболочкой. Обычно коррозионное взаимодействие имеет межкристаллитный характер и затрагивает слой глубиной 70—100 мкм. Наиболее агрессивные элементы, вызывающие коррозию, — оксиды или гидроокиси цезия и теллура. При небольшом содержании кислорода ($O/M < 1.98$) коррозионный слой уменьшается до 10—15 мкм.

Активная часть ТВЭла состоит из таблеток $(U,Pu)O_2$, нижний и верхний экраны набираются из таблеток UO_2 , которые выполняют роль защиты от аксиальной утечки нейтронов. Герметизация ТВЭла осуществляется сваркой заглушки дугой, управляемой магнитным полем. Для дистанционирования от соседних ТВЭлов служит проволока из той же стали, что и оболочка.

МОХ-топливо представляет собой таблетку. Для снижения температуры в центре таблетки делают отверстие, превращающее ее во втулку. Из таких втулок на автомате набирается топливный столб определенной длины и веса, который загружают в оболочку. Оболочка ТВЭла служит своеобразной защитой от радиоактивности, осуществляет роль «несущей» конструкции и, наконец, надежно предохраняет от попадания плутония в окружающую

Механическое смешивание



Химическое соосаждение



Технологические схемы при изготовлении таблеток из МОХ-топлива механическим смешиванием и химическим соосаждением.

среду. В процессе реакции в топливе накапливаются твердые и газообразные осколки деления, в результате чего изменяется его объем. Для сбора газообразной фракции в твэле предусматривается газовая полость. Для закрепления топливного столба при транспортировке в твэле устанавливается фиксатор.

В качестве материала оболочки быстрого реактора используются специально разработанные стали аустенитного и феррито-мартенситного классов, легированные Nb, Ti, В, и с заданным содержанием таких элементов как Р, N, Si и др.

Воздействие нейтронного облучения характеризуется повреждающей дозой и определяется числом смещений на атом.

За время работы в реакторе

атомы элементов, входящих в состав стали, испытывают до 100 смещений каждый. (Можно себе представить во что превращается исходный материал и как изменяются его свойства!) Все это учитывается при разработке материалов, которые должны надежно функционировать в условиях сильного облучения. Специальное легирование и холодная деформация до 20% позволяют такой стали выдерживать режим выгорания твэлов до 10% т.а.

Конструкции твэла для МОХ- и уранового топлива отличаются отдельными элементами, в них учитывается, в каком режиме — автоматизированном или дистанционном — твэлы изготавливаются.

Сборка твэлов с МОХ-топливом предполагает дистанционное исполнение, поэтому в технологию их изготовления заложена разбивка сложных операций на простейшие, что облегчает отработку режимов на имитаторах и повышает надежность. При этом некоторые подготовительные операции выносятся из камер на «чистый» участок.

Это существенно сокращает контроль в камерах и обеспечивает высокое качество изделий. В связи с этим предусмотрено разделение твэла на две сборочные единицы: «труба в сборе» и «готовый твэл». «Труба в сборе» контролируется по параметрам готового твэла, и этим снижается вероятность брака в технологической линии.

Для удобства загрузки в активную зону реактора и последующей разгрузки твэлы собираются в тепловыделяющую сборку (ТВС) и в таком виде транспортируются на АЭС.

В активной зоне находятся десятки тысяч твэлов. Вырабатываемое в них тепло отводится теплоносителем в парогенератор, пар поступает в турбину электрогенератора.

В качестве теплоносителя применяется газ или жидкие металлы. Лучшим теплоносителем для быстрых реакторов признан натрий, который хорошо снимает тепло с твэла.

Напомним, что для нагрева пара надо иметь температуру 500—550°C. Такую температуру требуют современные паротурбинные установки. Водяной теплоноситель такой пар может обеспечить только при повышенном давлении. Натрий же имеет хорошие теплотехнические свойства, температура его плавления достаточно низкая (98°C), а температура кипения — высокая (885°C), поэтому для натрия не требуется высокого давления в системе. Низкое рабочее давление создает преимущество в безопасности, устраняя возможность теплового взрыва РБН.

После того, как на зарубежных реакторах случилось несколько аварий из-за течи парогенераторов и по другим причинам, не связанным с МОХ-топливом, ряд быстрых реакторов (PFR, Феникс, Суперфеникс) были остановлены. Наш реактор БН-600 после ряда усовершенствований, проведенных под руководством академиков Ф.М.Митенкова, Ф.Г.Решетникова и доктора технических наук Ю.К.Бибилашвили, уже более шести лет работает стабильно.

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОХ-ТОПЛИВА

Существуют два метода получения МОХ-топлива:

— механическое смешивание раздельно полученных диоксидов урана и плутония;

— совместное соосаждение из азотнокислых растворов урана и плутония⁵ с получением в дальнейшем твердого раствора $(U,Pu)O_2$.

Для оценки преимуществ и недостатков каждого метода остановимся на технических требованиях, предъявляемых к МОХ-топливу.

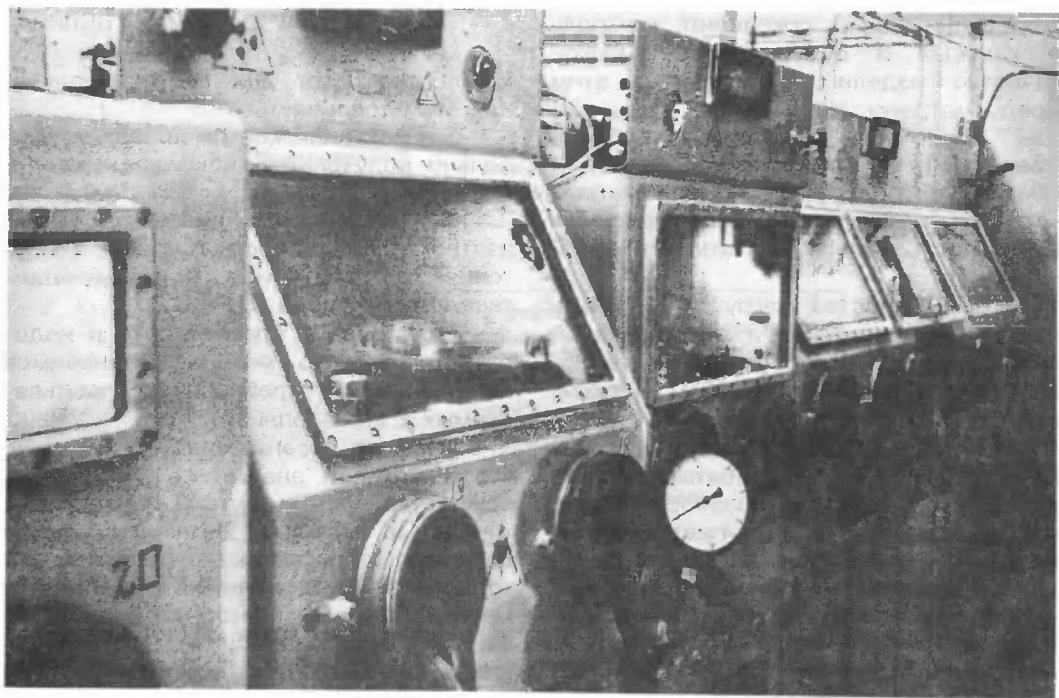
Прежде всего следует сказать, что в атомной энергетике могут быть осуществлены замкнутый и открытый топливные циклы. Замкнутый цикл включает переработку отработавшего топлива в целях извлечения делящихся материалов и их повторного использования. При замкнутом топливном цикле на заводах по регенерации твэлов АЭС плутоний и уран опять поступают на изготовление топлива, которым снаряжаются новые твэлы, и загружаются в реакторы для выработки электроэнергии. После достижения определенного выгорания твэлы вновь поступают на переработку на регенерационные заводы, и цикл повторяется.

Таким образом, экономическая основа замкнутого топливного цикла — повторное использование урана и плутония, извлеченных из отработавшего топлива.

Открытый, или незамкнутый, цикл прерывается после извлечения отработавших твэлов из реактора, которые поступают далее в специальные хранилища.

Хранение твэлов экономически невыгодно и небезопасно. Специальные хранилища требуют мощной системы циркуляции воздуха для охлаждения твэлов, так как в них происходит остаточное тепловыделение, поэтому они дороги и потенциально опасны. С

⁵ Parkinson N., Nelson R., Kent W. Fast Reactor Fuel Fabricator Development // Nuclear Energy. 1981. V.20. № 1. P.55-61, см. также ссылку 1.



Перчаточная камера для работы с низкофоновым плутонием.

экономической и экологической точек зрения замкнутый цикл предпочтительнее.

Однако для осуществления замкнутого цикла необходимо строительство крупных заводов по регенерации топлива. В России с 1976 г. работает один такой завод — РТ-1, а также строится второй, еще более крупный — РТ-2. За рубежом с 1978 г. функционирует завод по переработке облученных твэлов на м. Аг (Франция), который принимает на переработку топливо и от других стран, например Японии.

Концепция развития атомной энергетики в России предусматривает реализацию замкнутого ядерного топливного цикла. Это существенно повышает эффективность использования ядерного горючего.

При осуществлении замкнутого цикла важно иметь топливо, хорошо растворяющееся при регенерации. Для более полного его растворения важно,

чтобы оно находилось в виде гомогенного твердого раствора, так как наличие отдельных высоко прокаленных частиц PuO_2 приводит к образованию нерастворимого осадка с большим содержанием плутония, который не годится для захоронения, и его длительное хранение крайне нежелательно, так как при этом в нем накапливаются высокорadioактивные нуклиды.

Гомогенная структура топлива необходима также для обеспечения однородности тепловыделения при эксплуатации.

Получать же топливо в виде гомогенного твердого раствора проще еще на жидкой стадии, в процессе смешивания азотнокислых растворов урана и плутония. Разработан, например, метод аммиачного соосаждения урана и плутония с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Этот метод позволяет получать малопылящие гранулы, из которых без дополнительной обработки прессуются таблетки. Для спекания таблеток достаточна температура 1600°C .

Технология механического смешивания порошков UO_2 и PuO_2 требует хорошего их перемешивания и измельчения, а также введения дополнительного контроля за качеством этих процессов, в противном случае могут получиться таблетки с двухфазной структурой, плохо растворимые в азотной кислоте. В микроструктуре таких образцов наблюдаются участки с повышенным содержанием плутония, что затрудняет процессы регенерации топлива.

В настоящее время разработан метод измельчения и смешивания порошков UO_2 и PuO_2 , обеспечивающий образование гомогенного твердого раствора при последующем спекании топливных таблеток.

Введение дополнительных технологических и контрольных операций и необходимость более высоких температур спекания несколько усложняют и удорожают технологию механического смешивания. Однако у этого процесса есть и свои преимущества, в частности меньшие объемы исходного продукта при хранении, так как хранится PuO_2 , а не разбавленные ураном до 20–30 мас. % плутониевые смеси. Имеется также большой зарубежный опыт работы по механическому смешиванию раздельно полученных диоксидов урана и плутония.

Сравнительные технологические схемы показывают, что процесс соосаждения короче, содержит меньшее количество контрольных операций, а следовательно, и более прост.

В настоящее время в России накоплен большой опыт изготовления топлива по этим технологическим схемам, которые успешно отработаны для экспериментальных твэлов в реакторе БН-600.

ПРОИЗВОДСТВО МОХ-ТОПЛИВА

Изготовление смешанного топлива более опасно и сложно, чем изготовление топлива на основе урана. Такое производство требует организации надежной радиационной защиты.

Диоксид $Pu-239$ является излучателем α -частиц, однако изотопы $Pu-238$,

$Pu-240$, $Pu-241$, $Pu-242$, а также продукт ядерной реакции $Pu^{241} \xrightarrow{\beta} Am^{241}$ испускают еще β - и γ -частицы, от которых нужна хорошая защита. Поэтому работы с высокофоновым плутонием проводятся в герметичных боксах на автоматизированном оборудовании, или используются дистанционные методы изготовления. Технология становится более сложной. Однако при хорошо отработанной технологии функционирование оборудования в автоматизированном режиме не вызывает больших затруднений. В настоящее время созданы крупные промышленные производства во Франции (Маркуль), в Германии (завод в Ханау), в Японии (PNC в Токаи-Муре), в Англии (Селлафилд). Создано и успешно работает опытно-промышленное производство в России (Озерск), на котором ежегодно изготавливают экспериментальные ТВС с МОХ-топливом для реактора БН-600⁶. Установка работает с низкофоновым плутонием, полученным при регенерации твэлов из экранных зон быстрых реакторов, при этом используются герметичные боксы с перчатками. Использование перчаточных камер сочетается с максимальной автоматизацией технологического процесса.

При проектировании оборудования для работ с МОХ-топливом особое внимание уделяется радиационной безопасности на самом заводе и вокруг него. С этой целью стремятся предельно сократить пылящие операции.

Возрастают требования и по обеспечению безопасности самих АЭС, использующих МОХ-топливо. После Чернобыля поставлена задача создать реакторы нового поколения с гарантированной безопасностью.

В новых поколениях АЭС полностью исключается попадание радионуклидов в окружающую среду при любых авариях на энергоблоке. Это обеспечивается за счет многих барьеров (таблетки, оболочка твэла, корпус реактора). Действительно, МОХ-топли-

⁶ Кудрявцев Е.Г. Плутоний: разнообразные подходы и мнения // Природа. 1995. № 12. С.3–11.

во при рабочей температуре может удерживать от 50 до 95% летучих продуктов деления (Cs, J) и твердых продуктов деления (Sr, B), поэтому таблетку принято считать первым барьером, обеспечивающим удержание радионуклидов. Второй барьер — герметичная оболочка. Существуют довольно жесткие нормы на допустимую разгерметизацию твэла: допускается один негерметичный твэл на 1000.

Разрабатывается и новое поколение безопасных реакторов, использующих элементы, принципиально исключающие возможность ядерного взрыва. Это предотвратит аварийные ситуации как на АЭС, так и на плутониевом производстве.

РАЗРАБОТКА ТОПЛИВА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЛУТОНИЯ — ПУТЬ К ЭФФЕКТИВНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ЕГО ИЗЛИШКОВ

В связи со значительным количеством накопленного к настоящему времени плутония задача его утилизации (использования) становится весьма актуальной.

Уже говорилось, что хранение плутония небезопасно, достаточно трудоемко и дорого. Необходимо строить для этого сложные хранилища с отводом тепла и строгим соблюдением нормальной радиационной обстановки и температурного режима хранилища.

Гораздо рациональнее плутоний не хранить, а использовать в атомной энергетике. Эффективность его применения в тепловых реакторах невелика — у нас пока нет реакторов с плутониевой активной зоной, а процент его использования в тепловых реакторах небольшой (2–5%). Разумнее применять плутоний в быстрых реакторах. При этом в отличие от концепции, которой мы придерживались 15–20 лет тому назад и которая предусматривала максимальное воспроизводство плутония, мы сейчас занимаемся решением прямо противоположной задачи — разработкой состава топлива, которое позволило бы

резко уменьшить воспроизводство плутония или полностью его исключить. Изучается несколько направлений. Одно из них — получение оксидного смешанного топлива для реакторов на быстрых нейтронах с существенно более высоким содержанием плутония — до 45% вместо обычных 20–29%.

В соответствии с диаграммой состояния U—Pu—O однородный твердый раствор может существовать только при содержании плутония до 30%. При содержании более 40% образуется два твердых раствора, которые достаточно хорошо растворяются при регенерации. Однако увеличение содержания до 53 мас. % приводит к появлению второй фазы, что резко ухудшает растворимость, ограничивая ее всего 50%. Это может послужить препятствием к применению такого топлива в замкнутом топливном цикле. По этой причине содержание плутония ограничено 45 мас. %. Такое топливо представляет собой однородный твердый раствор. В образцах из химически соосажденных смесей наблюдается равномерное распределение плутония.

Второе направление — разработка плутониевого топлива с инертной матрицей, которая частично или полностью заменяет уран. В качестве инертной матрицы могут быть использованы оксиды ряда металлов, например редкоземельных, а также Mg, Zr и т.д. Такие работы начаты в России и во Франции.

Введение оксидов церия в качестве инертного разбавителя при высоком содержании плутония лучше проводить в жидком состоянии, например по технологии аммиачного соосаждения, что обеспечивает получение после спекания топлива с однородной структурой твердого раствора состава $(U_{0.45}Pu_{0.45}Ce_{0.10})O_2$ с равномерным распределением церия по образцу.

Таким образом, можно сказать, что создание реакторов-выжигателей плутония и трансурановых элементов может помочь проблеме утилизации накопленного плутония и создать долгосрочную перспективу использования MOX-топлива в атомной энергетике.

Фауна подводных гор — откуда она берется?

К. Н. Несис,

доктор биологических наук
Москва

В ОТКРЫТОМ океане разбросано множество подводных гор. Вершины некоторых из них находятся на малой глубине, их фауна очень разнообразна и сходна с обитателями мелководий у ближайших побережий материков и крупных островов. И только горы, наиболее удаленные от этих потенциальных источников фауны, населены в значительной степени эндемиками, однако и там преобладают виды, общие с обитателями материков. Как эти виды добираются до вершин подводных гор, отделенных от материка сотнями и тысячами километров больших глубин, недопустимых мелководным организмам?

Казалось бы, все просто: вода Мирового океана, особенно в тропиках и субтропиках, буквально кишит всевозможными личинками прибрежных донных животных и расселительными стадиями водорослей, пассивно переносимых течениями. Разумеется, чем дальше от родного берега, тем их меньше, но долгоживущие личинки некоторых животных могут даже пересекать Атлантический океан или добираться от восточных островов Полинезии до западных берегов Америки. Повстречай они на своем пути какой-нибудь подходящий субстрат, ту же подводную гору, — вот и новая родина. Значит, в фауне

подводных гор должны решительно преобладать виды с пелагическим (т.е. совершающимся в толще воды) развитием и долгоживущей планктонной личинкой. Оказалось, однако, что это не так, по крайней мере не всегда так.

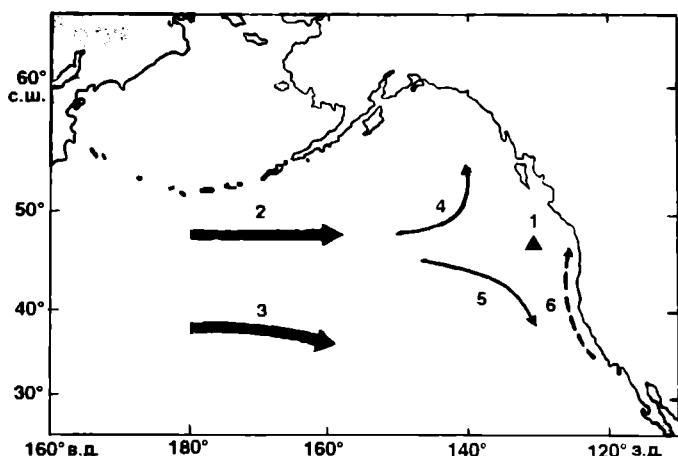
Подводная гора Кобб расположена в северо-восточной части Тихого океана, в 510 км западнее побережья штата Орегон. Ее вершина (0.8х0.6 км) лежит на глубине 24 м. Между горой и побережьем нет никаких других мелководных возвышенностей.

Гора Кобб — подводный вулкан плиоценового возраста. Она была островом в первое время своего существования, затем опустилась, но вновь неоднократно становилась островом в ледниковые эпохи плейстоцена, когда уровень океана резко понижался. На ее склонах обнаружены береговые линии на глубинах 120—180 м (плейстоцен) и 310 м (плиоцен) с остатками литоральных, обитающих в приливо-отливной полосе, видов (например, мидий), которые теперь на горе жить не могут.

Население горы Кобб исследовали неоднократно — с помощью аквалангов и подводных аппаратов «Пайсис IV»; экспедиции работали там в конце 60-х, в 80-х и начале 90-х годов, так что флора и фауна горы изучены достаточно хорошо. От вершины до глубины 180 м известно 117 видов: зеленые, бурые и красные водо-

росли, самые разнообразные беспозвоночные, преимущественно актинии, полихеты, ракообразные, моллюски и иглокожие, а также рыбы — четыре вида морских окуней рода *Sebastes*, бычки и даже обитающая в приповерхностном слое луна-рыба. Вершина горы покрыта инкрустирующими поверхность красными водорослями с пятнами бурых, а также обильными поселениями прирастающих к скале гребешков *Crassadoma gigantea*, на раковинах которых сидит множество губок, актиний, мшанок, асцидий и пр. Многочисленны красные морские ежи *Strongylocentrotus franciscanus*. На древних береговых террасах (глубина 125—300 м) господствуют морские лилии, морские звезды, брюхоногие моллюски и раки-отшельники. За период исследований биота здесь почти не изменилась.

Гора Кобб расположена на оси мощного Субарктического течения, пересекающего Тихий океан с запада на восток, однако намного западнее горы течение делится на Аляскинское (идущее на северо-восток, затем на север и далее на запад вдоль Алеутских островов) и Калифорнийское (идущее на юго-восток, потом на юг и в конце концов поворачивающее на запад уже как Северное пассатное течение). Вдоль берегов США с юга на север проходит слабое сезонное течение Дэвидсона. Сама гора находится в так



Местоположение подводной горы Кобб у северо-западного побережья США и схема основных течений: 1 — гора Кобб, 2 — Субарктическое течение, 3 — Севернотихоокеанское течение, 4 — Аляскинское течение, 5 — Калифорнийское течение, 6 — течение Дэвидсона. (Из: Parker T., Tunnicliffe V. // *Biol. Bull.* 1994. V.187. № 3. P.337.)

называемой «нейтральной зоне», где течения слабы и непостоянны. Никаких стабильных поверхностных течений, идущих от берегов Американского континента к горе Кобб, нет. К тому же вокруг горы существует самостоятельная антициклоническая циркуляция («столб Тейлора»), которая частично изолирует гору от окружающих вод. Тем не менее флора и фауна вершинной части горы практически идентичны биоте западных берегов Канады и США. Эндемичных видов очень мало (известны четыре пока не описанных вида бокоплавов). В целом биота горы на порядок беднее, чем у берегов материка.

Канадские исследователи из Университета Виктории в Британской Ко-

лумбии Т.Паркер и В.Танниклиф проанализировали способы размножения водорослей, беспозвоночных и рыб вершинной части (до 180 м) горы Кобб, выделив виды с прямым развитием (без пелагической стадии), сокращенной, средней и длительной пелагическими стадиями (соответственно менее 2 недель, 2—8 и более 8 недель)¹.

Оказалось, что 26.5% всех видов имеют прямое развитие, 37.6% — сокращенное, по 6.8% — среднее и длительное пелагическое развитие; для 22.2% тип развития неизвестен. Если исключить водоросли (у всех сокращенное пелагическое развитие) и рыб, способных к активному плаванию, соотношение типов развития изменится слабо: прямое — у 31.6%, сокращенное — у 32.6%, среднее — у 8.4% и длительное — только у 4.2% (у 25.3% развитие неизвестно). Совсем иное соотношение типов развития у обитателей западных берегов Се-

верной Америки: прямое имеют 26—36% видов, сокращенное пелагическое — 10—11%, среднее — 45—52% и длительное — 9—10%. В населении горы Кобб, таким образом, явно не хватает видов с пелагическим развитием продолжительностью более 2 недель и преобладают виды с укороченным развитием.

Даже если личинка прибрежного вида попадет у берегов Северной Америки в редкое струйное течение, идущее прямо на запад, в океан, она доберется до горы Кобб не менее чем через 6 недель. Следовательно, как минимум 85—90% видов, живущих на горе, никак не могли добраться до нее на стадии пелагической личинки.

Собственно говоря, данные о том, что на подводных горах и маленьких островах в океане очень мало видов с длительным пелагическим развитием, появлялись и ранее. Это явление получило даже имя: Роккольский эффект — по названию крохотной скалы Рокколл в северо-восточной Атлантике, где возле уреза воды живут брюхоногие моллюски литторины с непелагическим развитием, зато отсутствует *Littorina littorea*, имеющая планктонные яйцекладку и личинку и вполне обычная у ближайших к скале берегов Британских о-вов².

Если вдуматься, то для обитателей подводной горы, омываемой постоянным или приливным течением (вода вокруг горы Кобб сменяется в среднем каждые 17 суток), самое важное — не

¹ Parker T., Tunnicliffe V. Dispersal strategies of the biota on an oceanic seamount: Implications for ecology and biogeography // *Biol. Bull.*, Woods Hole. 1994. V.187. № 3. P.336—345.

² Johannesson K. The paradox of Rockall: Why is a brooding gastropod more widespread than one having a planktonic larval dispersal stage (*Littorina*)? // *Mar. Biol.* 1988. V.99. P.507—513.

в том, как попасть на гору, а как удержаться на ней, как исхитриться размножаться таким образом, чтобы молодь не унесло течением в океан. Для этого лучше вообще не иметь пелагической личинки. Недаром среди насекомых, живущих на океанических островах с типичными для них сильными ветрами, так много бескрылых видов: та же самая проблема. Но как все-таки попадают на удаленную от берегов подводную гору прибрежные организмы с малыми расселительными способностями?

Паркер и Танниклиф предполагают, что основной путь, приводящий живые существа в окрестности горы Кобб, — случайный занос с дрейфующими водорослями. Крупные бурые ламинариевые водоросли-кельпы образуют настоящие «подводные леса» в умеренных широтах северных и южных областей Тихого и Атлантического океанов, а самые знаменитые морские леса растут как раз у западных берегов США. На кельпах и в их корневищах (ризоидах) находит укрытие и пищу множество разнообразных беспозвоночных, укрываются в водорослях и многие рыбы. Штормовые волны часто отрывают водоросли целиком и уносят их в открытое море. Там они дрейфуют по направлению

ветра, независимо от течения. Кельпы могут плавать в океане более 100 дней, пока не разложатся и не утонут.

Обитателям оторванных от берега и дрейфующих в открытом море водорослей посвящено множество работ. В одной из последних³ представлена фауна 41 кучки водорослей, собранных вблизи Исландии на расстоянии от 1 до 117 км от берега. На них обнаружено 39 видов животных — от гидроидных полипов до рыб. Однако чем дальше от берега подобраны водоросли, тем меньше на них животных: в 1—2 км от берега найдено 23 вида, в 58—117 км — только 15. Число особей уменьшается еще быстрее. А гора Кобб расположена в 510 км от ближайшего берега!

На горе Кобб кельпы не растут, но в ее окрестностях на поверхности воды их видели часто. Зимой направление ветров таково, что кельпы, оторванные от берегов Калифорнии, с высокой вероятностью могут быть вынесены в район горы Кобб. Большинство организмов, населяющих ее,

обычно живут в лесах кельпов, а для некоторых массовых на Коббе видов подводные леса — предпочтительное местообитание. Таким образом, большинство обитателей горы Кобб первоначально попало на нее не на стадии личинки, а во взрослом состоянии.

Вероятно, проникновение прибрежных организмов на подводную гору с дрейфующими водорослями типично для обитателей умеренных, но не тропических широт. В тропиках крупных бурых водорослей нет, с другой стороны, абсолютное большинство видов с долгоживущими планктонными личинками — тропические и субтропические. В любом случае, в заселении подводных гор основную роль играют случайные процессы. Занос организмов с водорослями на большое расстояние от берега — чистая случайность, к тому же подводная гора — не материковый берег, которого водоросль миновать не может: нужно, чтобы водоросль разложилась и обитающие на ней организмы упали на дно как раз над вершиной подводной горы, а это — еще менее вероятное событие!

Неизбежность случайности — вот «закон» заселения подводных гор и отдаленных океанических островов.

³ Ingolfsson A. Floating clumps of seaweed around Iceland: Natural microcosms and a means of dispersal for shore fauna // *Mar. Biol.* 1995. V.122. № 1. P.13—21.

Nota bene

Растения убыстряют рост

СРЕДИ наблюдаемых изменений земной атмосферы доминируют по своей скорости два процесса: антропогенный рост содержания CO_2 (на 14% после 1960 г.) и потепление климата (за то же время — на 0.5°C). Со все возрастающей уверенностью можно утверждать, что второе явление есть следствие первого: их физическая связь обусловлена усилением парникового эффекта из-за того, что диоксид углерода поглощает тепловое излучение земной поверхности.

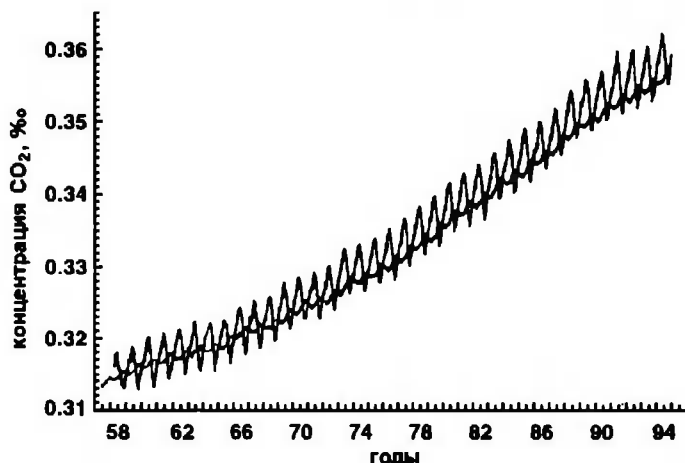
Работа американских ученых Ч.Килинга, Т.Уорфа из Скриппсовского института океанографии (Ла-Холья) и Дж.Чина из Обсерватории Мауна-Лоа добавляет к ним еще один

взаимосвязанный процесс: ускорение вегетации, сезонного прироста растений¹.

Высокоточная регистрация содержания CO_2 на гавайском острове-вулкане Мауна-Лоа (20° с.ш.) и на станции Пойнт Барроу (71° с.ш.) позволяет выявить как общее возрастание количества атмосферной углекислоты, так и амплитуду сезонных колебаний ее концентрации. Они определяются, главным образом, растительностью средних ($40\text{--}70^\circ$) широт Северного полушария. Дело в том, что вегетация в тропиках прак-

тически не зависит от сезона, сухой пояс пустынь $20\text{--}30^\circ$ (обоих полушарий) дает малый вклад в круговорот углекислоты, а полосы суши, наиболее покрытые растительностью, расположены на Земле асимметрично (в Южном полушарии в средних широтах находится океан). Поэтому с марта по сентябрь вследствие фотосинтеза содержание CO_2 в атмосфере падает, а с октября по февраль — повышается. Вклад в зимний прирост дают как окисление древесины (гетеротрофное дыхание растений, гниение, разложение гумуса, лесные пожары), так и сжигание ископаемых топлив (угля, нефти, газа), заметно увеличивающееся в зимний сезон.

Обработка многолетних измерений содержания CO_2 в атмосфере позволила выявить нарастание амплитуд сезонных колебаний и постепенное удлинение про-



Содержание CO_2 в атмосфере по измерениям на станции Мауна-Лоа (колебания с большим размахом) и на Южном полюсе. На общий рост наложены сезонные колебания, амплитуда которых заметно зависит от широты. Можно заметить, что со временем размах колебаний в средних широтах постепенно нарастает. (Keeling C.D., Whorf T.P., Wahlen M., van der Plicht J. // Nature. 1995. V. 375, № 6533. P.666-670).

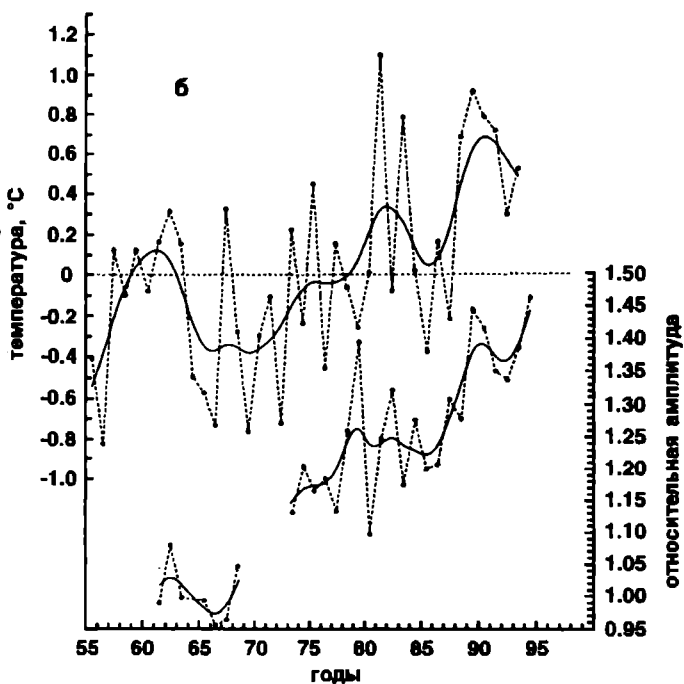
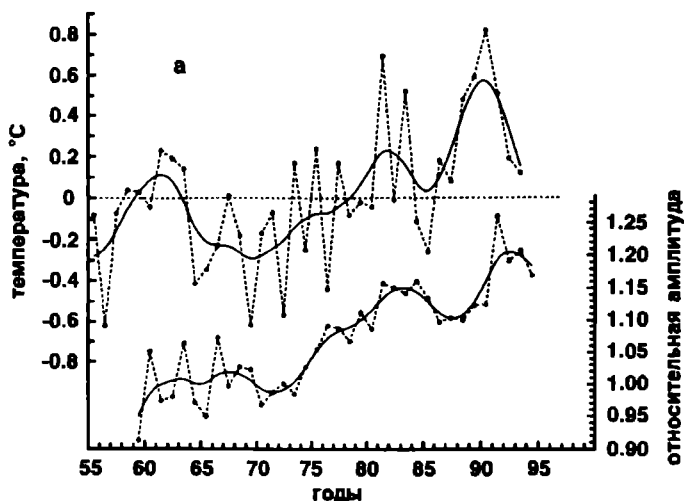
¹ Keeling C.D., Chin J.F.S., Whorf T.P. Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO_2 measurements // Nature. 1996. V.382. № 6587. P.146-149.

должительности сезона вегетации. Это означает, что фотосинтез растений (по крайней мере в Северном полушарии) постепенно становится более активным, а ежегодно сменяемая зеленая масса увеличивается. Увеличивается и скорость накопления углерода в почве, частично компенсируя извлечение углерода из недр. Эти изменения характера вегетации растений немоноотонны, на общий рост накладываются значительные флуктуации от года к году, имеющие период около двух лет.

Но вот что самое интересное. Оказывается, активность вегетации подобна ходу среднегодовых температур! После усреднения квазидвухлетних осцилляций сезонные амплитуды CO_2 ведут себя почти так же, как и температура, отставая от нее на 1–2 года. Очевидно практическое значение этого вывода: открывается принципиальная возможность предсказания урожайности самых важных для человека зерновых культур.

Интересно, что отклик растений на потепление более выразителен для северных широт, где общий рост вегетационной активности за 30 лет превысил 40%. Это же сравнение показывает, что меридиональное перемешивание атмосферы происходит не настолько быстро, чтобы выравнивать в течение сезона концентрацию CO_2 в тропиках и за полярным кругом.

Логическую связь, установленную авторами этого исследования, можно несколько уточнить. Обратим внимание, что на графиках квазидвухлетние колебания температур и амплитуд вегетации происходят почти в противофазе. На первый взгляд это даже противоречит установленной зависимости



Сравнение активности вегетации (правая шкала) с изменением среднегодовых температур (левая шкала). Активность вегетации определяется по амплитуде сезонных колебаний содержания CO_2 , отнесенных к амплитуде 1964 г. Точки, соединенные пунктиром, — данные по годам, сплошные кривые — сглаженные зависимости; а (вверху) — относительная амплитуда CO_2 по измерениям станции Мауна-Лоа (20° с.ш.) и температура, средняя по 30–80° с.ш.; б — относительная амплитуда CO_2 по измерениям станции Пойнт Барроу (71° с.ш.) и температура, средняя по 50–80° с.ш.

потепление—активизация вегетации, но по сути — ее подтверждает. В цепь логических взаимосвязей надо только добавить еще одно промежуточное звено: осадки. Конечно, это можно сделать количественно, данные для этого есть. Но посмотрим, как выглядит последовательность событий с качественным учетом уровня осадков.

Вследствие большей теплоемкости воды именно океан определяет среднегодовую температуру Земли. Потепление океана приводит (с задержкой по времени) к повышению испарения, оно в свою очередь (опять с небольшой задержкой) — к увеличению осадков на суше, а уже затем (опять же с задержкой) — к ускорению роста растений и сезонного падения содержания CO_2 . Суммарное запаздывание как раз и составит год или два. Не исключено, что в этой логической цепи существует и обратная связь: сильный летний спад содержания CO_2 — охлаждение океана. Она может служить одной из причин квазидвухлетних климатических колебаний.

© А.В. Бялко,
доктор физико-математических наук
Москва

Физика атмосферы

«Танцующие эльфы»

Специалисты, занимающиеся атмосферным электричеством, до сих пор не могут раскрыть секрет ве-

ретенобразных вспышек красного цвета, появляющихся над грозowymi облаками¹. Эти вспышки получили название «танцующих эльфов». Они возникают и исчезают с такой скоростью, что трудно определить направление их перемещения: то ли вверх от грозowych облаков, то ли к Земле от ионосферы.

«Танцующие эльфы» появляются над грозowymi облаками, простираясь на высоты до 90 км. Время их «жизни» не более нескольких десятков миллисекунд. Их не часто удается наблюдать новооруженным глазом вследствие короткой продолжительности вспышек и маскировки их облачным покровом, поэтому сложилось мнение, что «танцующие эльфы» — очень редкое атмосферное явление.

Группа специалистов Национальной лаборатории им. Лоуренса (Ливермор, США) разместила наблюдательный пост на горном хребте Юкка, в районе Форт-Коллинса (штат Колорадо, США), надеясь найти ключ к разгадке этого явления. Они располагают целым арсеналом аппаратуры дистанционного зондирования атмосферы. Поскольку приборы направлены на вершины грозowych облаков (обычно их высота 10 км), кривизна земной поверхности почти не ограничивает поле обзора, которое охватывает большую часть Западных равнин, включая некоторые районы штатов Небраска, Канзас и Оклахома. Среди аппаратуры — пять детекторов излучения, работающих в различных участках спектра — от видимого до инфракрасного. Детекторы смонтированы на отдельной платформе высотой в 1.5 м, а весь комплекс аппаратуры называется Системой ин-

фракрасных оптических камер (Infrared Optical Camera System — IROCS). Функционирование IROCS осуществляется через единый командный пост, что позволяет сопоставлять данные всех датчиков.

Длительность вспышек «танцующих эльфов» в оптическом диапазоне достигает только 17 мс, что накладывает определенные требования к конструкции аппаратуры и ее эксплуатации. Для поиска направления пробега «танцующих эльфов» и слежения за их эволюцией выработана специальная тактика вращения платформы.

НАСА США через Центр космических исследований им. Кеннеди финансируют работу специалистов Ливерморской лаборатории: «танцующие эльфы» не рассматриваются как возможная угроза для самолетов коммерческих авиарейсов, но они могут оказаться серьезной помехой при запуске космических аппаратов, и прежде всего «Space-Shuttle». Предполагается, что после завершения работ в Колорадо группа специалистов Ливерморской лаборатории перебазировается на мыс Канаверал (штат Флорида) для изучения «танцующих эльфов» над Атлантикой.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1995. V.76. № 9. P.1657—1658 (США).

Астрофизика

Разглядеть Бетельгейзе «в лицо»

До сих пор, несмотря на использование все более мощных телескопов, даже

¹ См. также: «Привидения» в верхней атмосфере // Природа. 1995. № 9. С.54.

ближайшие из звезд представлялись земному наблюдателю всего лишь точками. Положение недавно изменилось, когда удалось починить находящийся на околоземной орбите Космический телескоп им. Хаббла. С его помощью ученые впервые смогли различить отдельные детали на поверхности звезд, например, на Бетельгейзе благодаря невысокой яркости и огромным ее размерам, в 1 тыс. раз превышающим диаметр Солнца.

Изображение Бетельгейзе, полученное в ультрафиолетовой части спектра, позволило А.К.Дюпре (A.K.Dupree; Гарвард-Смитсоновский астрофизический центр в Кембридже, штат Массачусетс) обнаружить в юго-западном квадранте звезды гигантское раскаленное пятно. В поперечнике оно вдесятеро превышает Землю. Температура там достигает 7000 К, что на 2000 К выше, чем в окружающей пятно области.

Совместно с астрофизиком Р.Л.Гиллиландом (R.L.Gilliland; Институт космического телескопа в Балтиморе, штат Мэриленд, США) Дюпре высказала два альтернативных предположения о природе этого пятна. Либо всплывание пузырей горячих газов на поверхность звезды приводит к появлению на ней нагретых областей; либо мощные магнитные поля, существующие в недрах Бетельгейзе, генерируют сильнейшие потоки тепла, которые и порождают «пятнистость» на поверхности звезды.

Новые изображения Бетельгейзе, которые предполагается получить в ближайшее время, вероятно, прояснят эту загадку.

Астрономия

Следите за Леонидами!

В 1966 г., когда известная комета Темпеля—Туттля в последний раз посетила окрестности нашей планеты, ее «пришествие» сопровождалось интенсивным метеорным потоком. Тогда метеоры потока Леонид, обычно наблюдаемые в середине ноября, оказались особенно многочисленными: в период максимума — до 150 тыс. в час!

Тридцать лет назад на околоземных орбитах находилось лишь несколько сот искусственных спутников Земли, так что их столкновение с метеорными частицами было относительно маловероятным. Иное дело — 1998—1999 гг., когда ожидается новое сближение кометы Темпеля—Туттля с Землей. Теперь в перенаселенном околоземном пространстве почти постоянно находятся обитаемые космические корабли, и жизнь астронавтов может оказаться в опасности, если даже мельчайший обломок пробьет обшивку — ведь скорость метеоритов составляет около 72 км/с.

Однако степень вероятности подобного столкновения остается пока неясной. Тем более, что комета Темпеля—Туттля отличается непостоянством. При сближении кометы с Юпитером и Сатурном, которое состоится до подхода к Земле, тяготение этих планет может существенно изменить ее орбиту и орбиту потока. А от этого зависит, пройдет ли наша планета через наиболее плотную область метеорного роя. Поэтому пока предсказать интенсивность метеорного дождя в 1998 г. с необходимой точностью невозможно.

Наилучшее, что сегодня могли бы сделать астрономы, это максимально расширить круг наблюдения Леонид в каждый ноябрь из оставшихся до встречи с кометой. Это позволило бы сопоставить данные о количестве метеоров за возможно более длительный ряд лет и попытаться хотя бы приблизительно оценить грядущую опасность. С этой целью Британская астрономическая ассоциация разработала программу под названием «Служба Леонид-95». Ассоциация призывает к участию в ноябрьских наблюдениях астрономов-любителей всех стран мира с тем, чтобы подсчет метеоров во время потока был по возможности более полным и не зависел от местных условий погоды. В соответствии с программой метеоры должны регистрироваться между 14 и 20 ноября по периодам длительностью полчаса каждый. Обычно количество метеоров составляет от 5 до 20 в час, но с приближением 1998 г. это число должно возрастать. По мнению известного английского астронома Дж.Мейсона (J.Mason), в ноябре 1995 г. число метеоров могло достигать 50—100 в час, а в последующие годы будет приближаться к «рекорду», поставленному в 1966 г.

Адрес организации, по которому можно обращаться за бесплатной информацией: Leonid Watch-95, P.O.Box 7, London W5 2GQ, U.K. Для ее получения необходимо к запросу приложить конверт со своим адресом. (Прилагаем также адрес «Службы Леонид» на Украине: Симферополь, станция им. Затейщикова, В.В.Мартыненко. — Прим. ред.)

Метеоритика

Обнаружена «бразильская Тунгуска»?

Астроном М.Бейли (M. Bailey; Армагская обсерватория, Северная Ирландия), работая в библиотеке, в подшивке газеты «Оссерваторе Романо» (официальном органе Ватикана) за 1931 г. нашел ранее заинтересовавшую его статью католического миссионера Ф. д'Альвиано (F. d'Alviano). Этот священник, работавший тогда среди индейцев на северо-западе Бразилии, описывает «небесную катастрофу», свидетелем которой 13 августа 1930 г. была его местная паства.

Событие случилось в 8 ч утра по местному времени вблизи бразильско-перуанской границы, на берегу притока Курука, впадающего в р.Явари, которая в свою очередь служит притоком Амазонки.

По рассказам жителей этого отдаленного района, Солнце в тот момент внезапно «кроваво покраснело», а затем наступила темнота. С неба посыпался мелкий белый пепел и послышался пронзительный свист. Затем небо пересекли три огненных шара. Упав на землю, они взорвались, вызвав удары, сходные с землетрясением. Сила взрывов была столь сильна, что звук от них распространился на сотни километров. От возникшего лесного пожара, продолжавшегося несколько месяцев, выгорели сотни квадратных километров джунглей.

На статью миссионера, в которой, к сожалению, причина события никак не названа, ирландского астронома навела ссылка на нее, содержащаяся в работе российских коллег —

Н.Васильева и Г.Андреева, опубликованной в одном из выпусков «The Journal of the International Meteor Organization» («Журнал Международной метеорной организации») за 1989 г., а они в свою очередь узнали о явлении из статьи известного исследователя Тунгусского метеорита Л.А.Кулика.

В Ватикане, в библиотеке, Бейли получил микрофильмы «Оссерваторе Романо» 65-летней давности. Просматривая эти микрофильмы, Д.Маркэм и Дж.Скривен (D. Markham, J. Scriven) — студенты Ливерпульского университета им. Джона Мурса, где в ту пору работал Бейли, — обнаружили сообщение о «болиде в Бразилии», приведшем в панику аборигенов. По свидетельствам, взрывы были вызваны падением трех небесных тел, каждое размером «с дом». Подсчет показывает: сила взрыва была близка к 1 Мт в тротиловом эквиваленте, что примерно в 10 раз меньше, чем при падении Тунгусского метеорита в Сибири в 1908 г., повалившего тайгу на площади около 2 тыс. км².

Бейли подчеркивает, что столь малый интервал между аналогичными событиями заставляет сделать вывод: столкновения небесных тел с Землей, вызывающие взрывы от 100 кт до 1 Мт, случаются вдвое чаще, чем полагали специалисты до сих пор. Возможно, такие события происходят три—четыре раза в столетие.

Возникает вопрос, связана ли «бразильская Тунгуска» с падением обломков астероида или кометы. Бейли указывает, что по времени событие совпадает с ежегодной встречей Земли с метеорным пото-

ком Персеид, состоящим из фрагментов известной кометы Свифта—Туттля. Если бы миссионер указал, с какой стороны неба явились «пришельцы», или дал хотя бы приблизительную оценку, ответ стал бы очевидным.

В архивах Ватикана сейчас ведется поиск, возможно, хранящихся там дневников священника, которые могли бы прояснить эту проблему.

New Scientist. 1995. V.148. № 2003. P.12 (Великобритания).

Физика

LEP на втором дыхании

В течение прошлой зимы на электрон-позитронном коллайдере LEP (Large Electron-Positron collider; ЦЕРН, Женева) были установлены 84 сверхпроводящих ускоряющих резонатора, благодаря которым энергию частиц в столкновениях предполагается поднять примерно до 160 ГэВ (80 ГэВ в каждом пучке). На первой стадии работы установки, после ее пуска в 1989 г., энергия частиц в пучке составляла 45 ГэВ.

В июне 1996 г. обновленный коллайдер, который по праву называют LEP-2, заработал вновь и скоро достигнет планируемых энергий. Работа на «втором дыхании» позволит рождать на LEP-2 пары заряженных бозонов W^+W^- , открывая тем самым новые возможности в изучении всех тонкостей природы электро-слабых взаимодействий.

Не исключено, что увеличение энергии столкновения приведет, как это часто бывает, и к неожиданным открытиям.

Пресс-релиз ЦЕРНа. 21.06.1996 (Швейцария).

Зоология

Американские монархи в Европе

Перелетная бабочка монарх (*Danaus plexipus*) из семейства данаид обитает в тропиках и субтропиках Северной Америки, между Мексикой и штатом Калифорния. Среди мигрирующих чешуекрылых это самая крупная бабочка — размах ее ярко-оранжевых крыльев может достигать 10 см. Они признанные неумомимые летуны, преодолевающие большие расстояния каждой весной и осенью, но перелететь через океан им обычно не под силу.

Однако разразившийся в середине октября 1995 г. над Карибским морем и Мексиканским заливом мощный ураган Роксана помог бабочкам совершить трансатлантический перелет и забросил их на Британские о-ва. Английские энтомологи — профессионалы и любители — имели возможность наблюдать необычных бабочек не менее полусотни раз.

Известный специалист по чешуекрылым Г.Робертс (G.Roberts) выразил сомнения в том, что монарх сможет прижиться в Западной Европе, поскольку его главной пищей является один из видов молочая, который здесь не растет.

New Scientist. 1995. V.148. № 2000. P.13 (Великобритания).

Этология

«Сексуальное извращение» у ящериц

Ханжи от сексуального воспитания нередко ставят животный мир в пример «развратному» человечеству: в природе, мол, нет тех извращений, которых напридумывал человек в ходе своей социальной эволюции. В действительности многие возмущающие общественную нравственность отклонения довольно широко известны и среди не знающих стыда животных: онанизм, гомосексуализм, педофилия. Видимо, эти явления имеют и определенное эволюционное значение.

Группа австралийских герпетологов расширила спектр известных у животных отклонений в сексуальном поведении, опубликовав факт некрофилии у ящериц. Р.Шаррад с коллегами (R.D.Sharrad; Университет Южной Австралии) обратили внимание на странную пару ящериц *Tiliqua rugosa* у обочины автодороги: удивление специалистов вызвало поведение самки, вернее, полное отсутствие какого бы то ни было поведения. Выяснилось, что самец спаривался с мертвой самкой, по-видимому, незадолго до этого погибшей под колесами автомобиля, что нередко случается с этими крупными медлительными ящерицами. Герпетологи измерили температуру мертвой самки, самца и других активных ящериц этого же вида, и оказалась, что она у всех примерно одинакова. Это вполне естественно, если вспомнить, что ящерицы — пойкилотермные (хладнокровные) животные. Таким образом, температура не могла препятствовать копуляции.

До сих пор была из-

вестна лишь одна (неудачная) попытка спаривания самца ящерицы — южноамериканского варана (*Varanus albigularis*) с мертвой самкой.

Австралийские герпетологи обращают внимание на то, что усиливающееся автомобильное движение ведет к повышению смертности ящериц на автодорогах. В качестве побочного эффекта здесь возможно учащение случаев некрофилии. Но главное, конечно, — природоохранный аспект этой проблемы.

Вызвано ли это отклонение от нормального репродуктивного поведения драматическим влиянием автомобильного движения — вопрос, который еще требует своего решения.

Western Australian Naturalist. 1995. V.20. № 1. P.33—35 (Австралия).

Генетика

Коварные андрогены

Ни у кого не вызывает сомнения, что половые гормоны играют важную роль в жизнедеятельности организма. Но до сих пор не было известно, что избыточное содержание андрогенов (мужских половых гормонов) может сказываться не только на субъекте, в организме которого они вырабатываются, но и на его потомках. Мужские половые гормоны регулируют формирование половых органов у эмбриона и вторичных половых признаков — у подростков, стимулируют развитие сперматозоидов, добавочных половых желез и половую активность. При этом уровень андрогенов в крови постоянно меняется. Например, содержание тестосте-

рона у мужчин в возрасте от 21 до 80 лет в среднем снижается на 35%. Аналогичные возрастные изменения наблюдаются и у самцов животных. Кроме того, существуют суточные колебания. Больше всего тестостерона (внимание, мужчины!) синтезируется в 8 утра, меньше всего — в 10 вечера. У самцов животных, наоборот, максимум приходится на ночное время; они наиболее подвержены и сезонным колебаниям: продукция андрогенов максимальна накануне и во время периода спаривания.

Что касается человека, то, по данным одних авторов, время года на половую активность не влияет, а по данным других — больше всего тестостерона синтезируется в июне, а меньше всего — в декабре; в июне же наиболее высока и концентрация сперматозоидов в сперме, что соответствовало большому числу зафиксированных зачатий в этом месяце. Однако все это касается лишь здоровых мужчин. При ряде заболеваний андрогены в малых дозах назначают как лекарство. Опасность таится в неконтролируемом их применении, например в использовании столь любимых культуристами анаболических. Их действие отнюдь не пустяк: эти андрогены проникают в ядро клетки, связываются с хромосомами и изменяют их структуру, влияя на синтез ДНК, РНК и различных белков. Один из результатов этого процесса — наращивание мышечной массы. Однако опыты, поставленные на крысах¹, по-

казали, что при введении самцам андрогенов у них повышалось количество временных спермиев, одновременно снижалась масса тимуса и селезенки, т.е. подавлялся иммунитет.

Особенно важно, что изменения затрагивали и потомков подопытных животных. Прежде всего менялось соотношение полов: в потомстве у андрогенизированных самцов уменьшалось количество самок. Это согласуется и с клиническими данными для человека: при повышенной концентрации тестостерона в организме отца наиболее вероятно зачатие мальчика. Однако не стоит думать, что это хороший способ влиять на пол новорожденного: у потомков андрогенизированных самцов крыс отмечена задержка полового развития и повышенная двигательная активность. Если у нормальных крысят с возрастом исследовательская деятельность и подвижность возрастали, то у потомков подопытного самца эти показатели значительно ухудшались. Кроме того, у них возникали гормональные аномалии, приводившие, в свою очередь, к увеличению числа дегенеративных сперматозоидов у самцов-потомков. Половое поведение этих самцов тоже отличалось от нормы: они были намного активнее в фазе ухаживания, но частота эякуляции (спермоизвержения) оказалась ниже, чем в контрольной группе.

Таким образом, даже кратковременное повышение содержания андрогенов в крови у отца перед зачатием может оказаться достаточным для серьезных изменений в собственных системах организма, в том числе половой. А отклонения, выявленные у потомков, показывают, что под удар попадает и генетичес-

кий аппарат половых клеток их отцов. Исследования показали также, что последствия для потомков зависят от времени введения гормонов до зачатия. Парадоксально, но чувствительность зрелых спермиев к воздействию андрогенов выше, чем у их более ранних стадий. Поэтому отцы, принимающие андрогены на самых ранних этапах развития сперматозоидов (за 60—70 дней до зачатия), рискуют «подарить» своим сыновьям всего лишь повышенную сексуальную возбудимость в сочетании с ускоренной эякуляцией. Чем меньше этот промежуток времени, тем выше риск возникновения более серьезных отклонений.

Конечно, описанные опыты проведены на крысах. В отличие от них представители мужской половины человечества могут решать сами, стоит ли им рисковать.

© В.И.Гулимова,
кандидат биологических наук
Москва

Медицина

Цитокины — защитники или враги?

Исследования Ф.Росси с сотрудниками (F.Rossi; Университет Вероны, Италия) и его американских коллег из Филадельфии позволили выдвинуть предположение о том, что слабоумие, которое развивается при болезни Альцгеймера, связано с выработкой клетками мозга токсичных веществ, усиливающих тем самым поражение нервной ткани.

При разрушении нервных клеток в мозгу больных образуются особые бляшки,

¹ Гладкова А.И., Натаров В.В., Золотухина В.Н. Роль андрогенного статуса отца в постнатальном развитии мужского потомства // Успехи соврем. биологии. 1995. Т.115. Вып.6. С.714—728.

состоящие главным образом из β -амилоида. Поскольку сам β -амилоид не токсичен, считалось, что он не может служить причиной гибели нервных клеток.

Авторы решили проверить, настолько ли безобиден β -амилоид. Из мозга мышей были выделены мелкие клетки, называемые микроглией и не относящиеся к собственно нервным клеткам, а являющиеся по своему происхождению макрофагами. Оказалось, что если добавить к этим клеткам β -амилоид, полученный из мозга больных, и γ -интерферон, который тоже присутствует в тканях мозга, то микроглия начнет вырабатывать свободные радикалы и α -TNF (фактор некроза опухолей). Обе эти субстанции высоко токсичны для нервных клеток и, по мнению исследователей, могут вызывать дегенерацию тканей мозга при болезни Альцгеймера.

Авторы предполагают, что γ -интерферон может быть не единственной субстанцией, вовлеченной в цепь патологических клеточных реакций, поскольку он относится к большой группе цитокинов, участвующих в регуляции иммунологических реакций в организме. Цель продолжения исследований — найти способ блокирования токсического действия цитокинов в тканях мозга и лечения тяжелой болезни.

Nature. 1995. V.374. № 6523. P.647—650 (Великобритания).

Социология

Самоубийство — за самоубийством

Социолог Р.Хассан
(R.Hassan; Флиндерский

университет, Аделаида, штат Южная Австралия) изучил статистику самоубийств в своей стране за последние 10 лет. Оказалось, что ежегодно налагают на себя руки в среднем 4.13 мужчины. Однако это число немедленно подсккивает до 4.62 в те сутки, которые следуют за публикациями на страницах двух ведущих австралийских газет — мельбурнский «Эйдж» и сиднейской «Морнинг геральд» — сообщений о подробностях чьего-то недавнего самоубийства.

Эта тенденция довольно отчетливо прослеживается в статистике добровольного ухода из жизни 19425 представителей сильного пола за период между январем 1981-го и декабрем 1990 г. Любопытно, что женщин подобный «всплеск» не охватывает.

Исследователь предлагает три объяснения такого явления. Во-первых, большинство публикуемых газетами подобных материалов посвящено самоубийствам именно среди мужчин, а ряд социологов в различных странах ранее уже указывали на подражание как на фактор, сильно влияющий на принятие смертельного решения. Во-вторых, в Австралии, как и повсеместно, читатели газет чаще всего мужчины. Наконец, сильный пол обычно выбирает наиболее «насищенный» метод расставания с жизнью, так что попытка чаще оказывается «успешной», а «прекрасный пол», используя менее решительные методы, нередко возвращается к жизни и в статистику не попадает.

Статья Хассана в специальном психиатрическом печатном органе заканчивается призывом к средствам массовой информации —

помягче и поосторожнее сообщать о случаях самоубийства.

New Scientist. 1995. V. 148. № 2005. P.11 (Великобритания).

Экология

Проблема водяного гиацинта

Африканское озеро Виктория — второй по величине пресноводный бассейн в мире: его площадь превышает 69 тыс. км². В последние годы его справедливо считают «тяжело больным».

Никто не предвидел беды, когда в конце XIX в. в эти края из Южной Америки завезли водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*) — растение красивое и, казалось бы, безвредное. Действительно, первое время гиацинт украшал ручейки и пруды, главным образом в имениях европейских колонистов. Но лет десять назад растение внезапно «взбесилось» и начало размножаться, не зная никакой меры. Сегодня толщина зеленого цветущего «ковра» озера такова, что рыбацкие лодки не могут отойти от берега, а паромы, соединяющие города трех его прибрежных стран — Уганды, Кении и Танзании — часто застревают на долгие часы. Его заросли стали «заповедником» для ядовитых змей, местом, где плодятся малярийные комары и улитки — разносчики тяжелого заболевания шистосоматоза.

Темпы наступления новоявленного вредителя поражают: впервые в оз. Виктория его заметили лишь в 1989 г., после того как растение вторглось сюда с водами р.Кагера, протекающей по соседним Руанде и

Бурунди. Сейчас к большей части тысячекилометрового берега Уганды подойти мешает колышущийся на волнах «фартук», средняя ширина которого превышает 15 м, а кое-где, например около столицы страны Кампалы, он вдвое шире. Виктория — не единственная жертва этого вредоносного красавца: озера Киога в центральной Уганде и Альберт, что на границе этой страны с Заиром, тоже заражены им. Повсюду гиацинт активно вытесняет водные растения, в том числе водяную лилию.

Гиацинтовый покров не дает солнечным лучам проникать в воду, так что другая растительность отмирает и гниет, истощая запасы кислорода. Поэтому в озере резко упала численность тилапии и нильского окуня, которыми кормилось местное население¹.

Плавучие «комбайны-косцы» оказались довольно слабым оружием против пришельца. Надежды теперь возлагаются на биологические средства борьбы с водяным гиацинтом. В 1996 г. правительства государств, расположенных вокруг оз. Виктория, одобрили план, по которому на его берега будут выпущены полчища долгоносиков двух родственных видов (*Neochetina eichhorniae* и *Neochetina bruchi*), населяющих Южную Америку, но не встречающихся пока в Африке. Взрослые особи этих насекомых охотно поедают листья гиацинта, а их личинки — ствол и верхушки.

Разведением долгоносиков активно заняты на сельскохозяйственных стан-

циях Уганды, Кении и Танзании. На конец 1996 г. намечен «десант» этих насекомых на берега Виктории. По мнению австралийского энтомолога М.Джулиена (M.Julien), который проводил аналогичные работы в Папуа — Новой Гвинее, результаты скажутся лишь лет через десять. В Африке операция осуществляется под руководством Т.Твонго (T.Twongo; Институт рыболовства в Кампале, Уганда).

New Scientist. 1996. V.150. № 2024. P.10 (Великобритания).

Охрана природы

Браконьерам и акулы нипочем

Галапагосский заповедник морских ресурсов — одно из последних мест на Земле, где пока еще можно встретить большое количество акул-молотов и 11 видов серых акул. Но и здесь им уже грозит опасность.

Несмотря на четкое обозначение границ заповедника, за последние шесть лет в его водах добыты десятки тысяч акул. При этом в качестве приманки часто используют мясо морских львов, также охраняемых законом.

Давление со стороны рыболовов, грозящих заняться отловом еще и редких гигантских черепах, привело к тому, что правительство Эквадора было вынуждено разрешить коммерческую ловлю, вопреки принятому им же в 1995 г. официальному меморандуму, запрещающему всякий лов акул в пределах заповедника.

Для того чтобы помочь Эквадору справиться с этим противоречием, Фонд им.

Ч.Дарвина решил привлечь группу специалистов и собрать полную информацию по галапагосским акулам, включая сведения, касающиеся коммерческого лова некоторых видов из местных популяций.

International Wildlife. 1995. V.25. № 2. P.28 (США).

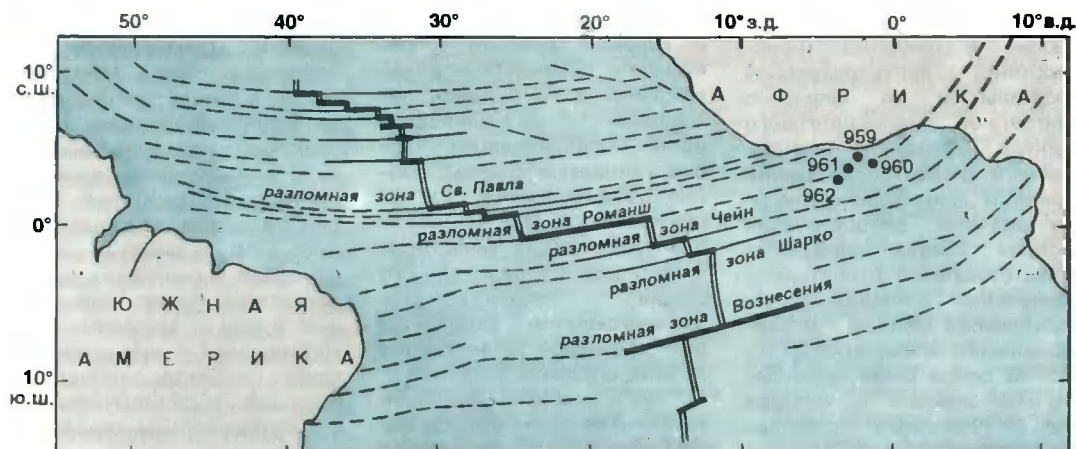
Геология

159-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

Одним из объектов исследований по Программе океанского бурения являются переходные зоны океан—континент и, в частности, такой их специфический тип, как трансформные континентальные окраины. Они образуются в районах, где крупные трансформные разломы, секущие срединно-океанические хребты, продолжают в пределы континентов. Согласно геофизическим данным, большинство трансформных континентальных окраин характеризуют три основных морфоструктурных признака: структурное сходство по laterали между зонами крупных трансформных разломов и их продолжением на континентальной окраине; очень крутой и узкий в плане (20—30 км) континентальный склон, свидетельствующий о резком переходе между мощной или частично утоненной континентальной корой и океанической литосферой; морфологически хорошо выраженный краевой хребет, ограничивающий трансформную континентальную окраину вдоль прилегающего бассейна растяжения.

Трансформные окраины в своей эволюции проходят несколько последовательных

¹ Об этом подробнее см.: Задыхается ли озеро Виктория? // Природа. 1993. № 4. С.110.



Район работ по Программе океанского бурения в восточной части Экваториальной Атлантики, у побережий Кот-д'Ивуара и Ганы.

стадий: для начальной характерно активное развитие трансформного разлома в пределах континента, которое затем сменяется активной фазой взаимодействия литосферных плит вдоль трансформного разлома в зоне перехода океана к

континенту; заключительная стадия характеризуется пассивным режимом взаимодействия литосферных плит в этой области. Изменения в характере тектонического режима и природе литосферы по разные стороны от трансформного разлома должны были приводить к изменениям термального и динамического режимов в зоне контакта литосферных плит с разным типом коры.

Изучению этих процессов, отражение которых «за-

писано» в осадочных разрезах области сочленения континентальной и океанической литосфер, был посвящен 159-й рейс «ДЖОЙ-ДЕС Резолюшн», который проходил с 3 января по 2 марта 1995 г. на продолжении зоны крупного трансформного разлома Романш, в пределах трансформной континентальной окраины у побережий Кот-д'Ивуара и Ганы. Исследования проводились под руководством Ж.Маскла из Лаборатории морской геодинамики (Франция) и Дж.П.Ломанна из Вудсхолского океанографического института (США); научным представителем программы океанского бурения был П.Клифт¹.

В задачи рейса входило: изучение тектонических и седиментационных процессов, определявших и сопровождавших формирование основных морфоструктур, в первую очередь краевого хребта в пределах окраины, и выяснение их возраста; выявление различных типов последовательных деформаций в осадочном чехле и их природы;

Основные характеристики скважин

Скважина	Координаты		Глубина моря, м	Глубина скважины, м	Возраст осадков в забое
	с.ш.	з.д.			
959A	03°37.659'	02°44.112'	2102.0	480.7	ранний олигоцен
959B	03°37.657'	02°44.135'	2101.5	184.4	средний миоцен
959C	03°37.669'	02°44.116'	2101.2	179.6	средний миоцен
959D	03°37.656'	02°44.149'	2102.0	1158.9	альб
960A	03°34.977'	02°44.009'	2059.7	451.2	апт—ранний альб
960B	03°35.024'	02°43.986'	2045.4	7.1	плейстоцен
960C	03°35.025'	02°43.990'	2046.3	377.7	апт—ранний альб
961A	03°26.542'	03°03.513'	3303.6	308.7	байос—маастрихт
961B	03°26.556'	03°03.560'	3303.6	374.6	—"
962A	03°15.077'	03°10.921'	4648.9	3.7	плейстоцен
962B	03°15.063'	03°10.919'	4648.7	100.0	поздний альб
962C	03°15.057'	03°10.943'	4639.3	102.4	—"
962D	03°15.082'	03°10.898'	4657.0	393.5	—"

¹ Mascle J., Lohmann G.P., Clift P. et al. // Preliminary Report. Leg 159 ODP. 1995.

изучение термальной эволюции в пределах трансформной континентальной окраины и ее связи с миграцией спредингового центра Срединно-Атлантического хребта вдоль южной границы зоны трансформного разлома; реконструкция ранних стадий раскрытия Экваториальной Атлантики и изменений палеосреды на протяжении мелового и кайнозойского времени.

В рейсе было пробурено 13 скважин в четырех точках (959—962). Основные их характеристики даны в таблице. Все скважины заложены в области, где континентальная кора имеет малую мощность.

Предварительный анализ полученных материалов показывает, что движение литосферных блоков по внутриконтинентальному трансформному разлому началось в изученном районе приблизительно на рубеже раннего и позднего мела. В то время здесь накапливались озерные осадки, которые постепенно сменились мелководно-морскими отложениями, отражающими процесс дальнейшего раскалывания континента.

Наличие в разрезе признаков сжатия и растяжения свидетельствует об интенсивных деформациях, которые захватили широкую зону континентальной окраины. Краевой хребет формировался в течение сеномана и турона в ответ на миграцию активного спредингового центра вдоль материковой окраины и на разогрев коры. Максимальный подъем хребта произошел в турон-сантонское время, что отмечено накоплением мелководных рифовых и грубообломочных карбонатных фаций.

В маастрихт-раннепалеогеновое время в пределах внутреннего бассейна, воз-

никшего между континентом и краевым хребтом в результате последующего охлаждения и погружения литосферы, накапливались более глубоководные черные глинистые сланцы, обогащенные органическим веществом. Краевой хребет в это время играл роль морфологического барьера; его эрозия сопровождалась формированием хардграундов (сильно уплотненных донных осадков).

В раннем кайнозое (эоцен-олигоцен) этот район был местом пелагического кремнеаккумуляции (т.е. находился в открытом море, за литоральной областью), а в неогене на большей части окраины характер седиментации сменился на батиметрический с формированием карбонатно-глинистого разреза. Исключение составляла наиболее глубоководная часть окраины, где ниже уровня карбонатной компенсации шло накопление бескарбонатных глин (скв. 962).

Полученный непрерывный неоген-четвертичный разрез предоставляет возможность в деталях проследить эволюцию промежуточных водных масс, расположенных между поверхностными и глубинными водами, и восстановить историю океанологических изменений, происходящих в ответ на оледенение в Северном полушарии.

© И.А. Басов,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

Океанология.
Охрана окружающей среды

Компромисс между океанологами и защитниками среды

Сообщение ученых о готовности приступить к главному эксперименту по

определению физических свойств (температуры и плотности) вод Мирового океана путем наблюдений за распространением в них низкочастотных акустических волн немедленно вызвало протесты охранителей природной среды, которые считают, что мощный звук способен причинить ущерб обитателям моря — в первую очередь морским млекопитающим, чьи органы слуха, очевидно, обладают большой восприимчивостью к низкочастотным колебаниям.

Планы, составленные в Скриппсовском институте океанографии (Ла-Холья, штат Калифорния, США), предусматривали установку на дне моря (в районе Калифорнии) мощного акустического источника. Через каждые четыре дня, шесть раз в сутки, он должен возбуждать колебания мощностью 195 дБ. Приемные станции, расположенные у берегов всех океанов, кроме Северного Ледовитого, должны фиксировать точное время поступления к ним этого сигнала. Так как скорость распространения звука тем больше, чем выше температура среды, это позволило бы определять ее изменения. Эксперимент был рассчитан на 10 лет.

К защитникам среды присоединились и некоторые биологи, указывая, что сильный шум будет препятствовать морским млекопитающим обмениваться важными для их жизнедеятельности звуковыми сигналами или даже повредит их органы слуха. В итоге Национальное управление морского рыболовства США отложило выдачу разрешения на проведение эксперимента.

После длительных переговоров в июне 1995 г. был достигнут компромисс.

В течение первых двух лет акустическая волна будет посылаться не чаще раза в неделю. Биологи организуют наблюдения за тем, как меняется поведение китов, дельфинов и морских черепах под оказываемым воздействием. Заодно будет изучаться реакция океанической фауны на шум двигателей грузовых судов. Если после первых лет эксперимент будет продлен, ученые поместят источники звука в непродуктивных районах океана, чтобы свести к минимуму свое воздействие на обитателей моря. Будет создана единая база физических и биологических данных, полученных в ходе экспериментов.

Об удовлетворенности тем, что широкомасштабное дело наконец сдвинется с места, заявил руководитель эксперимента, специалист по физической океанографии У.Мунк (W.Munk; Скриппсовский институт).

New Scientist. 1995. V. 146. № 1982. P.12 (Великобритания).

Океанология

В Антарктике открыты гидротермальные источники

Американские геофизики Л.Лаувер (L.Lawver; Университет штата Техас, Остин) и Г.Клинкхаммер (G.Klinkhammer; Университет штата Орегон) в конце 1995 г. участвовали в рейсе ледокольного научно-исследовательского судна Национального научного фонда США «Натаниэль Б.Палмер». По результатам проведенной гидрографической съемки сложного рельефа дна пролива Брансфилд (северная оконечность Ан-

тарктического п-ова) они обнаружили признаки рифтообразования, сходные с отмеченными в рифте Гуаймас (Калифорнийский залив).

В пределах молодого рифта пролива Брансфилд открыты «черные курильщики» — подводные гейзеры, выбрасывающие высокотемпературные (порядка 300—350°C) флюиды, насыщенные сульфидными железами, меди и цинка. Полученные материалы помогут расширить существующие взгляды на процессы подводного вулканизма и рудообразования в рифтовых зонах.

Ранее проведенные исследования гидротермальных источников в ряде рифтовых зон на дне Мирового океана показали, что в их пределах существуют обширные сообщества бентосных организмов, пищевая цепь которых замкнута на сероводородных бактериях. Возможно, подобные сообщества существуют и у обнаруженного молодого рифта. Однако пока какой-либо информации об их присутствии в высоких широтах Южного океана не получено.

Antarctic Bulletin. 1995. V.13. № 12. P.14 (Новая Зеландия).

Климатология

1995-й — рекордно теплый год на Земле, но холодный — в стратосфере

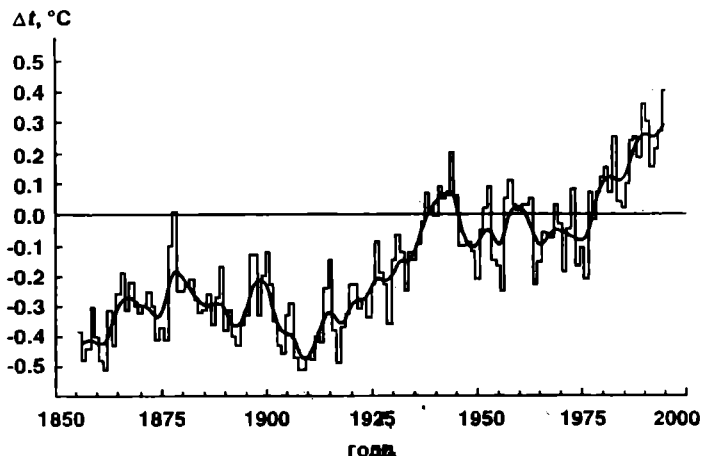
Отчет о состоянии погоды в 1995 г. представлен специалистами из Университета Восточной Англии и Метеорологической службы Великобритании. Обработанные ими материалы включают данные, собранные по всему миру как

метеостанциями на суше, так и судами погоды и метеобуями во всех значительных акваториях мира.

Средняя температура на Земле в 1995 г. была на 0.4°C выше средней за период 1961—1990 гг., превосходя на 0.04°C бывший до того «рекордным» 1990 г. В наибольшей мере потепление отмечалось в Северном полушарии, особенно в Сибири и западной части Северной Америки. Таким образом, сохраняется 20-летняя общая тенденция потепления, причем в 90-х годах она даже усилилась.

Пятилетний отрезок времени с 1991 по 1995 г. — самый жаркий период такой продолжительности за все время наблюдений; это особенно разительно, если учесть, что мощный выброс вулкана Пинатубо в июне 1991 г., на протяжении трех лет снижал поступление к земной поверхности солнечного излучения.

По имеющейся информации, земной шар «теплел» в каждое 10-летие начиная с 1975 г. примерно на 0.2°C. Однако спутниковые измерения состояния атмосферы находятся в противоречии с наземными показателями. Так, группа климатологов, возглавляемая Дж.Кристи (J.Christy; Университет штата Алабама, Хантсвилл, США), пришла в выводу, что глобальный показатель температуры, определенный из космоса, с 1979 г. даже немного понизился. Спутниковые наблюдения охватывают весь земной шар, что совершенствует общую картину; с другой стороны, они не столь надежно отражают состояние подстилающего слоя, что весьма важно для человечества. Климатолог Ф.Джонс (P.Jones; Университет Восточной Англии) подчеркивает, что усредненные в гло-



Усредненная в глобальном масштабе температура земной поверхности, рассчитанная относительно средней за период 1961—1990 гг.

бальных масштабах данные — как наземные, так и спутниковые — позволяют построить лишь довольно грубую картину климата.

Межправительственная комиссия по климатическим изменениям еще в декабре 1995 г. опубликовала свою оценку, по которой к 2010 г. температура нашей планеты повысится на 2°C. Во всех новых материалах она видит подтверждение той точки зрения, согласно которой значительная роль в наблюдаемых климатических изменениях отводится загрязнению атмосферы (как парниковыми газами, так и серными выбросами вулканического происхождения с их охлаждающим эффектом).

Иная, отличная от приземной, тенденция изменений температуры отмечается в стратосфере, на высотах 12 и 50 км над ур. м. По имеющимся данным, 1995 г. в этой зоне был, наоборот, рекордно холодным — на 0.4°C ниже среднего многолетнего

уровня. Похолодание стратосферы с 1991 г. идет неуклонно. Вначале оно, вероятно, было связано с извержением Пинатубо, но похолодание стратосферы продолжалось и после исчезновения этого эффекта. Возможно, это объясняется, хотя бы частично, падением концентрации озона и сосредоточением парниковых газов в нижних слоях атмосферы.

Science News. 1996. V.149. № 2. P.23 (США).

Климатология. Экология

Жестокость и частота ураганов возрастают

Осень — время ураганов в бассейне Карибского моря, но сезон 1995 г. оказался наиболее бурным за длительное время наблюдений.

8 сентября ураган Луис обрушился на Виргинские о-ва. Он вырывал с корнем старые деревья, сокрушал строения, выбрасывал на берег множество мелких судов, смывал автомобили и даже стиральных машин. Именно удары этих подхваченных штормовыми волнами предметов принесли и

наибольший экологический ущерб.

Обследование, проведенное экспертами Всемирного фонда природы (Вашингтон) во главе с Т.Агарди (Т.Агарди), показало, что в результате сильно пострадали коралловые барьерные рифы, окружающие эти острова, массивы гигантских водорослей и мангровые болота, т.е. объекты, которые обычно служат защитой побережья от морской стихии.

Неделей позже акватория Карибского моря оказалась во власти нового урагана — Мэрилин, довершившего разрушения, причиненные предшественником. Надо сказать, что к тому времени многие коралловые постройки еще не вполне оправились от урагана Хьюго, прошедшего здесь в 1989 г.

Все эти три урагана на шкале климатологов рассматриваются как «явление столетия». Прежде столь экстремальные метеорологические события происходили обычно со значительными интервалами времени.

Таким образом, может создаться порочный круг явлений: прорванный барьерный риф пропускает к побережью все больше волн, а те выносят все возрастающее количество песка, смываемого ими с суши, и перекрывают новые участки рифа. Сильно страдает и рыболовство, так как многие здешние виды в живых кораллах находят укрытия, пищу и места для выведения потомства.

Климатологи видят во всем этом свидетельства глобального потепления, которое, согласно некоторым теориям, должно приводить к учащению экстремальных явлений погоды.

New Scientist. 1995. V. 148. № 1999. P.6 (Великобритания).

География

Изучается стабильность ледникового покрова Антарктиды

Поскольку наиболее ощутимые последствия изменения глобального климата сказываются прежде всего в полярных областях Земли, понятно то пристальное внимание, которое уделяют им специалисты. Как известно, в январе 1995 г. от ледникового покрова Антарктического п-ова откололся колоссальный айсберг¹. В связи с этим у специалистов возникли серьезные основания считать, что дальнейшее разрушение ледникового покрова Западной Антарктиды может привести к значительному сокращению покрова Восточной.

В Институте климата США выполнены экспертные оценки уровня стабильности ледникового покрова Антарктиды, которые позволяют судить, насколько изменения климата способны уменьшить его толщину и насколько в результате повысится уровень Мирового океана.

По данным специалиста Геологической службы США Р.Уилльямса (R.Williams), объем ледникового покрова Антарктиды настолько велик, что значительные изменения его размеров и перемещений существенно отразятся на температурном режиме атмосферы и океана. В Западной Антарктиде заключено столько льда, что при его сходе уровень океана поднимется на 6 м. Покров Западной Антарктиды отделен от более мощного покрова Восточной

Трансантарктическими горами. Полагают, что таяние ледникового покрова Западной Антарктиды произведет эффект вылета пробки из хорошо «закупоренной бутылки» Восточного покрова: оттуда «брызнут» ледяные потоки. Если тенденция к сокращению ледникового покрова Восточной Антарктиды примет устойчивый характер, многие прибрежные города США окажутся затопленными или станут островами и около 90% их населения будет вынуждено переселиться в другие места. В подобной же ситуации могут оказаться некоторые европейские страны, Индия, Китай, Япония и другие густо населенные страны мира.

В апреле 1995 г. Национальный научный фонд США стал спонсором международной встречи, на которой были сопоставлены различные взгляды специалистов на масштабы изменений ледникового покрова в плейстоценовую эпоху, когда температура воздуха была заметно выше современной. Участники встречи пришли к заключению о необходимости бурения ледникового покрова во внутренней области Западной Антарктиды, что позволит получить информацию о его состоянии в периоды климатических изменений. Финансирование буровых работ берет на себя Отдел полярных программ Национального научного фонда США.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1995. V. 76. № 10. P.1846 (США).

География. Медицина

Отчего погибли полярники

Трагическая гибель экспедиции во главе с ка-

питаном Робертом Фальконом Скоттом, пешком достигшей Южного полюса в 1912 г., считалась полностью изученным событием. Этому способствовал и подробный дневник, хорошо сохранившийся в снежной могиле начальника экспедиции и позволяющий судить о физическом состоянии первопроходцев ледяного континента.

До сих пор полагали, что полярники погибли в результате авитаминоза. С опровержением этой точки зрения выступили на конференции Британской ассоциации развития науки в 1995 г. полярники М.Страуд и Р.Фьенн (M.Stroud, R.Fienn; Центр наук о человеке министерства обороны, Фарнборо, Англия), недавно предпринявшие пеший поход к Южному полюсу по маршруту, в значительной мере совпадавшему с путем Скотта.

Современные исследователи тоже тащили за собой сани с припасами. Продуктовый рацион был рассчитан на 5500 калорий в сутки на одного человека в течение 100 дней пути. Это количество вдвое превышает среднее потребление пищи взрослым мужчиной в обычных условиях. И несмотря на это, тяжелый труд и нередкие 50-градусные морозы привели к тому, что Страуд за поход потерял в весе 22 кг, а Фьенн — 25 кг (при подготовке экспедиции предполагалось, что похудение не превысит 10 кг).

В моменты наибольших нагрузок путешественники расходовали около 11 тыс. кал/сут — дефицит энергии превышал даже обычный для бегуна на марафонские дистанции. Очевидно, что тех 4300 кал/сут, которые потребляли участники похода Скотта, ни в коей мере не

¹ См. также: Дрейф ледяного гиганта // Природа. 1995. № 12. С.113—114.

хватало для восполнения их энерготрат. Эти люди потеряли в пути от 30 до 40 кг веса каждый, что должно было привести просто к голодной смерти, не связанной прямо с авитаминозом.

Диета нынешних путешественников на 57% состояла из жиров, которые на каждый грамм своей массы содержат больше калорий, чем другие продукты питания. В рационе же Скотта значительно большую долю составляли белки, так что для получения сходного количества энергии ему и его спутникам приходилось тащить более тяжелые сани.

Содержание сахара в крови Страуда и Фьенна временами падало настолько низко, что им уже «следовало» бы умереть или пребывать в глубоком обмороке, но они продолжали двигаться. По-видимому, организм полярников включил в обмен веществ кетоны — продукты распада жиров, что свойственно животным, впадающим в зимнюю спячку.

Хотя участники нынешнего перехода и потребляли сравнительно много жиров, содержание холестерина в крови не изменилось; повысилась концентрация его безвредной (даже полезной) формы — липопротеидов высокой плотности, а вредной формы — липопротеидов низкой плотности — понизилась. Очевидно, длительное тяжелое физическое напряжение может компенсировать вред, обычно приносимый диетой с обилием насыщенных жиров.

Биопсия, до и после похода, показала, что мышечная ткань частично потеряла способность удерживать кислород. Недоедание привело к сокращению мышечной ткани, «сожженной» организмом для пополнения энергии.

Подобные методы исследования не были извест-

ны во времена Скотта, что и привело к ошибочному заключению о причинах смерти участников похода.

New Scientist. 1995. V. 147. № 1996. P.10 (Великобритания).

Палеонтология

Зубы решают все

Решающим в процессе эволюции ранних растительных млекопитающих, по мнению палеонтолога Дж.Хантера (J.Hunter; Университет штата Нью-Йорк, Стони-Брук, США) и биолога-эволюциониста Ю.Йернвалля (J.Jernvall; Хельсинкский университет, Финляндия), было наличие или отсутствие у них гипокона — выступа на поверхности коренного зуба в верхней челюсти. Гипокон расширяет площадь жевательной поверхности, улучшает возможность перетирания пищи, в первую очередь грубоволокнистых листьев, веток и стеблей растений.

Рассмотрев вопрос, насколько разнообразны виды ныне существующих млекопитающих на каждом из континентов, авторы гипотезы установили: те отряды, у которых есть гипокон, насчитывают не менее 10 видов на континент — почти вдвое больше, чем те, которые его лишены; а в некоторых отрядах число видов с гипоконтом превышает 30.

Изучая древо эволюции млекопитающих, Хантер и Йернвалль показали, что гипокон возник у различных видов не менее 20 раз (а может, и 100); ясно, что случайным «шагом» эволюции это быть не могло. Затем они проследили, как менялось разнообразие видов в последние 65 млн. лет. Оказалось, что 45 млн.

лет назад в Азии, Европе и Северной Америке число видов, имеющих гипокон, резко возросло, а число видов без гипокона в течение всего этого периода оставалось примерно одинаковым.

«Взрыв» количества видов, имевших гипокон, совпал с глобальным изменением климата в сторону более холодного и сухого. Впервые на всей Земле зима стала морозной. Многие млекопитающие, лишённые круглогодичных, сравнительно мягких плодов, были вынуждены питаться волокнистым и твердым кормом — листьями, ветками, стволами деревьев. И те из них, чья жевательная поверхность зубов была расширена благодаря гипокону, получили несомненное преимущество перед остальными. Рост разнообразия видов у тех животных, к которым можно отнести предков современных копытных и грызунов, быстро позволил им заполнить многочисленные экологические ниши, подходящие для растительных.

Proceedings of the National Academy of Sciences. 1995. V.92. P.10718 (США).

Антропология

И по земле, и на деревьях

Антропологи давно спорят о том, как именно человек стал двуногим. Некоторые считают, что стоило нашему отдаленному предку принять вертикальное положение, как он очень быстро перешел к исключительно наземному образу жизни. Другие же настаивают на том, что «всего» 2.5 млн. лет назад, когда уже появились первые подлинные люди, он сохра-

нял еще многие «обезьяньи манеры», в частности, проводил большую часть времени на деревьях.

Лет десять назад в пещере около Стеркфонтейна (район Йоганнесбурга, ЮАР) были обнаружены кости нижних конечностей, принадлежавших некой древней женщине. Однако лаборант ошибочно поместил их вместе с костями ископаемых обезьян — бабуинов, где они и находились до 1995 г.

Лишь недавно эти остатки изучил антрополог Р.Кларке (R.Clarke; Витватерсрандский университет, ЮАР) и по строению талуса (таранной кости) отнес их к гоминидам. Дальнейший анализ с участием видного специалиста из того же университета Ф.Тобиаса (Ph.Tobias) подтвердил это предположение. Мало того, обнаружили и другие аргументы в его пользу: строение ладьевидной, медиальной клиновидной и первой метатарсальной костей стопы.

Пятка этого существа весьма сходна с человеческой: квадратная, сплюснутая «подушечкой» кость приспособлена к смягчению удара при ходьбе. Это можно считать четким свидетельством того, что владелец кости (длина его ступни не превышала 20 см, а рост — 1 м с небольшим) передвигался, сохраняя вертикальное положение.

Однако другие кости, как установили Тобиас и Кларке, строением больше напоминают «задние конечности шимпанзе. Так, имеет сустав между медиальной клиновидной костью и большим пальцем ноги, за счет чего последний был скошен, выгнут наружу и легко подвижен. А это свойственно скорее человекообразным обезьянам, чем людям.

Все вместе взятое убедило авторов, что существо, которому принадлежали кости нижних конечностей, проводило большую часть времени на деревьях, но, оказавшись на земле, ходило на двух ногах.

Ученые считают, что возраст этой находки близок к 3.5 млн. лет. Если это окажется верным, то находка в ЮАР — древнейшая из всех известных гоминид Южной Африки и вообще наиболее древний из обнаруженных где-либо комплект гоминидных костей конечностей.

Но старая дискуссия не утихла, а возобновилась с новой силой.

Science. 1995. V.269. № 5223. P.476, 521 (США); New Scientist. 1995. V.147. № 1989. P.14 (Великобритания).

Археология

Полинезийцы не были домоседами

Среди археологов укоренилось представление, будто, заселив тысячелетие назад множество островов Тихого океана, полинезийцы утратили страсть к путешествиям и веками уже больше не общались между собой. В пользу такого предположения говорили существенные различия в языке западных и восточных полинезийцев, разнообразие их культурных традиций, свидетельствующие о весьма длительной взаимной изоляции.

Однако к иным выводам приводят исследования М.И.Уэйслера (M.I.Weisler; Отагский университет, Данидин, Новая Зеландия) и П.В.Керча (P.V.Kirch; Университет штата Калифорния, Беркли), проведенные ими под руководством археолога Б.В.Ролетта (B.V.Rolett; Университет штата Гавайи, Го-

нолулу, США). Анализу были подвергнуты базальты, использованные при изготовлении каменных орудий полинезийцами, населявшими острова центральной и южной части Тихого океана. Максимальное расстояние между наиболее удаленными точками, откуда брались образцы, — 1600 км. Каждый из предметов материальной культуры человека каменного века был изучен неразрушающими методами, с использованием рентгеновского излучения, позволяющего определять содержание трассирующих элементов в образце базальта.

Выяснилось, что рубила и режущие орудия с Западного Самоа, изготовленные из мелкозернистых базальтов, по своим химическим характеристикам совпадают с теми, что найдены на о.Мангаия (о-ва Кука), лежащем в полутора тысячах километров к востоку.

Датировка радиоуглеродным методом показала: ввоз на о.Мангаия мелкозернистого базальта, добытого на далеком Западном Самоа, начался около 3 тыс. лет назад и продолжался примерно до 330 г. Следовательно, полинезийцы не утратили своих мореходных навыков и много времени спустя после заселения ими островов южной части Тихого океана.

Насколько широко была распространена такая практика, покажут идущие ныне раскопки на Маркизских овах, представляющих собой восточную окраину Полинезии, где также найдены следы «импортированного» базальта. Возможно, экспедиции за «сырьем» для изготовления каменных орудий осуществлялись древними полинезийцами регулярно.

Science News. 1996. V.149. № 9. P.135 (США).

Отнюдь не простая история

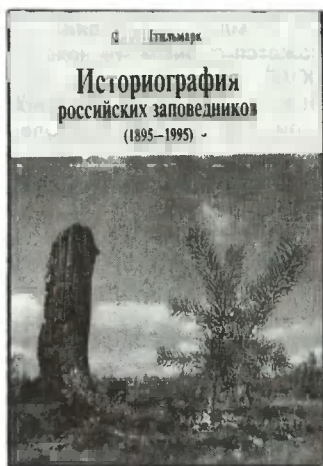
Н. И. Чесноков,

кандидат сельскохозяйственных наук
Москва

В НАШЕ многотрудное время по известным причинам литературы об охране природы издается мало. Тем отраднее, что книга Ф.Р.Штильмарка все же появилась на свет, хотя и вышла мизерным тиражом (всего 500 экз.). Здесь следует упомянуть фонд Макаруров, без помощи которого мы едва ли увидели бы это издание.

Автор охватывает столетний период заповедного дела, начиная с 1895 г., когда впервые В.В.Докучаевым был создан на принципах заповедной станции в Деркульской степи. Книга по сути открывается обсуждением понятия заповедности. Разнотолкование здесь огромно, но автор считает главным признаком заповедности изъятие участка территории из хозяйственного использования и предоставление его природе в свободное распоряжение.

Историю заповедного дела автор делит на ряд временных этапов, каждому из которых посвящена отдельная глава. Уже понятно, что эта история начинается не после октябрьского переворота, как недавно было принято считать. Ее начальный период (1895—1917) характеризуется возникновением степных биологических станций в европейской части России и созданием первых охотничьих заповедников в Сибири. Затем было сметено все достигнутое, в огне гражданской войны сгинули



Ф.Р.Штильмарк. ИСТОРИОГРАФИЯ РОССИЙСКИХ ЗАПОВЕДНИКОВ (1895—1995). М.: ТОО «Логата». 1996. 340 с.

и степные биостанции, и еще не окрепшие охотничьи заповедники.

В период 1918—1925 гг. появляются первые советские заповедники: Астраханский, Ильменский, Кавказский. Успехи заповедного дела в этот период обусловлены, по мнению автора, деятельностью блестящей плеяды ученых дореволюционной России, перешедших на службу советской власти. Среди них — Г.А.Кожевников, В.И.Талиев, Н.М.Кулагин и др.

В период 1926—1933 гг. сложилась парадоксальная ситуация. С одной стороны, планируются и создаются новые заповедники, а с другой — начинается атака на принцип неприкосновенности заповедных территорий. I Всероссийский съезд по ох-

ране природы (1929) провозгласил решительный поворот от охраны природы к природопользованию в интересах социалистического строительства. Комитет охраны природы Наркомпроса был реорганизован в Комитет содействия развитию природных богатств РСФСР, а журнал «Охрана природы» получил название «Природа и социалистическое хозяйство».

Возникла угроза или ликвидации системы заповедников, или передачи заповедного дела хозяйственным наркоматам, что почти одно и то же. Всесоюзный съезд по охране природы и содействию освоения природных ресурсов, открывшийся в январе 1933 г., принцип неприкосновенности заповедных территорий заклеил как «буржуазную теорию».

Удачный выход из создавшегося кризиса связан с именем известного государственного деятеля П.Г.Смидовича. Не без его содействия в августе 1933 г. был учрежден Комитет по заповедникам при Президиуме ВЦИК. Он назначается председателем Комитета, его заместителем становится В.Н.Макаров. С этого момента в истории заповедников начинается «эра Макарова», который в течение 18 лет всеми силами старался спасти природоохранное движение от разгрома.

Предвоенный период (1934—1940) был особенно трудным. Взматеревшая лысенковщина широко развернула «преобразование» природы, захватывая при этом

и территории заповедников, где производилась «перестройка фауны»: вселялись новые виды и истреблялись старые, например волки. По этим действиям оценивалась работа заповедников и квалификация сотрудников, протест которых был заглушен катком сталинских репрессий. Несмотря на это, Комитет по заповедникам, преобразованный в 1939 г. в Главное управление по заповедникам, зоопаркам и зоосадам при СНК РСФСР, продолжал действовать: создавались новые заповедники, укреплялась их материальная база, проводились научные исследования.

Заповедники разделили вместе со всей страной тяготы войны. Часть сотрудников ушла на фронт, многие заповедники европейской части страны пострадали от прямых военных действий, а также от вырубки лесов, разработки недр и т.п.

После войны начались самые драматические события. Печально известная августовская сессия ВАСХНИЛ усилила давление со стороны хозяйственных органов (преимущественно лесного ведомства).

В 1950 г. начальником Главка по заповедникам был назначен А.В.Малиновский. В РСФСР число заповедников сократилось в 2,5 раза. Все российское заповедное дело после неоднократных реорганизаций было в 1955 г. передано в Главохоту РСФСР, в составе которой появилось Управление заповедников. Однако в 1961 г. последовал новый удар — «хрущевский», сокративший количество заповедников еще почти наполовину. С уходом Хрущева начинается работа по их возрождению и расширению заповедной площади. Этому способствовали и веяния времени: усиливающаяся в мире тревога за состояние

природы, рост природоохранного сознания. Помимо восстановления прежних заповедников Главохота РСФСР активно начала создавать новые. В 1976 г. их число достигло 42 (против 20 в 1951 г.).

Период 1976—1985 гг. не стал застойным для заповедного дела. В это время возрос интерес к проблемам экологии. В 1985 г. число заповедников достигло 56, часть их переведена в биосферные, имеющие глобальное значение.

В период перестройки, распада СССР и образования Российской Федерации охрана природы и заповедное дело претерпели ряд реорганизаций, тем не менее это не сказалось на темпах роста заповедников. К 1995 г. их стало уже 93, а занимаемая площадь составила около 1,5% территории России. Однако экономические трудности сильно ударили по заповедникам. Не получая от государства должной финансовой поддержки, они вынуждены сами искать способы выживания и принимать помощь международных фондов. Хочется верить, что заповедники сохранятся вместе со своей страной.

Книга Ф.Р.Штильмарка — первое фундаментальное исследование вековой истории российских заповедников. Автор много поработал в архивах. Обилие приводимых им сведений сочетается со строгой их документальностью. В книге шаг за шагом прослеживается непростая история охраны природы и заповедного дела в СССР и России, дана оценка фактов и событий, прослежены причины взлетов и падений природоохранного дела. При этом автор не обходит так называемый человеческий фактор, отмечая важную роль таких крупных фигур в своем деле, как Г.А.Кожев-

ников, Ф.Ф.Шиллингер, П.Г.Смидович, К.М.Шведчиков и многие другие. В этом ряду Ф.Р.Штильмарк особо выделяет В.Н.Макарова. Отмечена и героическая роль А.В.Малиновского.

Вообще же история заповедников — это история самоотверженной деятельности многочисленной когорты специалистов и энтузиастов. Автором упомянуты десятки фамилий, отмечены заслуги и деяния многих людей, приведены биографические сведения. Книга заслуженно может использоваться в качестве справочника.

Размышления Ф.Р.Штильмарка заслуживают особого внимания, поскольку высказаны большим знатоком и организатором заповедного дела. Важное значение он придает научной работе в заповедниках, что должно отличать их от национальных парков. Сеть национальных парков следует существенно увеличить, причем в них может быть преобразована часть заповедников. В национальных парках допустимо традиционное природопользование, что важно для коренного северного населения, тогда как заповедники полностью изъяты из всех форм пользования. По этой же причине заповедники не должны быть гигантских размеров.

Замечаний к тексту книги немного. На наш взгляд, в ней можно усмотреть некоторую торопливость. Не всегда удачны названия глав и точны их хронологические разграничения (например, между главами 4 и 5). Иногда чересчур подробно описаны не слишком значительные эпизоды. Однако это мелочи. Достоинство сожалеяния, что столь интересная и нужная книга выпущена очень малым тиражом.

Как я разгласил государственную тайну

В. А. Бронштэн
Москва

ШЕЛ октябрь 1958 года. СССР и США вступили в пору грандиозного соревнования, ареной которого стал космос. Советские искусственные спутники Земли были запущены раньше, чем американские, а по весу и научному оснащению значительно их превосходили.

Американцы решили взять реванш, послав свои ракеты типа «Пионер» к Луне. Одна из них была запущена 12 октября 1958 г., но уже к утру следующего дня, отдалившись только на 126 000 км, вернулась обратно и упала на Землю. Неудачными оказались и еще три попытки.

В то время я работал научным консультантом Московского планетария. Днем 13 октября ко мне пришли два иностранных корреспондента — от газеты норвежской компартии «Фрихетен» и газеты датской компартии «Ланд ог Фольк». Они попросили меня прокомментировать полет «Пионера» и объяснить причину его неудачи. Вот сохранившаяся у меня запись этой беседы.

«Вопрос. Как вы оце-

ниваете запуск американской ракеты и его значение для науки?

Ответ. Хотя, как известно, американская ракета не достигла Луны и пролетела лишь меньше половины расстояния до нее, все же этот полет можно считать определенным шагом вперед на пути освоения космоса.

Вопрос. Что помешало американской ракете достигнуть цели?

Ответ. Очевидно, ее двигатель не сообщил ракете необходимой скорости для достижения Луны — 11.1 км/с. Я не делал подсчетов, но, вероятно, ее скорость не превысила 10.9 км/с. Впрочем, небольшая ошибка в скорости может привести к большой ошибке в дальности полета. Кроме того, как передавали по радио, ракета отклонилась от заданного направления.

Вопрос. Какую научную цель преследовал этот полет? Какие приборы были на ракете?

Ответ. Мне точно неизвестно, какие там были приборы, но обращает на себя внимание то обстоятельство, что ракета должна была подлететь к Луне в период новолуния, когда

противоположная Земле сторона Луны освещена Солнцем. Сопоставляя это с американскими сообщениями о том, что ракета, «может быть, выйдет на орбиту Луны» («Правда» от 12 октября 1958 г.), можно предположить, что была запланирована телепередача изображения невидимого с Земли полушария Луны на Землю.

Вопрос. Предполагается ли в СССР запуск ракеты в сторону Луны?

(Что я мог сказать? Конечно, ничего конкретного я не знал. Но, как мне показалось, очень кстати вспомнил, что недавно по радио передавали интервью с Н.С.Хрущевым, на которое грех было не сослаться.)

Ответ. Вы, наверное, помните заявление Н.С.Хрущева о том, что Советский Союз уже теперь может послать на Луну ракету с полезным грузом, равным по весу американским спутникам. Но наша цель — не установление рекорда, а проведение научных исследований природы Луны. Поэтому мы ждем, когда будем иметь возможность послать к Луне ракету с полезным грузом, хотя бы таким, как наши первые

спутники, чтобы научные приборы, размещенные на этой ракете, могли передать на Землю свои показания.

Вопрос. Какие научные исследования можно было бы проводить с помощью такой ракеты?

Ответ. Вообще говоря, может быть два варианта посылки ракеты к Луне: с попаданием в Луну и с облетом Луны. В Математическом институте АН СССР В.А.Егоровым рассчитаны траектории таких ракет для различных случаев. Если ракета облетит вокруг Луны, будет интересно передать на Землю изображение противоположной стороны Луны, скрытой от наших астрономов, а также вид поверхности Луны с близкого расстояния. Это может быть сделано средствами телепередачи. Если ракета сядет на Луну, находящиеся на ней приборы смогут регистрировать, например, температуру лунной поверхности, ее плотность, электропроводность, теплопроводность, наличие у Луны магнитного поля и т.д., и свои показания передавать на Землю. Но, конечно, это только мои предположения, а что будет на самом деле — покажет будущее».

Корреспонденты поблагодарили меня и откланялись.

Через два дня раздался телефонный звонок. Звонил не кто-нибудь, а главный ученый секретарь Академии наук СССР академик Е.К.Федоров, в про-

шлом — один из четырех папанинцев, высадившихся в 1937 г. на Северном полюсе. В его голосе звучали гнев и раздражение.

— Как вы смели давать интервью иностранным корреспондентам? Кто вам разрешил?

— А кто собственно должен разрешать или запрещать давать им интервью? — довольно нахально ответил я. — И почему вы об этом спрашиваете? То, что я им сказал о причинах неудачи американского «Пионера», может сообразить каждый студент-астроном.

— Да, но вы выболтали наши планы запусков к Луне. Откуда у вас сведения: о весе, о траекториях, о научной программе?

— Ни о каких планах запусков я ничего не знаю. Насчет принципиального намерения Советского Союза послать к Луне ракеты с полезным грузом, как у наших первых спутников, говорил недавно по радио Никита Сергеевич Хрущев. А работы Егорова с расчетами траекторий опубликованы в «Успехах физических наук». Все остальное — это мои предположения, не более, и именно так я им и сказал.

— Что такое говорил по радио Хрущев? Где это опубликовано? — спросил Евгений Константинович.

Я пообещал ему найти интервью и сообщить точную ссылку. Начал листать подшивки центральных газет. К моему ужасу, интервью Хрущева нигде не

было. Очевидно «органы», охранявшие государственную тайну, вовремя заметили, что премьер и генсек проболтался, в результате чего было решено этой беседы не печатать. И попал я, как кур в ощи́п.

Тем временем о моем проступке уже было сообщено в дирекцию планетария. По требованию директора В.В.Базыкина я написал объяснительную записку с полным текстом беседы, со ссылками на Хрущева и Егорова. По производственной линии дело обошлось строгим выговором. Но это было еще не все.

Через несколько дней мне начали звонить знакомые члены КПСС с доверительными сообщениями, что у них было закрытое партсобрание, где зачитывалось опять же закрытое письмо ЦК о необходимости усилить борьбу с болтливостью, которая может привести к разглашению государственной тайны. В качестве одного из примеров описывался мой случай.

А вскоре один из старейших лекторов Московского планетария А.Б.Поляков передал мне подборку вырезок из французских, итальянских и польских газет, в которых под кричащими заголовками публиковалось мое интервью, причем некоторые из этих газет отмечали, что я давал интервью именно их корреспонденту. И если «Жиче Варшавы» и «Трибуна люду» ссылались на Осло и Копенгаген, то «Унита» и

«Юманите» обошлись без такой ссылки. В нескольких публикациях я именовался профессором (хотя тогда еще и кандидатом наук не был), а где-то — даже директором Московского планетария. Математик и астродинамик В.А.Егоров был в одной из публикаций превращен в конструктора лунных ракет!

Вот тут я по-настоящему испугался. Я понял, что стал жертвой не только

собственной беспечности, но и международной солидарности журналистов. Конечно, норвежец и датчанин не преминули моментально поделиться сенсационным сообщением со своими коллегами.

Лишь через год, когда проекты запуска советских лунных ракет осуществились и АМС «Луна-2» достигла лунной поверхности, а «Луна-3» облетела вокруг Луны и передала на Землю

первые изображения ее обратной стороны, я понял, насколько близки к истине оказались сообщенные мною в злополучном интервью параметры и научные задачи наших лунных станций. У Е.К.Федорова и не только у него был веский повод обвинить меня в разглашении государственной тайны. Так что в общем-то я отделался легким испугом. А могло быть и гораздо хуже.

Над номером работали
Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы
И.Н.АРУТЮНЯН
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
Т.Ю.ЛИСОВСКАЯ
Л.А.ПАРШИНА
М.С.ПОКРОВСКАЯ
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЫШТЕЙН

Художественные редакторы
Л.М.БОЯРСКАЯ, Э.Р.БОЯРСКАЯ,
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е.Е.БУШУЕВА

Компьютерный набор:
Н.Ф.БОДЕНЦОВА

Перевод
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры
В.А.ЕРМОЛЛЕВА
Р.С.ШАЙМАРДАНОВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
Л.В.БОГАЧЕВ
В.С.КРЫЛОВА

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-23-33
Факс: (095) 238-26-33
Справки: <http://www.rlpn.net/Infomag>

Подписано в печать 04.10.96
Формат 70х100 1/16
Бумага типографская № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10.32
Усл. кр.-отт. 74,4 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 2967

Ордена Трудового Красного
Знамени Чеховский
полиграфический комбинат
Комитета Российской
Федерации по печати
142300, г. Чехов
Московской области
Тел.: (272) 71-336
Факс: (272) 62-536

ПРИРОДА

11⁹⁶



С вулканическими процессами связаны и невероятные бедствия, и полезная созидательная работа — образование руд, плодородных пепловых покровов, термальных минерализованных источников. Вулканогенные структуры благоприятны для формирования месторождений полезных ископаемых различных генетических типов. Эксперты Российского фонда фундаментальных исследований предложили автору наиболее интересного научного проекта, посвященного расшифровке рудоносных вулканогенных структур, написать статью специально для нашего журнала.

Фролов А. А. ВУЛКАНОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ И РУДЫ

Индекс 70707



РН "Ангара"

"Angara" launch vehicle

