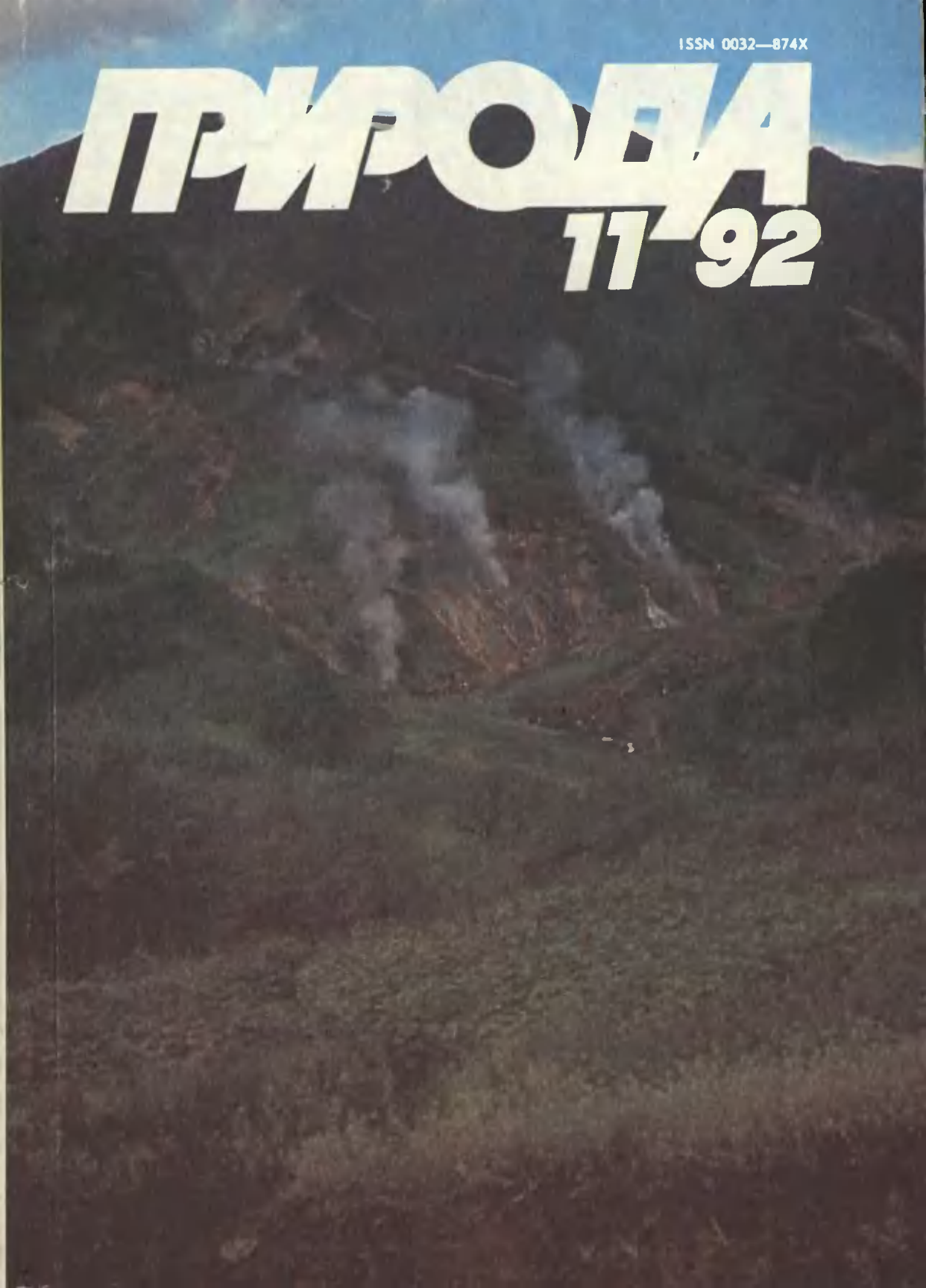


ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

11 92



Главный редактор академик Л. Д. ФАДДЕЕВ  
Заместитель главного редактора Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Долина гейзеров. Здесь можно проследить формирование почв, которое идет буквально на глазах. См. в номере: Карпачевский Л. О. Постоянство и изменчивость «четвертой стихии».

Фото автора

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Самая старая из основанных европейцами крепостей в Америке — Кастильо дель Моро (XVI в. Гавана). См. в номере: Машбиц Я. Г. Открытие Америки: встреча культур.



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



© Российская академия наук  
журнал «Природа» 1992

## В НОМЕРЕ

### 3 Карпинская Р. С. КОЭВОЛЮЦИЯ: РАЗВИТИЕ ТЕМЫ

Может быть, мы действительно являемся свидетелями возникновения нового типа знания, которое уже не естествознание, но еще не философия?

### 9 Аплонев С. В. ПРОДВИГАЮЩИЕСЯ РИФТЫ

Глубинные разломы, рассекающие океанское дно, часто продолжают и на континентах. В последние годы установлены некоторые особенности этих продвигающихся рифтов, проливающие свет на их энергетику и эволюцию.

### 15 Неручев С. Г. ЦЕНТРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И РАДИОАКТИВНОСТЬ СРЕДЫ

Чем обусловлено возникновение центров генетического разнообразия растений? Хотя окончательного ответа на этот вопрос еще нет, не исключена их связь с зонами накопления урана.

### 22 Григоров Н. Л., Панасюк М. И. НОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ЗЕМЛИ

Систематические измерения потока космических лучей в околоземном пространстве привели к открытию процесса захвата частиц аномальных ядер кислорода магнитным полем Земли, приводящего к образованию нового радиационного поля Земли.

### 31 Павлинов И. Я., Россолимо О. Л. ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

### 33 Машбиц Я. Г. ОТКРЫТИЕ АМЕРИКИ: ВСТРЕЧА КУЛЬТУР

Среди коренного населения Нового Света немало противников празднования 500-летия открытия Америки Христофором Колумбом. Но все же есть основания отметить этот юбилей. 12 октября 1492 г. произошло поворотное событие в истории человечества: началось соединение и взаимопроникновение культур Восточного и Западного полушария, развитие целостного мира.

### 45 Флоренский П. В., Акмурадов М. К. ТЕКТОНИКА ПЛИТ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

Южная часть Туранской плиты принадлежит пяти государствам. Но геологическая природа и судьба нефтегазоносности этого структурного узла планеты едины.

### 52 Карпачевский Л. О. ПОСТОЯНСТВО И ИЗМЕНЧИВОСТЬ «ЧЕТВЕРТОЙ СТИХИИ»

Почва, эта сердцевина экосистемы, неотъемлемая часть биосферы, не есть нечто раз и навсегда данное. Многие ее свойства изменчивы, динамичны, как динамичен и сам мир почв.

### 64 Портнов А. М., Кандинов М. Н. УГЛЕКИСЛОТА — ДИСПЕТЧЕР РУДО-ОТЛОЖЕНИЯ

Способность гидротермальных растворов перемещать рудные компоненты определяется многими факторами. Однако сам процесс отложения руд в значительной мере обусловлен «долгоживущей» угольной кислотой.

### 70 Бабиевский К. К. ИНТЕНСИВНЫЕ ПОДСЛАСТИТЕЛИ

Существует множество веществ слаще сахарозы, но лишь немногие из них имеют шанс найти практическое применение.

### 76 Горбачевич Ф. Ф. АКУСТОПОЛЯРИСКОПИЯ

Исследуя анизотропию упругих свойств образца в разных его точках, можно судить о структуре и текстуре породы.

### 80 АБЕРРАЦИЯ ДАЛЬНОСТИ (К 100-летию со дня рождения А. С. Серебровского)

Важность идей ученого можно оценить только со временем, когда значение начатых им направлений становится очевидным. Это в полной мере относится к деятельности А. С. Серебровского, одного из крупнейших отечественных генетиков.

Васина-Полова Е. Т. УЧИТЕЛЬ (81)

### 89 Резник С. СНОВА О ВАВИЛОВЕ И ЛЫСЕНКО

Есть ли основания утверждать, что Н. И. Вавилов сам способствовал возвышению Лысенко? Документов на сей счет явно недостаточно. Но именно эта версия утвердилась в общественном сознании...

### 100 Курочкин Е. Н. ДРЕВНЕЙШАЯ ПТИЦА

### 102 «ПРИРОДА» — «NATURE»

### 111 НОВОСТИ НАУКИ

### 123 РЕЦЕНЗИИ

### 124 НОВЫЕ КНИГИ

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

### 126 Гельман З. С. СЛУЧАЙ С ЧЕРНИЛАМИ, ИЛИ КАК ТРУДНО БЫТЬ ПЕРЕВОДЧИКОМ ШЕКСПИРА

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (8, 32, 63, 99, 109-110)

## CONTENTS

### 3 Karpinskaya R. S. COEVOLUTION: DEVELOPMENT OF THE SUBJECT

Perhaps, we are witnessing the birth of a new type of knowledge which is already not natural science, but not yet philosophy.

### 9 Aplonov S. V. PROPAGATIVE RIFTS

Deep ruptures on the sea bed often extend to the continents. In the past years there have been ascertained some features of these propagative rifts, which throw light on their energetic and evolution.

### 15 Neruchev S. G. THE CENTRES OF THE CULTURED PLANTS ORIGIN AND ENVIRON- MENTAL RADIOACTIVITY

We do not know for sure what causes the appearance of the plants genetic variety centres. One of the possibilities, which cannot be excluded, is that this process is connected with the zones of uranium concentration.

### 22 Grigorov N. L., Panasyuk M. I. THE NEW COMPONENT OF EARTH RADIATION BELT

Systematic measurements of the cosmic rays flux brought to the discovery of the capture process of anomalous oxygen nuclei leading to the formation of the new radiation belt.

### 31 Pavlinov I. Ya., Rossolimo O. L. NATURAL HISTORICAL COLLECTIONS AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

### 33 Mashbits Ya. G. THE DISCOVERY OF AMERICA: MEET- ING OF CULTURES

Among the natives of the New World there are many, who oppose the celebration of the 500th anniversary of Columbus's discovery of America. However there are good reasons to celebrate this jubilee. The 12th of October 1492 is a turning-point in human history: on this very day the cultures of the two hemispheres started to merge and the world began to develop as a single whole.

### 45 Florensky P. V., Akhmuradov M. K. PERMANENCY AND CHANGEABILITY OF THE "FOURTH ELEMENT"

The soil, this core of the ecosystem, the integral part of the biosphere is not something given once and for all. Many of its characteristics change dynamically, as well as the world of soils itself.

### 64 Portnov A. M., Kandinov M. N. CARBONIC ACID—THE CONTROLLER OF ORE DEPOSITS

The ability of hydrothermal solutions to make the ore components move is caused by many reasons. But the ore deposit process itself is to the high extent determined by the long-term carbonic acid.

### 70 Babiyevsky K. K. INTENSIVE SWEETENERS

There are numerous compounds sweeter than sucrose, but only few of them have the opportunity to be used in practice.

### 76 Gorbatshevich F. F. ACOUSTOPOLARISCOPICS

Studying the anisotropy of the elasticity characteristics in the sample's different points one may get the idea of the rock's structure and texture.

### 80 ABERRATION OF PAST TIMES (To the jubilee of A. S. Serebrovsky)

A scientific idea can be appraised at its true worth only in the space of time, when the importance of the branch in science based on this idea becomes obvious. In full measure this concerns the activities of A. S. Serebrovsky, one of our masters in genetics. Vasina-Popova E. T. THE MASTER (81)

### 89 Reznik S. ONCE MORE ABOUT VAVILOV AND LYSENKO

Are there any grounds to assert that it was Vavilov himself who contributed a lot to the promotion of Lysenko? Existing documents do not confirm this. However it is this opinion that has been embedded in the public consciousness.

### 100 E. N. ANCIENT BIRD

### 102 "PRIRODA"—"NATURE"

### 111 SCIENCE NEWS

### 123 BOOK REVIEWS

### 124 NEW BOOKS

### MEETING THE FORGOTTEN PAST 126 Gel'man Z. S. AN INCIDENT WITH INK, OR HOW DIFFICULT IT IS TO BE A TRANSLATOR OF SHAKESPEARE

ADVERTISEMENTS, ANNOUNCEMENTS  
(8, 32, 63, 99, 109-110)

# Козволюция: развитие темы

Р. С. Карпинская



Регина Семеновна Карпинская, доктор философских наук, заведующая Лабораторией философии биологии Института философии РАН. Работает над проблемами: философия и эволюция, биология в познании человека, естественно-научное образование гуманитариев. Автор четырех монографий и многих статей на эти и близкие темы.

**И**ДЕИ И ПОНЯТИЯ биологического эволюционизма давно стали достоянием общей культуры, используются в самых различных областях научного знания. Теперь на наших глазах происходит проникновение в культуру и такого понятия, как козволюция. Будучи биологичным по происхождению, связанным с изучением совместной эволюции различных биологических объектов и уровней их организации, понятие козволюции ныне оказывается включенным в обсуждение предельно широких вопросов бытия и судеб человечества. Козволюция природы и общества — это область исследования, которая уже не является собственностью естественно-научной. Это подтверждают современные концепции глобального эволюционизма, претендующие на то, чтобы дать обобщенную картину всех мыслимых эволюционных процессов.

## ЭВОЛЮЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ И БИОСФЕРА

Достойно удивления, как стремительно биология XX в. перешла от понятия «вид» к понятиям «популяция», «биоценоз», «биогеоценоз», «экосистема» и, наконец, «биосфера». При таких темпах возникает опасность поспешности, когда желаемое выдается за действительное и вместо кропотливой работы по выявлению и формулировке новых нерешенных проблем совершается канонизация идей и концепций, открывающих новые области знания. Так случилось с теоретическим каркасом биосферных наук, заложенным творчеством В. И. Вернадского. Когда постоянно говорится о «концепции биосферы и ноосферы» В. И. Вернадского, то предполагается, что эти понятия очевидны для всех. При этом не замечается неоднородности их понимания в различных текстах самим Вернадским. Это принципиальный вопрос, а не спор о словах. Мы не разберемся ни в «концепции биосферы», ни в роли биологического эволюционизма, если

не будем уточнять каждый раз, в каком именно срезе знания о биосфере мы ведем обсуждение.

Попробуем реконструировать логику Вернадского. Постоянно подчеркивая, что его позиция — это позиция натуралиста, он говорил о биосфере как о «естественном теле», как о «монолите», вбирающем в себя всю совокупность живого вещества планеты. Очевидно, что и человек, как живое существо, включен в биосферу, понимаемую в качестве природно-биологического образования. В таком случае антропогенные факторы эволюции биосферы становятся в один ряд с другими природными параметрами.

Вместе с тем Вернадский считал, что важнейшее для него понятие «естественного тела» меняет свое содержание в зависимости от контекста, от используемого подхода. В этом отношении чрезвычайно существенно, что «начало» ноосферы отсчитывается с того, условно говоря, момента, когда появился разум: «С появлением на нашей планете одаренного разумом живого существа, — писал Вернадский, — планета переходит в новую стадию своей истории. Биосфера переходит в ноосферу»<sup>1</sup>.

Но, стоп, ведь это уже другое понятие биосферы! Если прежде, говоря о ней как о «естественном теле», мы были вправе называть ее «монолитом», то теперь это — двухкомпонентная система, объединенная процессом коэволюции природы и общества. Выражение «человек и биосфера» в данном случае некорректно, поскольку биосфера и есть единство человека и природы. Не может же это единство вновь соотноситься с одной из своих частей.

Существует еще и третье понимание биосферы как всего живого, исключая человека. Весь внечеловеческий «биос» выступает в виде среды обитания человека. Именно такое понятие широко употребляется в так называемой социальной экологии, хотя при этом прослеживается и воздействие антропогенных факторов на состояние среды обитания. Отожествляя биосферу со средой обитания, мы вправе формулировать проблему «человек и биосфера».

Итак, то или иное содержание понятия «биосфера» скорректировано с определенным контекстом. В первом случае это естественно-научное знание, тогда как во втором, где человек выступает не просто как живое, но и как социальное существо, наделенное разумом, творчеством, целепо-

лаганием, контекстом может быть некое интеллектуальное образование, стремящееся к воссоединению разнокачественного знания о природе и об обществе. Такого воссоединения естественных и гуманитарных наук еще не достигнуто. Да пока и неясно, возможно ли оно вообще.

Смешение различных контекстов, различных подходов было присуще и самому Вернадскому. Именно этим, на мой взгляд, можно объяснить такое противоречие: с одной стороны, им отрицалась способность биосферы к эволюции, а с другой — она, безусловно, признавалась, коли, став ноосферой, включив в себя цивилизацию, биосфера, особенно в XX в., открывает новую эру существования человечества, эру гармонии человека и природы. В этих противоречивых суждениях присутствует апелляция то к биомассе биосферы (правда, утверждение Вернадского о постоянстве биомассы тоже проблематично), то к «геологической силе науки», т. е. совершается подмена одного понимания биосферы («естественное тело») другим (единство природы и цивилизации, коэволюция).

Нельзя оставить без внимания в этом плане и так называемые «законы биосферы», которые некритично восприняты современными авторами. Два основных биогеохимических принципа существования биосферы, сформулированные Вернадским, утверждают возрастание биогеохимической энергии и выживание тех организмов, которые обладают большим ее запасом. Эти принципы дают представление о том биогеохимическом подходе к изучению биосферы, который был ему наиболее близок как натуралисту, как специалисту, как создателю новой науки — биогеохимии. Но этот подход не является универсальным и исчерпывающим даже в том случае, если биосфера рассматривается как «естественное тело». Попробуем разобраться.

Да, позиция эволюционизма отражена как в принципе возрастания биогеохимической энергии, так и в принципе выживания тех организмов, которые способствуют ее повышению. Но это не биологический эволюционизм. Даже если разъяснить смысл биогеохимической энергии, то останется неясным, как эта «энергия» учитывается в проблемах единства и многообразия живых организмов, путей их эволюции, приспособления и целесообразности, формы и функции, уральной организации и т. д.

Зато, опираясь на методологический опыт биологии, можно поставить к биогеохимическим принципам Вернадского, представленным в качестве «законов биосферы»,

<sup>1</sup> Вернадский В. И. Проблемы биохимии // Тр. Биогеохимической лаборатории. Вып. XVI. М., 1980. С. 260.

довольно коварные вопросы. Так, совершенно не ясно, каково естественно-научное содержание утверждения Вернадского о том, что биогеохимическая энергия «стремится к увеличению». Что обуславливает это «стремление», какие именно структуры и процессы наделены этим «стремлением», как и чем его измерить? То же с выживанием организмов, наделенных большей биогеохимической энергией. Каков механизм этого выживания, даже если представить себе рационально выраженную картину биогеохимической «неравноценности» организмов? Во всем этом звучат телеологические мотивы, столь опасные для биологического эволюционизма. Он всегда сопротивлялся соблазнам телеологического объяснения, а в данном случае эти соблазны сопровождаются допущением возможности редуцировать эволюционный процесс к его биогеохимическому уровню. Так ведь и получается, если «законы биосферы» исследовать исключительно с позиций биогеохимического подхода, не оговарив, что он — один из многих. По отношению к целостности биосферы как уникальной природной системы биологический эволюционизм, таким образом, способен играть роль своеобразного методологического корректора, предостерегающего исследователя от увлечения заведомо фрагментарным знанием.

Выделив три различных аспекта понятия «биосферы», важно подчеркнуть, что, во-первых, эти аспекты не только сосуществуют, но и «перетекают» друг в друга, а во-вторых, главным из них остается козволюционный. Именно он отражает наиболее важные основы методологии биосферных исследований, их неприменную ориентацию на синтез естественно-научного и гуманитарного знания.

### БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭВОЛЮЦИОНИЗМ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Мы переходим здесь в качественно иную сферу научного и культурного движения по сравнению с описанной выше. Если изучение и даже широкое публичное обсуждение проблем биосферы, экологии, козволюции ориентировано на практику жизни и связано с надеждой на прогресс науки, то идея глобального эволюционизма по сути своей имеет мировоззренческий характер. Та или иная интерпретация этой идеи не может быть проверена экспериментом. Отлична в этом случае и сама манера мышления. Остановлюсь лишь на одном моменте — метафоричности языка. Она была в известной мере присуща и Вернадскому. В современной литературе показано, что его

метафоры были плодотворны, способствовали началу обсуждения важных вопросов. Так, выражение «геологическая сила науки» открывало новые возможности для понимания «геологического мышления», его эволюционного содержания, соотношения геологических процессов с космическими<sup>2</sup>.

Такие простые вещи приходится говорить только потому, что обсуждение идей глобального эволюционизма сплошь и рядом совершается в каком-то состоянии эйфории. Метафоры и образы, самые немислимые подчас гипотезы и предположения вытесняют научные аргументы, сам стиль научного мышления. Наука, ее исконные требования серьезного, проверяемого доказательства, основанного в конечном счете на воспроизводимом эксперименте, отодвигаются в сторону под давлением общих рассуждений о «новизне», «смелости» представлений о космическом Разуме, космичности жизни, существовании таких универсальных законов развития Вселенной, которые фактически доступны лишь вере, но не знанию. Полуобразованные, а то и просто невежественные в вопросах естествознания журналисты разжигают у публики интерес к экстрасенсам, проникшим в тайны природы, ясновидцам, пришельцам из внеземных цивилизаций. С экранов телевизоров, страниц газет вещают о человечестве как объекте эксперимента Высшего Разума.

Проще простого сделать вид, что ученые не имеют никакого отношения ко всей этой «паранауке», к вспышке оккультизма и мистики. Но, во-первых, это неправда: среди «вещающих», особенно на многочисленных конференциях и симпозиумах, немало кандидатов и даже докторов медицинских, биологических, технических наук. Во-вторых, ученые имеют ко всему этому отношению самым фактом своего невмешательства. Равнодушное или брезгливо-пренебрежительное отношение — тоже позиция. Она способствует в данном случае укреплению уверенности в том, что ничего страшного не происходит, объявленный плюрализм мнений естественно распространяется и на важнейшие мировоззренческие вопросы. При этом, коли ученые не встают на защиту науки, не бьют в колокола, оказывается возможным все дальше и дальше продвигать идею о совместности научных данных с «новым» мифотворчеством и даже выдавать его за «новое слово науки».

Скорее всего возникший мировоззренческий хаос не промелькнет как эпизод,

<sup>2</sup> Соколов Б. С. Предсказательная сила идей // Прометей. Т. 15. М., 1988.



а будет сопровождать нас длительное время. Именно поэтому глубоко тревожит тот факт, что разгулу ненаучных представлений о глобальном эволюционизме, о космизме противостоят, как правило, лишь благостные футурологические мечтания о ноосферогенезе, о грядущей гармонии Человека и Природы, о гуманистичной направленности процесса коэволюции. Реальное место конкретных естественных наук в изучении коэволюции почти не рассматривается. Засилие предельно широких, общеприродоведческих рассуждений о ноосферогенезе лишь по видимости повышает престиж философии, поскольку при этом игнорируется сложность совмещения философского и конкретного научного знания.

Эта сложность несравненно возрастает, если дело касается глобального эволюционизма. Возникает потребность более четко определить содержание того или иного подхода к этим проблемам, его возможности и пределы. В этом отношении нельзя не поддержать позицию Н. Н. Моисеева при обсуждении перспектив синтеза знания, необходимого в исследовании коэволюции: «Будучи по образованию математиком и физиком, я выбрал, естественно, тот путь синтеза, который утвердился физикой, и попытался последовательно провести «физикалистскую» позицию на всех этапах анализа»<sup>3</sup>. Подчеркивая недостаточность лишь такого подхода, автор отмечает, что ряд коренных вопросов «не укладывается» в него и требуют новых гипотез.

Такая установка ученого на рефлексию над собственными моделями эволюционных процессов безусловно способствует созданию атмосферы диалога. Это приглашение, которым грех не воспользоваться, тем более, что Моисеев в настоящее время, пожалуй, наиболее активный автор по проблемам глобального эволюционизма. Может быть, мы действительно являемся свидетелями возникновения нового типа знания, которое уже не естествознание и еще не философия? Как считает Моисеев, «учение о ноосфере выходит далеко за пределы естествознания, оно представляется основой для синтеза естественных и общественных наук»<sup>4</sup>. Значит, самое время сосредоточить внимание на трудностях и проблемах этого синтеза, ведь о нем мечтали столетия. По мнению Моисе-

ева, главная идеология, способная преодолеть традиционный разрыв двух культур, естественно-научной и гуманитарной, заключена в представлении о едином мировом процессе самоорганизации. Именно этот процесс может быть назван универсальным, или глобальным, эволюционизмом. Он охватывает все существующие и мыслимые проявления материи и духа. Остается лишь не совсем ясным, какие конкретно универсальные закономерности самоорганизации должен иметь в виду биолог, физик, геолог, историк, философ, культуролог, этнограф и т. д., чтобы добиться взаимопонимания?

Не заходя в глубь времен, можно вспомнить, как В. А. Энгельгардт не только теоретически обосновал, но и экспериментально проверил роль самоорганизации на молекулярно-генетическом уровне живого и раскрыл механизм «самосборки» молекул РНК. До того И. И. Шмалгаузен создал интересную концепцию эволюции самоорганизации и автономизации индивидуального организма. Целая плеяда отечественных ученых (Л. С. Берг, А. Г. Гурвич, А. А. Любищев, С. В. Мейен, Л. В. Белоусов, М. А. Шишкин и др.) придавала огромное значение аспекту организации. Иными словами, для биологии проблема самоорганизации давно столь же важна, как и проблема эволюции. Но эти два направления биологических исследований, как правило, конфронтировали. Что же касается необратимости времени как важнейшего положения синергетики, то «возраст» этой идеи в биологии придется отсчитывать скорее всего от Аристотеля, создавшего первую «лестницу существ». До настоящего времени ни одна наука о природе не пронизана идеей необратимости времени так глубоко, как биология. Появление нового качества и случайный характер сложившейся его «канализованности» изучается на разных уровнях организации с достаточно несовпадающими выводами о причинах.

На том же естественно-научном языке можно обсудить интересное замечание Моисеева о направленности процессов самоорганизации Вселенной: «...на протяжении всей истории развития Вселенной непрерывно усложняется организация материи. Природа как бы запасла определенный набор возможных типов более или менее стабильных организационных структур, и по мере развития единого мирового эволюционного процесса в нем «задействуется» все большая доля этого запаса. Растет не только сложность, но и разнообразие существующих форм организации как косного, так и живого вещества и — что очень важно —

<sup>3</sup> Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития. М., 1987. С. 4.

<sup>4</sup> Моисеев Н. Н. Российский выбор // Человек. 1990. № 1. С. 145; см. также: Моисеев Н. Н. Универсальный эволюционизм (позиция и следствие). // Вопр. философии. 1991. № 3.



организационных форм общественного бытия»<sup>5</sup>.

Против последней фразы возразить нельзя — это эмпирическое обобщение, как любил выражаться в таких случаях Вернадский. Что же касается «набора» запасенных Природой типов организационных структур, то сразу возникает вопрос, откуда они взялись. На биологическом языке такой способ объяснения назывался преформизмом. В нем была своя правда, что и подтвердило бурное развитие генетики в XX в. Но абсолютизация посылок о предзаданности не вызывала вопросов только в одном случае — когда признавался Бог как создатель плана строения всех тварей земных. Как же сегодня объяснить «начало порядка», переход от хаоса к порядку, да и был ли он в «чистом виде» во Вселенной? Если да, то откуда взялась самоорганизация? Если нет, то как быть естествоиспытателю с той «дурной бесконечностью», которая возникает при желании проследить эволюцию самоорганизации?

Вот мы и перешли незаметно из сферы естествознания в философию. Не забыть бы при этом, что универсализация самоорганизации предложена естествоиспытателями. Но очередное изменение картины мира уже никак не обойдется без наук о жизни, и они призваны быть не простыми комментаторами того или иного фундаментального свойства материи. Известно, что понятийный и математический аппарат синергетики используется в молекулярной генетике, поскольку эта область биологии наиболее близка к точным наукам. Львиная же доля биологических дисциплин с синергетикой еще не пересеклась. Пока не оправдалось предвидение Вернадского о включении наук о жизни в картину мира.

Ближе к мечте Вернадского и к ожиданиям биологов то «оживление» Космоса, которое содержится в концепции В. П. Казначеева<sup>6</sup>. Буквальное истолкование «космичности жизни», ее «всюдности» основано на выдвинутой им гипотезе о существовании отличной от белково-нуклеиновой формы жизни. Эта «полевая», «информационно-энергетическая» форма пронизывает, как он полагает, не только земную жизнь, но и безграничные космические пространства, создавая тем самым единое основание для глобально-эволюционных процессов. Но мешает принять эту концепцию, во-первых, недостаточная научная ее доказательность и,

во-вторых, непропорциональное смещение научных и философских срезов проблемы и способов аргументации. Нельзя не видеть и постоянного присутствия «убеждения чувств», веры в предзаданные установки.

В научном плане синергетика несравненно доказательнее, но она, осмелюсь заметить, опять безжизненна и бесчеловечна. Действительно, человеческое существование встраивается в картину мира так же, как это происходило во времена господства ньютоновского мировоззрения. Сохраняется основная логика «встраивания»: если наука доказала универсальность процессов самоорганизации, если это свойство можно считать фундаментальным для всех материальных систем, то это значит, что человек и созданное им общество могут быть поняты на основе концепции самоорганизации.

Ровно так же «это значит» звучало в отношении человека в механической картине мира. Преуспела ли наука о человеке, увлекаясь аналогиями то с механизмами, то с кибернетическими системами? Безусловно, каждый раз открывались новые возможности в изучении свойств природно-биологического субстрата человека, но даже как природное существо человек «сопротивлялся» абсолютизации роли физикалистских подходов.

Целостность человеческого организма, как и любого другого живого существа, есть продукт эволюции, а биологическая эволюция не сводится лишь к самоорганизации. Какие бы разумные аргументы против дарвиновских концепций эволюции сегодня ни выдвигались, именно Дарвин, как гениальный натуралист, показал далеко не полное совпадение проблем организации со всем объемом общебиологических проблем. Простые примеры «комфортности» жизни (специализации) низкоорганизованных существ не только показывают относительность понятий «простое» и «сложное», «низшее» и «высшее», но и заставляют задумываться над тайной жизни в целом. Как бы жизнь ни была «схожа» с неживой материей по тем или иным параметрам, но в ее исследовании точными методами постоянно сохраняется «остаток», необъяснимый с их помощью. И почему, кстати, при всей нынешней канонизации Вернадского не сопоставляется его важнейшая идея о принципиальном различии живого и косного вещества с совсем иными идейными посылами синергетики?

Очевидно, что некий критический настрой в отношении синергетической модели глобального эволюционизма должен быть выражен более определенно. Сформулиру-

<sup>5</sup> Моисеев Н. Н. Российский выбор. С. 147.

<sup>6</sup> Казначеев В. П. Концепция биосферы и ноосферы В. И. Вернадского. Новосибирск, 1989; Казначеев В. П., Спирин Е. А. Космопланетарный феномен человека. Новосибирск, 1991.

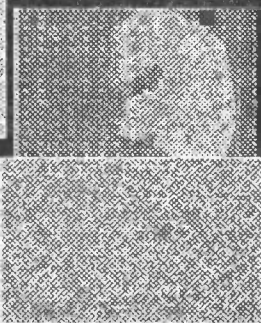
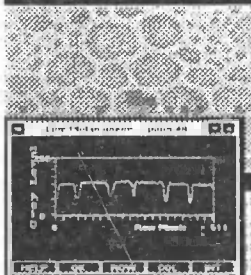
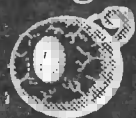
ем прямой вопрос: вносит ли что-либо новое синергетика в биологию, дает ли какой-то стимул для развития биологического знания концепция глобального эволюционизма, построенная на понятии самоорганизации? Безусловно. Необходимо признать благотворное влияние новых достижений физико-математических наук и философских их обобщений.

Во-первых, эти обобщения — еще один удар по механистической картине мира, которая, увы, оказалась удивительно живучей в силу соответствия «здравому смыслу».

Во-вторых, выдвижение понятия самоорганизации в качестве основного в идеологии глобального эволюционизма созвучно новым методологическим тенденциям в биологии, связанным с переосмыслением роли организации. В настоящее же время системно-структурный подход все больше консолидируется с историческим, эволюционным, проявляя при этом упущенные эволюционизмом моменты. Но этот процесс не терпит легковесного подхода, замены реальных исследовательских задач общими декларациями. Сохраняются жгучие проблемы в теории морфогенеза, теоретических концепциях индивидуального развития, нуждается в прояснении роль формы, структурных закономерностей эволюции. Это значит, что проблемы организации живого составляют заботу самого биологического знания, обращенного, с одной стороны, ко всем общенаучным новациям, а с другой — к собственной истории, собственному опыту многотрудных попыток совместить организацию и эволюцию. Именно этот опыт, как исторически накопленный, так и современный, способен, думается, скорректировать обобщающие эволюционные концепции и определить место биологии в их создании.

Главная цель сказанного в статье состоит, пожалуй, в том, чтобы разрушить привычные представления о способах проникновения идей биологического эволюционизма в культуру, в обсуждение актуальных общенаучных и даже общечеловеческих проблем. Происходит вовсе не простое «использование» понятий эволюционной биологии, но поистине творческий процесс их переосмысления, в равной мере плодотворный как для биологии, так и для других наук, «подключенных» к проблемам коэволюции Человека, Природы и Общества. Область исследования коэволюции еще не очерчена, ведущие проблемы этого исследования предстоит обозначить более определенно. Но постановка проблем коэволюции стимулирует не только научный, но и общемировоззренческий поиск.

# Confocal Technologies Announce Cyclops



## Desktop Image Processing and Analysis

\* *Runs on any 386 PC  
with Windows 3.x*

# \$495.00

Vision Science products include:

- \* Digital Stereology
- \* Densitometry
- \* 3-D Reconstruction

for more information:

Fax: +44 51 709 8633

South Harrington Building, Sefton Street,  
Liverpool L3 4BQ, UK

# Продвигающиеся рифты

С. В. Аплонов



Сергей Витальевич Аплонов, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского отдела Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Занимается проблемами региональной геофизики и геодинамики. В «Природе» опубликовал статьи: Обский палеоокеан (1987, № 12); Геофизические исследования в палеогеодинамике (1990, № 5).

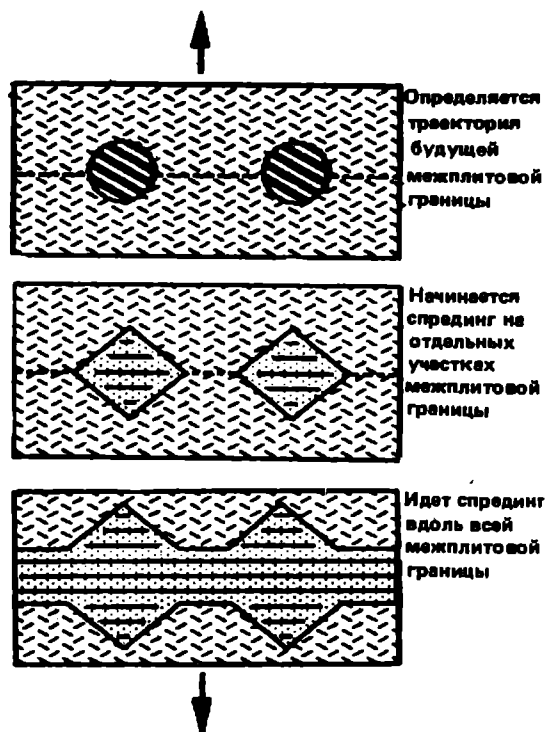
**РИФТАМИ** называют глубинные разломы, вдоль которых литосферные плиты расходятся в стороны (образуется между ними пространство заполняется поднимающимся из мантии материалом). Подавляющее большинство известных на Земле рифтов объединяется в глобальную систему протяженностью около 70 тыс. км, опоясывающую весь земной шар.

В океанах эта система проходит по гребням срединных хребтов. Здесь в процессе спрединга (расширения) океанского дна происходит постоянное и довольно быстрое — со скоростью до нескольких десятков сантиметров в год — наращивание краев смежных литосферных плит. На континентах образование рифтов ограничивается медленным растяжением литосферы, постепенным ее плавлением и внедрением базальтовой магмы в земную кору.

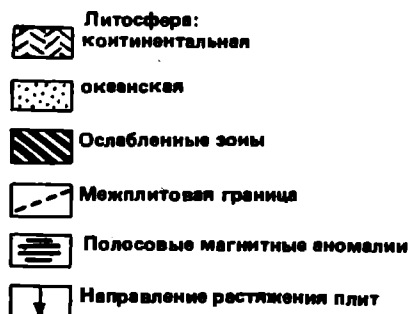
Океанские и континентальные рифты, несмотря на существенные структурные различия, едины в геодинамическом плане. В тех и других господствуют условия растяжения, тем и другим свойственны проявления базальтового вулканизма, к тем и другим приурочены высокие значения плотности теплового потока, для тех и других характерны тонкая кора и литосфера, а также значительные разуплотнения в подкоровой мантии.

Но самое главное то, что океанские и материковые рифты связаны друг с другом по простираению. Зоны океанского спрединга часто продолжают в пределах континентов, превращаясь на концах в обычные континентальные рифты. Такой процесс получил название «продвижение», или «пропагеттинг» (от англ. propagation), а рифты, постепенно переходящие из океанских в континентальные, стали называть продвигающимися.

Ряд интересных особенностей продвигающихся рифтов, установленных в последние годы, проливает свет на их энергетику и эволюцию. Об этом и пойдет речь в статье.



Последовательные стадии раскола континента продвигающимся рифтом.



Современные принципы тектоники плит были сформулированы примерно четверть века назад канадцем Дж. Уилсоном и американцем Дж. Морганом. Внешняя оболочка Земли — литосфера — состоит из нескольких жестких плит. Между плитами существуют границы трех типов: дивергентные, где плиты расходятся, конвергентные, где они сходятся, и трансформные, где они скользят друг относительно друга. Глобальная рифтовая система, таким образом, «отмечает» дивергентные границы литосферных плит.

Принципы тектоники плит допускают математический расчет движений плит на основе теорем и формул сферической три-

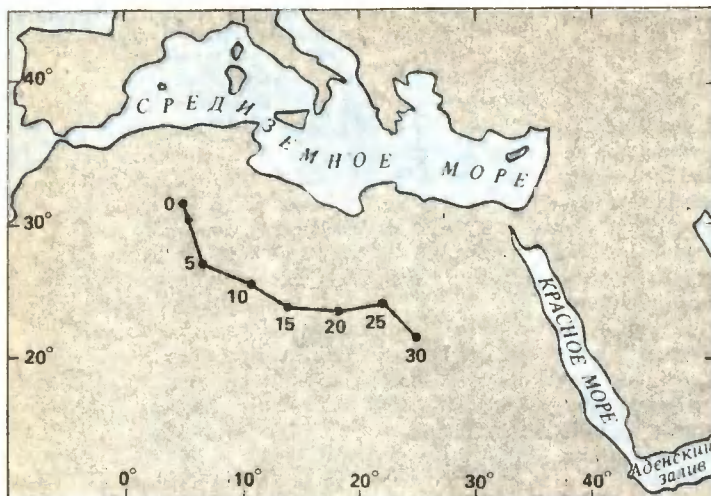
гонометрии, но его можно проводить лишь в рамках постулата об абсолютной жесткости литосферных плит. Первым такой расчет провел в 1968 г. француз К. Ле Пишон. Ему удалось показать, что тектоника плит дает согласованную кинематическую картину в глобальном масштабе. Однако, приняв постулат о жесткости плит, мы должны знать, что литосферные плиты деформируются лишь на границах, а внутри деформация отсутствует. Однако уже в региональной тектонике постулат об абсолютной жесткости плит приходится принимать с большой натяжкой.

Представим себе общую схему раскола континентальной литосферы. Траектория будущей дивергентной границы плит определяется несколькими факторами: направлением конвективных течений в мантии Земли, взаимодействием литосферных плит на ее поверхности, а также прочностью самой литосферы, подвергающейся расколу.

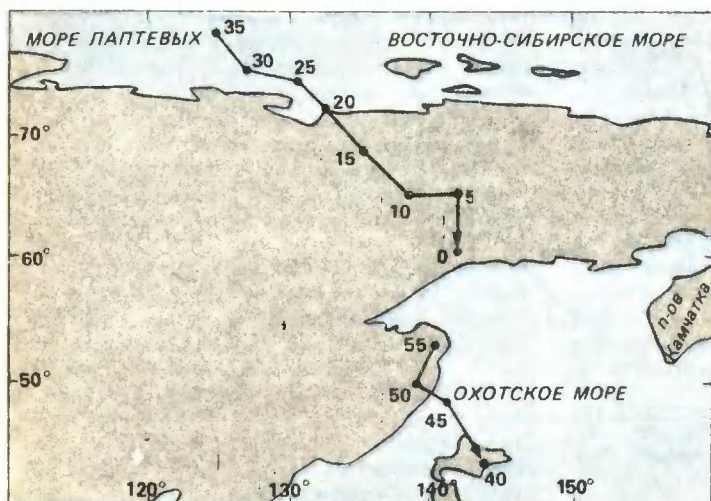
Последний фактор немаловажен. Он приводит к тому, что континент раскалывается не одновременно по всей длине будущей межплитовой границы, а в одних («ослабленных») областях раньше, в других же (более «жестких») позже. При этом тектоническая природа ослабленных областей континентальной литосферы может быть различной. Это могут быть области непрочного предшествующего сочленения материковых блоков или, наоборот, области, наиболее интенсивно проплавленные мантийной магмой еще до образования рифта.

Как бы то ни было, но когда на отдельных ослабленных участках межплитовой границы литосфера раскалывается и начинается спрединг океанского дна, на других ее отрезках дело не заходит дальше образования континентального рифта. По мере продолжающегося растяжения литосферы наиболее зрелые рифты стремятся соединиться. При этом каждый отдельный рифт не только расширяется, но и продвигается вдоль линии раскола материковой литосферы. Это продвижение чаще всего бывает односторонним: океанская зона спрединга вторгается в пределы континента, «вспарывая» на своем пути его литосферу и оставляя в тылу расширяющуюся и удлиняющуюся трещину, «залеченную» океанской литосферой.

Процесс спрединга, как правило, маркируется полосовыми магнитными аномалиями, по которым можно установить возраст океанского дна. Именно они служат ярким свидетельством продвижения рифта, при этом краевые аномалии в продвигающемся рифте как бы выклиниваются в на-



«Убегание» полюсов раскрытия от вершин продвигающихся рифтов в Аденском заливе — Красном море (вверху) и Евразийском бассейне Северного Ледовитого океана (рифтовая система шельфа моря Лаптевых). Числа — середины временных интервалов (в млн. лет), для которых вычислены мгновенные полюса раскрытия.



правлении его продвижения. Если же аномалии надежно датированы, по ним можно узнать не только направление, но и скорость продвижения рифта.

### РАСКОЛ КОНТИНЕНТОВ И УБЕГАЮЩИЕ ПОЛЮСА

Рассмотрим две области наиболее очевидного продвижения океанских рифтов в пределы континентов.

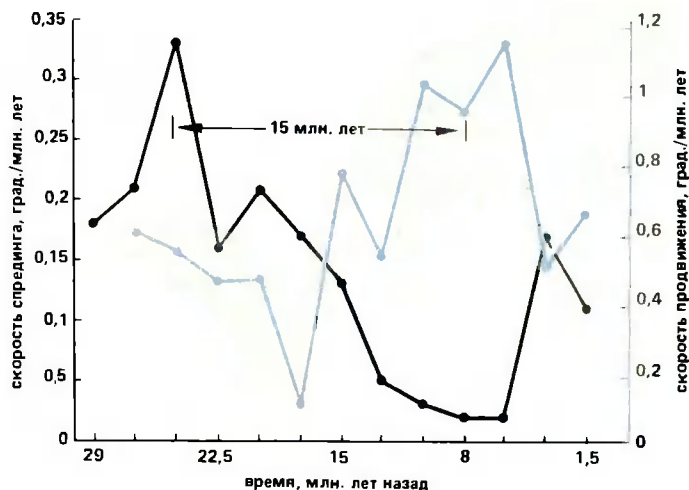
Первый пример — это детально изученный Африкано-Аравийский регион. Здесь срединный хребет Индийского океана (хр. Карлсберг) проникает в Аденский залив, а в районе так называемого Афарского треугольника поворачивает на северо-запад в Красное море. Южная часть хребта здесь представлена океанским, а северная —

континентальным рифтом. Африкано-Аравийский материк дробится здесь на Африканскую и Аравийскую литосферные плиты<sup>1</sup>.

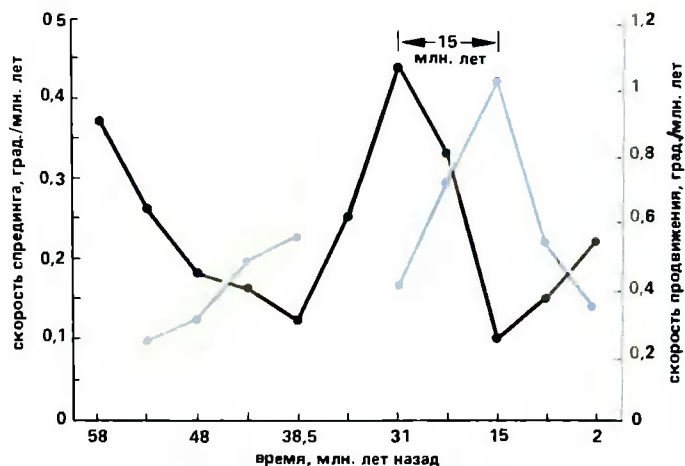
Второй пример — арктическое продолжение Срединно-Атлантического хребта, хр. Гаккеля Евразийского океанского бассейна. Из Северного Ледовитого океана он продолжается через шельф моря Лаптевых и переходит в Момский континентальный рифт<sup>2</sup>. (С точки зрения плитовой тектоники, большой кусок России, включающий часть Якутии, Чукотку и Камчатку, относится не к

<sup>1</sup> Некоторые исследователи выделяют здесь еще и третью плиту — Сомалийскую, отделенную от Африки Восточно-Африканской рифтовой системой.

<sup>2</sup> Разветвленная рифтовая система шельфа моря Лаптевых достоверно установлена лишь в последние годы И. С. Грамбергом, Р. М. Деменичкой и С. Б. Секретовым.



Соотношения скоростей спрединга и продвижения в продвигающихся рифтах в тех же районах.



Евразийской, а к Северно-Американской литосферной плите.)

Движение литосферных плит описывается вращением относительно осей, проходящих через центр Земли и пересекающих поверхность в точках, которые называют полюсами Эйлера или полюсами вращения. Скорости движения, соответственно, определяются как скорости вращения плит относительно полюсов, причем угловые скорости легко пересчитать в линейные для любых точек межплитовых границ.

В плитовой кинематике различают вращения конечные и мгновенные. И хотя четкая грань между первыми и вторыми отсутствует, ясно, что, во-первых, любое конечное вращение состоит из серии мгновенных, а во-вторых, что само понятие «мгновенность» в геологии предполагает временные интервалы как минимум в сотни тысяч

или даже миллионы лет. Кроме того, полюса вращения плит определяются экспериментально (в частности, по простиранию полосовых магнитных аномалий и смещающих их трансформных разломов) и, следовательно, всегда вычисляются с какой-то погрешностью. Последняя статистически описывается эллипсами доверительной вероятности.

Раскрытие рифтовой системы Красного моря и Аденоского залива продолжается около 30 млн. лет. За это время Африканская и Аравийская плиты вращались вокруг полюса, расположенного в северо-западной Африке в точке с координатами  $30,1^\circ$  с. ш. и  $9,5^\circ$  в. д.

Однако полюс конечного вращения определен здесь с огромным разбросом: эллипс доверительной вероятности для него вытянут на  $5,6^\circ$  по широте и на  $24,5^\circ$



по долготе (что составляет соответственно 600 и 2700 км).

В Северном Ледовитом океане дело обстоит еще сложнее. Раскрытие Евразийского бассейна продолжается около 55 млн. лет, но оно распадается на два этапа, поскольку только 40—35 млн. лет назад северная ветвь Срединно-Атлантического хребта, частью которого является хр. Гаккеля, «перескочила» из моря Лабрадор (между Гренландией и Канадой) в свое современное положение.

Полус конечного вращения Евразийской и Северо-Американской плит за интервал 55 млн. лет находится в районе Верхоянского хребта, в точке с координатами  $67,2^\circ$  с. ш. и  $130,4^\circ$  в. д. Погрешность его определения также очень велика, но в отличие от предыдущего региона эллипс доверительной вероятности вытянут здесь меридионально на 1000 км при ширине 600 км.

Возникает вопрос: только ли одними погрешностями наблюдений объясняется сильный разброс вычисленных положений полюсов вращения для этих пар плит, не стоит ли за этим фактом некая физическая закономерность, связанная с тем, что плиты разделены дивергентными границами, представляющими собой продвигающиеся рифты?

Чтобы ответить на этот вопрос, конечные вращения обеих пар плит мы подразделили на серии мгновенных. Положения полюсов рассчитывались для коротких временных интервалов (около 5 млн. лет). В результате выяснилось любопытное обстоятельство.

Оказалось, что полюса раскрытия продвигающихся рифтов, или полюса вращения разделенных ими плит, закономерно мигрируют. Они как бы «убегают» от вершин продвигающихся рифтов: на северо-запад в Африке и юго-восток в Евразии. В последнем случае вдобавок траектория миграции распадается на две кривые, соответствующие разным этапам спрединга Евразийского бассейна.

Это говорит прежде всего о нарушении постулата об абсолютной жесткости плит в продвигающихся рифтах. Уже в таком масштабе реконструкций не удастся подобрать единого полюса для описания конечного вращения смежных литосферных плит, а приходится учитывать его смещение во времени.

Кроме того, факт миграции полюсов раскрытия продвигающихся рифтов позволяет оценить скорость удлинения рифтовой трещины, вторгающейся в пределы континента.

## ЭНЕРГЕТИКА ПРОДВИГАЮЩИХСЯ РИФТОВ

Выясняется, что в обоих изученных продвигающихся рифтах скорости спрединга и движения менялись во времени. Это явление было известно раньше и часто трактовалось как пульсация рифтогенеза.

Но еще интереснее другое. Оказывается, если мы захотим понять, как соотносятся между собой во времени изменения скорости расширения и удлинения рифтовых трещин, то увидим, что и в Красном море, и в Евразийском бассейне они противоположны по знаку. В те периоды, когда по каким-либо причинам замедлялось продвижение рифтов, увеличивалась скорость их поперечного расширения и наоборот.

Любопытно также, что в обоих продвигающихся рифтах экстремумы графиков скоростей спрединга и движения смещены на одинаковый временной интервал — около 15 млн. лет.

Полученный результат, по-видимому, выявляет единую тенденцию развития продвигающихся рифтов — за время эволюции энергия неоднократно перераспределяется между двумя основными процессами: поперечным расширением (спредингом) и продвижением.

Чтобы понять энергетику продвигающегося рифта, рассмотрим простейшую систему, имитирующую его эволюцию на плоской Земле. Представим раскрывающуюся относительно полюса трещину, в кото-

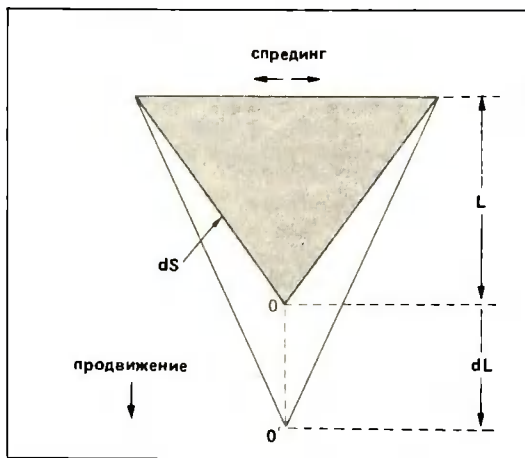


Схема эволюции продвигающегося рифта на плоской Земле. Рифт, раскрывающийся относительно полюса 0, образует за время  $dt$  клинообразную трещину площадью  $dS$  и длиной  $L$ . В процессе продвижения полюса раскрытия из точки 0 в точку 0' длина рифта увеличивается на  $dL$ .



рой идет спрединг. Одновременно она продвигается в направлении, перпендикулярном направлению спрединга так, что за время  $dt$  полюс ее раскрытия перемещается из точки  $O$  в точку  $O'$ , а длина увеличивается на  $dL$ .

При этом часть энергии ( $\varepsilon_1$ ) затрачивается на кондуктивный и конвективный вынос тепла в пространство за счет спрединга океанского дна в рифтовой трещине. Скорость ее диссипации можно считать пропорциональной скорости приращения площади океанской литосферы  $dS$  в секторе с вершиной в полюсе раскрытия  $O$ :

$$\frac{d\varepsilon_1}{dt} = k_1 \frac{dS}{dt} = k_1 \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} L^2 \alpha \right) = \frac{1}{2} k_1 L^2 \frac{d\alpha}{dt} = \frac{1}{2} k_1 L^2 \omega,$$

где  $\alpha$  — малый угол при вершине продвигающегося рифта, а  $\omega$  — угловая скорость его раскрытия.

Другая часть энергии ( $\varepsilon_2$ ), которую в первом приближении можно считать пропорциональной приращению длины рифта, идет на образование новых участков рифта:

$$\frac{d\varepsilon_2}{dt} = 2k_2 \frac{dL}{dt} = 2k_2 V,$$

где  $V$  — скорость продвижения рифта.

Таким образом, суммарная скорость диссипации энергии в продвигающемся рифте может быть оценена так:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{2} k_1 L^2 \omega + 2k_2 V.$$

Последнее уравнение — своего рода закон сохранения энергии в процессе эволюции продвигающегося рифта. Действительно, если левую его часть — скорость подвода энергии к системе — можно в первом приближении считать постоянной, то усиление одного из процессов (спрединга или продвижения) должно вызывать ослабление второго<sup>3</sup>.

Если выявленная тенденция верна, можно полагать, что отмеченная многими исследователями пульсация активности рифтов — отчасти явление кажущееся, поскольку пульсации скорости спрединга компенсируются обратными по знаку пульсациями скорости продвижения и наоборот. Суммарная же энергия рифтогенеза меняется с гораздо меньшей скоростью, чем та, с которой перераспределяется энергия между

средингом и продвижением. Период перераспределения энергии в продвигающихся рифтах Аденского залива — Красного моря и Евразийского бассейна, как было показано, составляет примерно 15 млн. лет. Период пульсации суммарной активности рифтогенеза, по-видимому, сопоставим с периодом глобальных тектономагматических циклов, т. е. составляет сотни миллионов лет.

Недавно были опубликованы данные о том, что суммарная длина дивергентных межплитовых границ на поверхности Земли обусловлена тепловым балансом в ее недрах<sup>4</sup>. Коль скоро Земля теряет тепло в основном через срединно-океанские хребты, то, чтобы избежать перегрева ее недр, их суммарная длина должна быть примерно постоянной за длительный интервал времени. Поэтому эпохи образования суперконтинентов должны сопровождаться эпохами глобального рифтогенеза с последующим быстрым продвижением осей спрединга в пределы материков.

Эти выводы можно детализировать, учитывая энергетику продвигающихся рифтов. Очевидно, сами по себе процессы продвижения наиболее типичны именно для ранних стадий развития океанов, что прямо следует из последней формулы. Действительно, параметр  $L$  (длина рифта) в ее правой части явно зависит от времени — для продвигающегося рифта он монотонно или скачкообразно увеличивается. Следовательно, доля первого слагаемого в правой части формулы со временем возрастает, повышается и удельный вес диссипации тепловой энергии в общем энергетическом балансе рифтогенеза. В какой-то момент продвигающийся рифт должен достигнуть некоторого стационарного состояния, и с этого момента его продвижение прекращается, устанавливается чисто «угловой» режим развития.

Отсюда понятно, почему продвижение океанских зон спрединга в пределы континентов наиболее типично для ранних стадий развития океанов, или, пользуясь геосторическими терминами, для эпох раскола суперконтинентов. В «зрелых» океанах крупномасштабные пульсации спрединга и продвижения рифтов в пределы континентов уже не происходят, продвигаются лишь «элементарные» спрединговые ячейки в гребнях срединно-океанских хребтов. Процессы их локальной нестабильности представляют самостоятельный интерес, но это уже тема другой статьи.

<sup>3</sup> Строго говоря, энергия расходуется еще и на деформацию краев взламываемых плит. Но учесть эту долю количественно пока невозможно. Остается лишь предполагать, что она сравнительно невелика и почти не искажает общую картину перераспределения между спредингом и продвижением.

<sup>4</sup> Никитин А. М., Хан В. Е. // Докл. РАН. 1991. Т. 320. С. 157—161.

# Центры происхождения культурных растений и радиоактивность среды

С. Г. Наручев



Сергей Германович Наручев, доктор геолого-минералогических наук, профессор геохимии, заслуженный геолог России, заведует отделом Всероссийского нефтяного научно-исследовательского геологоразведочного института (ВНИГРИ). Специалист в области геологии нефти и газа, органической геохимии. Автор ряда монографий, в том числе: *Уран и жизнь в истории Земли* (Л., 1982). В «Природе» опубликовал статью «Глобальные геохимические аномалии и биосферные кризисы» (1988, № 1).

**П**РОШЛО уже более 60 лет после опубликования Н. И. Вавиловым первой работы о центрах происхождения культурных растений, но значение этого открытия для теоретической биологии и практической селекции нисколько не уменьшилось.

При определении центров происхождения культурных растений Вавилов использовал разработанный им дифференциальный ботанико-географический метод, включающий несколько основных положений: строгую дифференциацию данного растения на линнеевские виды и генетические группы; ареалы распространения этих видов, по возможности, в отдаленное время; состав разновидностей и рас каждого вида и общей системы наследственной изменчивости в пределах отдельных видов; распределение наследственного разнообразия форм данного вида по областям и странам и географические центры скопления генетического разнообразия<sup>1</sup>.

Для более точного определения центров формообразования необходимо также установить очаги разнообразия генетически смежных видов, а также ареалы разнообразия ближайших для данного растения диких видов и разновидностей.

В ходе целого ряда специальных экспедиций в разные районы Земли в 1924 г. выявлено три, в 1926—1927 гг.— пять, к 1929—1930 гг.— шесть, а в 1934—1935 гг.— восемь очагов происхождения культурных растений.

В соответствии с анализом собранных материалов представления Вавилова об очагах происхождения культурных растений постепенно уточнялись. Так в 1934—1935 гг. он выделил восемь очагов происхождения культурных растений, а в 1940 г. только семь (за счет объединения близко расположенных Среднеазиатского и Передне-

© Наручев С. Г. Центры происхождения культурных растений и радиоактивность среды.

<sup>1</sup> Вавилов Н. И. Происхождение и география культурных растений. Л., 1987.

азиатского очагов). Поменялась несколько и последовательность очагов по их значимости: первым стал не Китайский, а Индийский очаг.

Со временем менялась и терминология. Во всех работах, кроме последней (1940), Вавилов выделил основные «очаги» происхождения культурных растений (сравнительно крупные области), а внутри их — «локальные центры» формообразования (обычно не более 400—500 км в поперечнике). В последней работе «очаги» (в прежнем понимании автора) называются «центрами происхождения», а дискретные «центры» (в прежнем понимании) вообще не показаны. Вероятно, эти расхождения объясняются как особой направленностью этой работы, так и тем, что во время ее написания уже началась травля ученого (в год выхода работы из печати Вавилов был арестован).

Как справедливо заключил сам Вавилов, «выявлен факт капитальной важности, именно — географическая локализация видообразовательного процесса». На поверхности Земли существуют своеобразные «горячие точки», где в силу каких-то причин на последнем этапе геологической истории шло интенсивное видообразование. По мнению Вавилова, этот процесс начался с достаточно отдаленного времени, для которого 5—10 тысячелетий (с начала освоения культурных растений человеком) представляются очень коротким сроком.

Выявленные центры видообразования характеризуются рядом общих черт: большим разнообразием форм, совпадением ареалов первичного формообразования для многих видов и даже родов (иногда единым ареалом для десятков видов растений), наличием эндемичных родов, видов и сортов растений, перешедших в культуру, и узкоэндемичных видов диких растений, родственных культурным. В «центрах» преобладают доминантные формы и разновидности, характеризующиеся доминантными генами. С удалением от центра к периферии они убывают, сменяясь рецессивными, которые дают начало рецессивным расам и разновидностям. Важную роль в обособлении рецессивных типов Вавилов отводил географической изоляции.

Наконец, в «центрах» наблюдается поразительный параллелизм, проявляющийся в наследственной изменчивости видов и родов, в сходстве наследственных форм, представленных близкими видами и родами, т. е. там проявляется закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.

Помимо первичных центров формо-

образования Вавилов выделял и вторичные, где современный максимум сортообразования возник в результате схождения видов или их скрещивания между собой.

Помимо этого, в ряде случаев в центрах происхождения культурных растений наблюдается необычайная пестрота рас домашних животных, эндемичные формы животных, преобладание темноцветных человеческих рас. К этим центрам приурочены основные очаги развития древней человеческой культуры.

Полученные за прошедшие 60 лет новые данные не дали никаких оснований для ревизии теории Вавилова. Можно говорить лишь о частных поправках. Так, в дополнение к вавиловским центрам П. М. Жуковский предлагал выделить «мегацентры», отвечающие континентам (Австралийский, Африканский, Европейско-Сибирский, Североамериканский)<sup>2</sup>, что вряд ли можно считать прогрессом. Несомненный интерес представляют данные Жуковского, касающиеся дискретных микрогенцентров происхождения узкоэндемичных видов, родственных культурным.

Чем же обусловлена локализация и дискретность центров возникновения генетического разнообразия на поверхности Земли?

По Вавилову, центры происхождения культурных растений расположены в оптимальной климатической зоне Земли (20—45° с. ш. в обоих полушариях). В этой оптимальной зоне «центры» приурочены к горным системам, отличающимся разнообразием температур, влажности и почв, что создает благоприятные условия для географической изоляции видов. Все это безусловно правильно, однако общая площадь горных систем в данном климатическом поясе огромна, а сами «центры» локальны и дискретны. Почему же именно в данном районе горной системы идет интенсивное видообразование? Вавилов, видимо, не раз задавал себе этот вопрос, но не находил ответа: «Причины различных тенденций в формообразовании для нас пока являются малопонятными. Связь их с ландшафтом является весьма условной...»

Сегодня можно сказать, что центры генетического многообразия отличаются какими-то дополнительными естественными условиями, вызывающими интенсивный мутационный процесс. Таким наиболее вероят-

<sup>2</sup> Жуковский П. М. Мировой генофонд растений для селекции // Н. И. Вавилов и сельскохозяйственная наука. М., 1969.

ным условием может быть повышенный радиационный фон.

Естественный радиационный фон определяется радиоактивностью горных пород, почв и вод, а также космическими излучениями. Чем выше над уровнем моря, тем больше космическая составляющая естественного фона (на высоте 3 км она возрастает примерно в три раза). Однако это вряд ли может быть главной причиной повышенной мутационной изменчивости: «...амплитуда расовой изменчивости обыкновенно сосредоточена в горных районах не у крайних пределов культуры, а значительно ниже... По мере продвижения вверх разнообразие разновидностей и рас заметно уменьшается...»<sup>3</sup> Гораздо более важной и значительно меняющейся составляющей фона может быть радиоактивность горных пород и почв, определяемая в основном ураном, торием и продуктами их распада.

Меньше всего U и Th в солях и ангидридах ( $10^{-4}$  %), несколько больше (U — 1,6; Th — 1,8 ·  $10^{-4}$  %) — в известняках; в песчаных U — 2,4, Th — 9 ·  $10^{-4}$  %; в глинистых породах U — 4, Th — 15 ·  $10^{-4}$  %. В углеродисто-глинистых осадках древних радиоактивных эпох содержание U не менее (1—2) ·  $10^{-3}$  %, Th — 15 ·  $10^{-3}$  %, а нередко концентрация урана в них достигает (1—2) ×  $10^{-2}$  % и более. В фосфоритах и фосфорсодержащих породах содержание урана колеблется от 2 до 30 ·  $10^{-3}$  %. В магматических породах концентрация радиоактивных элементов возрастает от ультраосновных пород (U — (0,6—1) ·  $10^{-4}$  %; Th — (1,8—6) ×  $10^{-4}$  %) к кислым (U — 4,5 ·  $10^{-4}$  %; Th — 1,8 ·  $10^{-3}$  %), с максимумом урана у щелочных гранитов — (5—10) ·  $10^{-3}$  %. Таким образом, в горных районах с разными типами пород концентрация радиоактивных элементов может меняться от  $10^{-4}$  до 3 ·  $10^{-2}$  %, т. е. в 300 раз. В районах выхода на поверхность промышленных месторождений урана его концентрация может повышаться до 0,1—1,5 % и более, т. е. возрастать в  $10^3$ — $10^4$  раз, соответственно в  $10^3$ — $10^4$  раз повысится и местный радиационный фон.

В месторождениях урана в аномально повышенных концентрациях встречаются обычно тяжелые металлы и другие элементы (Pb, V, Mo, Zn, Ni, Cu, W, Sn, Ag, Au, Se, Hg, As, P), часть из которых обладает мутагенным воздействием на живые организмы.

Современная эпоха в отличие от прошлых геологических эпох характеризуется глобально низким радиационным фоном био-

сферы, но в районах месторождений урана он аномально высок и сейчас может служить сильным мутагенным фактором<sup>4</sup>.

Взглянув на карту центров происхождения культурных растений Вавилова, специалист в области радиогеологии сразу может предположить, что многие центры видообразования приурочены к урановорудным месторождениям с аномально высоким радиационным фоном на поверхности Земли.

Посмотрим, известны ли в таких районах генетические изменения растений и других организмов? Подобные специальные систематические исследования нам не известны, но кое-какие сведения все-таки имеются. Например, в оз. Иссык-Куль (III — Среднеазиатский очаг) концентрация урана в воде на порядок выше, чем в среднем в гидросфере. Видимо, поэтому, харовые водоросли, накапливающие уран, отличаются необычным полиморфизмом<sup>5</sup>. У наземных растений здесь часто встречаются экземпляры с искривленными стеблями, скрученными листьями, с цветами неправильной формы. У некоторых меняются окраска и размеры, появляются опухоли, наросты, утолщения: листья вместо ярко-зеленых нередко становятся бледно-зелеными с желтовато-бурым оттенком.

Среди черноколосьников попадают необычные низкорослые формы с ветвистыми соцветиями вместо прямой одиночной стрелки. У гармалы (могильник) из семейства парнолистниковых много махровых цветов с шестью-девятью лепестками вместо обычных пяти. На фоне угнетенности многих растений наблюдается пышное развитие некоторых из них. На окраине Среднеазиатского очага (хр. Каратау), где залегают кембрийские черные сланцы и фосфориты с высокой концентрацией урана, еще Вавилов отмечал своеобразную и богатую эндемикми флору, в том числе, по его выражению, «замечательный каучуконос таус-гаыз», который не встречается больше нигде.

Среднеазиатский очаг — родина многих сортов мягкой пшеницы, в том числе и карликовой, всех основных зерновых бобовых, отличающихся исключительным богатством генов. Центру формообразования в южной части очага соответствуют урановорудные районы северо-запада Индии (пояс Кхетри-Кандела) и Пакистана (Сулеймановы горы). Сюда же относятся и несколько

<sup>4</sup> Неручев С. Г. Глобальные геохимические аномалии и биосферные кризисы // Природа. 1988. № 1. С. 72—81.

<sup>5</sup> Ковальский В. В., Воротницкая И. Е. // Геохимия. 1965. № 6. С. 104—111.

<sup>3</sup> Вавилов Н. И. Указ. соч. С. 102.



Карта очагов происхождения культурных растений и урановорудных зон.

Очаги и центры видообразования по Н.И.Вавилову:

- очаги (1928 г.)
- очаги (1935 г.)
- центры Капский, Бразильский, Боготанский (1929, 1940 гг.)
- центры (1935 г.)
- Микрогенцентры узкоэндемичных видов по П.М. Жуковскому (1969 г.)
- Флористическое Капское царство и Мадраенское подцарство по А.Л. Тахтаджану (1978 г.)
- Урановорудные зоны и месторождения по Н.П. Лаврову и др. (1963, 1966 гг.) Ю.М. Шувалову (1980 г.), И.С. Оношко (1989 г.)

микрогенцентров (выделенных Жуковским) происхождения узкоэндемичных видов растений, родственных культурным. Залежи урана на северо-западе Индии связаны с черными углеродистыми сланцами и конгломератами, прорванными гранитами (содержание U до 0,06 % с примесями сульфидов меди и железа).

Другим Среднеазиатским микрогенцентрам узкоэндемичных видов Жуковского

(к востоку от Каспийского моря) также соответствует зона урановорудной минерализации неоген-четвертичного возраста.

В северной части Среднеазиатского очага также широко распространены месторождения урана, много черных сланцев, обогащенных ураном и другими тяжелыми металлами.

В районах урановых месторождений (на плато Колорадо, США) отмечена повышенная изменчивость ряда растений, различного рода аномалии развития, множество стерильных цветков. На богатых ураном участках уменьшается количество растений, меняется характер их ветвления, соотношение мужских и женских особей. Многие виды растений, характерные для этой климатической зоны при нормальных условиях, исчезают. Поскольку частота мутаций пропорциональна дозе облучения, в таких зараженных ураном и продуктами его распада зонах видообразование ускоряется. Из огромной массы мутаций, возникающих в современную (плейстоценовую) геологическую эпоху за время от сотен тысяч до 1—2 млн. лет естественный отбор отбраковывал организмы с вредными, нежизнеспособными признаками, сохраняя мутанты со случайно возникшими ценными свойствами, которые, как оказывалось, способствуют их лучшему приспособлению к среде.

Рассмотрим подробнее взаимосвязь центров происхождения культурных расте-

ний с обусловившими их возникновение урановыми месторождениями<sup>6</sup>.

По данным Вавилова, Южно-Азиатская тропическая область, содержит 1/4 видового разнообразия мировой флоры и дала начало примерно 1/3 общего числа известных видов культурных растений; здесь родина риса, сахарного тростника, большого количества плодовых и овощных культур. В этой области выделены два очага и три центра происхождения культурных растений.

В Индийском очаге (II) «центру происхождения» соответствуют ураноносные районы — Сингхбхумский и Бодел. Месторождения урана приурочены к протерозойским породам. Для урановых руд этих месторождений характерны повышенные концентрации Cu, Ni, Co, Mo.

В Индо-Малайском очаге (IIa) выделены два центра формообразования — в Таиланде и на о. Ява. Таиландскому соответствует урановая минерализация в песчаниках верхнеюрско-мелового возраста. Среднее содержание U — 0,04 %.

Восточно-Азиатская область включает в себя южную часть Китая (два центра формообразования), Корею (один центр формообразования) и в работе Вавилова 1940 г. — Японию. Здесь появились такие культурные растения, как соя, различные виды проса, множество овощных и плодовых культур — всего около 20 % видов культурных растений.

В основном Китайском центре формообразования (I) в провинции Юньнань, к востоку от Тибета, известны крупные месторождения кембрийских ураноносных фосфоритов и сланцев. Сведений о конкретных урановых месторождениях нет, поскольку в Китае, как и в нашей стране, все это, к сожалению, пока секретно. Что касается второго «центра», расположенного к югу от основного, то ему, по имеющимся данным, соответствует крупный урановорудный район.

Несколько севернее Корейского центра формообразования также известны урановые месторождения.

В Японии «микrogenцентры» Жуковского расположены в районе урановых залежей в неогеновых отложениях.

Переднеазиатский «очаг» (IV) отличается исключительным богатством видов культурных пшениц. Здесь обнаружено явление естественной полиплоидии среди

пшениц, а также среди многих видов дикой флоры. Здесь же основная родина ржи, представленной поразительным разнообразием форм, а также многих плодовых растений (винограда, груши, алычи, черешни, граната, айвы, миндаля и т. п.). Отсюда же ведут начало и важнейшие кормовые травы. Как и для других, для этого «очага происхождения» свойственна приуроченность урановорудных месторождений. Выделенным Вавиловым трем центрам формообразования соответствуют промышленные урановорудные зоны. Один из микrogenцентров Жуковского совпадает с западным центром формообразования Вавилова и с соответствующей урановорудной зоной.

Средиземноморский очаг происхождения культурных растений (IV) окружен со всех сторон урановыми месторождениями, он дал начало примерно 11 % видов культурных растений (маслина, рожковое дерево, множество овощных и кормовых культур и т. п.). В пределах очага Вавилов выделил пять локальных центров формообразования; трем из них соответствуют известные урановорудные зоны. Большая часть микrogenцентров Жуковского также совпадает с известными урановыми месторождениями.

Пиренейский центр соответствует урановорудному району Иберийского массива. Здесь преобладают гидротермальные урановые месторождения в древних структурах недалеко от герцинских гранитов, хотя сами руды молоды (кайнозойского возраста). В Испании ряд месторождений урана связан с раннепротерозойскими сланцами, обогащенными органическим веществом. Помимо урана (его концентрация от 0,03—0,04 до 0,44 %, иногда — до 1,8 %) руды обогащены Fe, Cu, Pb, Zn, Sn, W, Sb, Hg. В терригенных мезозойских отложениях Португалии имеются и стратиформные месторождения урана.

Североаппенинский центр соответствует крупной зоне урановорудных месторождений на южных отрогах Альп, приуроченных к песчаникам пермского возраста. Уран сопровождается высокими концентрациями Pb (до 1 %), As (до 0,7 %), V, Cu и P.

В Центрально-Аппенинском центре находится своеобразный ураноносный район, где в щелочных вулканитах у бортов рифтовой зоны концентрация U достигает 0,1 %. Ураноносные слои (окислы U) располагаются в зоне, примыкающей к зеркалу современных вод.

Микrogenцентры Жуковского узкоэндемичных видов, родственных культурным,

<sup>6</sup> Лаверов Н. П. и др. Зарубежные месторождения урана. М., 1983; Лаверов Н. П. и др. Основы прогноза урановорудных провинций и районов. М., 1986.

также хорошо соответствуют расположению месторождений урана — на Пиренеях, в северной части Африки и на восточном берегу Средиземного моря.

Абиссинский (Эфиопский) очаг (VI) по числу ботанических разновидностей пшениц стоит на первом месте. Однако в последующие годы Е. Н. Синская и П. М. Жуковский установили, что здесь полностью отсутствуют дикие виды не только пшениц, но и ржи, ячменя и овса, т. е. этот центр генетически не первичный, а вторичный. Отсутствие в данном районе месторождений урана также говорит скорее о его вторичности.

Южно-Африканский (Капский) центр (I) был выделен Вавиловым в 1929 г., но в работах после 1931 г. почему-то не упоминался. Находящийся здесь ураноносный район Бофорт-Уэст был обнаружен при воздушной съемке, результаты которой подтвердились при наземной проверке радиационных аномалий. Урановые месторождения связаны с пермскими осадочными породами (содержание урана от 0,001 до 2 %; урану сопутствуют Fe, Cu, Mo, As). Весьма примечательно, что этот небольшой район выделен А. Л. Тахтаджяном<sup>7</sup> и другими ботаниками как особое Капское флористическое царство. Всего их шесть на Земле, и Капское — самое маленькое. Оно, по существу, ничем не отделяется от остальной огромной территории Африки, но тем не менее исключительно своеобразно и генетически разнообразно (около 7 тыс. видов и семь эндемичных семейств). Господствующая растительность — сообщества вечнозеленых склерофильных кустарников, но лесов почти нет, хотя климат вполне подходящий.

Может быть, эта особенность есть результат повышенного радиационного фона? Ведь леса наиболее радиочувствительны, а кустарники и травы значительно устойчивее.

Из Южно-Мексиканского (Центрально-Американского) очага (VII) происходят около 90 пищевых, технических и лекарственных растений, таких как кукуруза, хлопчатник-упланд, ряд видов фасоли, тыквенных, какао, перец, многие плодовые (гвайава, анон, авокадо). На весьма ограниченной территории масса культурных растительных эндемиков, что резко отличает ее от остальной части Северной Америки. К центру формообразования этого очага примыкают урановорудные районы Мексики (Буэно-Виста, Сьерра Пена Бланка и др.) и южной

окраины США (Лайв-Ок, Карнс). Здесь же располагаются микрогенцентры узкоэндемичных видов растений. Месторождения урана приурочены в основном к терригенным зооценовым отложениям, урановые оруденения встречаются также и в миоцен-плиоценовых осадках (содержание урана от 0,1 до 2 %, повышенные концентрации Mo и Se). В Мексике рудовмещающая вулканогенная толща залегает на известняках нижнего мела, рудные тела жильные. Содержание урана кое-где достигает 15 %. Известны урановые оруденения и в олигоценых песчаниках.

К северу от Южно-Мексиканского центра находится исключительно богатое урановыми месторождениями Колорадское плато. Сюда приурочен ряд микрогенцентров узкоэндемичных видов, родственных культурным. По данным Тахтаджяна, этому исключительно богатому ураноносному району соответствует Мадреанское (Сонорское) флористическое подцарство, в составе которого ряд эндемичных семейств и много эндемичных родов (видовой эндемизм достигает 40 %). Все это, по мнению Тахтаджяна, свидетельствует, что флора Мадреанского подцарства очень долго развивалась изолированно. Но, исходя из реальной географической и даже палеогеографической обстановки, такую изолированность трудно себе представить. Возможно, своеобразие и высокий эндемизм растений сформировались здесь благодаря длительной повышенной радиоактивности среды и естественно индуцированному мутагенезу.

Выделенный в 1926 г. Вавиловым Южно-Американский (Андийский) очаг видообразования (VIII) в 1935 г. был разделен на два самостоятельных — на собственно Андийский (VIII) и Чиоланский (VIIIa). В работе 1940 г. на севере к ним добавился еще один центр — Боготанский (3). Таким образом, почти вся горная система Анд составляет обширную область интенсивного видообразования с тремя центрами. Ей полностью соответствует крупная ураноносная провинция Андийского орогена.

К самому северному, Боготанскому центру примыкает ураноносный район Сантандер (Колумбия); к югу от собственно Андийского очага располагается промышленно-ураноносный район Алтиплано (Боливия). К нему приурочено и несколько микрогенцентров узкоэндемичных видов Жуковского. Далее к югу протягивается непрерывная череда урановых месторождений, включающих микрогенцентры узкоэндемичных видов, родственных культурным, и Чиоланский центр видообразования.

<sup>7</sup> Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Л., 1978.



В целом Южно-Американский очаг отличается многообразием эндемичных растений, начиная с оригинальных видов картофеля и кончая клубненосными растениями, свойственными только этой области (анью, улько). Характерны для этого очага и такие животные-эндемики, как ламы и альпаки. Чиоланский центр знаменит как родина обыкновенного картофеля, откуда он и был завезен в Европу.

Бразильско-Парагвайский очаг (2) выделен Вавиловым в 1929 г. и описан в работе 1935 г., но почему-то не показан на карте. Здесь произрастают такие эндемики, как маниок, арахис, какао, каучуковое дерево, парагвайский чай, питанга, фейхоа, гранадилла и др. Этому очагу соответствуют урановородные зоны Посус-ди-Калдас, Железного треугольника, Агостино, Серкадо, Фигейра и др. Ураноносность связана с древними золотоносными конгломератами, щелочными интрузиями, угленосными пермо-карбонными отложениями. В мезозое известны и ураноносные фосфориты. Уран сопровождается Th, Mo, Zr, Au.

В Австралии Вавилов не выделил ни одного очага видообразования. Он отмечал, что до прихода европейцев Австралия не знала почти ни одного вида из широко используемых ныне культурных растений. Позже Жуковский (1969) по новым материалам показал, что Австралия также является источником нового генофонда для селекции некоторых культурных растений — хлопчатника, представленного девятью эндемичными видами, эвкалипта (605 видов), табака (21 вид), померанцевых, акации, клевера. Он выявил на территории Австралии восемь микрогенцентров образования узкоэндемичных видов, родственных культурным. Некоторые из них по своему положению соответствуют выявленным урановородным месторождениям, для других такая связь пока не установлена. Но она и не обязательна, в ряде случаев причиной возникновения микрогенцентров может просто повышенная концентрация урана, не достигающая промышленного уровня.

Все это свидетельствует с несомненностью о приуроченности почти всех выявленных Вавиловым центров интенсивного видообразования культурных растений и многих микрогенцентров происхождения узкоэндемичных видов, родственных культурным, которые выделены Жуковским, к зонам уранонакопления с аномально высокой радиоактивностью среды, что является вполне естественным и понятным с позиций современной радиобиологии и радиогенетики.

Вполне возможно, что именно воздействие единого мутагенного фактора (высокой радиоактивности среды) одновременно на весь комплекс растений способствовало проявлению параллелизма в наследственной изменчивости родственных организмов.

Те естественные причины, которые, по мнению Вавилова, способствовали локализации центров формообразования (оптимальная климатическая зона Земли, разнообразие горных микроклиматов, температур, почв, количества осадков, условия географической изоляции и т. п.), наверное, также оказывали свое влияние на видообразование. Но как в лабораториях генетиков, так и в природе, интенсивное радиационное воздействие было, видимо, наиболее мощным и главным фактором естественно индуцированного мутагенеза, обуславливавшего в течение длительного геологического времени в этих зонах мощный видообразовательный процесс, а значит, и активный естественный отбор.

Урановородных зон на Земле, конечно, больше, чем выявленных центров происхождения культурных растений. Одним из них соответствуют центры видообразования Вавилова, другим — микрогенцентры Жуковского, для третьих наличие центров видообразования не известно. Возможно, что им также соответствуют какие-то пока неизвестные очаги видообразования необязательно культурных, но, может быть, даже плохо изученных диких растений.

Конечно, многое еще предстоит изучить и понять, например, почему в одном центре формировались мелкоцветковые и мелкосемянные, а в другом — крупноцветковые и крупносемянные растения, полиплоиды или клубненосные растения и т. п.

Какие поглощенные дозы радиации, в течение какого геологического времени и количества поколений организмов вызывают тот или иной суммарный генетический эффект; каково влияние на этот процесс аномально высоких концентраций тяжелых металлов и некоторых других токсичных элементов в этих зонах — все это вопросы для дальнейших исследований.

Ответить на эти и другие вопросы помогут детальные комплексные исследования в центрах видообразования и уранонакопления с участием геологов, геохимиков, биологов широкого профиля, ботаников, генетиков и экологов. Используя эти возможности, можно подняться на более высокий уровень понимания проблемы, основы которой были заложены Н. И. Вавиловым.

# Новая составляющая радиационного пояса Земли

Н. Л. Григоров, М. И. Панасюк



Наум Леонидович Григоров, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Основное направление работ — физика космических лучей.



Михаил Игоревич Панасюк, доктор физико-математических наук, директор и заведующий отделом космофизических исследований того же института.

**О**БНАРУЖЕНИЕ новой составляющей радиационного пояса, о которой пойдет речь, явилось неожиданным результатом измерений потоков ядер космических лучей (углерода, азота, кислорода) небольших энергий в нижней части магнитосферы. Необходимость таких измерений диктовалась тем, что до недавнего времени сведения о таких потоках в нижней части магнитосферы оставались весьма фрагментарными. Не были известны ни их интенсивность, ни энергетический спектр, ни воздействие на них солнечной активности.

Если же учесть, что ядра небольших энергий (порядка 4—20 МэВ/нуклон) вследствие значительных удельных потерь энергии в веществе могут оказывать негативное воздействие на поверхностные покрытия космических аппаратов, а также на оптику и микроэлектронику, то изучение этих потоков приобретает и практическое значение.

Наша группа с конца 1984 г. начала систематические измерения потоков ядер C, N, O на спутниках серии «Космос», оказавшихся наиболее подходящими для таких задач: их орбиты лежали в нижней части магнитосферы на высотах 200—400 км и охватывали большой диапазон широт. Разработанные для решения многих народнохозяйственных задач, они запускались систематически и достаточно часто, летали около двух недель и возвращались на Землю. Это дало возможность применить диэлектрические трековые детекторы, позволявшие определять заряд, энергию и направление прихода каждой зарегистрированной частицы. В результате таких систематических измерений был получен экспериментальный материал, анализ которого привел к открытию, обсуждаемому в статье.

Чтобы читателям была понятна особенность образования радиационного пояса Земли из ядер космических лучей, придется напомнить основные сведения о нем.

Все известные до настоящего времени частицы радиационного пояса можно разделить на две группы: одна образовалась

в процессе взаимодействия первичных космических лучей с атомами атмосферы, другая — за счет ускорения частиц в магнитосфере.

Рассмотрим сначала первый механизм. Галактические космические лучи — атомные ядра, обладающие большими энергиями и сталкивающиеся с атомами атмосферы на высотах в десятки километров над уровнем моря. В результате таких столкновений рождаются  $\pi$ - и  $K$ -мезоны, а ядра-мишени разваливаются на протоны и нейтроны. Нейтроны летят во все стороны и обладают большой проникающей способностью; часть из них вылетает обратно в космическое пространство.

Свободные нейтроны — частицы нестабильные. Их среднее время жизни около 20 мин. В полете они распадаются на протон, электрон и антинейтрино. Причем почти вся энергия нейтрона передается протону. Когда распад нейтрона происходит в магнитосфере, геомагнитное поле «заставляет» образовавшийся протон двигаться по спиралевидной траектории вокруг силовой линии. При радиусе кривизны траектории протона (ларморовский радиус), много меньшем радиуса кривизны магнитной силовой линии, движение частицы подчинено условию

$$B/\sin^2\alpha = \text{const},$$

где  $B$  — напряженность магнитного поля в данной точке траектории,  $\alpha$  — питч-угол, т. е. угол между  $V$  и скоростью частицы  $v$ . Точка на магнитной силовой линии, в которой этот угол достигает значения  $\pi/2$ , называется зеркальной. Дойдя до нее, частица начинает движение в обратном направлении. В условиях, при которых зеркальные точки соответствуют большим высотам, где плотность атмосферы мала, частица в зеркальных точках многократно отражается, т. е. оказывается в магнитной ловушке — захватывается магнитным полем Земли. Распадом нейтронов и обусловлен радиационный пояс из протонов высокой энергии (до нескольких сотен МэВ).

Обратимся теперь к другому механизму образования радиационного пояса — ускорению частиц в магнитосфере. На большом удалении от Земли (6—8 земных радиусов) магнитосфера содержит много ионов разных элементов: водорода, гелия, углерода, кислорода и т. д., а также свободные электроны. Под влиянием возмущений геомагнитного поля, вызываемых непрерывно набегающими потоками солнечного ветра, ионы переносятся к Земле. При таком переносе они увеличивают свою энергию до десятков МэВ, заполняют магнитосферу и образуют радиационный пояс.

Как видно, второй механизм качественно отличается от первого. Поэтому имеет смысл разделить частицы, «населяющие» радиационный пояс, по их происхождению. Это тем более обоснованно, что различие в механизмах происхождения частиц накладывает сильный отпечаток на характеристики их потоков в радиационном поясе: энергию и энергетический спектр, пространственное распределение, временную стабильность.

Итак, радиационный пояс Земли содержит две составляющие: одна — это частицы, ускоренные в магнитосфере, вторая — частицы, рожденные первичными космическими лучами в результате столкновений с атомными ядрами атмосферы. В одном случае частицы уже были «заготовлены» и только увеличили свою скорость в магнитосфере, в другом — родились при столкновении сразу с той энергией, с которой захватываются и долго существуют в поясе.

Та составляющая, о которой речь пойдет ниже, своим происхождением не обязана ни первому, ни второму процессам. Поэтому ее следует выделить как новую, чтобы подчеркнуть особый механизм образования и специфику ее характеристик.

Эта составляющая образована ядрами кислорода в космических лучах, которые из межпланетного пространства проникают достаточно глубоко в магнитосферу, захватываются магнитным полем Земли и образуют поток захваченных частиц.

Как уже отмечалось, в космических лучах есть ядра водорода (протоны), гелия, углерода, азота, кислорода и других элементов. Они глубоко проникают в магнитосферу (многие доходят и до Земли), однако не захватываются геомагнитным полем. Чтобы такой захват произошел, частица, находясь в поле, должна либо резко уменьшить свой импульс, либо столь же резко увеличить электрический заряд.

Наблюдая частицы кислорода, захватывающиеся магнитным полем Земли, можно прийти к выводу, что они отличаются от обычных ядер кислорода в космических лучах и именно это отличие обеспечивает возможность захвата. Чтобы изучить этот феномен, необходимо было решить следующие задачи: установить тождественность частиц кислорода, регистрируемых вне магнитосферы и внутри нее; выявить их особенности, ведущие к их захвату геомагнитным полем; доказать, что наблюдаемые потоки частиц кислорода действительно захвачены магнитным полем.

Ниже кратко рассказывается, как были решены эти задачи.

## ИЗУЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ

Учитывая особенности спутников «Космос», в качестве измерительных инструментов мы выбрали стопки диэлектрических трековых детекторов, представляющих собой тонкие слои диэлектрических материалов: стекла, слюды, нитрата целлюлозы, лавсана, триацетата и т. п. Заряженная частица, проходя через такой материал, разрушает его структуру вдоль своего пути, причем тем сильнее, чем выше удельные потери энергии на ионизацию ( $-dE/dx$ ). В агрессивных растворах скорость травления подобных материалов в разрушенных местах оказывается больше, чем в неповрежденных. В результате вдоль следа частицы с поверхности слоя образуется конус, высота которого  $l$  зависит от значения  $dE/dx$ . Если частица прошла слой насквозь, то образуются два конуса: один — у входа частицы в слой, другой — у выхода из слоя. В стопке из нескольких слоев после химической обработки по протравленным конусам можно проследить путь частицы, а измерив величину  $l$  на разных расстояниях от места остановки в каком-либо слое — определить заряд частицы и ее энергию.

В измерениях на ИСЗ «Космос» наша группа использовала стопки из четырех-шести слоев нитрата целлюлозы. Слои толщиной 0,1 мм и площадью 20—50 см<sup>2</sup> размещались на поверхности спутника в специальных контейнерах и после экспозиции обрабатывались раствором щелочи. Протравленные слои просматривали под микроскопом, и каждый найденный трек прослеживался во всех слоях. У частиц, остановившихся в одном из слоев, измеряли высоту конусов и расстояние до точки остановки, а также углы  $\gamma$  (между проекцией скорости частицы на плоскость слоя и выбранным направлением в этом слое) и  $\beta$  (между скоростью и нормалью к слою).

Достоинства этого метода очевидны: простота, надежность и компактность аппаратуры, не требующей ни энергопитания, ни телеметрии. Это позволило получить почти непрерывный ряд данных о потоках ядер С, N, O за время с 1984 по 1991 г.

Примером могут служить результаты измерения спектров кислорода<sup>1</sup>, полученных нашей группой в 1984—1986 гг. (рис. 1).

Эксперименты эти оказались уникальными: благодаря частым измерениям и их небольшой продолжительности удалось отобрать такие серии измерений, когда не было солнечных вспышек. Результаты измерения вертикального потока ядер кислорода с энергией около 10 МэВ/нуклон в нижней части магнитосферы (приведенные на рис. 2) привлекли внимание американских ученых. По их предложению через НАСА была организована совместная работа нашей группы и ученых из Военно-морской лаборатории США. Комплексные исследования дали возможность сделать выводы, которые не могла бы сделать каждая из сторон в отдельности, основываясь только на своих результатах.

Измерения потоков кислорода вне магнитосферы, проведенные на американском спутнике «IMP-8» в то же время, также приведены на рис. 2. Видно, что с 1985 по 1991 г. интенсивность потока изменилась более чем в 100 раз. Такое изменение, как оказалось, связано с двумя причинами.

Известно, что потоки галактических космических лучей модулируются солнечным ветром. В 1984 и 1991 гг. наблюдалась высокая активность Солнца, в связи с чем интенсивность потоков ядер с энергиями 4—20 МэВ/нуклон снижалась до минимума. В 1987 г. активность Солнца, наоборот, была максимальной и интенсивность достигала максимального значения. Эта модуляция меняет обсуждаемую интенсивность в 6—10 раз. Мы же наблюдали изменение более чем в 100 раз!

Столь большое различие в модуляции характерно именно для потока кислорода и вызвано тем, что в минимуме солнечной активности к кислороду галактических космических лучей добавляется поток так называемого аномального кислорода, интенсивность которого в 10 с лишним раз выше. Из рис. 2 можно сделать вывод об идентичности изменения потоков кислорода, измеренных на спутниках «Космос» и «IMP-8». Эта идентичность временных зависимостей потоков кислорода внутри и вне магнитосферы означает, что в магнитосфере (на спутниках «Космос») регистрировались те же частицы, что и на спутнике «IMP-8» в межпланетном пространстве. Следовательно, и интенсивности потоков, измеренные на обоих типах спутников, должны быть одинаковы.

## ЗАРЯДОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧАСТИЦ АНОМАЛЬНОГО КИСЛОРОДА

Измерения, проведенные с помощью диэлектрических трековых детекторов, дают возможность среди всех частиц отобрать

<sup>1</sup> Grigorov N. L., Kondratyeva M. A., Panasyuk M. I., Tretyakova Ch. A., Zhuravlev D. A. // Proc. 22-th ICRC, Dublin, 1991. SH 5. 1.3.

Рис. 1.  
Энергетические спектры кислорода космических лучей, измеренные в разное время диэлектрическими трековыми детекторами на ИСЗ «Космос». Видно, что энергетическое распределение сильно меняется с изменением солнечной активности.

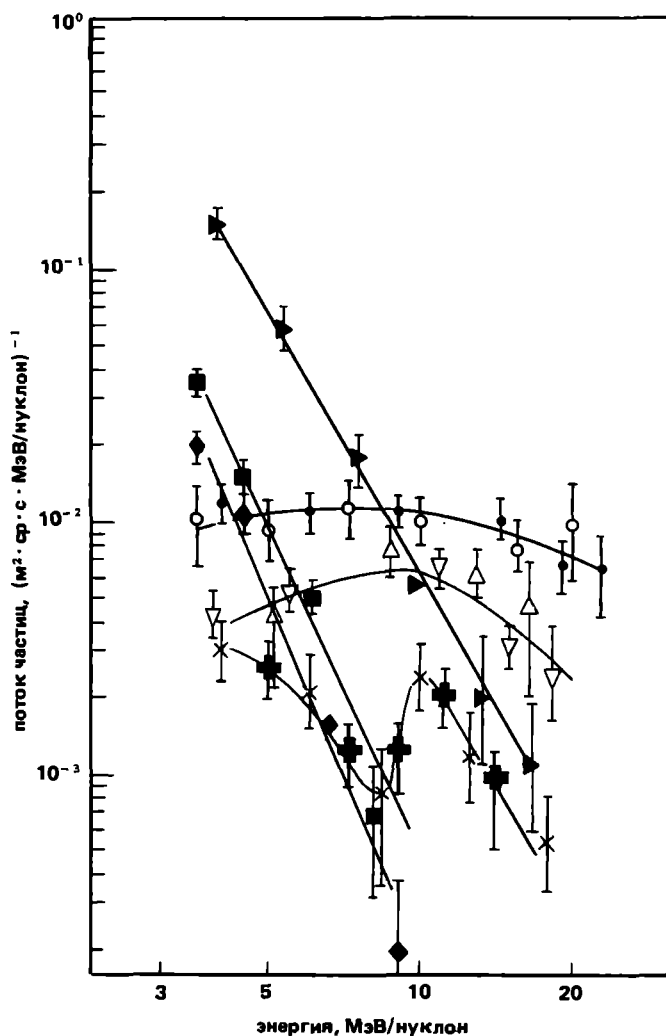
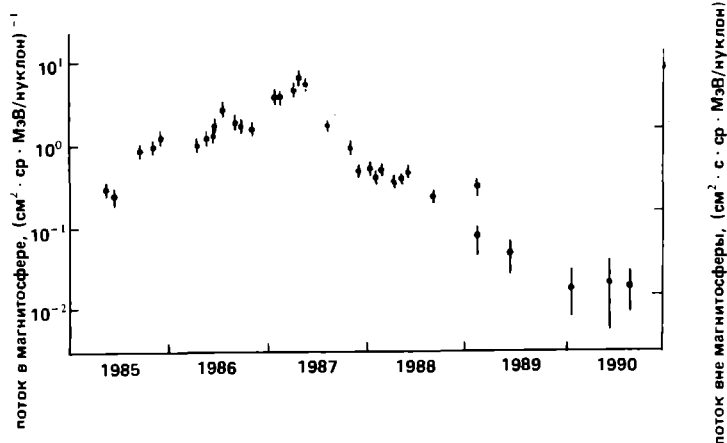


Рис. 2.  
Временные зависимости вертикальных потоков кислорода космических лучей с энергией  $= 10$  МэВ/нуклон, измеренных в магнитосфере Земли на ИСЗ «Космос» и вне ее на ИСЗ «ИМП-8» (ц в е т).



ядра кислорода с заданной энергией и определить число таких частиц, пришедших за время полета спутника  $T_0$  в вертикальном направлении на единицу площади в единице телесного угла. Чтобы определить абсолютный поток, необходимо знать время их регистрации  $T$  ( $T < T_0$ ). В свою очередь, чтобы определить  $T$ , необходимо знать заряд частиц аномального кислорода  $Q$  до их попадания в детекторы, т. е. при входе частиц в магнитосферу. Причина зависимости  $T$  от  $Q$  заключается в следующем.

Магнитное поле Земли искривляет траектории заряженных частиц и может не «допустить» их до того места, где находится регистрирующий прибор. Чтобы частица с зарядом  $Q$  могла дойти в вертикальном направлении до заданного места в магнитосфере на геомагнитной широте  $\lambda$ , ее магнитная жесткость (отношение импульса частицы к заряду  $Q$ ) обязана быть больше так называемой жесткости геомагнитного обрезания, зависящей от геомагнитной широты. Она максимальна на экваторе и минимальна (равна нулю) на полюсе. Поэтому частицы, приходящие из межпланетного пространства с фиксированными импульсами, могут регистрироваться в магнитосфере только в ограниченном интервале широт. Очевидно, что в этом случае время регистрации  $T$  становится функцией магнитной жесткости частицы, т. е. заряда  $Q$  (если отбираются частицы с известным импульсом), а также функцией параметров орбиты спутника. Характер этой зависимости приведен на рис. 3.

Пользуясь зависимостью  $T/T_0$ , рассчитанной для каждой конкретной орбиты, можно определить время  $T$ , в течение которого могли регистрироваться частицы аномального кислорода заданной энергии с тем или иным зарядом  $Q$ . Так, частица кислорода с энергией 4 МэВ/нуклон имеет импульс  $P=1,39$  ГэВ/с. Ее магнитная жесткость при  $Q=8$  будет равна  $1,39:8=0,17$  ГВ, а при  $Q=1$  она равна 1,39 ГВ. Пользуясь приведенной на рисунке зависимостью  $T/T_0$ , получаем, что частицы с магнитной жесткостью 0,17 ГВ регистрируются в течение времени  $T=0,15 T_0$ , а с жесткостью 1,39 ГВ — в течение  $T=0,35 T_0$ .

Очевидно, можно подобрать такое время  $T$  измерения частиц аномального кислорода с энергиями 4—20 МэВ/нуклон, чтобы получить интенсивность их потока, равную интенсивности за пределами магнитосферы, измеренную «ИМР-8». Найденное время  $T$  определит значение  $T/T_0$ , а оно — магнитную жесткость регистрируемых частиц, т. е. их заряд  $Q$ .

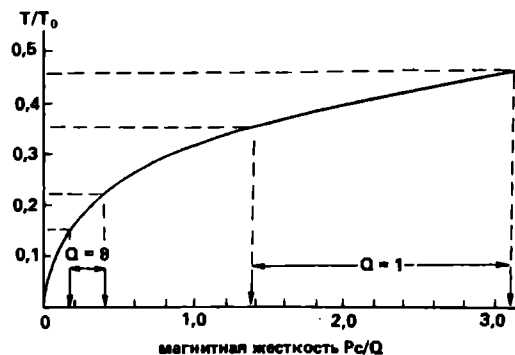


Рис. 3.

Зависимость доли времени, в течение которого в магнитосфере Земли регистрируется вертикальный поток частиц, от их магнитной жесткости. Кривая рассчитана для круговой орбиты на высоте ~300 км и с углом наклона к плоскости экватора  $82^\circ$ .

Пунктирные вертикальные линии ограничивают интервалы жесткости частиц аномального кислорода с энергиями от 4 до 20 МэВ/нуклон зарядом  $Q$ , равным 8 или 1 соответственно.

Такая процедура проводилась для нескольких значений энергии частиц, зарегистрированных диэлектрическими детекторами на спутниках серии «Космос» и приборами спутника «ИМР-8». Полученные значения усреднялись, определяя среднее значение заряда аномального кислорода в данной экспозиции. Всего было 18 экспозиций в спокойное время (без вспышек на Солнце); для каждой экспозиции получено свое значение  $Q$  (средняя величина по всем экспозициям равна  $\langle Q \rangle = 0,9^{+0,3}_{-0,2}$ ).<sup>2</sup>

Итак аномальный кислород — это однократно ионизованные атомы кислорода, приходящие из Галактики. Это подтверждают и измерения, проведенные на зондах «Пионер-10» и «Пионер-11»: интенсивность аномального кислорода возрастала с их приближением к границе гелиосферы.

#### УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ АНОМАЛЬНОГО КИСЛОРОДА В МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

В 1977 г. Дж. Блейк и Л. Фрейзен, объясняя результаты наблюдений ядер с энергиями в десятки МэВ/нуклон на малых широтах в магнитосфере Земли, предположили, что ионы, обладая большой магнитной жесткостью, могут проникать глубоко в магнитосферу, «обдираясь» об остаточную атмосферу, и при подходящемpitch-угле

<sup>2</sup> Адамс Дж. Х. и др. // Космич. исслед. 1991. Т. 29. С. 729; Adams J. H. et al. // Astrophys. J. 1991. V. 375. P. 45—48.

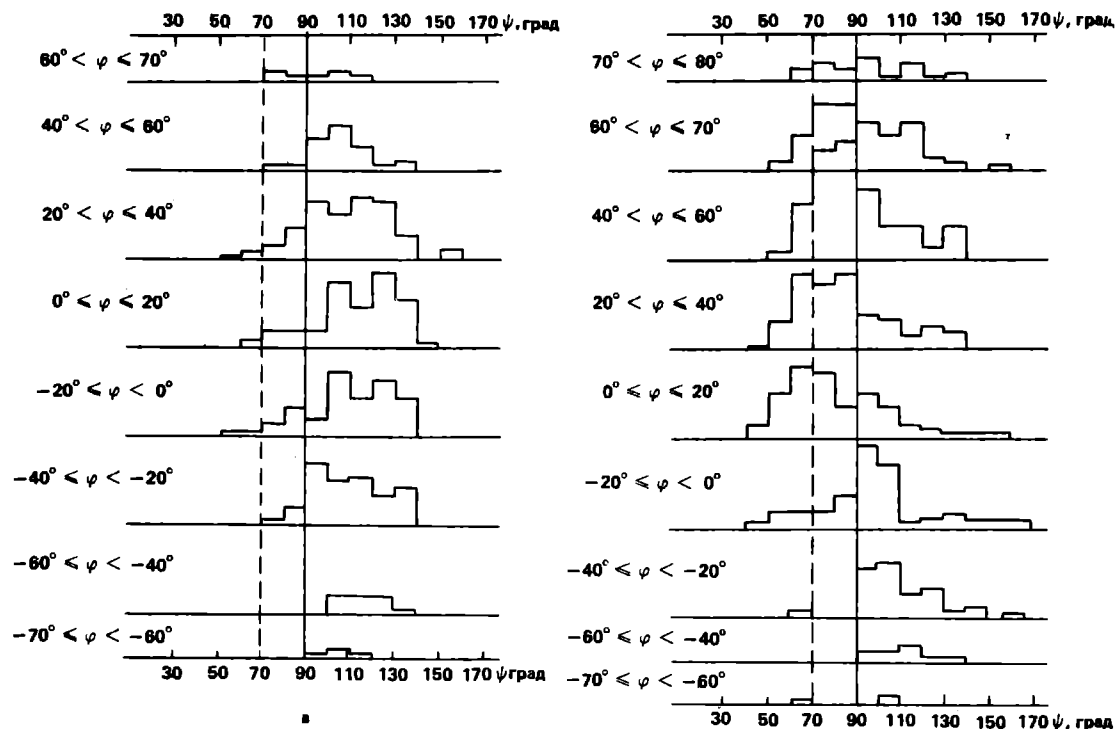


Рис. 4. Распределение частиц кислорода по углу  $\psi$  между скоростью частицы и направлением в зенит (угол  $\psi$  отсчитывается в вертикальных плоскостях для разных азимутов  $\varphi$ ): а — частицы солнечных космических лучей, распределенные изотропно; б — частицы аномального кислорода (пунктир — граница «тени» от Земли).

захватываться магнитным полем, оставаясь долгое время в магнитной ловушке.

Однако вплоть до настоящего времени доказательств того, что такая возможность реализуется, получено не было.

Если такой процесс в действительности имеет место, то в наших условиях наблюдения (небольшие высоты полета ИСЗ «Космос» — около 300—400 км) захваченные магнитным полем частицы можно видеть только в зеркальных точках или вблизи от них. В этих областях частицы должны двигаться по окружностям в плоскости, примерно перпендикулярной магнитному полю, т. е. наклоненной к горизонтальной.

Наши измерения позволяют проверить это предположение, поскольку мы регистрировали частицы, приходящие по всем направлениям. У каждой частицы кислорода, зарегистрированной детекторами, известны углы  $\gamma$  и  $\beta$ , определяющие направление скорости частицы в стопке. Расположение стопки относительно осей спутника также

известно, поэтому направление скорости частицы можно выразить в земных координатах, т. е. через угол  $\psi$  с вертикалью и угол  $\varphi$  в горизонтальной плоскости. Такой пересчет был выполнен для частиц кислорода в солнечной вспышке, распределенных в пространстве изотропно (рис. 4, а), и аномального кислорода (рис. 4, б). На этих рисунках дано угловое распределение частиц в вертикальной плоскости, ориентированной в узком интервале азимутальных углов. Частицы с  $\psi > 90^\circ$  движутся сверху вниз, частицы с  $\psi < 90^\circ$  — снизу вверх. Для частиц, приходящих из межпланетного пространства, углы  $\psi < 70^\circ$  запрещены из-за «тени» Земли.

Как видно, у большинства изотропно распределенных частиц  $\psi > 90^\circ$ ; практически нет частиц с  $\psi < 70^\circ$ . Такая картина наблюдается во всех азимутальных направлениях.

На рис. 4, б для некоторых  $\varphi$  большинство частиц имеет  $\psi < 90^\circ$ , т. е. движется снизу вверх; в других же азимутальных интервалах  $\psi > 90^\circ$ , частицы движутся сверху вниз; немало частиц с «запрещенными» углами  $\psi < 70^\circ$ . Такая картина углового распределения в земных координатах полностью соответствует движению частиц по кругу в плоскости, наклоненной к горизонтальной на некоторый угол  $\Phi$ . По сме-



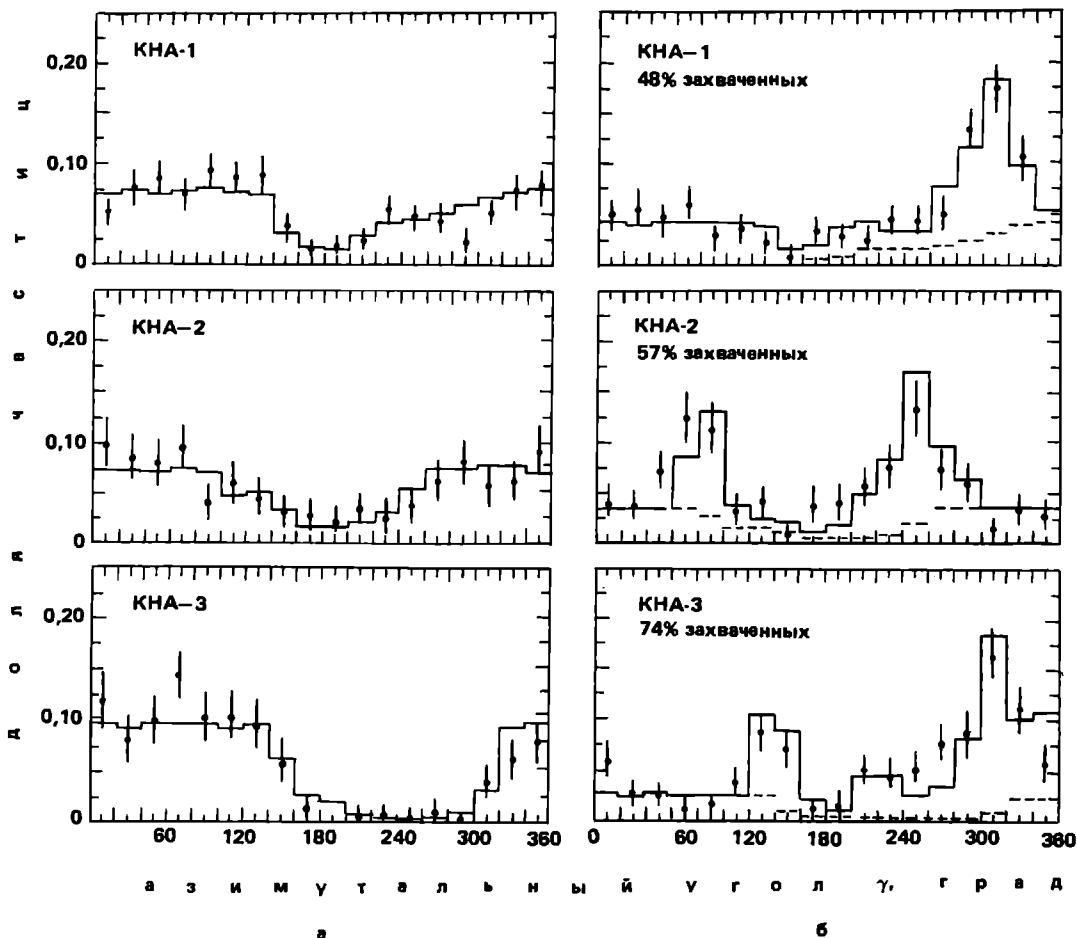


Рис. 5. Угловое распределение частиц кислорода в диэлектрических трековых детекторах, экспонированных в разных контейнерах на ИСЗ «Космос»: а — ядра кислорода солнечных космических лучей с изотропным угловым распределением; б — частицы аномального кислорода (гистограмма — результат математического моделирования, точки — результаты измерений; пунктирная гистограмма — изотропная составляющая потока).

щению максимума в распределении частиц на рис. 4, б относительно  $\psi = 90^\circ$  можно дать оценку:  $\Phi = 20\text{—}25^\circ$ . Если плоскость, в которой вращаются частицы, есть плоскость зеркальных токов, то магнитное поле в ней образует с вертикалью угол  $20\text{—}25^\circ$ . Такому направлению магнитного поля соответствуют геомагнитные широты  $\lambda = 47\text{—}54^\circ$ .

На земном шаре имеется только одно место, где на высотах 300—400 км можно наблюдать захваченные магнитным полем частицы в зеркальных точках, находящихся

в указанном интервале геомагнитных широт. Это — область южной магнитной аномалии между  $35^\circ$  и  $45^\circ$  ю. ш.,  $30^\circ$  з. д. и  $40^\circ$  в. д.

Чтобы количественно оценить долю захваченных частиц аномального кислорода среди всех зарегистрированных, наши американские коллеги Дж. Адамс и А. Тулка провели математическое моделирование углового распределения частиц по углу  $\gamma$  при регистрации изотропно распределенных частиц и частиц, захваченных магнитным полем (когда спутник пролетает над южной магнитной аномалией). Такое моделирование было проведено для стопок, находившихся в разных контейнерах. Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными (рис. 5)<sup>3</sup>.

При регистрации изотропного потока солнечных частиц (рис. 5, а) во всех интерва-

<sup>3</sup> Grigorov N. L. et al. // Geophys. Research Lett. 1991. V. 18. P. 1959.

лах углов  $\gamma$  наблюдается одно и то же число частиц (уменьшение в некотором интервале углов связано с затенением Землей и крыш-кой контейнера).

При регистрации аномального кислорода (рис. 5, 6) в распределении по  $\gamma$  появляются один или два максимума (в зависимости от расположения детектора на спутнике) в интервалах углов, куда попадают частицы, детектируемые в моменты, когда спутник проходит над южной магнитной аномалией. Кроме того, в распределении по  $\gamma$  содержится и часть изотропно распределенных частиц. Это частицы аномального кислорода, детектируемые в областях магнитосферы, куда попадают ионы кислорода с магнитной жесткостью, отвечающей  $Q=1$ . Поэтому интенсивность потока изотропной части распределений по углу  $\gamma$  соответствует интенсивности аномального кислорода в межпланетном пространстве.

В результате математического моделирования выяснилось, что наблюдаемые угловые распределения содержат от 40 до 60 % захваченных частиц в зависимости от времени наблюдения.

Достоверность такой интерпретации углового распределения (рис. 5, 6) подтвердил следующий экспериментальный факт. К концу 1988 г. аномальный кислород в межпланетном пространстве почти исчез и угловое распределение частиц в детекторах стало изотропным. Оставшиеся галактические космические лучи состоят из «голых» ядер, не захватываемых магнитным полем Земли, и имеют изотропное угловое распределение.

### РАДИАЦИОННЫЙ ПОЯС ИЗ АНОМАЛЬНОГО КИСЛОРОДА

Интенсивность  $J$  потока захваченных частиц аномального кислорода можно оценить, сопоставив число захваченных частиц в максимуме распределения  $N_1$  с их числом в изотропной части  $N_2$  и учитывая время регистрации тех и других. При этом отношение интенсивностей захваченных частиц и частиц в межпланетном пространстве составит

$$\frac{J_{\text{захв}}}{J_0} = \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{t_2}{t_1}.$$

В соответствии с данными, приведенными на рис. 5, 6, имеем:  $N_1/N_2=0,2/0,025=8$ . Возвращаясь к рис. 2, можно определить время  $t_2$ . Поскольку ионы кислорода с энергиями порядка 10 МэВ/нуклон регистрируются примерно в течение 40 % времени полета спутника «Космос», то  $t_2=0,4 T_0$ .

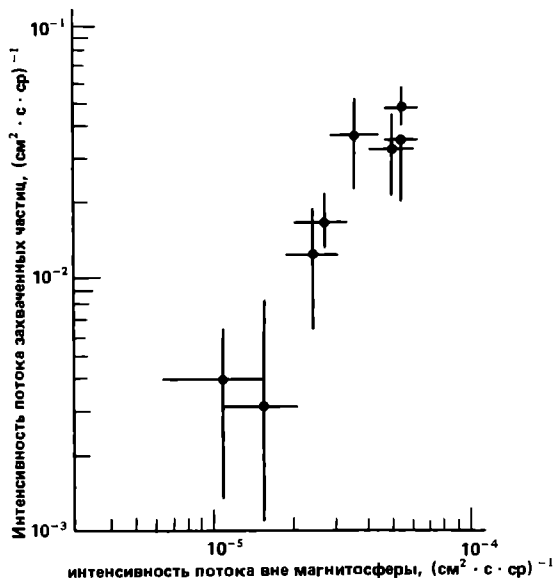


Рис. 6.

Соотношение интенсивностей потоков частиц аномального кислорода вне магнитосферы [данные ИСЗ «ИМП-8»] и захваченных частиц [данные ИСЗ «Космос»] для одних и тех же интервалов времени.

Захваченные частицы регистрируются только в моменты прохождения ИСЗ над южной магнитной аномалией, поэтому  $t_1=0,01 T_0$  и  $J_{\text{захв}}/J_0=8 \cdot 40=320$ .

Из этой оценки и более точных определений интенсивностей, приведенных на рис. 6, следует, что частицы аномального кислорода не только захватываются магнитным полем Земли, но и образуют при этом поток, интенсивность которого в сотни раз выше, чем до захвата в межпланетном пространстве. Такое увеличение возможно только в том случае, когда захваченные частицы накапливаются в магнитной ловушке. А это происходит, если захваченная частица достаточно долго «живет», чтобы за время ее жизни могло захватиться еще много подобных частиц.

Чтобы представить себе, как и где происходит захват частиц аномального кислорода и как из захваченных частиц образуется радиационный пояс, необходимо учесть особенности геомагнитного поля и движения захваченных частиц в нем.

Выше мы отмечали, что захваченные частицы колеблются между зеркальными точками, которые в обоих полушариях находятся на одной и той же геомагнитной широте  $\lambda_{\text{зерк}}$ . Однако наряду с этим частица еще дрейфует вокруг Земли. При этом на

всех долгот сохраняется положение зеркальных точек  $\lambda_{\text{зерк}} = \text{const}$ .

При долготном дрейфе частица все время находится на замкнутой поверхности, охватывающей Землю, — на так называемой L-оболочке (форму этой поверхности можно представить, если магнитную силовую линию вращать вокруг оси земного магнитного диполя). При таком характере движения захваченных частиц каждая последующая зеркальная точка оказывается смещенной в процессе колебаний по долготе относительно предыдущей.

Известно, что геомагнитный диполь не совпадает с центром Земли, а его ось не совпадает с осью ее вращения. Линия зеркальных точек представляет собой окружность, центр которой не лежит на оси вращения Земли. Это приводит к тому, что для Южного полушария в области западных долгот зеркальные точки при  $\lambda_{\text{зерк}} = \text{const}$  находятся на гораздо меньшей высоте, чем в области восточных. Кроме того, магнитная аномалия в Южной Атлантике усугубляет это явление. Поэтому частица, находящаяся на данной L-оболочке и имеющая зеркальные точки на широтах  $\sim 45^\circ < \lambda_{\text{зерк}} < 55^\circ$ , дрейфуя вокруг Земли, ближе всего к Земле будет в области южной магнитной аномалии — все остальные точки ее траектории будут лежать значительно выше.

Что же происходит с захваченной частицей во время ее движения вокруг Земли?

Плотность земной атмосферы меняется с высотой по экспоненциальному закону, а захваченные частицы тормозятся об атмосферу в основном в зеркальных точках и прежде всего на тех долготах, где эти точки находятся на минимальных высотах. Учитывая это, нетрудно установить, где и как проходит процесс «обдирки» ионов аномального кислорода и их захват в магнитную ловушку.

Чтобы ион кислорода с энергией в десятки МэВ/нуклон потерял все свои электроны («ободрался»), ему достаточно пройти слой вещества «толщиной»  $x_{\text{обд}} \approx 10^{-5} \text{ г} \times \text{см}^{-2}$ . Для захвата частицы аномального кислорода ион кислорода с зарядом  $Q=1$  должен пройти такое же количество вещества. При этом он, сталкиваясь с атомами остаточной атмосферы (этот процесс будет эффективно проходить там, где плотность атмосферы порядка  $10^{-13} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ , т. е. на высотах  $\sim 250 \text{ км}$ ), теряет свои электроны. Траектория частицы уподобляется спирали с уменьшающимся по мере потери электронов (увеличением заряда) радиусом кривизны. Если скорость частицы первоначально была

перпендикулярна магнитному полю Земли там, где происходил процесс потери электронов, то эта спираль будет лежать в плоскости, перпендикулярной полю. Когда же частица потеряет все свои электроны и ее траектория превратится в круг, частица окажется в зеркальной точке (магнитной ловушке) и дальше будет двигаться как захваченная.

Если «обдирка» и захват частиц аномального кислорода происходят в области южной магнитной аномалии на высотах, где плотность атмосферы составляет  $10^{-13} \text{ г} \times \text{см}^{-3}$ , частица, отражаясь в зеркальной точке, проходит количество вещества около  $2 \cdot 10^{-5} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$ . Ее зеркальные точки при дрейфе нигде не опустятся ниже, и она будет тратить свою энергию на ионизационные потери только в области наименьших высот, т. е. там, где была захвачена, причем лишь раз за оборот вокруг Земли. У ядер кислорода с энергией 10 МэВ/нуклон полный пробег в атмосфере порядка  $4 \cdot 10^{-2} \text{ г} \times \text{см}^{-2}$ . Поэтому такое ядро сможет  $2 \cdot 10^3 (4 \cdot 10^{-2} / 2 \cdot 10^{-5})$  раз обернуться вокруг Земли, т. е. будет «жить» много часов.

Из-за длительного времени жизни захваченные частицы аномального кислорода накапливаются в космическом пространстве и образуют поток, интенсивность которого в сотни раз выше, чем в межпланетном пространстве.

Поскольку процесс образования этой составляющей радиационного пояса Земли качественно отличается от двух других процессов, которые формируют известные компоненты пояса, то составляющую из аномального кислорода космических лучей следует считать третьей. Ее обнаружение имеет важное значение для будущих исследований космических лучей, так как захват ионов и формирование из них потоков с интенсивностью в сотни раз большей, чем в межпланетном пространстве, позволяют искать в космических лучах ионы других элементов, потоки которых настолько малы, что недоступны непосредственной регистрации в межпланетном пространстве.

Ионы в космических лучах — новый феномен, связанный с близкими к Солнцу источниками космических лучей. Поэтому исследования ионной составляющей космических лучей предоставляют пока единственную возможность выделить из всего потока галактических частиц те, которые возникли вблизи Солнечной системы, и с их помощью изучать свойства близких к ней источников космических лучей.

# Естественно-исторические коллекции и охрана природы

И. Я. Павлинов,  
кандидат биологических наук  
О. Л. Россолимо,  
доктор биологических наук  
Зоологический музей МГУ  
Москва

**Ч**ЕЛОВЕЧЕСКАЯ культура, понимаемая в самом широком смысле, как и всякая развивающаяся система, исторически многослойна. В ней существуют и новые элементы, знаменующие собой (как принято считать) прогресс человечества, и старые, появившиеся на предшествующих этапах развития. В силу известного «эффекта последнего вагона» всевозможные приоритеты отдаются именно первым («передний край»), вторые же («вчерашний день») оттесняются на задний план, их вынуждают адаптироваться к новым условиям или обрекают на «вымирание». К числу таких «неприоритетных» слоев культуры относится, в частности, коллекционное дело, задача которого — развитие естественно-исторических коллекций.

В начале мая 1992 г. в Мадриде проходил очередной Международный симпозиум по хранению и консервации естественно-исторических коллекций, на котором довелось присутствовать и авторам этой заметки. Симпозиум проводился в преддверии конференции ООН по окружающей среде и развитию, в рамках которой должна была быть подписана межправительственная Конвенция по сохранению биологического разнообразия. Этот документ, призванный определить глобальную стратегию природоохранного движения на ближайшие десятилетия, делает приоритетными те сферы человеческой деятельности, которые связаны с изучением и сохранением биоразнообразия. И это, в свою очередь, очень важно для естественно-исторических

коллекций, ибо изучение таксономического разнообразия всегда было неразрывно связано с музеями и хранящимися в них коллекциями.

В связи с этим одна из основных задач организаторов симпозиума состояла в том, чтобы «вписать» в природоохранную стратегию деятельность естественно-исторических музеев. В соответствии с этим основной акцент был сделан на организационных проблемах, и потому докладчиками на пленарных заседаниях оказались преимущественно администраторы. По этой же причине часть мадридской встречи была оформлена как Первый всемирный конгресс (под тем же названием, что и симпозиум), который принял резолюцию, обращенную к официальным структурам, курируемым ООН.

Материалы симпозиума показывают, что сегодня развитие коллекционного дела, и особенно его практические аспекты, приобретают первостепенное значение. Времена, когда коллекции могли держаться на голом энтузиазме, похоже, безвозвратно прошли. Современные коллекции стали настолько большими (по некоторым оценкам, в них сосредоточено более 2 млрд. единиц хранения), что их хранение требует очень больших денег, которые нужно суметь раздобыть и с умом потратить. В этой связи вполне понятно «засилие» американцев в постановке и способах решения проблем, обсуждавшихся на симпозиуме: придание коллекционному (и вообще музейному) делу некоторых черт бизнеса, похоже, как раз и позволило, сделать так, что естественно-исторические коллекции в Северной Америке сегодня отвечают более высоким стандартам, нежели

в Европе.

Суть официальной резолюции симпозиума и конгресса можно подытожить следующим образом. Естественно-исторические коллекции — один из важнейших и незаменимых источников информации о биоразнообразии, изучение которого неизбежно связано с сохранением существующих и накоплением новых коллекций. Согласование коллекционной и природоохранной деятельности неизбежно потребует новой стратегии регулируемого пополнения коллекций. Специального внимания заслуживает разработка новых технологий сбора, препарирования, защиты и реставрации коллекций, которые позволили бы сохранить музейные экземпляры в состоянии, минимально отличающемся от естественного. Для координации деятельности их кураторов в международном масштабе, содействия обмену информацией между ними, поддержания их инициатив рекомендовано учредить Международный совет по коллекционным ресурсам, который станет сотрудничать с другими международными организациями. Необходимо помочь региональным центрам сохранить коллекции, возможно, под эгидой национальных центров по биоразнообразию. В этой связи особое внимание отводится развитию коллекций в тропиках, где биоразнообразие максимально, а условий для создания коллекций почти нет. Нужно также создать учебные региональные центры, которые, как и все музеи, имеющие коллекции, должны быть связаны единой компьютерной сетью и содержать данные о коллекциях и средствах их сохранения. Университеты призваны поддерживать учебные курсы по подготовке биологов для работы в области систематики и коллекционного дела. Большая роль отводится популяризации идеи современных естественно-исторических коллекций — для чего и как они хранятся. Вообще же, музеи естественно-научного профиля по самой своей сути могут и должны стать своего рода центрами по воспитанию у населения необходимого понимания предмета, задач и средств сохранения биоразнообразия.



РОССИЙСКИЙ ДЕТСКИЙ ЦЕНТР  
РЕКОНСТРУКТИВНОЙ, ПЛАСТИЧЕСКОЙ,  
МИКРОСОСУДИСТОЙ И ЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ

**В Российском детском центре  
реконструктивной, пластической,  
микрососудистой и лазерной хирургии,  
действующем на базе Республиканской детской  
клинической больницы Министерства здравоохранения РФ**

### **ПРОВОДИТСЯ**

*консультативное и амбулаторное лечение  
взрослых и детей с применением лазерных установок,  
пневмомассажа, магнитотерапии и криолечение.*

**ПРИГЛАШАЮТСЯ БОЛЬНЫЕ**, страдающие врожденными и приобретенными сосудистыми заболеваниями, доброкачественными новообразованиями, глазной патологией, заболеваниями опорно-двигательного аппарата, болезнями желудочно-кишечного тракта, повреждениями и заболеваниями периферической нервной системы, рядом урологических заболеваний.

**ПРЕДЛАГАЮТСЯ КОНСУЛЬТАЦИИ** окулиста, травматолога-ортопеда, отоларинголога, сосудистого хирурга, уролога, онколога.

Адрес: Москва, Ленинский проспект, 113.

Республиканская детская клиническая больница МЗ РФ.

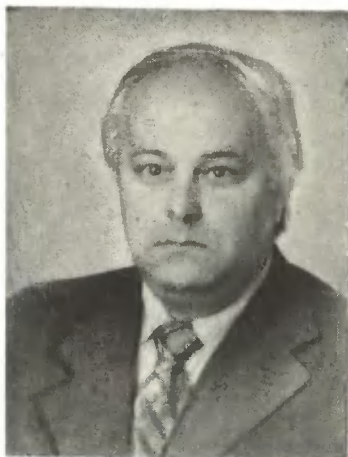
**РОССИЙСКИЙ ДЕТСКИЙ ЦЕНТР РЕКОНСТРУКТИВНОЙ, ПЛАСТИЧЕСКОЙ,  
МИКРОСОСУДИСТОЙ И ЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ.**

Прием ежедневно с 15.00 до 18.00.

Справки и предварительная запись с 10.00 до 18.00 по тел: 936-90-36, 936-94-76.

# Открытие Америки: встреча культур

Я. Г. Машбиц



Яков Григорьевич Машбиц, профессор, доктор географических наук, главный научный сотрудник Института географии РАН, специалист в области экономической географии и страноведения. Проводил исследования в странах Латинской Америки и Азии. Автор многих научных работ, и в том числе монографий: Мексика (М., 1961); Латинская Америка (М., 1969); Урбанизация и территориальная структура хозяйства развивающихся стран (М., 1985). Лауреат Государственных премий СССР.

**12** ОКТЯБРЯ 1492 г. испанская экспедиция под командованием Христофора Колумба достигла о. Сан-Сальвадор из группы Багамских о-вов. Этот день считается официальной датой открытия Америки, и в 1992 г. мировое сообщество отмечает его 500-летний юбилей. Различные международные организации и многие страны мира проводят праздничные мероприятия — конгрессы, конференции, выставки, посвященные этому поворотному событию в истории человечества. Особенно широко юбилей отмечается в Испании и Португалии, государствах

Латинской Америки, на родине Колумба — в Италии, в Ватикане (что связано с приобщением огромных масс коренных жителей Америки к католицизму и с территориальным расширением «христианского мира»).

Однако далеко не все считают эту дату праздничной. Многочисленные организации индейцев Южной и Северной Америки в последние два года неоднократно призывали отказаться от юбилейных празднеств, а провозгласить 1992 г. «годом достоинства и прав индейских народов», мотивируя это тем, что открытие европейцами Нового Света не только положило начало истреблению коренного населения Америки, но и привело к подавлению его самобытной культуры.

По некоторым оценкам, общая численность индейцев в Северной и Латинской Америке к началу 90-х годов XX в. составила около 40 млн. чел. А по расчетам профессора Барселонского университета Ж. Мартинеса-Алиера, численность индейского населения в Латинской Америке сегодня была бы такой же, как нынешнее общее число ее жителей (свыше 400 млн. чел.), если бы не массовое уничтожение после 1492 г.<sup>1</sup>

Выдающийся чилийский ученый и гуманист А. Липшутц (выходец из Латвии) установил, что на протяжении XVI в. численность коренного индейского населения во всех колониях Испании и Португалии сократилась примерно в 20—25 раз и в дальнейшем эта тенденция сохранялась. По этой причине обширные пространства в Южной Америке, особенно бассейн Амазонки, остаются почти безлюдными. Уничтожена и значительная часть коренного населения во всех природных зонах Северной Америки.

Потомки коренного индейского населения Америки имеют подтвержденные законом права по крайней мере на 5 % территории Нового Света. Но это — в теории. На практике же, в повседневной жизни права индейских этнических групп и общин на сельскохозяйственные угодья, леса и воду, ресурсы недр ущемляются почти во всех странах этой части света. В США, например, 266 ин-

© Машбиц Я. Г. Открытие Америки: встреча культур.

<sup>1</sup> Martinez-Alier J. // J. of Latin American Studies. 1991. N 3. P. 624.



Христофор Колумб (1451—1506). Портрет из галереи Джованна де Кома.

дейских племен и 216 общин коренного населения Аляски имеют права на 90 млн. акров, а владеют всего 55 млн. и много лет требуют возвращения незаконно отобранных земель. В Канаде из 275 судебных исков о передаче индейцам земель к началу 90-х годов были удовлетворены только три<sup>2</sup>. В Чили за 150 лет этническая территория народа мапуче уменьшилась в 25 раз. В Мексике 70 % площади лесов по закону принадлежат индейским общинам, но фактически все лесные территории захвачены компаниями. И таких примеров можно привести великое множество.

Между тем, как подчеркивалось на одном из международных антропологических форумов, для потомков коренного населе-

ния Америки земля — это больше чем предмет владения и производства. И поныне она представляет жизненную основу их физического и духовного существования. Вот почему индейцы и северные народы Америки ведут длительную и упорную борьбу за утверждение законных прав на свои этнические территории и их природные ресурсы.

Открытие Нового Света часто называют «завоеванием», «колонизацией», «освоением», «приобщением» и прочими не-радостными терминами. Действительно, у коренного населения Америки есть причины не считать 12 октября 1492 г. праздничной датой: спустя пять веков после открытия Америки оно принадлежит к наименее обеспеченным и наиболее обездоленным слоям американцев. И все же у мирового сообщества есть все основания отметить 500-летие открытия Америки. Такие даты принадлежат

<sup>2</sup> Thein During A. // World Watch. 1991. N 6. P. 8—12.



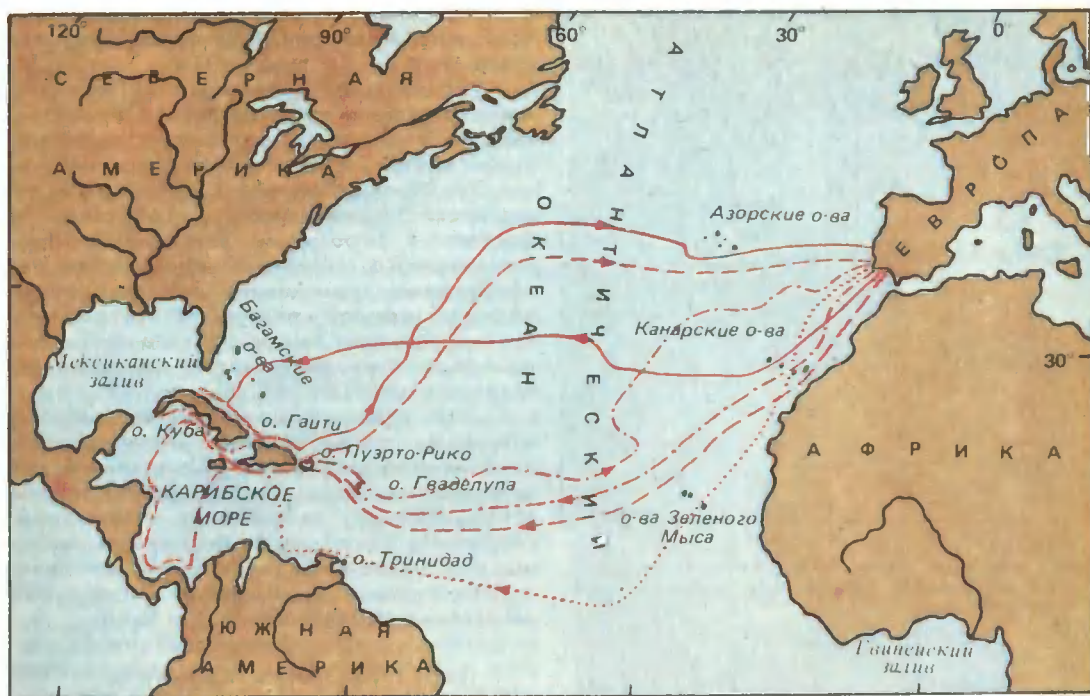


Схема маршрутов четырех экспедиций Колумба.

-  1492–1493 гг.
-  1493–1496 гг.
-  1498–1500 гг.
-  1502–1504 гг.

Высадка Колумба на о. Гуанахуни (Сан-Сальвадор).



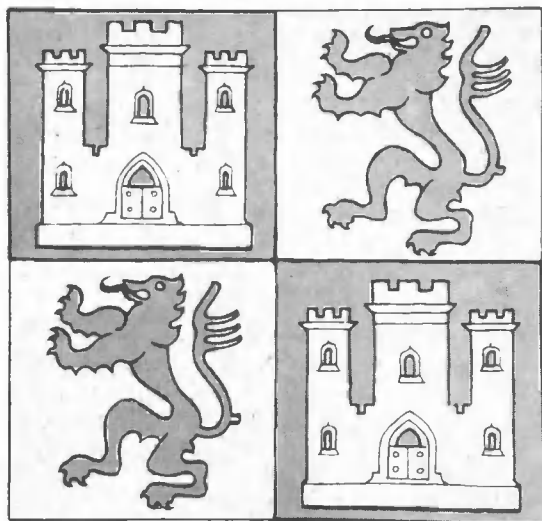
всему человечеству, знаменуя «звездные часы» на его историческом пути.

Открытие Америки положило начало встрече и взаимопроникновению культур Восточного и Западного полушарий, развитию целостного мира. В коллективной оценке этого события, выполненной под руководством выдающегося мексиканского ученого Л. Сеа, подчеркивается также, что оно стало

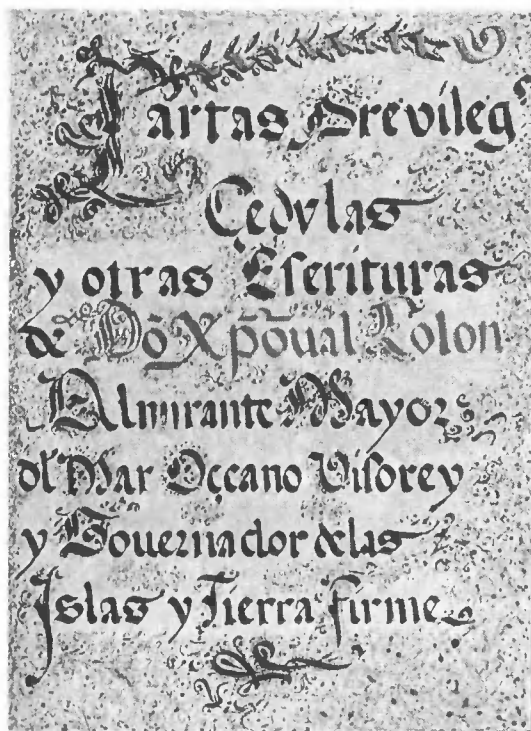
не простым актом взаимного ознакомления, а исходной точкой взаимообогащения культур европейских народов и коренного населения Америки<sup>3</sup>. В этой связи весьма символичным можно считать девиз грандиозной всемирной выставки «ЭКСПО-92» в г. Се-

<sup>3</sup> El descubrimiento de America y su sentido actual. Mexico, 1989.





Флаги испанской короны конца XV в. Такие флаги Колумб водрузил на Кубе и ряде других островов в Карибском море.



Титульный лист сборника писем, записей, распоряжений Колумба, а также текстов прав, дарованных королевской четой Испании «Главному Адмиралу Моря-Океана, вице-королю и губернатору островов и суши».

вилье (Испания) — «Встреча эпох и континентов», приуроченной к 500-летию открытия Америки.

Становление человечества, вся его история связаны с преодолением пространства, с соединением все более усложняющимися связями различных участков ойкумены. Экспедиции Колумба и другие экспедиции эпохи Великих географических открытий привели к огромному расширению пространственных горизонтов человечества. Необыкновенно умножились многосторонние контакты народов и племен, населявших различные регионы Земли. Постепенно начали преодолеваться разделявшие их просторы Мирового океана.

По классификации территориальных открытий, разработанной отечественным историко-географом Н. Г. Фрадкиным, результаты четырех экспедиций Колумба (1492—1504 гг.) относятся к наивысшему, глобальному уровню: были открыты Западное полушарие, часть света, большое количество островов, т. е. огромные и к тому же заселенные территории.

#### БЫЛ ЛИ КОЛУМБ ПЕРВЫМ?

Поиски европейцами океанских путей в сказочно богатые «Индии», откуда в Европу при посредничестве арабских торговцев поступали драгоценности, шелка и пряности, и привели, как известно, к открытию Америки Колумбом. Но был ли Колумб первым? Этому вопросу посвящена обширнейшая научная и научно-популярная литература, и мы не станем здесь углубляться в эту тему.

Напомним только, что существует несколько версий. В конце XIX в. в Бостоне был даже воздвигнут памятник храброму викингу Эрику Рыжему, предводителю европейских мореходов, высадившихся примерно за 500 лет до Колумба на побережье Северной Америки. В 70-х годах нашего века знаменитый путешественник Т. Хейердал пытался доказать, что в древности существовали устойчивые связи народов Полинезии с тихоокеанским побережьем Южной Америки. Достаточно широко прозвучала и «китайская версия» открытия Америки за много веков до Колумба. Она, впрочем, представляется маловероятной. До настоящего времени не обнаружены доказательства дальних океанских путешествий китайских мореходов. Возможно, это связано и с тем, что омываемый океаном Китай с его древними культурными и научными традициями не имеет внутренних морей, подобных Средиземному, Северному и Балтийскому в Европе. Между тем именно в этих «внутриконтинентальных озе-

рах» европейцы овладевали сложнейшим искусством мореплавания, прежде чем выйти в просторы Мирового океана. Эту идею, в частности, изложил в конце XIX в. русский историк и демократ Л. И. Мечников в интереснейшей книге «Цивилизация и великие исторические реки».

Отвечая на вечный вопрос, кто открыл Америку, уместно воспользоваться словами историка и американиста А. В. Ефремова: «...не стоит, пожалуй, открывать Америку без конца... Первозаселение и первооткрытие Америки с запада было сделано безымянными протомонголоидами. О Христофоре Колумбе можно сказать, что он открыл Америку из Европы, что он начал открытие Америки, начал дело, которое затем продолжено было десятками колумбов разных наций и стран и тысячами их спутников, в том числе и «колумбами русскими», продолжившими открытие Америки своими плаваниями и походами со стороны Азии»<sup>4</sup>.

Известно, что в течение многих лет генуэзец Колумб вынашивал идеи достижения берегов Индии. По его представлениям, она должна была находиться где-то западнее юго-западной оконечности Европы. И путь туда вел через просторы Атлантики. Таким образом, Америка была открыта Колумбом в результате географической ошибки, и до конца жизни он был убежден, что открытые им земли, завоеванные для Испании и заселенные «индейцами», и есть та самая Индия, о которой в Европе ходили легенды.

Имеется немало свидетельств того, что Колумб многое знал о путешествиях арабов в Индию и о том, что они достигли Китая<sup>5</sup>. Арабские ученые оставили многочисленные описания природных явлений и объектов, подробные карты, характеристики многих стран и городов, населявших их людей. Это стало еще одним обоснованием замыслов Колумба. Кстати, зная о широких связях арабских купцов с Индией, Колумб включил в состав экспедиции переводчика с арабского языка, и никак не мог понять, почему индейцы не знают этого языка.

Но если исходить из некоторых современных работ китайских историков и географов, то в составе первой экспедиции Колумба должен был бы находиться и некто, знающий китайский язык, поскольку в них утверждается, что Колумб стремился достичь берегов не Индии, а Китая под воздействием книги Марко Поло о путешествии в Китай.



Статуя Колумба у Музея истории Гаваны (бывший дворец испанских наместников на Кубе).

Более того, утверждается, что Колумб ставил главной целью своих экспедиций найти морской путь в один из крупнейших в ту пору портов мира — Цайтун на южном побережье Китая, где существовали колонии арабских, а позднее и европейских купцов. Упоминание этого порта и факта приближения к нему каравелл экспедиции Колумба китайские исследователи будто бы обнаружили в его знаменитом дневнике.

Идеи Колумба о морской экспедиции в западную часть Атлантики «упали» на подготовленную временем и обстоятельствами почву. Европа была крайне заинтересована в расширении торговли с Востоком. Но все сухопутные и морские пути в бассейне Средиземного моря контролировала Турция. Это была своего рода экономическая блокада, сдерживавшая европейскую торговлю и вынуждавшая европейцев искать новые торговые пути. Напомним, что центральные и северные районы Европы только начинали развиваться, а Пиренейский п-ов, освободившийся от арабов во второй половине XV в., играл важную роль в жизни Европы.

Располагаясь на стыке Европы и Афри-

<sup>4</sup> Ефимов А. В. Открытие Америки со стороны Азии. М., 1964. С. 8.

<sup>5</sup> Vincent-Barwood A. // *Aramco World*. 1992. N 1. P. 5.



ки, Средиземного моря и просторов Атлантики и в то же время далеко выдвинувшись в океанскую акваторию, Испания (а впоследствии и Португалия) стала отправной точкой океанских экспедиций Колумба и других выдающихся экспедиций эпохи Великих географических открытий в немалой степени благодаря своему уникальному географическому положению.

Король и королева Испании приняли после длительных колебаний и проволочек условия Колумба, выдвинутые им перед первой экспедицией. (Он требовал не только денег на снаряжение кораблей, но и дворянский титул, звание Адмирала Моря-Океана и Вице-короля открытых им земель с наследованием всех титулов и званий потомками, а также десятой части всех доходов от торговли с открытыми землями.) Испания же испытывала в конце XV в. огромные финансовые трудности. После отвоевания испанских областей у арабов, занявшего несколько столетий, многие цветущие местности в Средиземноморье были опустошены. Изгнание из Испании евреев, также завершившееся в 1492 г., нанесло удар по торговле, ремеслам, банковскому делу<sup>6</sup>. Поэтому крупным банкирам и торговцам Испании, которые содействовали осуществлению честолюбивых пла-

нов Колумба, пришлось по вкусу и его замысел, и девиз «Только на Запад!», т. е. в Индию, поскольку, по международным соглашениям того времени, испанским кораблям путь «в Индию» вдоль побережья Африки был закрыт.

Идею первой экспедиции Колумба поддерживала и католическая церковь, заинтересованная в распространении своего влияния на новые земли и их жителей. Интересно, что в первом договоре между испанской короной и Колумбом цели экспедиции не были определены четко и однозначно. В нем речь шла об «открытии и приобретении некоторых островов и материка в море-океане». Но сам мореплаватель был убежден в том, что морская дорога должна была привести его к «Индиям». Ради этого он проделал полный испытаний и лишений путь почти в 6 тыс. км по просторам Атлантики.

### «ПОБЕДА ТВОРЧЕСКОЙ МЫСЛИ»

Открытый Колумбом материк лотарингский географ и картограф М. Вальдземюллер назвал в 1507 г. Америкой в честь ... португальского морехода Америго Веспуччи (достигшего побережья Бразилии в 1501 г.). 20 мая 1506 г. Христофор Колумб в возрасте 55 лет скончался в испанском городе Вальядолиде, где он жил в нищете и забвении. Его кончина даже не нашла отражения

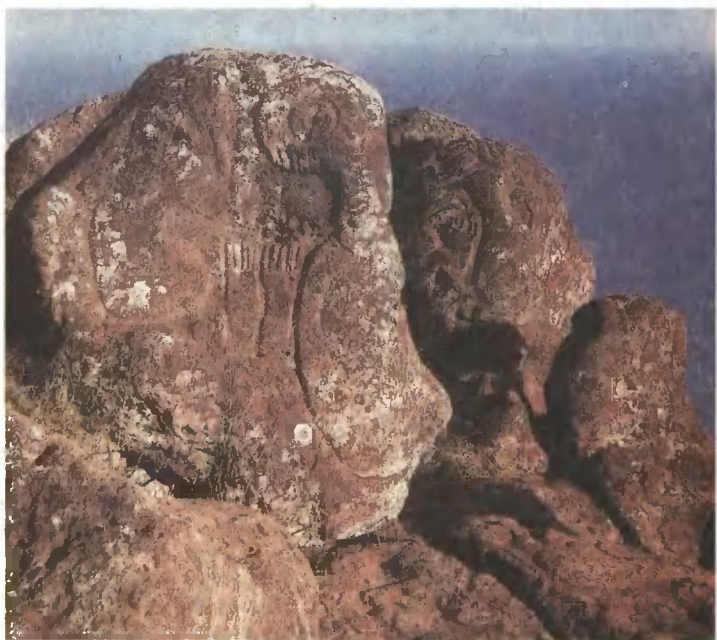
<sup>6</sup> В начале своего знаменитого дневника Колумб записал, что оно было предпринято «после высылки всех евреев».



Старейший католический собор в Америке. Кафедральная площадь в Гаване.



Наскальная живопись индейцев доколумбовой эпохи. Пещера Пунадель Эсте (Кубинский архимедиаг).



Ритуальный центр чилийских индейцев с наскальными изображениями.

в городской хронике. Гроб с его прахом неоднократно перезахоранивали в Испании и на островах открытой им Вест-Индии (в Санто-Доминго и Гаване). По официальным данным, великий первооткрыватель покоится в соборе Севильи (а по слухам — в кафедральном соборе Санто-Доминго).

Подобных нераскрытых и загадочных страниц в его биографии все еще великое

множество. Но, пожалуй, наибольшая загадка — это сама незаурядная личность Колумба. В ней причудливо соединились величие и трагизм, широта научных интересов и религиозный фанатизм, корысть и великодушие человека, стремившегося как-то защитить от уничтожения завоеванные народы.

Колумба никак нельзя считать баловнем судьбы и удачи. Он сам сотворил себя



Сахарный завод колониальной эпохи на Кубе. Рисунок Э. Лапланте. Середина XIX в.

как личность. В самом деле, будучи первую половину своей жизни почти неграмотным, он ценой невероятных усилий стал одним из наиболее просвещенных и образованных людей эпохи Великих географических открытий. Энциклопедист XIX в. А. Гумбольдт утверждал: «Успех, которого добился Колумб,— это победа творческой мысли...»

Выдающийся гуманист испанский священник Б. де Лас Касас, известный своими историческими трудами о первых десятилетиях европейского завоевания Америки, отмечал, что Колумб всю жизнь увлекался трудами по географии и истории. Сам Колумб в 1501 г. писал, что он внимательно изучал труды ученых и путешественников из многих стран. Важно и то, что Колумб действовал не по наитию, а овладел многим из того, что сделали его предшественники в различных областях знания и морского дела.

В частности, он опирался на работы итальянского географа и астронома Паоло

Тосканелли (1397—1482), который пытался доказать существование Азии «к западу от Европы» и обосновать возможность достижения азиатского побережья при плавании в западном направлении. Известный специалист в области истории географических исследований А. Б. Дитмар отмечает, что без путешествий Марко Поло, без результатов ряда других менее известных путешественников «был бы невозможен великий подвиг Колумба, который положил начало коренной перестройке системы географических представлений»<sup>7</sup>. Добавим — и картографических.

В год, когда Колумб отправился в свою первую экспедицию, в Нюрнберге изготовили глобус, на котором были нанесены оба полушария мира. Очертания Нового Света на глобусе отсутствовали. Но уже через несколько лет (около 1500 г.) участник первых двух экспедиций Колумба Хуан де ла Коса (иногда его фамилия пишется Cosa) составил

<sup>7</sup> Дитмар А. Б. От Птолемея до Колумба. М., 1989. С. 240.

карту мира, на которой были изображены земли, острова и моря, открытые испанцами. С тех пор подробность и точность картографических изображений мира и его отдельных частей непрерывно возрастали.

Колумб не только хорошо знал карты и атласы своих предшественников и современников. Многие исследователи считают, что до своего первого путешествия Колумб составил карту Атлантики («Западного» океана, как его иногда называли в средние века). На этой карте западнее Канарских о-вов, часто посещавшихся европейцами, были нанесены различные острова, часть из которых Колумб назвал «Антилией».

Колумб из всех своих многочисленных званий и чинов особенно ценил дарованный ему испанской короной титул «Адмирал Моря-Океана». Известный знаток истории морского дела С. Морисон писал о нем: «Как капитан и навигатор он не знал себе равных среди всех своих современников». Можно согласиться и с таким утверждением: «Христофор Колумб первым победил притяжение суши, притяжение берега. Он первым повел свои каравеллы в неведомый океан»<sup>8</sup>.

В России всегда с уважением и восхищением относились к личности и подвигу Колумба. Его имя стало синонимом понятия «первооткрыватель». Не счесть имен «российских Колумбов», ставших достоянием отечественной и мировой истории и географии.

## ВЗАИМОПРОНИКНОВЕНИЕ КУЛЬТУР

Колумб открыл уже давно заселенную часть света. По некоторым оценкам, к началу нашей эры на Земле жили 230 млн. чел., в том числе в Америке — 4 млн. Среди множества оценок численности коренного населения Америки до начала эпохи Великих географических открытий чаще всего фигурируют 25—27 млн. чел., при этом основная масса населения к началу XVI в. проживала на территории современной Мексики, а также в горных бассейнах Анд.

Экспедиции Колумба, эпоха Великих географических открытий в сильнейшей степени способствовали многократному расширению зон всесторонних контактов и взаимодействия различных этносов, их материальной и духовной культуры. На просторах Западного полушария возникли новые этнокультурные образования. Этот процесс отра-

жает название «Латинская Америка». Обычно название крупного региона определяется его географическим положением (Западная Европа, Ближний Восток, Тропическая Африка и т. п.). В сменявшихся названиях Латинско-американского региона (Испанская Америка, Испанская и Португальская Америка, Индо-Америка, Иберо-Америка и, наконец, уже в XX в. — Латинская Америка) прежде всего отразилась роль «латинских» (испанского и португальского) этнических и культурных элементов в становлении и жизни этого региона<sup>9</sup>.

Выдающийся кубинский писатель А. Карпентьер назвал Латинскую Америку континентом, где встречаются все эпохи. Можно добавить — и многие этносы, и трудовые навыки. То же произошло и в Северной Америке, прежде всего в США. Это соединение дало новый мощный импульс развитию всего человечества, мирового хозяйства и связям между Восточным и Западным полушариями.

Но если «англосаксонская колонизация» была динамичной и масштабной (от Атлантического до Тихого океана), поскольку привлекла в Северную Америку значительное количество неимущих и малоимущих выходцев из всех стран Европы, то в Латинской Америке «иберийская колонизация» не охватила всю территорию. Она распространилась прежде всего на наиболее богатые ресурсами земли и воссоздала свойственное Испании и Португалии крупное малоэффективное латифундистское землевладение. Поэтому здесь были освоены лишь некоторые участки побережья и издавна заселенные индейцами горные бассейны в Андах.

Тем не менее размах испанской и португальской колонизации после открытия Колумбом Америки был значительным. За столетие в XVI в. испанцы прошли в меридиональном направлении всю территорию региона — от Мексики до Магелланова пролива. К 1600 г. из Испании в Латинскую Америку переселилось около 270 тыс. чел.<sup>10</sup> Испанцы и португальцы преодолели многочисленные барьеры высокогорья, бурные, многоводные реки, бескрайние просторы непроходимых тропических лесов. Природа колоний, их огромные пространства сильно от-

<sup>8</sup> Послесл. А. Шумилова к кн.: Ланге П. В. Великий скиталец. Жизнь Христофора Колумба. М., 1984. С. 222.

<sup>9</sup> В нашей стране термин «Латинская Америка» утвердился в конце 20-х годов раньше, чем в большинстве других государств. Ныне все чаще используется название «Латинская Америка и страны бассейна Карибского моря». Это обусловлено получением независимости большой группой бывших островных колоний Великобритании в Карибском море, которые имеют много общего в своей истории и хозяйстве с бывшими испанскими и португальскими колониями.

<sup>10</sup> Butzer Karl W. // Erdkunde. 1991. N 3. P. 206.



Долина Витиньялес на Кубе. Достигнул ее берегов 27 октября 1492 г., Колумб записал, что глаз человека еще не видел более прекрасной земли.

Табачные плантации Вуэльта Абазо на Кубе.

личались от привычных ландшафтов Пиренейского п-ова. Поэтому тема «земли», могущества сил природы занимает большое место в жизни народов Латиноамериканского региона, в их литературе и изобразительном искусстве. Вспомним хотя бы такое направление, как литература «зеленого ада», получившая широкое распространение в тропических странах Америки.

С самого начала колонизации в различных областях Латинской Америки складывался неповторимый синтез европейской и индейских культур и трудовых навыков. Испанцы создали животноводство, чем обогатили сельское хозяйство. Они в широких масштабах развернули и добычу благородных металлов, организовали горное дело. Но испанцы и португальцы, оказавшись в непривычных природных условиях, многому научились у коренного населения, которое тонко чувствовало природную среду, приспособилось к местным условиям. В горных бассейнах

эффективно использовались склоны, орошались обрабатываемые участки. Индейцы обменивались продукцией различных высотных поясов. Здесь сложилась своя подсечно-огневая система земледелия, сохраняющаяся поныне. Многие считают, что в то время она была единственно возможной и наиболее эффективной для выращивания кукурузы, фасоли и других продовольственных культур и давала возможность прокормить не только сельское, но и городское население.

В доколумбовой Латинской Америке существовали многочисленные города, в том числе и крупные. Столица государства ацтеков Теночтитлан (на его месте испанцы построили Мехико) была одним из самых больших городов средневекового мира (около 300 тыс. жителей). Используя сеть индейских городов, европейцы превратили их в опорные пункты колонизации и эксплуатации природных богатств. Постепенно складывался особый тип латиноамериканского города





с прямоугольной планировочной структурой (как в городах Испании и Португалии), с центральной площадью, на которой размещались городское управление и собор.

Но особенно значительный, можно сказать неопределимый, вклад внесла доколумбова Америка в развитие земледелия. В современном растениеводстве мира широко используются свыше 100 продовольственных культур, выведенных в течение многих веков, задолго до первого путешествия Колумба. Среди них многочисленные виды картофеля, томата, хлопчатника, табака, не известные ранее в других частях ойкумены. Немаловажное значение имело и то, что Латинская Америка была родиной кукурузы — ценнейшей по своей питательности зерновой культуры.

Именно в Латинской Америке — в горах Мексики и в Андах — находятся два из восьми центров происхождения культурных растений, очагов зарождения мирового земледелия, открытых выдающимся русским генетиком и географом Н. И. Вавиловым. Исследования Вавилова, его соратников и учеников показали, что возникновение подобных очагов в этих районах обусловлено исключительным разнообразием и мозаич-

ностью природных условий под воздействием вертикальной поясности, их относительной изолированностью, богатым видовым составом флоры.

До сих пор ученые находят в горных бассейнах Мексики, Центральной Америки и в Андах новые, весьма интересные с генетической и селекционной точек зрения разновидности картофеля, зерновых и бобовых культур. Их введение в селекцию дает огромный экономический эффект. Кстати, вспоминая о блестящих экспедициях Вавилова в Латинскую Америку, следует подчеркнуть, что интересы нашего сельского хозяйства в это трудное время требуют продолжения такого рода работ. Они были бы и в интересах отечественной биологии, генетики, геоэкологии, агрономии, а также международного сотрудничества, в котором роль России всегда была весомой.

Немалые перспективы могло бы иметь изучение генофонда тропической зоны Америки и для фармацевтической промышленности. Надо сказать, что с незапамятных времен индейцы широко использовали разнообразную тропическую растительность при лечении ран, лихорадки, болезней сердца и многих других заболеваний. В последние де-

сятлетия установлены возможности получения многих ценных препаратов из растительного сырья постоянновлажных тропических лесов.

В последние десятилетия выясняется и определенное совпадение очагов происхождения культурных растений и расообразования. Как подчеркивал известный антрополог В. П. Алексеев, «оба процесса... протекали на совпадающих географических территориях и поэтому отражали географическую дифференциацию исторического процесса». Он отмечал такое совпадение на территории Мексики, Центральной и Южной Америки, считая, что оно отражает «конкретные результаты культурного преобразования данного участка биосферы». Большое число очагов расообразования в Южной и Центральной Америке по сравнению с Северной Америкой, по мнению Алексеева, «хорошо объясняются исключительным разнообразием экологических ниш и наличием многочисленных очень мощных географических барьеров»<sup>11</sup>. Такими барьерами были, в частности, мощные меридиональные высокогорные системы Кордильер и Анд с их вертикальной поясностью и обширными внутренними высокогорными бассейнами.

Исследования ученых многих стран показали удивительную, своего рода генетическую жизнестойкость потомков коренного населения Америки, умение приспособиться к жизни в Арктике, в горах и на тропических равнинах, в пустынях и полупустынях, в зоне постоянно влажных тропических лесов. Этот бесценный геоэкологический опыт должен стать достоянием всего человечества.

В последние годы в научной литературе по проблемам Латинской Америки проводится мысль о необходимости возврата к индейскому прошлому, к укладу жизни доколумбовой эпохи. Подобный «индейский романтизм» не соответствует реалиям. Вряд ли существовала «полная гармония» между коренным населением Америки и природной средой. На территории современной Латинской Америки индейцы, в течение многих веков практикующие подсечно-огневое земледелие, за много веков до Колумба свели под пашню огромные массивы лесов. Так

началось формирование антропогенных саванн, ныне широко распространенных в регионе. Историю нельзя ни обмануть, ни переписать заново. Более реальным и в конечном счете справедливым делом была бы всесторонняя поддержка экономического, социального и культурного развития коренного населения, защиты этнических территорий его обитания. Такой путь при всемерной поддержке государства и общественности дает возможность многочисленным этносам народов Севера и индейцев полноценно и всесторонне интегрироваться в жизнь национальных сообществ стран Америки.

Современная наука уделяет большое внимание пространственно-временной организации человечества, всех регионов и государств, различных хозяйственно-исторических и этнокультурных образований. Такой подход — не только взгляд в прошлое, но и ключ к пониманию современного многоликого и взаимозависимого целостного мира. 500-летие первой экспедиции Колумба и начала широкого взаимодействия культур Старого и Нового Света — это и знаменательное событие в истории общечеловеческой культуры, единой реки «общечеловеческого опыта» (по определению известного антрополога Я. Я. Рогинского).

«Встречи цивилизаций», их взаимопроникновение — это важная черта всемирной истории и условие соединения различных частей ойкумены. Этот географически выраженный процесс далеко не завершен. Он продолжается с нарастающей интенсивностью и на рубеже II и III тысячелетий. Ныне этот процесс происходит в рамках единой мирохозяйственной системы и, можно сказать, единого экологического пространства.

Канун Великих географических открытий, подвиг Колумба, совпал и с утверждением гуманистического, антропоцентристского начала в философских взглядах эпохи Возрождения. В наши дни идеи общечеловеческих ценностей постепенно берут верх над догматическим классовым подходом к проблемам мирового развития. Как и во времена Христофора Колумба, человечество находится на пороге нового, неизданного и во многом непредсказуемого этапа своего развития в III тысячелетии.

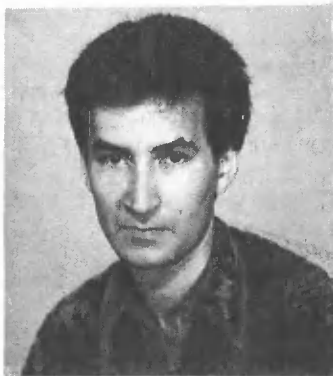
<sup>11</sup> Алексеев В. П. География человеческих рас. М., 1974. С. 41—42.

# Тектоника плит и нефтегазоносность Туранской плиты

П. В. Флоренский, М. К. Акмурадов



Павел Васильевич Флоренский, доктор геолого-минералогических наук, доцент Государственной академии нефти и газа им. И. М. Губкина. Научные интересы связаны с нефтяной геологией, сравнительной планетологией и геологическими аспектами охраны памятников культуры. Неоднократно публиковался в «Природе».



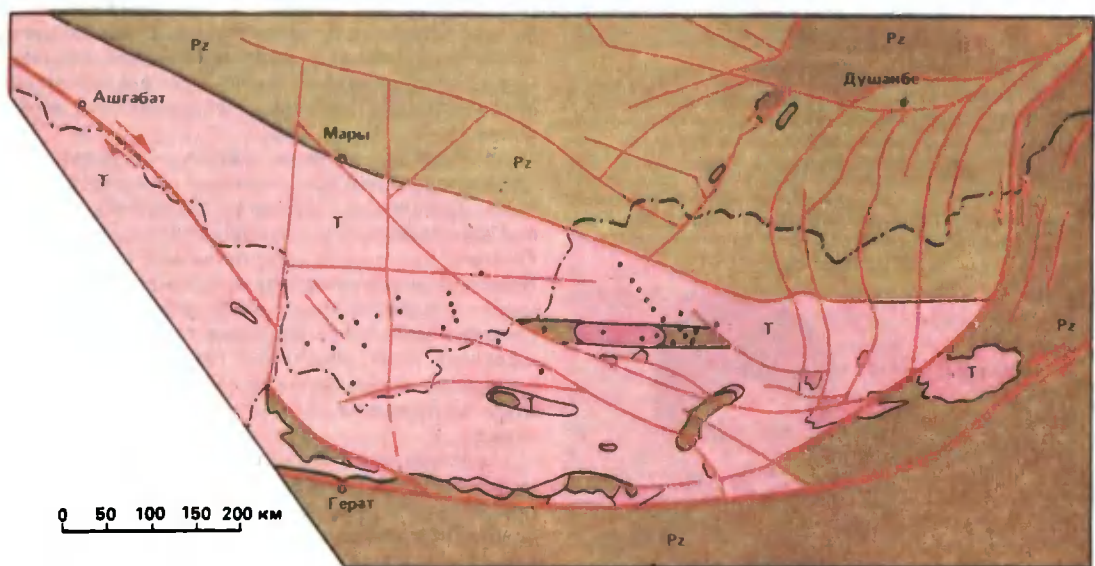
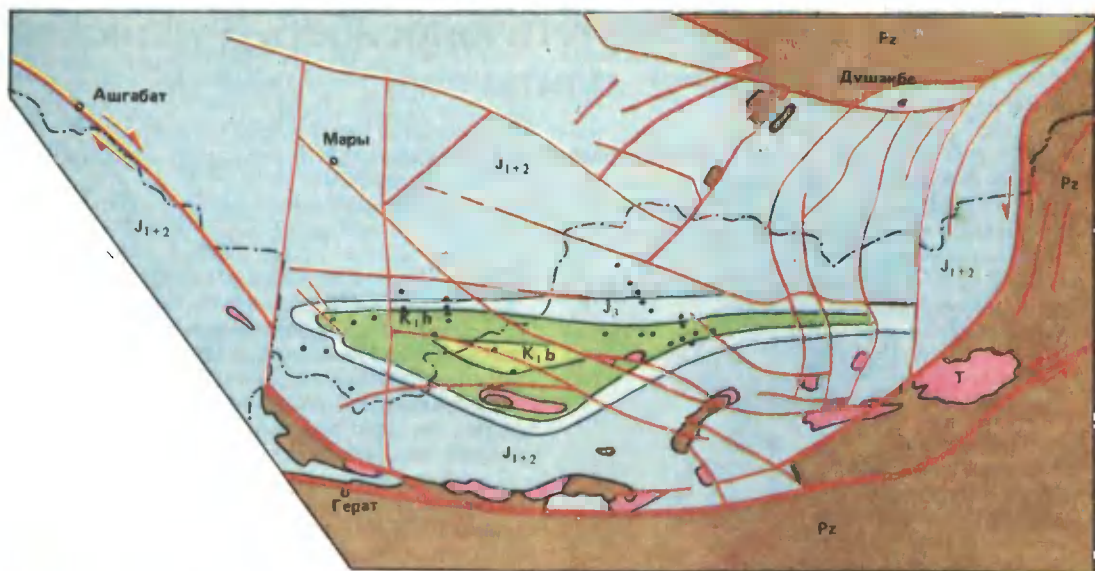
Махтумкули Киясович Акмурадов, научный сотрудник Института геологии АН Туркменистана. Занимается нефтегазоносностью глубокопогруженных отложений и экологическими аспектами нефтегазодобывающей промышленности.

**В** ОДУ, нефть и газ отличает от других полезных ископаемых высокая динамичность — способность преобразовываться и перемещаться достаточно быстро. Это давно поняли геологи-нефтяники и гидрогеологи, создавшие такое научное направление, как подземная гидродинамика, которая возникла, кстати, задолго до геодинамики. Однако исторически сложилось так, что поиски нефти и газа на территории бывшего СССР постепенно сместились из складчатых подвижных областей Кавказа и Закавказья на стабильные платформы — Русскую, Туранскую, Западно-Сибирскую и др. Структуру этих платформ определяют вертикальные унаследованные движения, сохраняющие свою направленность в течение длительного геологического времени.

Правда, залежи нефти, перекрытые образующимися при горизонтальных движениях надвигами, издавна разрабатывались в Предкавказье и Предкарпатье. Но это, скорее, выглядело отклонением от нормы. В целом же переворот в геологии, связанный с возрождением теории А. Вегенера, получившей теперь название тектоники литосферных плит, нефтяной геологии в нашей стране не коснулся — ее интересы не выходили за пределы плит, в зоны их взаимодействия.

И вот недавно новые веяния проникли и в эту область: весной 1992 г. в Москве прошла международная конференция, посвященная геодинамике и нефтегазоносности. Наряду с сообщениями, традиционными для нефтяной геологии, на ней были представлены совсем новые подходы, в которых нефтегазоносные геологические структуры рассматривались как результат интерференции и резонанса волновых процессов. Серия докладов была посвящена тектонике литосферных плит и нефтегазоносности зон их сочленения. Конференция продемонстрировала явный рост интереса геологов-нефтяников к подвижным областям.

В этой статье речь пойдет о некоторых



аспектах проблемы геодинамики и нефтегазоносности. Рассмотрим их на примере юга Туранской плиты, которая на протяжении всего длительного мезо-кайнозойского этапа развивалась в условиях спокойного платформенного погружения, а в конце палеогена неожиданно «активизировалась» в тектоническом смысле. Этот процесс продолжается и поныне.

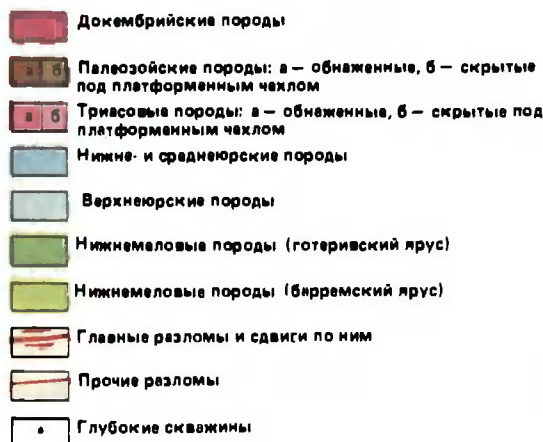
Такой тектонический «всплеск» был вызван тем, что Туранская плита вклинилась своей южной оконечностью между Индостанской и Аравийской плитами. Место их

взаимодействия стало одним из самых геологически активных на планете: близ него выросли высочайшие вершины Памира, Алая, Гиндукуша, образовались многокилометровые предгорные прогибы, которые заполнились грубообломочным материалом, сносившимся с растущих гор.

Вообще, Туранская плита — один из интереснейших геологических объектов. При ее изучении разработаны такие важные геологические понятия, как унаследованность структуры и направленности движений, связь с соседними древними платформами,



Глубинное строение Туранской плиты. Для ее фундамента и платформенного чехла характерны унаследованные отдельные структуры и направленность движений по разломам. Сохранившаяся древняя часть плиты обрамлена молодыми горами, выросшими в результате неоген-четвертичной тектонической активизации. В и з у — палеогеологическая карта доюрской поверхности. В центре территории скважинами вскрыты самые древние докембрийские и палеозойские породы, обрамленные последовательно сменяющимися горизонтами триасовых пород. В в е р х у — платформенный чехол, налегающий на доюрскую поверхность. В центральной части видно длительное время развивающееся поднятие, в своде которого отсутствуют юрские и нижнемеловые отложения. Этот свод смещен к югу от более древнего, триасового, а современное поднятие с обнаженными триасовыми и палеозойскими породами находится еще южнее.



взаимодействие со складчатым обрамлением и реакция на новейшую активизацию. Поэтому анализ современного облика Туранской плиты как единого целого, анализ ее нефтегазоносности с позиций тектоники плит назрел давно.

Признаки нефтегазоносности обнаружены во всех структурах платформенного чехла Туранской плиты, во всех ее стратиграфических подразделениях. Более того, в относительно неглубоко залегающих палеогеновых и меловых отложениях и даже в более погруженных верхнеюрских толщах найдены месторождения углеводородов, разведаны их запасы.

Но все это работы 60-х и 70-х годов. За последние годы на небольших глубинах не было открыто ни одного крупного месторождения углеводородов, да и прирост запасов средних и мелких месторождений незначителен. Поэтому интересы геологов-нефтяников переместились на более глубокие и, соответственно, более древние горизонты: нижне- и среднеюрские, триасовые.

Их мощность на юге Туранской плиты превышает 2—3 км. Практически по всему разрезу здесь обнаружены признаки нефти и газа, а в ряде мест даже установлены небольшие притоки углеводородов.

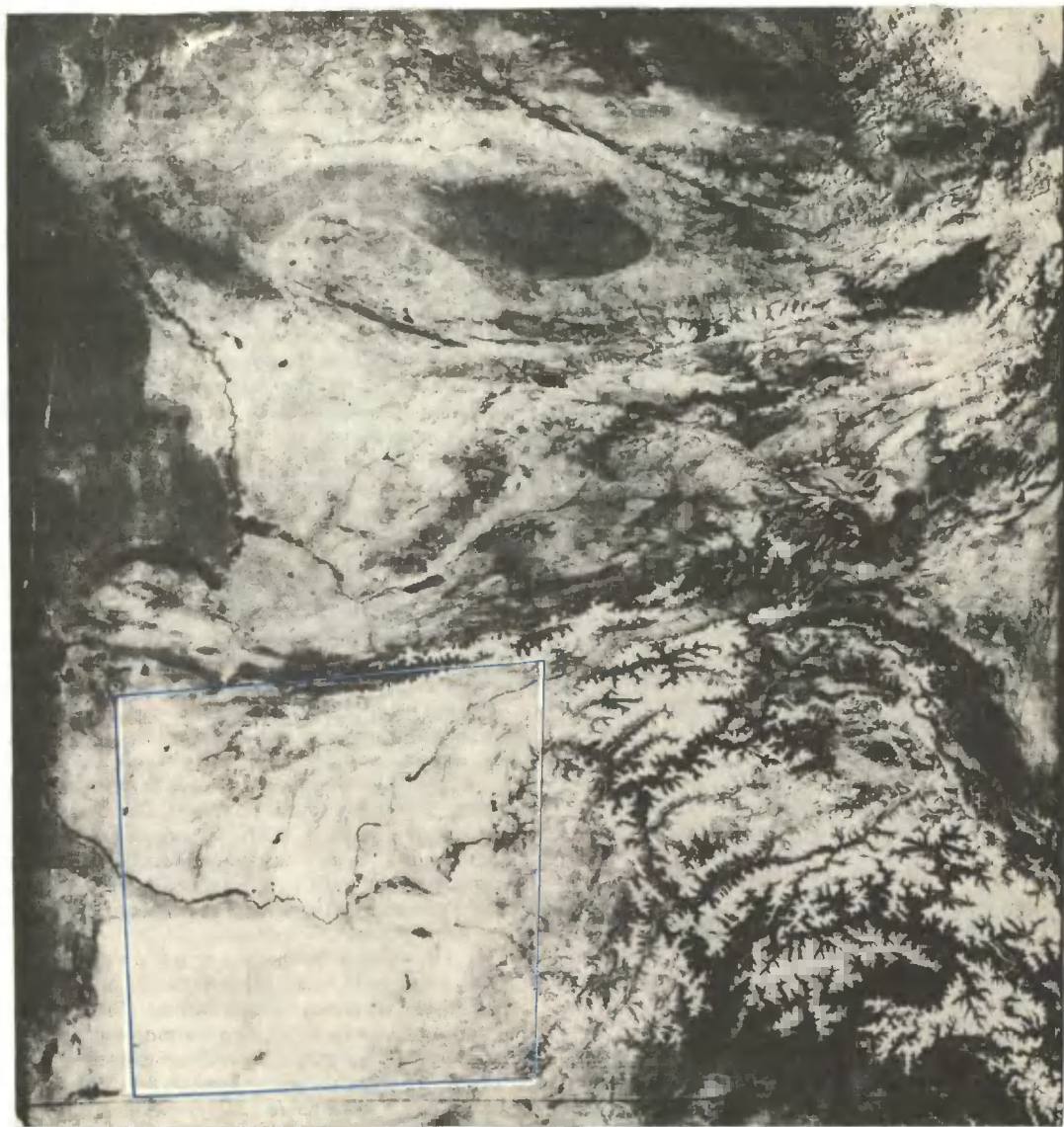
Перспективные на углеводороды триасовые, средне- и нижнеюрские отложения заслуживают более детального анализа. В их истории и истории содержащегося в них органического вещества можно выделить три этапа, принципиально различных по вещественному и энергетическому балансу геолого-геохимических процессов: седиментации, катагенеза и тектонической активизации.

С седиментационным этапом, который пришелся на начало мезозоя, связано первоначальное накопление осадочных пород и содержащегося в них органического вещества.

В конце палеозоя, незадолго до наступления этого этапа, на территории, занимаемой сейчас Туранской плитой, закончилось интенсивное накопление осадков, завершились магматические процессы, прошло несколько этапов складчатости (каледонский и герцинский). В результате сформировался фундамент будущей плиты, которую по времени ее консолидации стали называть эпигерцинской. Определилось и глубинное строение плиты: сочетание ориентированных на запад-северо-запад поднятий и впадин с пересекающими их направленными на север-северо-восток разломами. Эта структурная «канва» (главным образом в виде разломов) будет омолаживаться и проявляться здесь вплоть до настоящего времени, что является одним из признаков унаследованного развития региона.

К началу позднего триаса на территории современных Мургабской впадины и горно-складчатых сооружений Паропамиза и Банди-Туркестана существовал неглубокий открытый бассейн, где сформировалась карбонатная толща мощностью до 500 м, содержащая рифовые постройки. В начале позднего триаса скорость погружения возросла, море стало глубже и мелкообломочный материал с большим количеством органического вещества начал накапливаться интенсивнее. В итоге возникла еще более мощная (2—3-километровая) толща осадочных пород. Ее формирование сопровождалось спорадическими излияниями лав, связанными с активизацией глубинных процессов, что вообще характерно для верхне-триасовых прогибов эпигерцинских платформ, например для такого нефтеносного района, как Мангышлак.

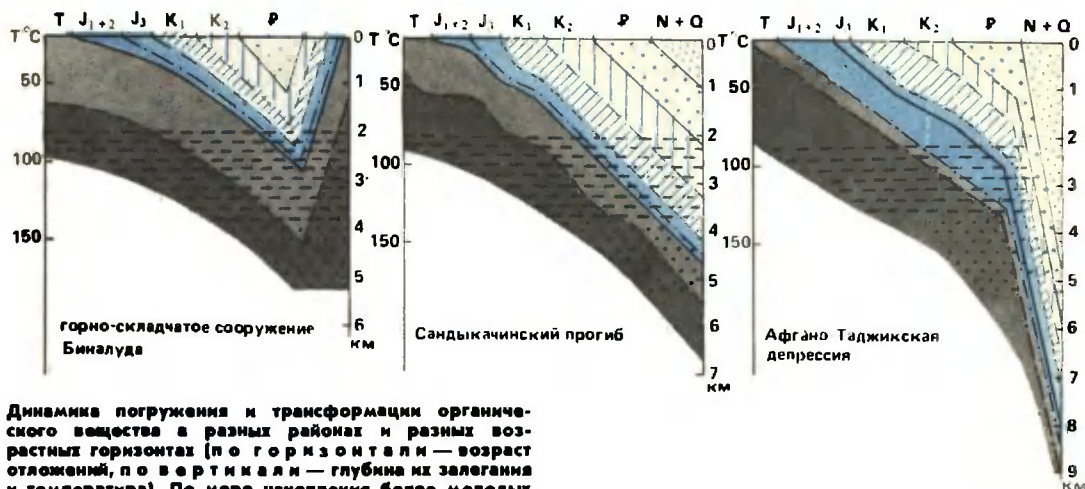
В конце триаса, на заключительной фазе древнекиммерийской складчатости,



Космический снимок Туранской плиты и ее восточного обрамления, полученный со спутника «Метеор-30» в красном свете [рамкой оговорен район, рассматриваемый в статье]. На юге Туранской плиты преобладают пустыни [выделяющиеся на снимке светлым тоном], рассеченные Амударьей. С востока к Туранской плите примыкают складчатые сооружения Памира с хорошо различимыми белыми снежниками. В центре снимка — Ферганская долина, на северо-западе — оз. Иссык-Куль.

когда Северо-Афганская микроплита сблизилась с Амударьинской и Каракумской, породы наиболее прогнутой центральной части территории оказались смяты в складки и инверсионно приподняты. После этого сводовая часть купола разрушилась и прямо на доюрской поверхности обнажились древние отложения — вплоть до докембрийских.

Несколько позже окончательно установился платформенный режим, контрастные движения «стихли», рельеф выровнялся. В это время на всей территории от



Динамика погружения и трансформации органического вещества в разных районах и разных возрастных горизонтах (по горизонтали — возраст отложений, по вертикали — глубина их залегания и температура). По мере накопления более молодых осадков нижнемезозойские толщи погружаются, проходя при этом стадии нефте- и газообразования. В дальнейшем залежи углеводородов ожидает разная судьба: либо породы выходят на поверхность и при этом углеводороды разрушаются (горы Биналуд в Иране), либо залежи сохраняются (Сандыкачинский прогиб в Туркменистане), либо при погружении на глубины свыше 5—7 км углеводороды метаморфизуются или мигрируют в вышележащие толщи (Афгано-Таджикская депрессия).

## Породы:

- палеозойские
- триасовые
- нижне- и среднеюрские
- верхнеюрские
- меловые
- палеогеновые
- неогеновые
- Зона нефтеобразования
- Зона газообразования

Кавказа до Центральной Азии климат стал влажным и жарким, повсеместно начали формироваться коры выветривания гумидного типа, вплоть до бокситоносных. В дальнейшем именно коры выветривания станут горизонтом, разделяющим нефтегазоносный комплекс нижнего мезозоя.

В самом начале юры, во время планетарной юрской трансгрессии, морской бассейн стал постепенно разрастаться, наступая на сушу и перекрывая породы кор выветривания. При этом осадки, как и в верхнем триасе, накапливались в восстановительных

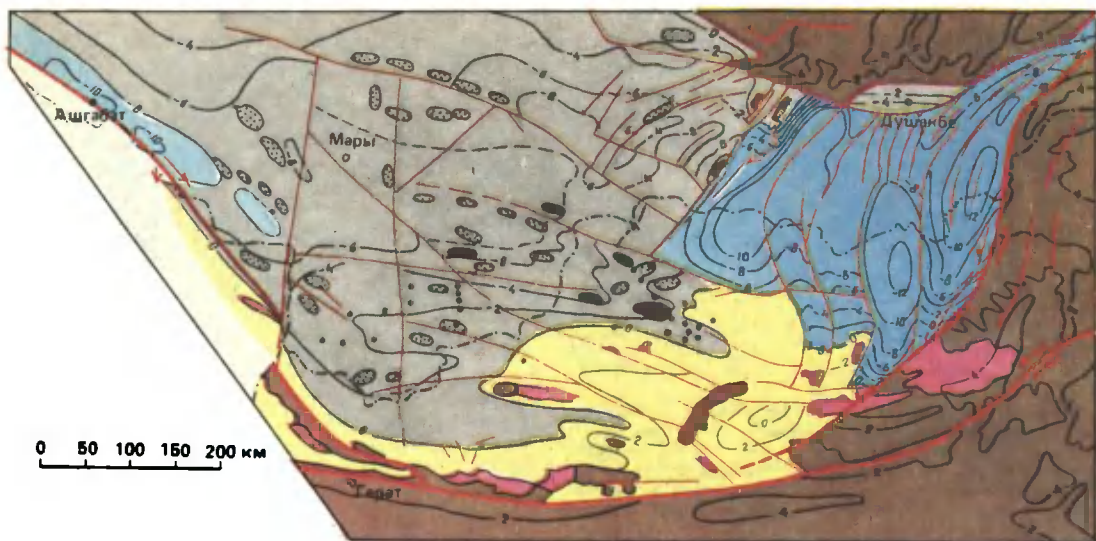
условиях. Интенсивно накапливалось и органическое вещество. Однако юрский бассейн оказался более пресным и мелководным; мощность ранне-среднеюрского комплекса пород составляет всего 300—500 м. Одновременно с замедлением прогибания бассейна снизилась и скорость накопления органического вещества.

Итак, к поздней юре закончилось накопление двух будущих нефтегазопроизводящих толщ — триасовой и нижне-среднеюрской. Эти толщи разделены перерывом в накоплении осадков, локальной складчатостью и региональной корой гумидного выветривания. Несмотря на эти различия в седиментационном этапе развития, дальнейшая их история оказалась единой.

Катагенетический этап заключается в медленной трансформации пород и содержащегося в них органического вещества по мере постепенного погружения осадочной толщи. В это время породы испытывают возрастающее давление налегающих на них все новых и новых толщ, постепенно растет и температура. В результате породы уплотняются, причем одна часть — за счет выдавливания жидких и газообразных флюидов, как это происходит с глинами, а другая — за счет «перерастворения» вещества, как, например, оксида кремния в кварцевых песчаниках.

Достигнув глубины 2—3 км, породы оказываются в условиях, с которыми, собственно, и связан катагенез. В этой зоне резко возрастает растворимость кальцита (глубже он снова становится малорастворимым), монтмориллонит переходит в более жесткую гидрослюда, а органическое вещество трансформируется в жидкие углеводороды, поскольку оно вступает в зону





Структура Туранской плиты в изометриях поверхности доюрских отложений. В центральной части редкие изометрии отражают плавную меняющуюся структуру, а в зонах, прилегающих к сдвигам, они сгущаются — там сформировались поднятия или впадины, куда перемещался сносимый с гор материал. Структура плиты контролируется серией активных разломов, в первую очередь — ограничивающих ее сдвигов.

#### Выходы на современную поверхность:

-  палеозойских пород
-  триасовых пород
-  Приподнятые области, где доюрские породы залегают выше отметки 0 м
-  Прогибы, где доюрские отложения погребены под мощными неоген-четвертичными моляссами
-  Области, где доюрские породы залегают на глубинах 0—4 км, а в нижнемезозойских отложениях сохранились углеводороды
-  Глубина залегания доюрских пород, км
-  Главные разломы и сдвиги по ним
-  Прочие разломы

#### Месторождения:

-  нефтяные
-  газовые
-  Глубокие скважины

нефтеобразования. Глубже, по мере дальнейшего роста температуры и давления, органическое вещество (точнее, та его часть, которая не стала нефтью) становится газом — это зона газообразования.

Итак, мы рассмотрели процесс образования углеводородов в самом общем виде. Теперь перейдем к трансформации вещества конкретного нижнемезозойского комплекса на юге Туранской плиты.

В позднеюрское время эта территория продолжает погружаться, но теперь это происходит в спокойном платформенном режиме и при этом накапливаются карбонатные породы. К концу юрского периода подошва нижнемезозойского комплекса погрузилась на 1,5 км — в зону начального катагенеза, где и стало преобразовываться органическое вещество. Однако верхняя часть комплекса пород почти не изменилась.

В меловом периоде сохраняется устойчивая тенденция к дальнейшему погружению территории, развитию вторичных процессов: метаморфизма, метасоматоза и т. д. В большинстве районов подошва нижнемезозойского комплекса достигает глубины 3 км и оказывается в зоне, отвечающей начальной стадии глубинного катагенеза. Органическое вещество здесь вступает в фазу нефтеобразования. Верхняя же часть комплекса опускается лишь на 1,5 км, попадая в зону начального катагенеза, где нефть еще не образуется.

Последовательное вступление пород сначала в фазу нефтеобразования, а потом газообразования продолжалось и в палеогене. Так что к началу олигоцена подошва

нижнемезозойского комплекса на глубине около 4 км перешла из зоны глубинного катагенеза в зону метагенеза, а органическое вещество вступило в фазу преимущественного газообразования. В то же время в верхней части нижнемезозойского комплекса, на глубине до 3 км (т. е. в зоне глубинного катагенеза), органическое вещество переживало фазу нефтеобразования.

К олигоцену вертикальные перемещения завершились. Породы всего нижнемезозойского комплекса оказались глубоко преобразованными. Содержащееся в них органическое вещество перешло в газ или нефть. Иными словами, основной объем углеводородов был уже сформирован, возникли и ловушки для них.

Постепенная трансформация мало-подвижного, рассеянного в породе органического вещества в подвижные углеводороды — сначала нефть и затем газ, а также изменение (по мере погружения) условий их существования привели к увеличению подвижности и миграции углеводородов: их выдавливанию из нижних горизонтов в более молодые верхние. Особенно благоприятными для вертикальной миграции представляются разломы и зоны трещиноватости, весьма проницаемые для флюидов. И действительно, главнейшие разломы как бусинами унизаны месторождениями углеводородов, которые сформировались еще до олигоцена.

На этом, собственно, и завершился платформенный этап развития территории Туранской плиты. Этап общепланетарной тектонической активизации развивался с олигоцена. Он начался интенсивным перемещением платформенных плит, движениями, которые охватили самые разные по природе и структуре области. На этом этапе следуют лишь некоторые разломы, но интенсивность перемещений по ним возрастает. Кроме того, образуются новые разломы.

Интенсивность и направленность тектонических процессов, начавшихся в конце палеогена, сохраняется и по сей день. Поэтому современная структура территории — всего лишь отражение былой картины: наложение новейшей тектонической активности на унаследованно развивающуюся жесткую плиту. Новейшие перемещения эти сопровождают катастрофическими землетрясениями, которые приводят к гибели тысяч людей.

Систему планетарных напряжений, формирующих этот узел земной коры, отражают перемещения по двум главнейшим краевым разломам, обрамляющим Туранскую плиту: Копетдагскому северо-западного простирания, который является типич-

ным правым сдвигом, совмещенным в северной фронтальной части с надвигом, и Центрально-Бадахшанскому, ограничивающему плиту с юго-востока (это левый сдвиг, который меняет свое простирание на субширотное и становится надвигом в районе хр. Петра Великого).

Перемещение по сдвигам ведет к несоответствию структурных планов по обеим их сторонам. Поэтому погребенные структуры Туранской плиты как бы срезаются, не прослеживаясь в горных областях, а разломы, даже древние, обнаженных горных областей «обрубаются» на границе с плитой. Это не наблюдается, скажем, в Тянь-Шане, где структура горных областей и платформы одина.

Указанные сдвиги по разломам стали также границами между структурами с различным направлением вертикальных движений. В их внешней по отношению к платформе части растут горы и происходит разрушение пород. Например, здесь отсутствуют не только мезозойские породы, некогда здесь существовавшие, но и палеозойские, а в отдельных участках обнажились породы докембрия. Естественно, углеводороды здесь давно исчезли.

С внутренней (платформенной) стороны сдвигов разрушенный эрозией материал сносился с растущих гор. Так образовались мощные впадины, цепочкой обрамляющие платформу: Предкопетдагский прогиб на западе и гигантская Афгано-Таджикская депрессия на востоке. Складки и разломы меняя свое простирание, отражают происходящие перемещения. Нижнемезозойские отложения во впадинах погрузились глубже 5 км, разбиты разломами. Месторождения углеводородов в них, по всей видимости, разрушены. Лишь в центральной части Туранской плиты, где неоген-четвертичные движения повлияли на древнюю структуру незначительно, сохранились скопления газа.

В заключение остается добавить, что в статье анализируется место сочленения трех плит, где сходятся границы пяти государств: Афганистана, Ирана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана. Поэтому отдельные его участки изучались разными коллективами геологов с неодинаковых позиций и с разной степенью детальности. Вниманию читателей предложена, пожалуй, первая попытка составить целостный взгляд на южную часть Туранской плиты.

# Постоянство и изменчивость «четвертой стихии»

Л. О. Карпачевский



Лев Оскарович Карпачевский, доктор биологических наук, профессор кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, председатель подкомиссии по лесному почвоведению при Российском обществе почвоведов. Научные интересы — формирование, динамика, мелиорация и охрана лесных почв разных природных зон. Автор монографий, в том числе: *Лесные почвы Камчатки* (в соавторстве с С. В. Зонном и В. В. Стефиным. М., 1963); *Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе* (М., 1977); *Лес и лесные почвы* (М., 1981); *Зеркало ландшафта* (М., 1983).

**Ч**ТО мир вокруг нас меняется, и не к лучшему, — тривиальная мысль. Все милости, которые мы так бездумно брали у природы, обернулись против нас. Вырубив леса, перекрыв реки, подчистую распахав черноземы, мы изменили ландшафт, где жили наши предки, и если не остановимся, неизвестно, какое наследство получат наши внуки. Необходимость мониторинга, контроля за состоянием природной среды уже понятна всем — проблема загрязнения повисла над человечеством дамокловым мечом.

Считается, что поступление в воздух, воду и пищу вредных для человека веществ можно контролировать ПДК. Но ведь загрязняется и почва, как быть с ней? Многие исследователи вводят ПДК и для почвы, принимая за нее такую концентрацию, при которой растения накапливают вредные вещества до установленного для них уровня. Такой подход представляется ошибочным, так как растение берет вещества, включая вредные, из разных слоев почвы. Достаточно, как выяснилось, после аварии на Чернобыльской АЭС, чтобы верхний слой 0—3 мм был заражен радионуклидами, и почва со всем растущим на ней становится опасной для человека, хотя, если пересчитать содержание нуклидов на 10-сантиметровый слой, концентрация окажется не столь угрожающей.

Почва, как и все вокруг нас, изменчива по очень многим характеристикам, в том числе и по содержанию разных соединений: одни из них накапливаются, концентрация других уменьшается, а третьих — колеблется около одного уровня. Поэтому, если содержание вредных веществ растет и сегодня достигает ПДК, в будущем она несомненно превысит ее.

Мир почв, этой «души ландшафта», «четвертой стихии», по выражению В. В. Докучаева, изменчив, динамичен и вряд ли кто в этом сейчас сомневается. Правда, не так давно изменчивости почв даже специалисты

не придавали значения, считая ее достаточно консервативным биокосным телом.

Попробуем охарактеризовать и изменчивость, и постоянство разных почвенных свойств, чтобы понять сложную жизнь почвы.

### ТИПИЧНОЕ — ВСЕГДА МИФ

В любом учебнике почвоведения приводятся характеристики «типичных» представителей всех почв и ни слова не говорится о разнообразии и изменчивости их свойств. Только С. А. Захаров уделил внимание динамике почвенных свойств в своей книге «Почвоведение» (1927). Хотя пестроту почвенного покрова отмечали многие исследователи, сводили ее обычно к комплексности почв, связанной с разными формами рельефа и выходами материнских пород, т. е. с главными почвообразователями (наряду с климатом, растениями и животными). В 30-х годах изменчивостью почв заново занялся Е. А. Дмитриев, а вслед за тем — группа молдавских почвоведов под руководством И. А. Крупеникова. Стало ясно, что неоднородность и изменчивость почв во времени и пространстве тесно связаны между собой.

С изменчивостью почв я столкнулся еще будучи студентом МГУ. Тогда по заданию С. А. Владыченского я занимался динамикой солей при поливе луговых слабосолончаковых почв дельты Волги. Соли растворялись промывной водой и выносились в более глубокие горизонты, где их концентрация увеличивалась. В результате, верхний горизонт соответствовал луговой незасоленной, а вся почва, по общепринятым критериям, — луговой глубокосолончаковой.

Затем, уже на Алтае, занимаясь водным режимом почв, казалось бы, хорошо изученным многими исследователями, мы обнаружили, что в пахотном слое в течение суток колеблется влажность: ночью она увеличивается и запасы влаги возрастают на 1—3 мм, хотя общая тенденция к иссушению в период исследований остается неизменной.

В 1959 г. Совет по изучению производительных сил при Госплане СССР организовал комплексную экспедицию на Камчатку. В экспедиции, в которую входили лесоводы, ботаники, зоологи, геологи, вулканиологи, почвоведы, географы и другие специалисты, довелось участвовать и мне.

Камчатка поразила нас почвами, хотя нам и были известны описания Э. Безайса, первым из почвоведов, познакомившегося с ними, а также открывшего охристые

почвы. А. А. Красюка. И все же трудно было представить, что на этой земле, покрытой свежим пеплом, все время подсыпaeмым вулканами, почвы вообще существуют. Но оказалось, что они есть, причем глубоко гумусированы, с выраженными горизонтами: подстилкой, дерновым, гумусовым, часто охристым. И главное, они были на удивление разнообразны по степени гумусированности, величине pH, толщине гумусового горизонта и т. д., в зависимости от того, под какими растениями, в каком лесу сформировались. Эти свойства успевали заметно измениться за жизнь одного-двух поколений деревьев и отражали влияние растений: даже в одном и том же лесу лиственницы, березы, осины формировали под собой различающиеся почвы.

Камчатские исследования натолкнули нас на мысль, что формирование некоторых горизонтов требует не тысячелетий, как принято считать, а буквально десятилетий. Но если кратковременные воздействия приводят к изменению почв, то очевидно, что динамика почвенных процессов и есть фактор их изменчивости, эволюции. Но нам не суждено было продолжить столь заманчивую работу, так как Камчатская экспедиция прекратила свое существование.

К идее динамичности почв удалось вернуться после того, как в 1963 г. Н. В. Дылис, сотрудник нашей Лаборатории лесоведения, в которую был превращен Институт леса под влиянием Т. Д. Лысенко, высказал гипотезу о парцеллярном строении биогеоценоза. По Дылису, каждый лесной биогеоценоз состоит из однородных участков — парцелл, образованных одним эдификатором (средообразователем — например, деревом) и однотипным растительным покровом. Скажем, в ельнике именно ель является эдификатором, т. е. определяет распределение осадков, тепла, опада, расход воды из почвы и ее иссушение. Вместе с окружающим участком, покрытым кислицей, они и составляют одну парцеллу, которая может граничить с любой другой. Парцеллы, считал Дылис, — структурные единицы биогеоценоза с границами, проходящими через всю его толщу, и общим метаболизмом. Почва — это связующее звено между растительным и животным миром, через нее осуществляется связь между биогеоценозами.

В парцеллах по мере старения и смерти одних деревьев на их месте вырастают другие породы, часто меняется травяной ярус и вслед за ними — почва. Но соотношение парцелл и почв остается бо-



Грязевой котел кальдеры Узона с кипящей грязью. На заднем плане видны формирующиеся березняки из березы каменной. Одновременно на пепле образуются и охристые почвы.

Здесь и далее фото автора

Кедровый стланик и лиственница, выросшие на отложениях сухой речки Пахчи. Под ними уже начала формироваться сухоторфянистая почва и лесная подстилка.

На неизменном пепле уже появились заросли лиственницы с травяным покровом, а под ними формируются грубогумусные почвы. На переднем плане — охристые отложения, образовавшиеся под воздействием кислых вулканических вод.



более-менее постоянным, сохраняется тот же тип леса, набор парцелл, почвенный покров, хотя контуры почв могут существенно меняться. Смена парцелл — как бы внутренний севооборот биогеоценоза, влекущий за собой и изменения почв.

### КОНСЕРВАТИВНОЕ БИОКОСНОЕ ТЕЛО

Биогеоценозы интересовали многих специалистов, и в 1964 г. началось детальное изучение структуры этих природных систем. В Подмосковье, недалеко от Красной Пахры, у хутора Малинки был создан стационар, ставший своеобразной Меккой биогеоценологов. Проведенные на нем ис-

следования позволили заключить, что парцеллы в действительности с течением времени передвигаются в пространстве, замещают друг друга. Происходит это циклически: «пропутешествовав», парцелла через некоторое время возвращается на исходное место (иногда этот цикл и не завершается). Как же ведет себя при этом почва?

Будучи одним из главных компонентов биосферы, сердцевинной экосистем, на первый взгляд она представляется консервативной. Если перемены в растительном покрове, особенно сезонные, бросаются в глаза, то почва, по крайней мере внешне, остается той же, лишь видно, как меняется ее влажность. Внешняя стабильность и ста-





ла основой мнения о почве как консервативном образовании, очень медленно меняющемся во времени. Но не только это. Чем еще, кроме неизменности почв, можно объяснить способность зональных биогеоценозов восстанавливаться? Под влиянием почвы растительный покров меняется до тех пор, пока не появится климаксовая ассоциация, т. е. конечный тип фитоценоза в сукцессии.

Давно известно, что место вырубленного ельника на водоразделе постепенно зарастает березой и заболачивается. Со временем выросшие березы начинают играть роль насоса, почва осушается и вновь появляется еловый молодняк. Через поколение березняк снова сменяется ельником, постоянным для данной почвы. Мало того, если на вырубке, на «еловых» суглинистых почвах посадить сосну, та вырастет могучей, но к 100 годам в первом ярусе уже появится ель, а через 2 тыс. лет она вытеснит сосну полностью. Эта смена обусловлена двумя функциями почвы: «умением» сохранять набор семян не только ели, но и всех свойственных ельнику растений и оптимально снабжать ель водой и питательными элементами, благодаря чему она и побеждает в конкурентной борьбе. В многолетнем цикле развития растительного покрова почва как бы диктует смену фитоценозов (сукцессию), восстанавливая в конечном итоге зональный тип биогеоценоза.

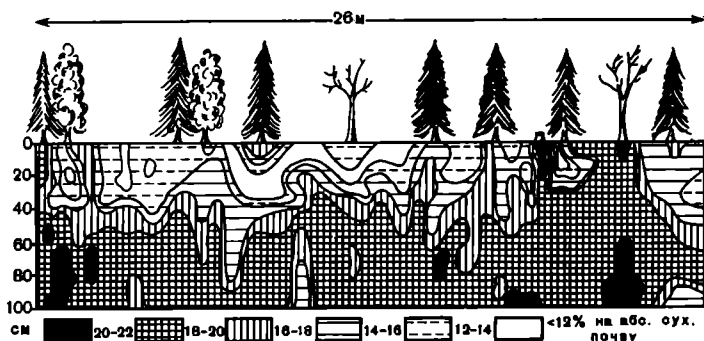
В естественных почвах многое определяется растениями и разными другими живыми существами, вносящими органическое вещество, перемешивающими почвен-

ные горизонты и т. д. Так, на гектаре лесов и лугов среднерусской полосы только кроты выбрасывают на поверхность до 60 т в год материала более глубоких горизонтов, в некоторых лесах до 200 т материала поверхностных слоев перемещают кабаны, но никому не сравниться с дождевыми червями: за 10 лет они пропускают через себя весь слой дерновых почв, а это 1000 т! Почва зависит от живых организмов, вне наземных экосистем ее нет. Созданная растениями и животными, она обретает функции управления биогеоценозом. Именно в стремлении сохранить как свои свойства, так и биогеоценоз проявляется консерватизм почв.

Геологические породы, с которыми до Докучаева отождествляли почвы, как известно, остаются неизменными или за счет выветривания перестают существовать, превратившись в нечто иное (гранит Карелии, например, рассыпается в песок). Почва тоже меняется направленно — какое-либо свойство развивается до определенного предела. Такие изменения необратимы. Но на фоне постепенного изменения химического состава в результате разрушения и выноса одних соединений и поступления других она сохраняет свои основные функции, остается той же почвой. Ни суточные, ни годовые колебания влажности, концентрации углекислого газа, катионов и анионов в почвенном растворе не делают почву иной, она сохраняет свою классификационную принадлежность — чернозем остается черноземом, бурозем — буроземом, подзол — подзолом и т. д.

Изучением разных почвенных свойств





Влажность почвы, или гидрологический профиль, в ельнике. Обращает на себя внимание, что верхние горизонты с наиболее низкой влажностью — гумусовой и подзолистой — под разными породами (елью, березой и дубом) различны.

мы занимались много лет. В отношении тех, изменение которых одни исследователи обнаруживали, а другие лишь подтверждали их консерватизм, мы убедились, что признаки, унаследованные от геологической почвообразующей породы, меняются столь медленно, что изменения трудно зафиксировать. В составе Волгоградской экспедиции МГУ мы 30 лет изучали светло-каштановые почвы, но, обработав материалы, так и не нашли различий ни в валовом химическом составе, ни в содержании гранулометрических фракций (песка, ила, пыли). До сих пор не доказано, выносятся ли коллоиды из верхних горизонтов почвы в нижние. Но если вынос и существует, его тоже следует отнести к необратимым свойствам.

Так как эти свойства направлены, в отсутствие перемешивания почвенных горизонтов изменения накапливаются, в каждом горизонте — свое. О направлении такого рода изменений судят, сравнивая неизменную почвообразующую породу с гумусовым и охристым горизонтами. Но этому сравнению, как показали И. А. Соколов и А. И. Макеев, мешает литологическая неоднородность материала, т. е. слоистость исходных геологических пород, мощность которых вполне сравнима с мощностью почвенных горизонтов. За счет постепенного накопления изменений формируется специфический для данных природных условий почвенный профиль, один горизонт переходит в другой вид (род, тип и т. д.).

### ИЗМЕНЧИВАЯ «ДУША ЛАНДШАФТА»

Кроме направленно меняющихся, векторных почвенных свойств есть и такие, которые меняются циклически. К сожалению, изучению таких изменений уделяют внимания меньше, чем следовало бы. Работы исследователей посвящены обычно изучению влажности (водного режима), темпе-

ратуры, содержанию в верхних горизонтах некоторых элементов, чаще всего фосфора, калия, азота, железа. Однако и многие другие свойства тоже меняются в суточных и годовых циклах, можно ли их игнорировать?

Поскольку почва формируется под влиянием климата, ясно, что многие ее свойства должны отражать его флуктуации и циклы, существующие даже при общей климатической «неизменности». Действует он непосредственно: обеспечивает осадки, испарение почвенной влаги, температуру, меняет скорость и направление почвенных реакций, интенсивность и глубину выщелачивания из почв разных веществ. И жизнь организмов, отнюдь не лишенная цикличности, тоже подчиняется климатическим циклам, которые преобразуют характер воздействия организмов на почвенный покров.

Изучая динамику ряда свойств, мы столкнулись с некоторыми трудностями, связанными с пространственной неоднородностью: всегда есть опасность спутать ее с динамикой, если не знать закономерности изменения почвенных свойств. Даже в пределах одного типа леса свойства почвы не остаются стабильными, по вертикали и горизонтали они меняются по-разному. По вертикали изменение проявляется в закономерной смене горизонтов, закрепляется в формировании «типичного» почвенного профиля (чернозем, подзолистая, бурая лесная почвы). По горизонтали же подзол может оставаться подзолом, бурозем — буроземом, но изменится их мощность и другие характеристики.

Как выяснилось в исследованиях почвоведов МГУ, естественным почвам лесной зоны (подзоны южной тайги) свойствен полиморфизм: один и тот же горизонт может быть образован разными морфонами, т. е. участками, которые отличаются и свойствами, и внешним видом. Например, подзолистый горизонт на протяжении метра

может содержать либо не содержать железистые зерна (ортштейны), иметь пластинчато-листовую или мучнистую структуру, быть белоснежным или палевым и т. д. Смена морфонов в пространстве отражает неоднородность почвы как природного тела и часто бывает направленной. Так, в лесных биогеоценозах, где дерево играет роль организатора системы (парцеллы), по мере удаления от него уменьшается поступление опада, количество корней, меняется состав осадков, проходящих сквозь крону, потребление почвой воды и питательных элементов. В результате около дерева образуются микрозоны — приствольная, под кроной, на границе кроны — с различающимися по содержанию гумуса, азота, фосфора, калия, pH почвами. Сочетание микрозон составляет тессеру — почвенный компонент парцеллы.

Итак, почвы меняются за счет влияния на них растений. Действуют они через фитопол, а точнее, фитогенное поле (по А. А. Уранову), радиус которого у трав измеряется единицами-десятками сантиметров, у кустарников — десятками сантиметров — метрами, а у деревьев достигает десятков метров. Поэтому размеры микрозон зависят от размера растений. Создаваемая растениями пространственная неоднородность почвы в одном биогеоценозе бывает довольно значительна, но если ее учитывать в исследованиях, удается четко зафиксировать изменения таких свойств, как содержание гумуса, обменных катионов, питательных элементов, величина pH.

### ДИНАМИКА В ДЕТАЛЯХ

Рассмотрим подробнее, как и когда происходят изменения этих почвенных свойств.

В естественных условиях количество гумуса поддерживается на определенном уровне. Например, в лесу из дуба и ели с преобладанием в нем осои ки волосистой, по нашим данным, содержание гумуса (пересчитанного на углерод) в верхнем горизонте дерново-подзолистого почвы в дубово-мелодуничной парцелле составляет  $3,24 \pm 0,2$ , в елово-волосистоосоевой —  $4,42 \pm 0,3$ , в крупнопоротниковой (в окне) —  $2,64 \pm 0,5$ , в осиново-снотеовой —  $3,19 \pm 0,06$  %.

По данным М. И. Дергачевой, содержание и состав гумуса стабильнее всего в августе, когда опад полностью разлагается, превратившись в подстилку или гумус, и прекращается активная сработка (разложение микроорганизмами) последне-

го. Чтобы в многолетнем цикле узнать содержание гумуса в почве, его и нужно анализировать именно в этом месяце, при наиболее стабильном содержании.

Но если изменится экосистема (появятся новые растения), станут иными средний уровень поступления опада, режим влажности, аэрация почвы, а вслед за ними — содержание и состав гумуса. Иными словами, в стабильных условиях устанавливается некое равновесие между поступлением и разложением органического вещества, а следовательно, стабилизируется содержание гумуса, хотя он все время обновляется в верхних горизонтах. Правда, стабильность эта относительна, поскольку флуктуации природных условий неизбежны и могут привести к сдвигу равновесия. Поэтому точнее говорить не о равновесном состоянии, а о приближении к нему, колебаниям около него.

К сожалению, меняющуюся от внешних условий в течение года гумусированность нашими анализами можно уловить с большим трудом — необходима громадная (до тысячи анализов) выборка. Тем не менее установлено, что за сезон теряется 0,006—0,01 % гумуса (от веса почвы), но зимой потеря компенсируется.

Непостоянна и плотность почвы: в течение сезона в естественной почве меняется объем ее пор за счет набухания почвенных коллоидов при увлажнении и уменьшения их объема (усадки) при высыхании. Как установила Н. В. Елисеева, плотность слитых черноземов и слитых серых лесных почв Кубани весной составляет  $1,2 \text{ г/см}^3$ , а в период наибольшего летнего иссушения —  $1,6$ . А известно, что при плотности  $1,4 \text{ г/см}^3$  развитие корней растения затрудняется, они почти не проникают в почвенные глыбы с такой плотностью. Следовательно, в сухой сезон, когда растениям так важно охватить как можно больший объем почвы, высокая плотность препятствует этому, и растения испытывают недостаток влаги.

В совместных с Е. Н. Демченко, Н. П. Ореховой и В. А. Бганцевой исследованиях плотности почв под разными растениями (в многолетнем цикле) выяснилось, что она довольно значительно меняется в течение сезона и год от года из-за колебаний влажности и некоторых других факторов, например характера корневой системы растений, набора и количества животных.

Динамика питательных веществ в почве хорошо изучена почвоведом. Но агрохимики в последнее время стали отбирать для



анализа образцы со всего поля и смешивать их. Однако, как показала Л. Б. Холодова, в естественных биогеоценозах динамика в разных частях парцеллы далеко не одинакова. Так, вблизи дерева-средообразователя количество питательных веществ за вегетационный период может уменьшаться, поскольку они активно потребляются, а на границе кроны — увеличиваться. По смешанной же пробе окажется, что содержание

Горно-долинные леса. В березняках [вверху] из березы каменной — охристые почвы, в субальпийском поясе под кедровым стлаником — грубогумусные, в зарослях ольхового стланика (с. 59) — лугово-перегнойные.



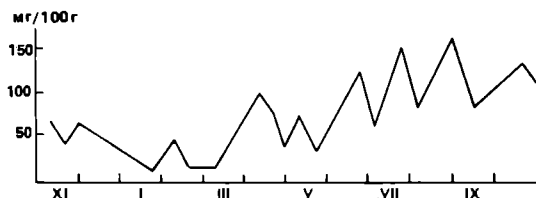
их почти неизменно. Фактически смешивание образца искажает информацию о динамике почв.

И многие другие свойства почв нельзя определять в смешанных пробах. В них, например, количество обменных кальция и алюминия не соответствует тем величинам, которые получаются при выведении среднего значения из нескольких индивидуальных анализов. Следовало бы не только отказаться от смешанных образцов, но и использовать другие методы. Скажем, с помощью ионоселективных электродов можно установить концентрацию кальция, калия, натрия, уголекислоты, кислорода, нитратов. Мы разработали метод, в котором применяем ионообменные смолы: катионит в Н-форме, анионит — в ОН-форме. Погрузив их в полихлорвиниловом пакете в почву на нужную глубину и продержав там 10 сут., мы просто меняем пакеты, получая образцы, «сдвинутые» по времени. Смолы достаточно быстро (за несколько минут) реагируют с почвой при непосредственном контакте, а через полупроницаемую мембрану (целлофан) — гораздо медленнее, в течение нескольких дней. Такой метод дает представление о подвижности катионов (калия, кальция, натрия, железа) и анионов (пятиокси фосфора, хлора, сульфатов) в прилегающем к пакету слое толщиной 1—3 мм. Заметим, что анализировать образцы можно и не по горячим следам, а в затишье исследований — зимой.

Этот метод позволил нам вести наблюдения круглый год, а не только в вегетационный период, как чаще всего делается до сих пор. Считается, что зимняя динамика не представляет интереса для растениевода, так как не играет роли в питании растений. Это действительно так, но она важна для понимания сути циклических процессов в почве. Если динамику питательных веществ представить как итог сложных биологических и химических процессов, таких как потребление, диффузия, осаждение, растворение, образование комплексов и т. д., необходимость изучать ее весь год станет очевидной.

Первичные минералы еще при почвообразовании частично превращаются во вторичные, и в тех, и в других имеется некоторое количество растворимых соединений калия, фосфора, железа, кальция и других элементов, составляющих «меню» растений. Это «равновесие» с раствором определяется химическим потенциалом каждого элемента на границе твердая фаза — раствор, а потребление растениями из обеих фаз зависит от химического потенциала на корнях растений, который в свою очередь влияет на концентрацию подвижных веществ в почвенном растворе. Потребление органического вещества микробами и мезофауной почвы приводит к освобождению и поступлению в раствор и твердую фазу новых порций доступных растениям питательных веществ. На эти процессы





Содержание подвижных соединений фосфора в гумусовом горизонте дерново-подзолистей почвы (0—5 см). Видно, что в зимние месяцы концентрация фосфора в среднем значительно ниже, чем в летние. Летние колебания связаны с увеличением расхода фосфора, обусловленным ритмами роста деревьев — в высоту, по диаметру, с нарастающим хвостом.

накладывается добавка питания, попадающая с дождем, опадом, атмосферной пылью и т. д. Стало быть, на содержании элементов в почвенном растворе должны сказываться влажность и температура почвы, от которых зависит скорость диффузии веществ, их растворимость, содержание в растворе. Заметно влияет и соотношение скоростей потребления корнями растений подвижных веществ и их диффузии в почве. Обычно последняя меньше, поэтому непосредственно около корня формируется 1—3-миллиметровая зона с низким содержанием подвижных веществ. Потому-то подкормка растений удобрениями эффективна даже при общем недостатке питания в почве, и если их вносить под корень, растения быстрее их усваивают.

Динамика разных веществ в почве отражает все протекающее в ней. Действительно, закономерно меняются сумма и состав обменных катионов: в дерново-подзолистей и серой лесной почвах (под лесом и разными сельскохозяйственными культурами) в начале лета в двух верхних горизонтах содержание обменного кальция выше, чем в конце лета, а в ноябре оно снова увеличивается. Сходным образом колеблется и содержание обменного алюминия. На первый взгляд это кажется невероятным, так как эти элементы выступают антагонистами в обменных реакциях почвы — чем больше кальция, тем меньше алюминия. Но мы считаем, что в обнаруженной нами синхронности нет ничего противостоительного, она может быть связана со сработкой гумуса микроорганизмами или (и) снижением поглощения соединений кальция и алюминия минеральными коллоидами при летнем иссушении почвы.

В начале осени лесные почвы доволь-

но сильно закисляются: их pH снижается на единицу (с 5 до 4). Примечательно, что и эта характеристика бывает разной, а ее изменения — противоположны в микрозонах: в течение лета около дерева pH снижается, т. е. почва становится кислее, а на границе кроны, наоборот, увеличивается — почва защелачивается.

Динамика подвижных калия и фосфора вскрывает заметную связь их с температурой. Так, в дерново-подзолистых почвах их содержание в марте — апреле под дубом, елью, березой и другими породами резко растет, когда среднесуточная температура поднимается выше 5 °C (в лабораторных опытах эта зависимость подтвердилась). Летом зафиксированы максимумы и минимумы в содержании калия и фосфора, связанные с их потреблением. Осенью их концентрация в почве увеличивается, не только за счет сниженного потребления растениями, но и благодаря поступлению в почву с опадом. В полевых исследованиях выяснилось, что осенние дожди вымывают до 20 % его массы, в том числе соединения калия и фосфора, что усиливает их поступление в почву. Зимой подвижных катионов становится очень мало.

В коричневых почвах Южного берега Крыма динамика калия иная: летом она резко падает (видимо, из-за интенсивного потребления растениями), а в ноябре — декабре заметно увеличивается, так как в теплую субтропическую зиму (температура почти всегда выше 5 °C) подвижность соединений достаточно велика. Интересно, что растения, даже вечнозеленые, зимой потребляют питательных веществ меньше, чем в другие сезоны.

Запасы воды в верхних горизонтах почвы весной обычно более или менее стабильны в течение многих лет. На них не сказываются колебания в количестве зимних осадков, но такие колебания прослеживаются при анализе глубины весеннего промачивания почв. Ее среднее значение (за много лет), по мнению исследователей, отражается в глубине залегания карбонатного горизонта, а средняя максимальная глубина промачивания в отдельные годы — в глубине залегания гипсового горизонта.

Ясно, что содержание воды в почве определяется поступлением осадков, испарением и транспирацией. Ясно также, что транспирация и испарение зависят от температуры и запаса воды, меняющейся с глубиной по-разному при различном количестве осадков, расхода воды из почвы. Мы с Н. С. Орешкиной попытались оце-

Таблица 1

Специфические запасы влаги (мм) в черноземе типичном в разные месяцы года

| Слой почвы, см | Запасы влаги |         |         |        |        |         |
|----------------|--------------|---------|---------|--------|--------|---------|
|                | V            | VI      | VII     | VIII   | IX     | X       |
| 0—50           | 101—180      | 121—140 | 101—120 | 81—100 | <80    | 101—120 |
| 50—100         | 141—160      | 101—120 | 81—100  | 81—100 | <80    | 81—100  |
| 100—150        | 141—160      | 141—160 | 121—140 | 81—100 | 81—100 | <80     |

Таблица 2

Специфические запасы влаги (мм) в почве в зависимости от количества осадков (мм) в предыдущем месяце (Курская ковыльная степь, чернозем типичный суглинистый)

| Слой почвы, см | Количество осадков |         |         |         |         |
|----------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|                | <40                | 41—80   | 81—120  | 121—160 | >160    |
|                | Запасы влаги       |         |         |         |         |
| 0—50           | <80                | 101—120 | 101—140 | 121—160 | 141—160 |
| 50—100         | <80                | 101—120 | 81—100  | 121—140 | 121—160 |
| 100—150        | 81—100             | 121—140 | 121—160 | 141—160 | 141—160 |

нить влажность мощных курских черноземов, основываясь на том, что расход воды весной и осенью максимален, а летом минимален, и учитывая влияние осадков: чем их больше, тем глубже промачивание. Воспользовавшись данными В. В. Герцык по Курскому заповеднику и памятуя, что запасы воды в каждом слое зависят от его глубины и количества выпавших к определенному времени осадков, мы разделили почвенные профили на восемь интервалов (через каждые 20 см) и определили специфические для каждого интервала запасы влаги в разные месяцы года. По нашим расчетам оказалось, что в лесу в верхнем полуметровом слое почвы специфический запас влаги в мае составляет более 200 мм, а в августе — сентябре — 101—120 мм. В степи иссушение верхнего слоя еще больше: в сентябре запасы влаги ниже 80 мм. Аналогично мы определили запас воды в слоях почвы в зависимости от количества осадков, выпавших в предыдущий месяц (табл. 1, 2). Теперь, имея многолетние зафиксированные данные, мы можем оценить и прогнозировать запасы воды в любом слое почвы в интересующее нас время года. Для многих почв уже сейчас, если привлечь данные метеостанций, можно составить такие прогнозы.

Итак, ряд почвенных свойств определенным для каждой экосистемы образом

меняется в течение года. Наряду с циклически изменчивыми свойствами могут существенно меняться и морфологические. Так, лугово-дерновые почвы пойм могут в сухие сезоны выглядеть как дерновые, а во влажные — как луговые. Почву правомочно представить в виде не только морфологических профилей, но и профилей, характеризующихся другими чертами, скажем, содержанием обменных катионов, солей, влажностью и т. д. Все эти профили нестабильны в течение сезона, их изменчивость зависит от разных факторов. Одни свойства почв «привязаны» к определенным морфологическим профилям, другие — не совпадают с ними. Поэтому почву имеет смысл характеризовать совокупностью разных профилей (гидрологических, химических, физических и т. д.), а не только морфологических. Смену разнообразных профилей в течение года и следует считать динамикой почвы.

Почва не есть нечто раз и навсегда данное и неизменное, мир почв динамичен. Меняются их свойства, меняется и почвенный покров. Почвы могут погребаться, затапливаться, выходить из-под влияния биосферы, чтобы потом обнажиться, выйти на поверхность и снова влиять на нее. Погребенные 200 млн. лет назад стволы деревьев сейчас добываются и сжигаются, обогащая атмосферу углекислым газом, а почву — раз-





Листопадничник с голубикой в нижнем ярусе. Под ними — перегнойно-грубогумусные почвы.



Дерново-подзолистая глубокооглеенная почва штата Мичиган (США) — полный аналог почвы Подмосквья.

ными элементами, содержащимися в золе. Этот динамичный мир мы делаем еще более динамичным, распахивая целину, вырубая леса, строя города, водохранилища, откачивая грунтовые воды, орошая и поливая почвы. Все наши действия накладываются на природную динамику, еще очень мало познannую, и приводят к необратимым последствиям — уничтожению почв и ландшафтов.

Почва, по словам известного почво-

веда В. А. Ковды, — тончайшая органо-минеральная оболочка Земли. Через почву происходит обмен веществом и энергией между земной корой, атмосферой, гидросферой суши и всеми обитающими на ней организмами. Динамичность почв целиком связана с динамичностью биосферы, и эта связь может сыграть с нами злую шутку, если мы не будем учитывать те многочисленные процессы, которые протекают в «четвертой стихии» — почве.



Whatever your business is,  
if you need a reliable partner, —  
there is no alternative  
to Alternativa!

Izmailovsky blvd 19a  
105264 Moscow Russia  
tel.: (095) 971-62-36,  
370-14-01  
fax: факс (095) 971-68-79  
370-30-20

## НПО АЛЬТЕРНАТИВА

Чем бы вы ни занимались, если вам нужен надежный партнер, —  
**Альтернативе нет альтернативы!**

105264 Москва, Измайловский бульвар, 19а

тел. (095) 971-62-36,  
370-14-01

факс (095) 971-68-79  
370-30-20

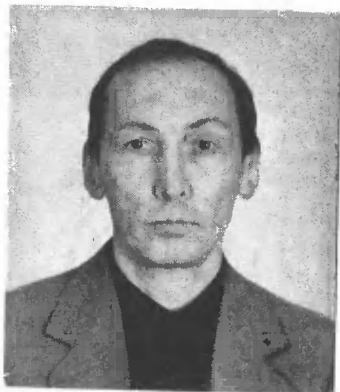


# Углекислота — диспетчер рудоотложения

А. М. Портнов, М. Н. Кандинов



Александр Михайлович Портнов, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Комплексной геолого-геофизической экспедиции ПГО «Аэрогеология». Научные интересы связаны главным образом с аэрогеофизическими методами поиска рудных месторождений, а также с отдельными вопросами геологии, геохимии и минералогии. Неоднократно выступал в «Природе».



Михаил Николаевич Кандинов, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института минерального сырья. Занимается изучением физико-химических условий образования гидротермальных рудных месторождений.

**Б**ОЛЬШИНСТВО месторождений полезных ископаемых возникли за счет отложения рудных минералов из водных растворов, нагретых до 150—350 °C и выше. Так образовались руды золота, серебра, свинца, цинка, меди, молибдена, вольфрама, урана, олова и многих других металлов. В подземной гидросфере горячими растворами переносились почти все элементы таблицы Менделеева. Поднимаясь к поверхности — в область пониженного давления, растворы остывали, теряли газы и откладывали различные минералы, совершая при этом огромную работу по разделению и накоплению тех или иных компонентов горных пород.

Если бы рудные элементы неизменно находились в состоянии первичного рассеяния, как, например, в базальтах или гранитах, человечество навсегда осталось бы в каменном веке, поскольку из горных пород металлов не выплавить. Полированные кремневые орудия неолита знаменовали бы вершину технического прогресса. Можно считать, что современная цивилизация возникла благодаря энергии внутрипланетных (эндогенных) процессов, сконцентрировавших в рудные залежи массы некогда рассеянных полезных компонентов.

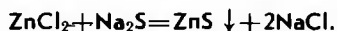
Еще совсем недавно, в начале XX в., процесс рудоотложения связывали исключительно со снижением растворимости рудных минералов при охлаждении горячих растворов, поднимавшихся от глубинных магматических очагов. Но к середине века все чаще стали возникать сомнения: так ли отлагались руды? Ведь большинство минералов, в том числе и рудных, столь плохо растворяются в воде (даже нагретой до 200—300 °C), что для образования хотя бы небольшой рудной залежи через подземную трещину надо прокачать целое море «кипящей» воды!

Этот парадокс вызвал широкую дискуссию среди геологов. Знаток рудных месторождений академик А. Г. Бетехтин указал

© Портнов А. М., Кандинов М. Н. Углекислота — диспетчер рудоотложения.



один из путей решения: тяжелые элементы переносились в форме хорошо растворимых соединений, а затем осаждались при обменных реакциях типа:



Другой возможный путь указали химики, знакомые с комплексными растворимыми соединениями металлов. По их мнению, ныне довольно широко внедренному в сознание геологов, большая часть рудных элементов переносится именно в виде комплексных соединений, а зона рудоотложения — это область, где такие соединения по какой-либо причине распадаются. При изучении рудообразования накоплено немало данных, подтверждающих, что большинство металлов переносится именно в форме комплексных соединений. Но почему эти прочные соединения распадаются?

Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к важнейшим факторам, от которых зависит устойчивость комплексных соединений.

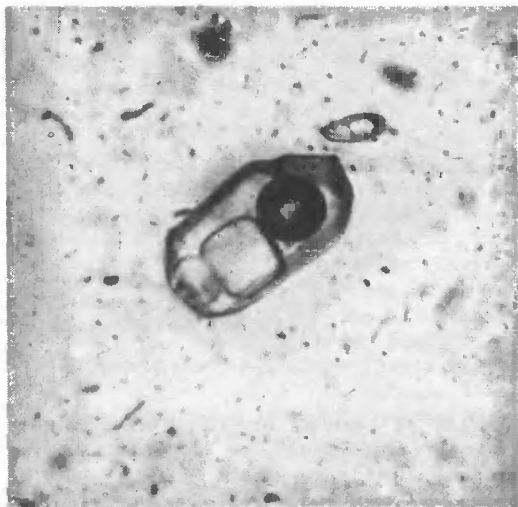
#### РЕЖИМ КИСЛОТНОСТИ-ЩЕЛОЧНОСТИ

В многофакторной системе, определяющей появление рудных залежей, роли температуры и давления достаточно очевидны, чего не скажешь о некоторых других параметрах. Наиболее загадочным из них является режим кислотности-щелочности рудообразующих растворов.

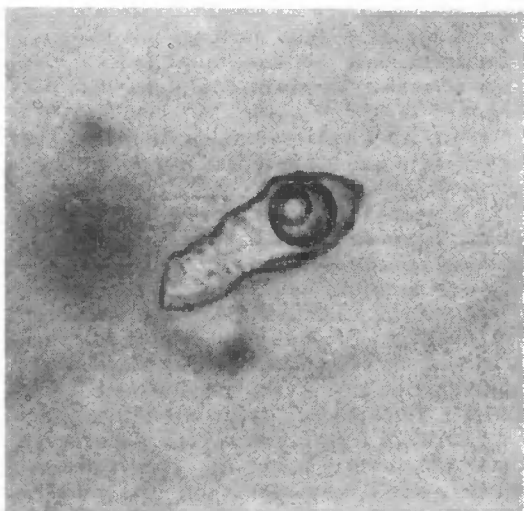
Значение его чрезвычайно велико: по простейшим школьным опытам все, наверное, помнят, что в кислой среде растворимость металлов возрастает во много раз. Следы воздействия на породу кислых или щелочных растворов в виде характерных околорудных зон сопутствуют почти всем рудным залежам.

За счет каких же процессов рудообразующие растворы становятся кислыми или щелочными?

Еще в 50-е годы академик Д. С. Коржинский пришел к выводу, что при просачивании растворов через горные породы имеет место так называемый «фильтрационный эффект», определяющий режим кислотности-щелочности. Повышенная кислотность, по его мнению, возникала потому, что относительно мелкие и подвижные положительно заряженные ионы водорода при фильтрации сквозь горные породы создавали опережающую «волну кислотности». В то же время более крупные ионы металлов и гидроксильной группы «отставали», и это



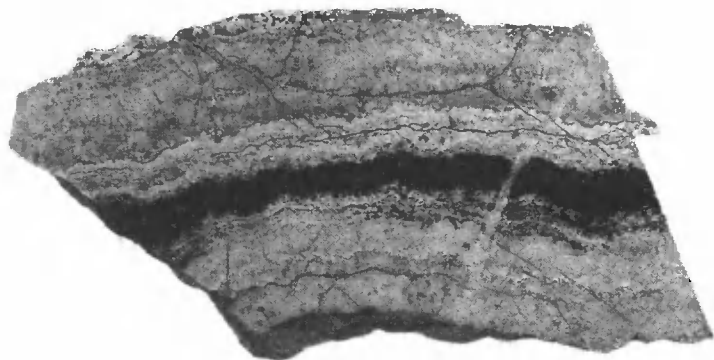
Включение в кварце из высокотемпературного грейзена с молибденитом. При охлаждении образца до комнатной температуры из перенасыщенного раствора флюидного включения выпадают кристаллики NaCl (крупнее) и KCl (мельче), а также выделяется газовый пузырек  $\text{CO}_2$ . Увел. 460.



Включение в кварце из олово-вольфрамовой жилы. Пузырек жидкой  $\text{CO}_2$  при высокой температуре [ $450^\circ\text{C}$ ] не смешивается с раствором самого включения и, следовательно, не может влиять на кислотность раствора. Увел. 460.

приводило к возникновению более поздней «щелочной волны».

Эта гипотеза широко использовалась в геологии. Однако возможность «растягивания» рудообразующего раствора, как единой гигантской молекулы, на  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в горных



Рудная жила в кварце с сульфидом серебра (черное) и тонкораспыленным золотом. Газово-жидкие включения в кварце по краям образца содержат во много раз больше растворенного  $\text{CO}_2$ , чем вблизи рудной жилы. Кроме того, здесь резко возрастает концентрация гидрооксидов калия, натрия и магния. Уменьш. 2.

породах за счет их пористости, градиента температур, давления или концентрации так и осталась недоказанной. И главное — в этой схеме не учитывалось, что основная часть месторождений формируется не при просачивании растворов через пористую среду, роль которой выполняют горные породы, а при свободной циркуляции рудоносного флюида в достаточно просторных подземных трещинах и пустотах, где фильтрационный эффект проявиться не может. Тем не менее и здесь вокруг рудных залежей повсеместно распространены горные породы со следами воздействия кислых и щелочных растворов.

Что же в действительности определяет кислотность или щелочность рудоносных растворов?

В реальном существовании в природе кислот, выделяющихся при внедрении магматических расплавов, трудно усомниться — об этом свидетельствуют как прямые наблюдения, так и косвенные признаки. Например, в Долине тысячи дымов на Аляске ежедневно из трещин выделяются сотни тонн фтористого водорода — сухой плавиковой кислоты! На о. Ява известно озеро в кратере потухшего вулкана, наполненное серной кислотой. Пары хлористого водорода сопровождают почти любое вулканическое извержение. Однако, попадая в воду и взаимодействуя с ней, сильные кислоты — соляная, серная, плавиковая — мгновенно диссоциируют, а затем быстро нейтрализуются, вступая в контакт с окружающими породами и выщелачивая из них металлы.

Степень диссоциации в 1 %-ном водном растворе таких кислот, как  $\text{HF}$  и  $\text{HCl}$ , составляет 100 %. Значит, кислым гидротермальный раствор окажется лишь на мгновение, после чего навсегда станет нейтральным или щелочным? Однако геологические наблюдения показывают, что кислотность таких растворов сохраняется длительное время.

Какая же кислота может выступать как «долгожитель»?

Среди всего набора природных кислот, участвующих в рудообразовании, на эту роль способна претендовать только угольная, полностью зависящая от своего «родителя» — углекислого газа.

## УГЛЕКИСЛОТА И КИСЛОТНОСТЬ РУДООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ

Авторы большинства геологических моделей, в которых рассматривается образование руд вольфрама, молибдена, олова, золота; урана, флюорита и многих других полезных ископаемых из горячих подземных растворов, исходят из внедрения в земную кору крупных масс силикатного расплава, более-менее близкого по составу к гранитам. Кристаллизуясь при температуре около  $600^\circ\text{C}$ , этот расплав высвобождает растворенные в нем летучие компоненты (в первую очередь  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), а выделяющееся тепло активизирует летучие компоненты в окружающих породах.

«Короткоживущие» высокодиссоциированные сильные кислоты в условиях высоких температур формируют «раннюю кислотную волну» и нейтрализуются вблизи магматического очага. При этом кристаллизуются минералы, в состав которых входят характерные кислотообразующие (аниогенные) элементы: бор, фтор, хлор, фосфор. Это топаз, флюорит, фтор- и хлорсодержащие слюды, борсодержащие турмалины, апатит и другие минералы. Нейтрализация кислых высокотемпературных расплавов сопровождается образованием грейзенов — своеобразных зон кислотного выщелачивания турмалин-топаз-мусковит-кварцевых пород, в которых отлагаются и рудные минералы: олово, молибден, вольфрам, редкие металлы, иногда золото.

Если при высоких температурах «ко-

роткоживущие» кислоты нейтрализуются, то углекислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) ведет себя иначе. Она почти инертна и не дает какого-либо вклада в общую кислотность растворов, поскольку при высоких температурах степень ее диссоциации, которая и без того мала, уменьшается. Эксперименты показывают, что при температурах около  $500^\circ\text{C}$  водная фаза, равновесная с породами гранитного состава, содержит диоксид углерода и сероводород в виде молекул, а не ионов, способных образовывать устойчивые комплексы с металлами. Поэтому главным анионом в минералообразующих растворах является хлор.

Этот вывод подтверждает и изучение состава микроскопических флюидных включений, захватываемых минералами в процессе роста. В этих включениях природы «законсервировала» те минералообразующие растворы, из которых формировался тот или иной минерал. Исследуя эти микропорции вещества (размер включений в среднем  $5\text{--}10$  мкм), удалось установить, что в древних высокотемпературных растворах присутствуют мельчайшие кристаллы галита и сильвина, а также значительное количество жидкой углекислоты, отличающейся высокой плотностью (таблица).

Углекислота как бы выжидает своего часа и начинает активно влиять на кислотность растворов только в то время, когда бор, хлор и другие «сильные» анионы свою роль уже сыграли. Ее диссоциация становится значимой лишь при температуре ниже  $250^\circ\text{C}$ , что и создает более позднюю «вторую волну» кислотности. Поддерживая кислую среду, она позволяет многим рудным металлам дольше оставаться в растворе и «уходить» от остывающих гранитных масс на большее расстояние.

Концентрация  $\text{CO}_2$  в рудоносных растворах огромна: она во много раз выше, чем в знакомой всем минеральной воде «Нарзан»! Такая концентрация поддерживается высоким (сотни атмосфер) давлением в земных недрах.

Если в литровом сифоне с водой растворить баллончик углекислого газа, pH воды понизится до  $4\text{--}4,5$ . В природных гидротермах в литре воды растворены сотни таких баллончиков. При этом слабая диссоциация углекислоты не позволяет pH опуститься до ультракислых значений, что способствует длительности ее жизни в растворе. Угольная кислота расходуется относительно медленно, постепенно превращаясь в соли натрия и калия, обладающие в растворе щелочной реакцией, или выпадая из раствора в виде нерастворимых карбонатов, например кальцита — одного из наиболее распространенных минералов гидротермальных рудных жил.

Домохозяйкам хорошо известна высокая щелочность раствора каустической соды ( $\text{NaCO}$ ). Нейтрализуясь, углекислота постепенно превращается в раствор такой соды, представляющей собой «щелочной резерв». До поры до времени он не проявляется из-за кислотности, обусловленной высокой концентрацией растворенного в воде углекислого газа. Если, однако, давление снизится, это немедленно приведет к ошелачиванию раствора. Иначе говоря, уровень кислотности или щелочности среды в углекислотных растворах определяется давлением флюидов.

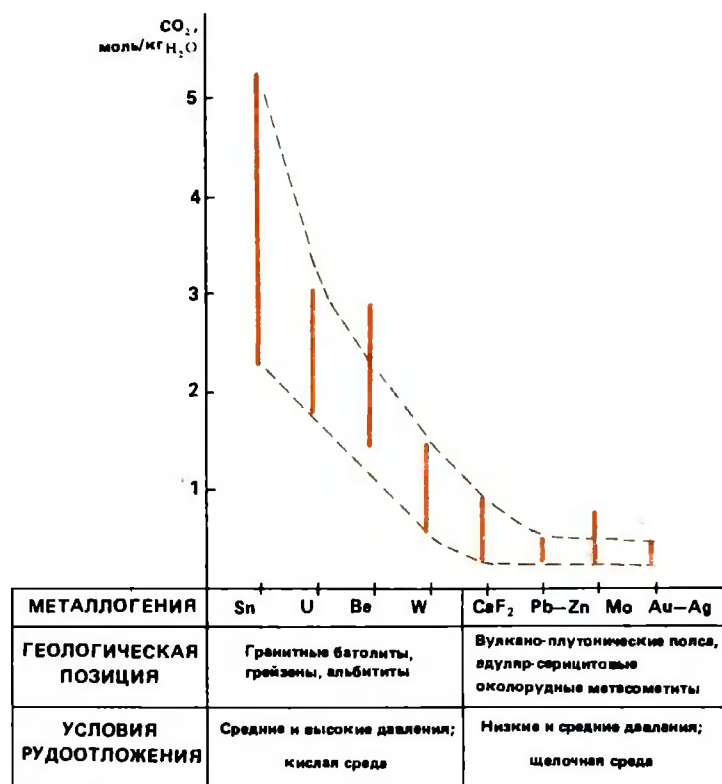
## ДАВЛЕНИЕ И ОТЛОЖЕНИЕ РУД

На больших глубинах ( $3\text{--}5$  км) резкий градиент давлений возникает нелегко: нужны особые условия, связанные с быстрым перемещением крупных блоков земной коры. На таких уровнях, вблизи медленно отдающих свое тепло гранитных массивов формируются рудные месторождения олова, редких металлов, молибдена, вольфрама. Именно здесь проявляется «первая волна кислотности», связанная с выносом из расплава сильных высокодиссоциированных кислот.

Состав жидкой фазы флюидных включений в минералах рудных месторождений Восточного Забайкалья

| Рудные компоненты | Температура раствора, $^\circ\text{C}$ | Содержание катионов и анионов, % |    |        |               |    |    |               |                      | Концентрация раствора, г/л |
|-------------------|----------------------------------------|----------------------------------|----|--------|---------------|----|----|---------------|----------------------|----------------------------|
|                   |                                        | Na                               | K  | Ca, Mg | $\text{CO}_2$ | Cl | F  | $\text{SO}_4$ | $\text{H}_2\text{S}$ |                            |
| Молибден          | $>300$                                 | 21                               | 23 | —      | 16            | 29 | 10 | —             | $<1$                 | $<700$                     |
| Олово—вольфрам    | 300                                    | 37                               | 13 | —      | 20            | 17 | 12 | —             | 1                    | 300                        |
| Олово             | 300                                    | 21                               | 27 | 4      | 30            | 10 | 2  | 2             | 4                    | 250                        |
| Свинец—цинк       | 280                                    | 30                               | 15 | —      | 37            | 8  | 7  | —             | 3                    | 250                        |
| Уран—молибден     | 200                                    | 18                               | 13 | —      | 57            | 2  | 9  | —             | 1                    | 200                        |
| Флюорит           | 180                                    | 13                               | 27 | —      | 53            | —  | 7  | —             | —                    | $>200$                     |
| Золото            | 180                                    | 26                               | 12 | 9      | 25            | —  | 18 | 5             | 5                    | $>200$                     |





Содержание углекислоты в газожидких включениях разных типов рудных месторождений. Анализ состава включений показывает, что при переходе от высокотемпературных и низкотемпературным месторождениям содержание углекислоты заметно снижается.

Давление в этом случае играет второстепенную роль.

В менее глубоких горизонтах (1—3 км) условия рудоотложения иные. Несколько остывая и проникая в зоны трещиноватости, где давление ниже, пересыщенный углекислотой раствор вскипает, теряет  $\text{CO}_2$  и становится более щелочным. При этом из него осаждаются многие рудные металлы.

Наблюдения показывают, что эта «вторая волна кислотности» несет с собой медь, цинк, свинец, золото, серебро, сурьму, кадмий и другие металлы. Они отлагаются в тех местах, где углекислота уходит из раствора под влиянием растворимых соединений типа соды. На этом рубеже — при переходе раствора в щелочной — растворимость соединений тяжелых металлов резко снижается и они отлагаются на стенках подземных трещин, превращая их в рудные жилы.

Приближаясь к такому кислотно-щелочному барьеру, различные элементы, находящиеся в растворе, ведут себя по-разному. Не случайно, например, зоны концентрации золота в низкотемпературных месторождениях сопровождаются накоплением калия.

Дело в том, что в высокощелочной среде активность калия резко увеличивается и микрозернистые массы калиевого полевого шпата (адуляра) четко фиксируют те участки рудных жил, где блесит видимое золото. Когда-то именно здесь кислые растворы, транспортировавшие тяжелые металлы, теряли кислотные свойства, теряя при этом и золото...

Рассмотрим поперечный разрез рудной жилы, края которой сложены кварцем, а в центре сосредоточен сульфид серебра — акантит — вместе с тонкораспыленным золотом. Как же менялось содержание  $\text{CO}_2$  в золотоносных растворах при формировании такой жилы?

Ответ дает изучение микровключений. В безрудном кварце на краю жилы в 1 кг флюидов содержится 230 г  $\text{CO}_2$ , а вблизи руды его содержание снижается до 40—60 г. Инфракрасная спектроскопия прозрачных пластинок, вырезанных поперек жилы, также показала, что кварц из краевых зон резко обогащен  $\text{CO}_2$ , а в зоне рудоотложения находятся включения с высокой концентрацией  $\text{LiOH}$  и  $\text{KOH}$ . Иными словами, золото и се-

ребро выпадало из щелочного раствора, резко обедненного углекислотой.

Изучая горячие источники Камчатки, С. И. Набоко сумела измерить pH растворов в скважинах на разных глубинах. Оказалось, что в зонах дегазации углекислотных растворов, где отлагался калиевый полевой шпат, значение pH возрастало до 8—9. Это был настоящий соляно-содовый-рассол с резким преобладанием натрия. Тем не менее высокая щелочность минералообразующей среды обусловила такую высокую активность калия, что образовывался не натриевый полевой шпат — альбит, а калиевый — адуляр.

Американский геолог У. Эммонс еще в начале XX в. заметил, что по мере удаления от гранитных массивов происходит смена типов рудных месторождений. Руды меняются в следующей последовательности: молибденовые (металл в одновалентной форме), оловянные, вольфрамовые, висмутовые, медные (одновалентная форма), золотые (одновалентная форма), медные (двухвалентная форма), цинковые, свинцовые, серебряные (одновалентная форма), золотые (двухвалентная форма), серебряные (двухвалентная форма), сурьмяные и ртутные. При сопоставлении концентраций  $\text{CO}_2$  во включениях жильных минералов из различных месторождений выяснилось, что содержание

углекислого газа закономерно уменьшается в той же последовательности.

Для рудных месторождений большинства областей тектономагматической активизации можно написать аналогичный ряд металлов, расставив эти месторождения в порядке убывания температур, при которых формировалась минерализация. Например, для Восточного Забайкалья в общем виде он выглядит так: (W, Mo, Sn, Au) — (Be, редкие земли, Sn, Ta, Nb) — (Cu, Zn, Pb) — (U, Mo) — (флюорит, Au, Ag, Sb). В этом ряду слева направо не только уменьшается температура формирования минеральных ассоциаций, но и происходит закономерная смена кислотных окolorудных изменений щелочными, упрощается минеральный состав рудных тел, изменяются минеральные формы (от преимущественно окисных минералов к сульфидам, а затем к карбонатам, фторидным солям и сульфатам).

Таким образом, хотя связь транспортных свойств гидротермальных растворов и в конечном счете их металлогенической специализации с кислотно-щелочными свойствами этих растворов определяется многими факторами, сам процесс отложения руд, особенно на малых и средних глубинах, в значительной мере обусловлен «долгоживущей» угольной кислотой.

## РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

### *Очередной номер*

*нового независимого научного журнала*

### *«ГИПОТЕЗА»*

Работы по естественным наукам. Принципы отбора:

- расхождение с господствующими парадигмами;
- соответствие обычным научным критериям, включая возможность экспериментальной проверки.

Продается в магазинах «Академкнига» и центральных книжных магазинах.

Адрес редакции: 117313, Москва, а/я 129.  
Телефон: 138-61-06.

# Интенсивные подсластители

К. К. Бабиевский



Кирилл Константинович Бабиевский, доктор химических наук, старший научный сотрудник Института пищевых веществ РАН, специалист в области синтетической органической химии и физиологически активных соединений.

**С** ДРЕВНИХ времен человек использовал сладкие вещества, употребляя в пищу мед, плоды и соки растений. Сахароза (свекловичный или тростниковый сахар) — дисахарид, образованный остатками глюкозы и фруктозы ( $\alpha$ -D-глюкопиранозил- $\beta$ -D-фруктофуранозид) — самый распространенный из природных подсластителей. В растениях она легко превращается и накапливается в виде крахмала и инулина. Как и другие углеводы, она имеет важное значение для жизнедеятельности организмов, являясь источником энергии и строительным материалом, а для нас, кроме того, стала стандартом сладкого вкуса (точнее, степени сладости) и одним из важнейших пищевых продуктов.

Сегодня известно множество веществ слаще сахарозы. Однако лишь немногие из них имеют шанс найти практическое применение в качестве интенсивных подсластителей из-за жестких требований, предъявляемых пищевой промышленностью и здравоохранением. Таких «избранников» пока мало, но они уже используются при изготовлении безалкогольных напитков, кондитерских изделий, фармацевтических препаратов, зубной пасты и т. д. К примеру, в США потребление интенсивных подсластителей на душу населения (в пересчете на сахарный эквивалент) уже в 80-х годах составляло 4,5—5 кг в год<sup>1</sup>.

Интенсивные подсластители как заменители сахара особенно эффективны в производстве низкокалорийных напитков «Дайет-кола», «Дайет-пепси» и их аналогов, а также диетических продуктов для людей, контролирующих свой вес, или больных сахарным диабетом. Популярность таких подсластителей вызвана в первую очередь тем, что они не участвуют в обмене веществ в организме, а это способствует безопасному снижению веса тучных людей и уменьшает потребность больных диабетом в инсулине. В результате мировое потребление сахарозы в последние годы уменьшилось примерно на 2 млн. т, а к 2000 г. эта величина достигнет, как ожидается, 10 млн. т<sup>2</sup>.

© Бабиевский К. К. Интенсивные подсластители.

<sup>1</sup> Бова Л. М., Макарова С. А. // Хим. пром.-сть за рубежом. 1985. № 2. С. 33—40.

<sup>2</sup> Романика Н. А. и др. // Пищ. пром.-сть. 1986. С. 16.

Все сладкие вещества можно разделить на две группы: природные и синтетические. Следует, однако, отметить, что успехи в расшифровке структуры и методах синтеза ряда природных сладких веществ привели к тому, что граница между природными и синтетическими подсластителями стала условной. Почти все природные сладкие соединения можно синтезировать.

Некоторое представление о многообразии природных и синтетических подсластителей может дать табл., в которой они

Относительные степени сладости некоторых природных и синтетических веществ (степень сладости сахарозы принята за 1)

| Подсластитель                                                   | Относительная сладость |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------|
| D-Глюкоза                                                       | 0,7                    |
| Сахароза                                                        | 1                      |
| D-Фруктоза                                                      | 1,5                    |
| D-Триптофан                                                     | 25—50                  |
| Цикламат                                                        | 30—60                  |
| Глициризин                                                      | 50—100                 |
| Ацесульфам калия (циклогексил-сульфамат калия)                  | 170—300                |
| Аспартам                                                        | 180—300                |
| Сахарин                                                         | 300                    |
| Стевиозид                                                       | 300                    |
| Филлодульцин                                                    | 300—400                |
| Хернандульцин                                                   | 1000                   |
| D-6-Хлортриптофан                                               | 1000—1300              |
| Неогесперидиндигидрохальконы                                    | 1500—2000              |
| Монелин                                                         | 1500—2000              |
| Тауматин                                                        | ~2500                  |
| Осладин                                                         | ~3000                  |
| Метилловый, фенхильовый диэфир N-аспартиламиномалоновой кислоты | 22 200—33 000          |
| N-[4-нитрофенилтиокарбамоил]-L-фенилаланин                      | ~55 000                |

расположены по степени сладости (по сравнению с сахарозой). Довольно широкий интервал в уровне сладости многих соединений связан прежде всего с тем, что само определение степени сладости весьма субъективно, так как зависит от экспертной оценки. Другая причина кроется в том, что уровень сладости таких веществ почти всегда зависит от условий их применения. В сильной степени на относительную сладость подсластителей, а вместе с тем и на конечный вкус подслащиваемого продукта влияют различные добавки, кислотность среды, температура, концентрация вещества, аромат продукта и множество других факторов.

## ИНТЕНСИВНЫЕ ПОДСЛАСТИТЕЛИ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

К этой группе относятся моносахариды и олигосахариды, продукты гидролиза крахмала, и сладкие вещества несакхаридной природы.

**Глициризин** (глицерам) — гликозид тритерпеноглициретиновой (глициризиновой) кислоты, издавна выделяемой из корней лакричника (*Glycyrriza glabra*). Описание этого сладкого вещества встречается уже в египетских папирусах. Лакричник широко произрастает на юге Европы, в Средней Азии и Китае. Обычно сухие корни лакричника обрабатывают растворами аммиака, а полученную аммонийную соль кристаллизуют из спирта. Будучи в 50—100 раз слаще сахарозы<sup>3</sup>, глициризин обладает также противовоспалительным действием. Его экстракты применяют при бронхиальной астме, аллергических дерматозах и экземе.

**Стевиозид** — сладкий гликозид, содержащийся в растении *Stevia rebaudiana*, произрастающем в Парагвае и ныне выращиваемом также в Китае, Корее и Японии, где из 1 кг сухих листьев удается выделить до 65 г чистого стевиозида. Стевиозид нетоксичен, устойчив к холоду, его степень сладости в 300 раз выше, чем у сахарозы.<sup>4</sup>

**Филлодульцин** — сладкое вещество, выделяемое из листьев особого чая *Hydrangea macrophylla*, специально подаваемого в Японии на праздниках по случаю рождения Будды. Это соединение слаще сахарозы в 300—400 раз<sup>5</sup>. Подобно глицирину, филлодульцин обладает едва заметным лакричным привкусом, хотя и относится к другому классу соединений — изокумаринам. Филлодульцин сегодня можно химически синтезировать несколькими способами.

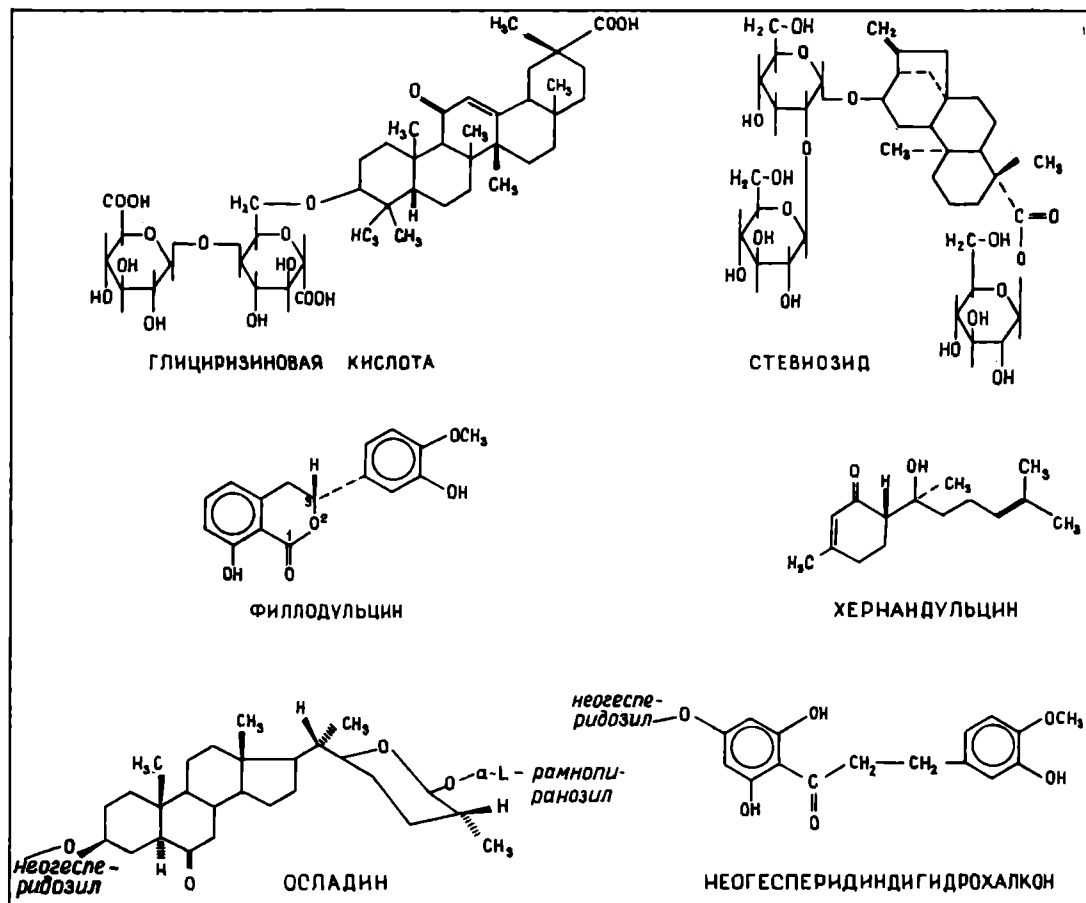
**Хернандульцин** превосходит по сладости сахарозу в 1000 раз. Первое упоминание об использовании ацтеками экстракта растения *Lippia dulcis* в качестве подсластителя напитков относится к 1570 г. Строение хернандульцина в настоящее время полностью расшифровано и подтверждено химическим синтезом и спектроскопическими исследованиями.

**Флаванонгликозиды**, горькие на вкус вещества, содержатся в кожуре плодов цитрусовых и имеют в своем строении сахаридные фрагменты. Относящийся к ним гесперидин добывают из апельсинов и лимо-

<sup>3</sup> Inglett G. E. // Food Tech. 1981. P. 37.

<sup>4</sup> Wood H. B. et al. // J. Org. Chem. 1955. V. 20. P. 875.

<sup>5</sup> Asahino Y., Asano J. // Chem. Ber. 1929. V. 62. P. 171.



#### Интенсивные подсластители из природных источников.

нов, нарингин — из грейпфрутов, а неогесперидин — из особого сорта сеvilских апельсинов<sup>6</sup>. Все эти соединения после каталитического восстановления двойной  $C=C$  связи хальконной формы флаванонгликозидов приобретают весьма сладкий вкус. Так, например, неогесперидиндигидрохалкон в 1500 раз слаще сахарозы, безвреден для организма и не имеет постороннего вкуса<sup>7</sup>. В США это соединение используют для подслащивания жевательных резинок, зубных паст и безалкогольных напитков.

**Сапонины.** Еще один источник сладкого вещества — папоротник *Polypodium vulgare* произрастает повсеместно в Европе, Азии и Америке. Из корневых частей этого растения

было экстрагировано очень сладкое вещество, названное ослидином<sup>8</sup>. Он примерно в 3 тыс. раз слаще сахарозы. Однако его безвредность пока не доказана; кроме того, крайне низкое содержание ослидина в корнях растения ставит под сомнение его практическую ценность.

**Пептиды.** Наибольший интерес среди интенсивных подсластителей природного происхождения представляют, видимо, сладкие вещества белковой природы, такие как тауматин и монелин.

Тауматин, как установлено еще в прошлом веке, содержится в плодах растения *Taumatococcus danielli*, растущего в Центральной и Юго-Западной Африке от Судана до Анголы. В 70-х годах из водных экстрактов этих плодов были выделены белки сладкого вкуса, названные тауматином I и II<sup>9</sup>, которые

<sup>6</sup> Крутошкова А., Угер М. Природные и синтетические сладкие вещества. М., 1988. С. 56.

<sup>7</sup> Horowitz R. M., Gentili B. // J. Agric. Food Chem. 1966. V. 17. P. 696.

<sup>8</sup> Jizba J., Dolejs L., Herout V., Sorm F. // Tetrah. Lett. 1971. V. 1329.

<sup>9</sup> Van Der Wel H., Loeve K. // Eur. J. Biochem. 1972. V. 31. P. 221.



оказались слаще сахарозы в 2,5 тыс. раз и были даже занесены в книгу рекордов Гиннесса. Интересно, что в присутствии некоторых катионов сладость тауматинов заметно возрастает. Так, алюминиевый комплекс тауматина, выпускаемый английской фирмой под маркой «талин», в 3,5 тыс. раз слаще сахарозы.

Тауматины безвредны, устойчивы к кислотности и обладают ценным качеством — улучшают вкус и аромат пищевых продуктов. К примеру, в их присутствии резко улучшается вкус натурального кофе, снимается горечь быстрорастворимого кофе, повышается аромат пищевых эссенций из ванили, лимона, яблок, корицы и т. п. Из 1 кг свежих плодов растения удается выделить до 6 г тауматина.

Монелин выделяют из ягод африканского растения *Dioscoreophyllum cumminsii*. Из 1 кг ягод удается получить до 5 г чистого белка в 1,5—2 тыс. раз слаще сахарозы<sup>10</sup>. Монелин нетоксичен, но теряет свои сладкие свойства при нагреве до 55—65°.

## СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОДСЛАСТИТЕЛИ

Самым известным из них является, безусловно, сахарин, который был открыт в 1879 г. немецким химиком Фальбергом и сначала использовался как антисептик и консервант. Случайно заметили, что сахарин имеет сильный и устойчивый сладкий вкус. В связи с этим уже в начале нашего века он получил исключительно широкое применение как эффективный заменитель сахара. Ежегодное потребление сахарина в США ныне превышает 3 тыс. т, в Японии — 1 тыс. т.

Сахарин в среднем в 300 раз слаще сахарозы, однако имеет неприятный «металлический» привкус. Содержание сахарина в типовой рецептуре безалкогольных напитков обычно составляет 0,3—0,4 г/л.

До 1983 г. сахарин был единственным подсластителем диетических напитков, однако в настоящее время установлено, что длительное применение сахарина небезопасно, и эксперты ВОЗ рекомендуют ограничить его применение до 5 мг/кг в день.

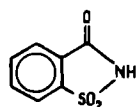
В 1980 г. появились сообщения о синтезе аналога сахарина, содержащего вместо бензольного кольца кольцо серосодержащего гетероциклического соединения — тиафена, сладость которого в 1000 раз выше, чем у сахарозы<sup>11</sup>.

Цикламат (натриевая соль циклогексил-амино-N-сульфоновой кислоты) в отличие от сахарина не имеет неприятного привкуса. Впервые цикламат и его аналоги как интенсивные подсластители были запатентованы фирмой «Дюпон» еще в 1940 г., а в 1968 г. в пищевой промышленности США использовалось около 7 тыс. т цикламатов. Однако в начале 70-х годов применение цикламатов в пищевой промышленности многих стран было запрещено: оказалось, что микроорганизмы, присутствующие в желудочно-кишечном тракте человека, могут разлагать цикламат до токсичного циклогексил-аминина и канцерогенного дициклогексил-аминина.

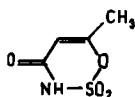
Ацесульфам калия. В 1967 г. химики фирмы «Хёхст» разработали схему промышленного производства очень перспективного интенсивного подсластителя, представляющего собой калиевую соль производного

<sup>10</sup> Morris J., Gagan R. H. // Biochem. Biophys. Acta. 1972. V. 261. P. 114.

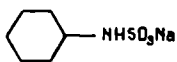
<sup>11</sup> Rossi P. A. et al. // J. Org. Chem. 1980. V. 45. P. 617.



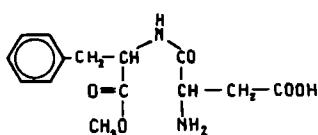
САХАРИН



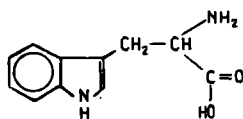
АЦЕСУЛЬФАМ



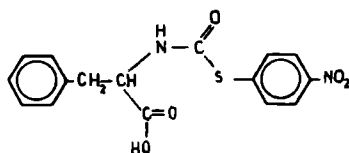
ЦИКЛАМАТ



АСПАРТАМ



Д-6-ХЛОРТРИПТОФАН



N-(4-НИТРОФЕНИЛ)НОКАРБАМОИЛ  
L-ФЕНИЛАЛАНИН

тиоксазина. Ацесульфам в среднем в 200 раз слаще сахарозы. Комплексные фармакологические исследования, включающие оценку анальгетической, психотропной и диуретической активности, показали, что ацесульфам К практически безвреден для организма.

**Аспартам.** Этот самый распространенный ныне синтетический подсластитель был получен случайно. В 1965 г. один из сотрудников чикагского отделения фирмы «Сёрл» при очистке эфира L-аспартил-L-фенилаланина, являющегося промежуточным продуктом синтеза пептидного гормона гастрин, обнаружил необычайную сладость этого простого дипептида. Методам получения этого подсластителя и его испытаниям посвящено громадное число работ. Аспартам выдержал многочисленные испытания на токсичность и канцерогенность. Показано, что в процессе пищеварения эфирная группа аспартама гидролизует, а дипептид расщепляется на две природные L-аминокислоты: аспарагиновую кислоту и фенилаланин. Он не годится лишь для больных фенилкетонурией, организм которых не способен эффективно утилизировать L-фенилаланин.

Аспартам широко используется за рубежом для производства диетических безалкогольных напитков, желатиновых десертов, пудингов, жевательной резинки и т. п. Кроме США, аспартам производится также в Японии, Франции и Чехословакии. Недавно была обнаружена удивительная особенность аспартама — усиливать вкус сахарозы, цикламатов и сахарина. Аспартам также полностью подавляет неприятный привкус, присущий сахарину.

Следует сказать несколько слов и о сладости самих аминокислот. Так, D-изомер незаменимой  $\alpha$ -аминокислоты триптофана в 25—50 раз слаще сахарозы. Его сладость возрастает почти в сто раз при введении в молекулу аминокислоты атома хлора (в 6-м положении). Подобно  $\alpha$ -аминокислотам, сладким вкусом обладают также производные L-аспарагиновой кислоты. А N-(4-нитрофенилтиокарбамил)-L-фенилаланин, полученный во Франции, слаще сахарозы уже в 55 тыс. раз. Однако это еще не рекорд: недавно французские химики получили ряд новых подсластителей, которые слаще сахарозы в 200 тыс. раз! Видимо, это предел сладости — новые вещества настолько активны, что одной молекулы уже достаточно для возбуждения рецептора сладкого вкуса.

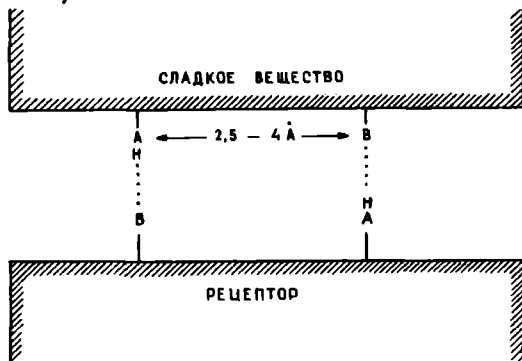
Фирма «Ньютрасвит» намерена после всесторонних испытаний выпустить на рынок одно из этих соединений уже в 1993 г.<sup>12</sup>

## МЕХАНИЗМ ХЕМОРЕЦЕПЦИИ

Вкусовая реакция — сложное и недостаточно изученное явление. Ощущение вкуса возникает в результате взаимодействия молекул вещества, стимулирующего вкус, с соответствующим хеморецептором в сенсорной системе человека, находящейся в передней части языка. Многообразие веществ, обладающих сладким вкусом и совершенно различных по составу и геометрическому строению, долгое время мешало выявлению главных отличительных признаков, общих для всех сладких соединений и позволяющих рецептору их распознавать.

Как предположил в 1914 г. Кон<sup>13</sup>, в природе не может быть однозначно моnofункционально сладких молекул, в таких соединениях функциональные группы всегда выступают «парами» (впоследствии их назвали «ауксоглюками» и «глюкофорами»).

Почти полвека спустя Шелленбергер выдвинул положение о единой специфической общности всех сладких соединений. По его мнению, сладкое вещество должно обязательно иметь две полярные функциональные группы, одна из которых АН является донором протона (кислота); а другая — акцептором протона В (основание)<sup>14</sup>. Таким образом, система АН — В сладких веществ за счет водородных связей может присоединяться к соответствующей системе АН — В рецепторного белка. Образующийся при этом комплекс и вызывает ощущение сладкого вкуса.

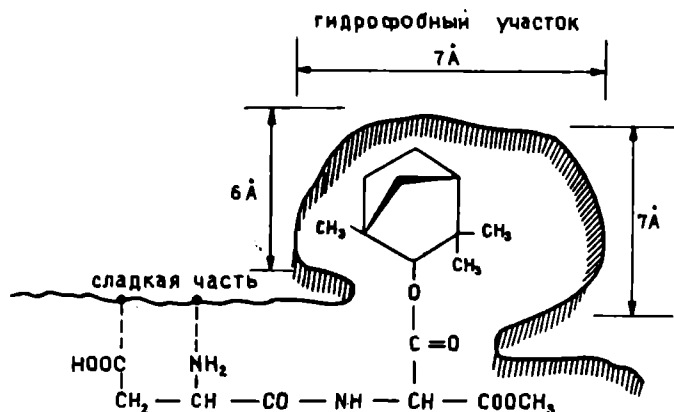


Модель Шелленбергера.

Шелленбергер придавал большое значение пространственному расположению молекул сладких веществ: чтобы осуществилось парное связывание молекулы с рецептором за счет водородных связей, расстояние между атомами и группами атомов А

<sup>13</sup> Cohn G. // Pharm. Centralhalle. 1914. V. 55. P. 735.

<sup>14</sup> Schellenberger R. S. // New Scientist. 1964. V. 407. N 407.



Обобщенная модель гидрофобного связующего участка в рецепторе сладких веществ (на примере одного из несимметричных дизфиров N-аспартил-аминомалоновой кислоты).

и В молекулы сладкого вещества должно соответствовать расстоянию между активными центрами рецептора (2,5—4 Å).

Очень скоро, однако, в механизм взаимодействия пары рецептор — сладкое вещество были внесены существенные поправки. Они появились на основании данных, полученных при изучении сладкого вкуса стереоизомерных α-аминокислот. Хорошо известно, что многие D-аминокислоты имеют ясно выраженный сладкий вкус (вспомним D-триптофан), в то время как их L-изомеры безвкусны или даже горьки. Это несомненно свидетельствует о стереоспецифичности хеморецептора и приводит к выводу о существовании третьего центра при контакте слад-

кого вещества с рецептором — за счет гидрофобного взаимодействия. В настоящее время закладываются основы количественной оценки степени сладости веществ<sup>15</sup> как функции двух параметров: гидрофильно-липофильного баланса и способности молекул вызывать конформационные изменения в комплексе подсластитель — рецептор.

Интересной иллюстрацией этих воззрений могут служить результаты целенаправленного синтеза одной из новых групп интенсивных подсластителей — производных довольно редко встречающейся в белковых соединениях аминомалоновой кислоты. Как оказалось, некоторые из полученных несимметричных дизфиров L-аспартил-аминомалоновой кислоты отличаются необычайной сладостью, причем одно из важнейших условий, определяющих ее, — существенное различие в размерах эфирных групп фрагмента аминомалоновой кислоты<sup>16</sup>.

Наиболее сладким (в 22—33 тыс. раз слаще сахарозы) из всей этой группы соединений оказался метиловый, фенхильный дизфир. Проведенные расчеты позволили авторам этого исследования дать приближенную оценку размерам гидрофобного участка «сладкого» рецептора.

Нет сомнений — интенсивные подсластители класса аминокислот и пептидов обладают рядом бесспорных преимуществ по сравнению с другими рассмотренными соединениями. Можно полагать, что в будущем среди большого числа таких веществ будут найдены препараты, удовлетворяющие всем предъявляемым требованиям; они-то и смогут полностью заменить сахарозу в пищевой промышленности и в быту.

| $\begin{array}{c} \text{NH}_2-\text{CH}-\text{CONH}-\text{CH}-\text{COOR}^1 \\   \qquad \qquad   \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \quad \text{COOR}^2 \end{array}$ |                |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|
| R <sup>1</sup>                                                                                                                                               | R <sup>2</sup> | относительная сладость |
| CH <sub>3</sub>                                                                                                                                              |                | 300—600                |
| CH <sub>3</sub>                                                                                                                                              |                | 556—800                |
| CH <sub>3</sub>                                                                                                                                              |                | 5450—7320              |
| CH <sub>3</sub>                                                                                                                                              |                | 22200—33200            |

Влияние строения дизфиров L-аспартил-аминомалоновой кислоты на их относительную сладость [степень сладости сахарозы принята за 1].

<sup>15</sup> Daniel J. R. // Frontiers in Carbohydrate Research. 1989. P. 34—66.

<sup>16</sup> Masahiko F. et al. J. Chem. Pharm. 1976. V. 24(9). P. 2112—2117.

# Акустополарископия

Ф. Ф. Горбачевич



Феликс Феликсович Горбачевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории комплексного изучения керна Кольской сверхглубокой скважины Геологического института Кольского научного центра РАН. Область научных интересов — распространение упругих волн в твердых телах, физические свойства горных пород.

**П**ОСЛЕ внедрения в 1828 г. У. Николем поляризаторов микроскопические исследования строения и структуры горных пород пошли более быстрыми темпами. В 1890 г. Е. С. Федоров вывел все 230 пространственных групп симметрии кристаллов<sup>1</sup>. К настоящему времени обнаружено более 3500 минералов<sup>2</sup>, отличающихся вещественным составом, типом строения и анизотропии. Анализируя минералы и горные породы, минералог и геолог вооружены достаточно большим набором количественных методов для определения их химического, вещественного и минерального составов, их физических и других характеристик.

С инструментальными же методами, предназначенными для изучения структуры горных пород, особенностей их упругой анизотропии, положение не так благополучно. Некоторые проблемы позволяет, правда, решить изобретенный недавно прибор, названный нами акустополарископом<sup>3</sup>, и новое направление исследований — акустополарископия<sup>4</sup>. Принцип действия акустополарископа аналогичен применяемому в оптическом поляризационном микроскопе.

Во время измерений излучатель и приемник поперечных (сдвиговых) колебаний должны находиться в постоянном и надежном акустическом контакте с поверхностью образца. При этом контактная среда должна удовлетворять разным, на первый взгляд несовместимым, требованиям: быть жидкой, чтобы не препятствовать повороту торцов образца относительно контактных поверхностей преобразователей, и одновременно твердой, так как жидкости не передают сдвиговые колебания. Нами применяется высоковязкий раствор некристаллизующихся

© Горбачевич Ф. Ф. Акустополарископия.

<sup>1</sup> Федоровские группы — универсальный закон природы // Природа. 1991. № 12. С. 20—42.

<sup>2</sup> Семенов Ю. И. Систематика минералов. М., 1991.

<sup>3</sup> Горбачевич Ф. Ф. Акустополарископ для измерения упругости образцов твердых сред: А. с. 1281993 // Б. И. 1987. № 1.

<sup>4</sup> Горбачевич Ф. Ф. Акустополаризационные измерения характеристик анизотропии горных пород. Апатиты, 1985.

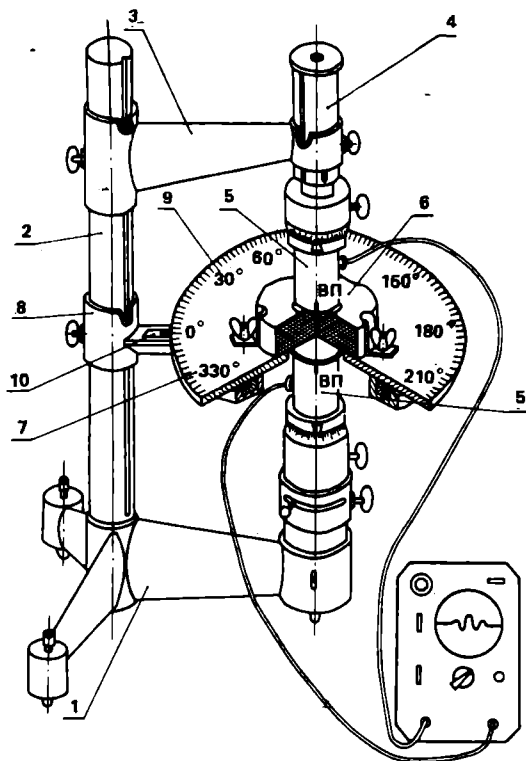


Схема акустополарископа с поворотной платформой: 1 — основание, 2 — стойка, 3 — кронштейн, 4 — подвижный штук, 5 — акустические преобразователи, 6 — образец, 7 — поворотная платформа, 8 — дополнительный кронштейн, 9 — шкала углов, 10 — указатель.

полисахаридов, который удовлетворяет обоим требованиям.

Наблюдения проводятся при параллельных и скрещенных векторах поляризации излучателя и приемника колебаний, аналогично измерениям при параллельных и скрещенных николях в поляризационном микроскопе. Но в отличие от световых лучей ультразвук проникает во все твердые тела независимо от их толщины. На акустополарископе можно исследовать образцы рудных пород и минералов толщиной от

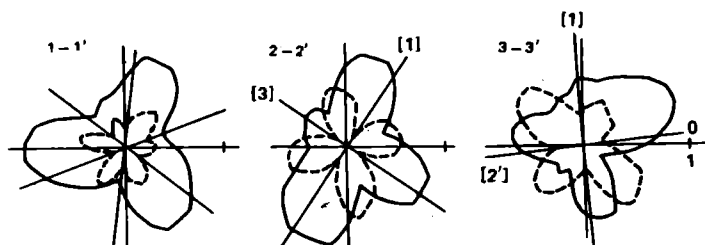
1 до 10 см, отобранные непосредственно в забое шахты, в выработке или на геологическом обнажении. Необходимо лишь отшлифовать параллельные торцы образца. Меняя длину волны (это достигается заменой излучателя и приемника), удается проследить строение среды на уровне минеральных зерен, их ассоциаций и горной породы в довольно большом объеме.

За сравнительно короткий срок эксплуатации прибора выяснилось, что он позволяет отличать упругоизотропные среды от анизотропных, выявлять число и пространственную направленность элементов упругой симметрии, определить константы упругости и типы симметрии<sup>5</sup>.

Для примера приведены акустополариграммы монокристалла синтетического кварца, полученные на кубическом образце в трех взаимно перпендикулярных направлениях: 1—1', 2—2', 3—3'. Для монокристалла кварца направление 1—1' совпадает с направлением кристаллографической оси [0001], а два другие перпендикулярны ей. На акустополариграмме в направлении 1—1' диаграмма, полученная при скрещенных векторах поляризации, указывает положение всех трех осей симметрии, расположенных под углом 120° друг к другу. Анализируя акустополариграммы в направлениях 2—2' и 3—3', можно видеть, что пространственное расхождение кристаллографической оси и оси упругой симметрии достигает примерно 60°.

Наблюдения на большом числе образцов горных пород показали, что излившиеся вулканогенные породы, как правило, упругоизотропны. Среди осадочных пород преобладают слабоанизотропные. Средне- и сильноанизотропные обнаружены среди пород, подвергшихся метаморфизму — воздействию высоких давлений и температур, в результате которого произошла их структурно-текстурная перестройка, перекристаллизация. Например, в косослоистом мета-

<sup>5</sup> Горбачевич Ф. Ф. // Дефектоскопия. 1990. № 5. С. 22—29.



Акустополариграммы кубического образца синтетического монокристалла кварца в трех взаимно перпендикулярных направлениях 1—1', 2—2', 3—3'. На диаграммах 2—2' и 3—3' кристаллографическая ось [0001] расположена по вертикали. Сплошная линия — векторы поляризации акустических колебаний параллельны, пунктир — скрещены.

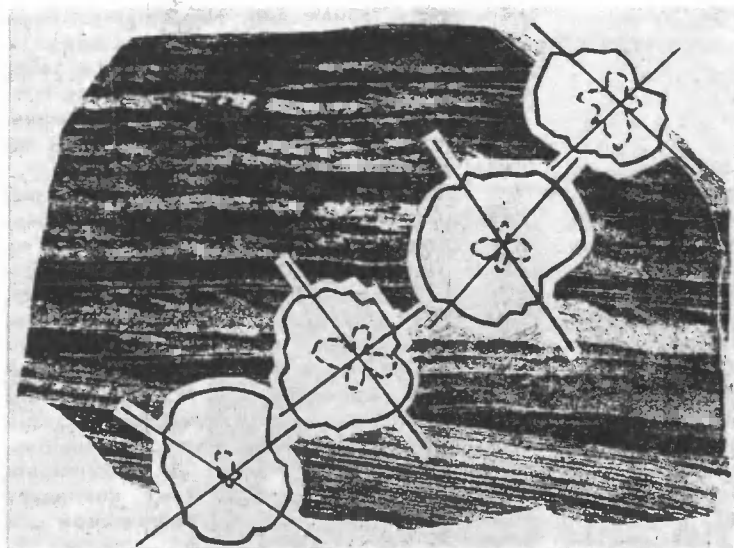
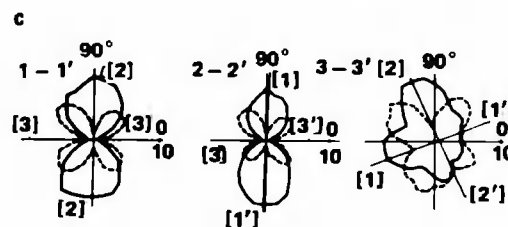
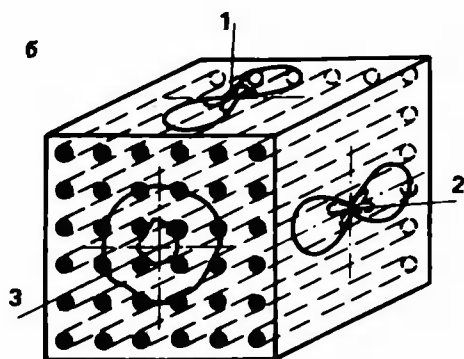
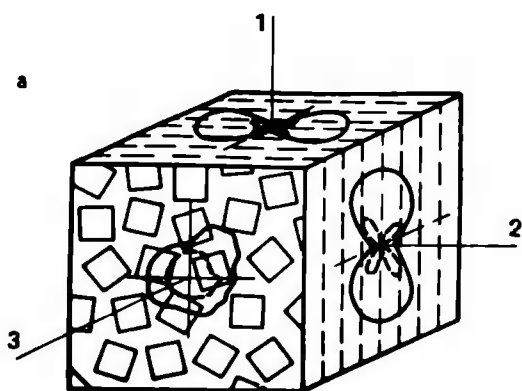
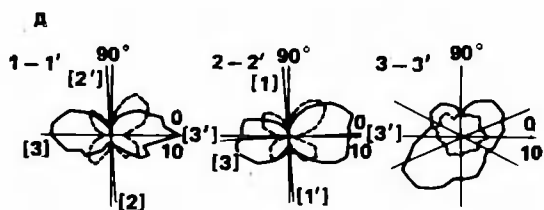


Фото косослоистого метапесчанника и его акустополаризграммы (образец А. А. Басалаева). Сплошная линия на диаграммах — векторы параллельны, пунктир — скрещены.



Акустополаризграммы, иллюстрирующие линейную [a] и плоскостную [b] анизотропию поглощения на моделях, а также на естественных образцах: тальк-



флогопит-тремолитовом сланце [c] и клинопироксеновом амфиболите [d]. Сплошная линия — векторы параллельны, пунктир — скрещены.



песчанике руслового типа, слоистость которого образована последовательно отлагавшимися слоями песка (светлые полосы) и глины (темные), главные компоненты напряжений, возникших при метаморфизме, образовали углы около  $45^\circ$  к слоистости породы. Перекристаллизация слагающих породу зерен зафиксировала эти направления, что и отразилось на акустополяриграммах. Подобные примеры показывают применимость метода для реконструкции палеонапряжений, сопровождающих метаморфический процесс.

С помощью акустополярископии в кристаллических породах удалось обнаружить широко распространенный эффект линейной анизотропии поглощения (ЭЛАП). Как и при его оптических эквивалентах (дихроизме и плеохроизме), колебания в таких средах активно поглощаются при ориентации вектора поляризации перпендикулярно текстурным элементам среды. Этот эффект, хотя бы в слабой форме, встречается более чем в половине разновидностей осадочных и метаморфических пород. При этом зарегистрированы две основные формы (модели) его проявления — плоскостная и линейная<sup>6</sup>. Эффект выражен сильнее при параллельных векторах поляризации. Направления  $[2]—[2']$  и  $[1]—[1']$  на акустополяриграммах  $1—1'$ ,  $2—2'$  совпадают с проекциями базальных плоскостей кристаллов талька и флогопита в образце 26715. Соответственно, направление  $3—3'$  на акустополяриграммах  $1—1'$  и  $2—2'$  позволяет проследить на-

правленность сильноудлиненных зерен роговой обманки в образце 24788. Если наименование осей, вдоль которых вытянуты акустополяриграммы, совпадает, такая модель является линейной. Оба образца изготовлены из керна Кольской сверхглубокой скважины, извлеченного с глубин 7659 м (образец 24788) и 7031 м (образец 26715). Как показали наши наблюдения, глубже 4,5 км разрез Кольской сверхглубокой сложен сильноанизотропными породами с выраженным ЭЛАП.

Область применения акустополярископии значительно шире, чем анализ анизотропных минералов и горных пород. Высокую степень ЭЛАП обнаруживают дерево, армированные пластмассы, прокатанное стекло. Точно определить положение дефектов невозможно без учета анизотропии материалов. Однако наиболее эффективна акустополярископия для испытаний новых композиционных и конструкционных материалов. В развитых странах эра металлов уже считается прошедшей. Будущее, несомненно, принадлежит новым композиционным материалам и строительным материалам, обладающим малой плотностью и высокими упругостью и прочностью в требуемом направлении. Акустополярископия позволяет проводить целенаправленный поиск таких материалов.

Метод поляризационных оптических наблюдений, история которого насчитывает около двух столетий, продолжает развиваться. Акустическая полярископия пока в самом начале пути, однако ее большие возможности видны уже сегодня.

<sup>6</sup> Горбачевич Ф. Ф. // Физика Земли. 1990. № 5. С. 70—79.

# АБЕРРАЦИЯ ДАЛЬНОСТИ

К 100-летию со дня рождения А. С. Серебровского

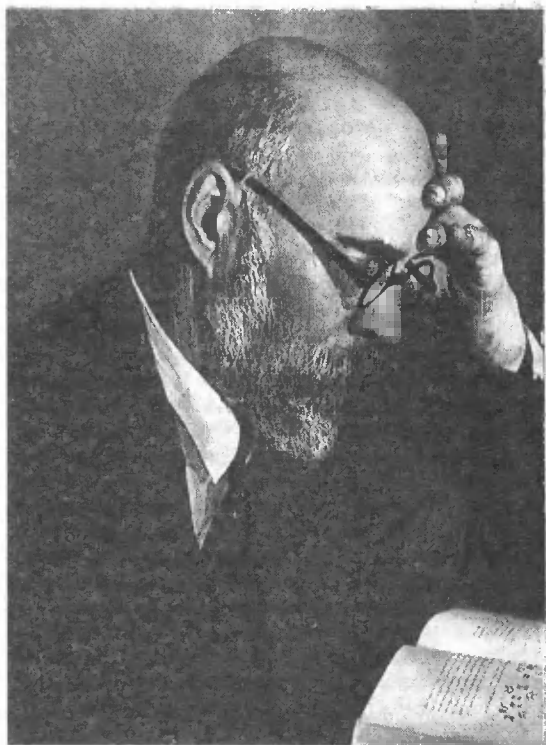
Это понятие, введенное известным историком и этнографом Л. Н. Гумилевым [1913—1992] для образного определения оптимальных условий оценки того или иного события или исторического процесса (современники нередко страдают абберрацией близости), применимо и к оценке творчества любого крупного ученого. Ведь понять важность его идей можно лишь со временем, когда значение начатых им направлений и сделанных открытий становится очевидным. Поэтому ощутить масштабы, глубину и значение научной деятельности Александра Сергеевича Серебровского в полной мере мы можем только сегодня, спустя 100 лет со дня его рождения.

Серебровский родился 6[18] февраля 1892 г. в Туле в семье архитектора. Пробудившийся с детских лет интерес к живой природе привел его в 1909 г. на биологический факультет Московского университета. Еще во время учебы он начинает заниматься экспериментальными исследованиями в лаборатории Н. К. Кольцова. После окончания университета в 1914 г. четыре года служит на Кавказе в артиллерии. Вернувшись в Москву в 1918 г., снова работает вместе с Кольцовым, возглавляя опытную птицеводческую станцию в Слободке (Тульская обл.), где продолжает серьезные занятия генетикой. В этот период (до 1921 г.) им были заложены основы частной генетики животных. В 1921 г. Серебровский после объединения двух опытных станций становится сотрудником Аниковской генетической станции Наркомзема, которая тесно сотрудничает с Институтом экспериментальной биологии.

С 1923 г. он возглавляет кафедру птицеводства (впоследствии кафедра генетики) Московского зоотехнического института, в 1929 г. организует лабораторию генетики в биологическом институте им. К. А. Тимирязева, в 1931 г. — сектор генетики и селекции во Всесоюзном институте животноводства ВАСХНИЛ, а в 1930 г. — кафедру генетики в Московском университете, которой руководил до конца жизни. Все эти годы помимо большой организационной и преподавательской работы он непрерывно ведет глубокие теоретические и экспериментальные исследования.

В сфере научных интересов Серебровского всегда были самые актуальные проблемы генетики. Одним из первых он понял широкие возможности использования дрозофилы как модельного генетического объекта. Изучая различные мутации у дрозофилы, Серебровский высказал гипотезу о линейном строении гена. Разработка этой идеи завершилась созданием теории гена, которая оказала большое влияние на развитие молекулярно-генетических исследований.

Серебровского с полным правом можно считать одним из основателей генетики популяций. Его учение о генофонде и геногеогра-



АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ СЕРЕБРОВСКИЙ  
(18.II 1892—28.VII 1948)

фии, созданное более 70 лет назад, заложило оригинальное эволюционно-географическое направление в генетике и селекции. Сегодня концепция генофонда, глубоко проникающая в генетику, лежит в основе природоохранной политики. Для сохранения уникального биологического разнообразия — одной из главных биологических задач — необходимо изменить всю стратегию нашего взаимодействия с природой, что возможно, лишь опираясь на наследие, оставленное Серебровским.

Его оригинальные статистические методы анализа сегодня составляют прочный математический фундамент популяционной генетики. Учением о генофонде и геногеографии не исчерпывается значение популяционных работ Серебровского. Открыв существование в малых популяциях изолированных стохастических процессов, Серебровский показал их ключевую роль в селективно-нейтральной эволюции. Это явление получило

название генетико-автоматических процессов. Он первый указал на важное значение подразделенности изолированной популяции на малые субпопуляции для консервации ее генетического состава. Таким образом, его можно считать автором не только концепции геногеографии и генофонда, но и учения о факторах эволюции, органично вошедшего в современную популяционную генетику.

В 1927 г. Серебровским были начаты работы по искусственному мутагенезу. Полученные им радиационные мутации послужили толчком для создания гипотезы появления структурных мутаций. Его идея об обмене между негомологичными участками хромосом вошла в современную теорию образования структурных мутаций хромосом. Исследования Серебровского 1928—1935 гг. наряду с некоторыми другими послужили базой для развития радиационной генетики, имеющей сегодня огромное значение для теории и практики мутагенеза. Нет нужды подчеркивать важность этой области науки в наши дни, когда угроза ядерных катастроф стала ощутимой реальностью.

Блестящий теоретик и экспериментатор, целеустремленный практик, Серебровский большое внимание уделял прикладным задачам генетики. Яркой иллюстрацией этого может служить созданный им оригинальный метод борьбы с вредными насекомыми: использование транслокаций для воздействия на размножение насекомых в природных популяциях. Эти работы,

опубликованные в 1940 г., через четверть века получили международное признание.

Как ученый, Серебровский вошел в генетику на рубеже 20-х годов, когда биология переживала революцию: недавно возродился менделизм, Т. Морган создавал свою теорию и методологию исследования гена. Эпоха революций в науке нуждается в больших ученых и порождает их, Серебровский оказался одним из них. Пройдя блестящую школу Кольцова, его верный ученик оставил после себя плеяду замечательных генетиков; среди них Р. Б. Хесин, С. И. Алиханян, Н. И. Шапиро, Е. Е. Погосианц, Я. Л. Глембоцкий, С. Г. Левит и др.

К числу учеников Серебровского принадлежит и Екатерина Тимофеевна Васина-Попова (1899—1989). Начав свой путь в науке под руководством одного из основоположников отечественной зоотехники П. Н. Кулешова, она сразу после окончания института стала работать у Серебровского. Еще в студенческие годы определился ее интерес — генетика животных. И в этой области ее по праву считают лучшим представителем школы Серебровского. Через всю жизнь она пронесла память о своих учителях, посвятив им специальные статьи, а в 1987 г., будучи уже в весьма преклонном возрасте, на V съезде Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова выступила с большим докладом о деятельности Серебровского. Сокращенный вариант этой лекции мы и предлагаем вниманию читателей.

## Учитель

Е. Т. Васина-Попова

**А**ЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ СЕРЕБРОВСКИЙ прожил недолгую, но яркую и весьма плодотворную, хотя и не легкую, жизнь. За короткий срок он сделал очень много для успешного развития советской и мировой генетики. Серебровский — яркая фигура в истории генетики, выдающийся ученый с широким диапазоном научных интересов: натуралист, генетик-энциклопедист, биолог широкого профиля, всесторонне одаренный человек — математик, первоклассный экспериментатор, аналитик, теоретик и... поэт — им написано около 100 стихотворений.

Прекрасный педагог, умевший заинтересовать молодежь своими идеями, создававший атмосферу увлеченности и доброжелательности.

Александр Сергеевич — ученый-мыслитель. Им всегда владели идеи (а у него их было множество), логика рождения и их

развития. При этом он никогда не удовлетворялся достигнутым. Это хорошо выражено им самим: «Наша наука — буйная схватка, где прямая и дерзкая человеческая мысль, шаг за шагом отнимает у мира таинственное, а вырвав очередную тайну, с изумлением находит в ней десять новых тайн».

В то время не было такой глубокой дифференциации генетики, как теперь. Разносторонность научной деятельности Александра Сергеевича видна в оставленном им обширном научном наследстве. Он успел опубликовать 150 научных статей по разным направлениям, и 7 фундаментальных монографий по частной генетике, генетическому и эволюционно-популяционному анализу, теоретическим основам транслокационного метода борьбы с вредными насекомыми, селекции животных и растений, гибридизации животных.

К сожалению, все эти книги (кроме последней) были опубликованы усилиями его учеников только после 1965 г., т. е. через 20 с лишним лет после написания.



На селекционной станции в Анниково. 1922 г. Стоят (справа налево): В. В. Сахаров (над микроскопом), А. С. Серебровский, М. А. Ганнер, Г. Меллер, Д. Д. Ромашов, П. И. Живаго, Е. В. Лебедева, Л. Н. Сахарова. Сидят: И. Г. Савич, И. Г. Коган.

С Александром Сергеевичем я сотрудничала в 1923—1934 гг., общалась же до последних лет его жизни. Участвовала в подготовке и проведении многих организованных им конференций по генетике и селекции животных, присутствовала на семинарах и докладах Александра Сергеевича. Память сохранила живой образ Серебровского, всегда выдававшего новые, зачастую непредсказуемые, очень интересные идеи, щедро предлагаемые им ученикам для разработки, и в то же время ученого, жестоко битого, но мужественно и стойко переносившего несправедливые нападки. Он ведь шел впереди своего времени.

В моем изложении, наверное, будет крен в сторону проблем наиболее близких мне, проблем генетики животных, в изучении которых я принимала непосредственное участие.

В экспериментальных исследованиях, которыми Серебровский занимался беспре-

рывно, все было подчинено определенной идее, им выдвинутой, направлено на ее доказательство или развитие. Источником теоретических открытий Серебровского стала так называемая теория «присутствия-отсутствия», которая тогда была общепризнанной. Принимал ее и Т. Морган. Однако по мере появления новых экспериментальных фактов, необъяснимых с позиций этой теории, она стала подвергаться критике и была отвергнута Морганом и многими другими генетиками. Серебровский же исповедовал ее до конца. Возражения побуждали Александра Сергеевича к новым оригинальным исследованиям.

Согласно теории присутствия-отсутствия, мутация — это выпадение гена. Тогда, оценив размеры нехваток, можно установить размер гена. И Серебровский со студентами кафедры генетики МГУ провел эксперименты по измерению размера гена пурпурной окраски глаз (purple) у дрозофилы. Если мутация — выпадение, то промежуток между генами, лежащими по обе стороны от него, должен сократиться. В данном эксперименте — это расстояние между генами black (черное тело) и cinnamon (киноварные

глаза), расположенными по обе стороны от гена purple в середине II хромосомы. Было известно, что мутация purple сближает соседние гены на 0,49 морганида, что и определяет размер этого гена. Александр Сергеевич, будучи требовательным исследователем, не удовлетворился достигнутыми результатами и повторил исследование на других генах, полностью подтвердив полученные данные. Серебровский делает заключение: «Нетрудно видеть, что результаты, полученные в настоящем исследовании, могут быть использованы для воскрешения казавшейся похороненной теории «присутствия-отсутствия Бэтсона»<sup>1</sup>. Но возникло новое затруднение. Как с позиций этой теории объяснить серии изменений одного гена, серии аллеломорфов? Александр Сергеевич предположил, что не только гены расположены в хромосомах линейно, но и сам ген линейен и имеет определенную протяженность. Но это не полностью объясняло серии аллеломорфных генов. «Хромосомная теория наследственности вполне уживается с теорией присутствия-отсутствия. Для этого придется лишь отказаться от постулата неделимости гена»<sup>2</sup>. Спустя почти полвека биологи справедливо отмечали, что «для такого предположения нужна была большая смелость, нужно было преодолеть колоссальный психологический барьер. Ведь в то время, да и до 50-х годов, пока не узнали, что ген — линейная ДНК, все генетики считали, что ген — это неделимая функциональная единица, не дробимая при обмене участком хромосом во время перекреста, как единое целое, изменяющаяся при мутациях»<sup>3</sup>.

Открытое Г. Мёллером в 1927 г. искусственное изменение наследственных свойств дрозофилы под воздействием X-лучей позволило Серебровскому приступить в 1928 г. к экспериментальной проверке идеи делимости гена. Он использовал мутации одного и того же гена scute, нарушающего развитие щетинок на теле дрозофилы<sup>4</sup>. Первые мутации этого гена были получены в лаборатории Серебровского сначала Н. П. Дубининым, затем другие аллеломорфы этого гена получили И. И. Агол, А. Е. Гайсинович, сам Серебров-

ский, Б. Н. Сидоров, С. Г. Левит, Н. И. Шапиро.

На основании анализа экспериментальных данных по гену scute и его изменениям была создана центровая теория гена<sup>5</sup>. Новая теория сложного строения, или делимости, гена была встречена враждебно крупнейшими генетиками, в том числе и Мёллером. Они пытались сохранить в неприкосновенности основной постулат морганизма — о неделимости гена. Теперь многие факты, установленные при изучении гена scute, считаются непреложными. Основные экспериментальные работы школы Серебровского в 20—30-х годах по проблеме гена, безусловно, имеют приоритетное и прогрессивное значение для дальнейшего успешного развития теоретической генетики.

Первые же исследования Серебровского были посвящены частной генетике — генетике курицы и стали основой для развития в нашей стране генетики животных. Возглавил это направление Серебровский, создавший свою школу. Школа эта возникла на прочном фундаменте, воздвигнутом деятельностью выдающегося биолога Н. К. Кольцова и крупнейшего зоотехника П. Н. Кулешова, сыгравшего большую роль в пропаганде генетики среди зоотехников.

Пионером в организации и развитии исследований по генетике животных был Н. К. Кольцов. Первые работы были сделаны в Институте экспериментальной биологии на морских свинках и курах древних пород — павловской и орловской (к сожалению, ныне исчезнувших). Для расширения этих исследований Кольцов организовал в Аникове под Москвой опытную станцию. В 1919 г. была создана вторая станция — птицеводческая — в Слободке (Тульская губ.). Первой руководил В. Н. Лебедев, второй — А. С. Серебровский — оба ученики Кольцова. В 1921 г. обе станции были объединены и Серебровский со всеми материалами переехал из Слободки в Аниково.

Другим объектом, интенсивно изучавшимся в тот период, были овцы. В 1924 г. эти исследования начал Б. Н. Васин с сотрудниками на опытной станции в Аникове. Было создано, хотя и небольшое, но интересное по породному составу экспериментальное стадо. Накапливались и экспедиционные материалы. Кроме того, впервые начались работы в овцеводческих хозяйствах с большим поголовьем и разными породами.

<sup>1</sup> Серебровский А. С. // Журн. эксперим. биологии. 1926. Сер. А. Т. 2. Вып. 1. С. 77.

<sup>2</sup> Серебровский А. С. // Журн. эксперим. биологии. 1926. Сер. А. Т. 2. Вып. 2—3. С. 77—100.

<sup>3</sup> Хесин Р. Б. Теория гена в работах А. С. Серебровского // Природа. 1972. № 8. С. 18.

<sup>4</sup> Серебровский А. С., Дубинин Н. П., Агол И. И. и др. // Журн. эксперим. биологии. 1926. Сер. А. Т. 1. Вып. 3—4. С. 161—180.

<sup>5</sup> Серебровский А. С., Дубинин Н. П. // Успехи эксперим. биологии. 1929. Вып. 4. С. 235—247.



На V генетическом конгрессе в Берлине. 1927 г. Слева направо: Н. И. Вавилов, Г. Д. Каряченко, А. С. Серебровский, С. С. Четвериков.

В результате скрещивания грубошерстных овец с каракульскими и мериносами были получены данные по характеру наследования и некоторых хозяйственно ценных, количественных признаков, например, интенсивности роста ягнят, тонине шерсти, плодовитости, завитку и др.

Впервые тогда Васин выдвинул идею создания новых пород животных<sup>6</sup>. Особенно интересна его работа по генетике цветного каракуля<sup>7</sup>.

Заметный вклад в генетику овец внес еще один ученик Серебровского — Я. Л. Глембоцкий. Он нашел объяснение крипторхизму<sup>8</sup> у перекосов, что позволило в племях «Котовский» за счет селекции снизить число животных с этой аномалией с 18 до 1,5 %. Совместно с М. А. Гептнер Глембоцкий установил причину гибели ягнят от плевропневмонии. Оказалось, что стремление селекционеров избавиться от пегости под шеей — «галстука» — привело к потере гена, ответственного за резистентность к плевропневмонии. Исследования по частной генетике животных проводились и на других объектах (крупный рогатый скот, кролики, лошади). Накопленные экспериментальные данные по генетике животных послужили хорошим материалом для внедрения генетических основ в селекцию.

Серебровский обращал внимание се-

лекционеров на необходимость широкого размножения «полезных» генов и полного искоренения «вредных».

На Центральной станции генетики животных (ЦГС) зародилось и новое направление, которое его создатель Серебровский назвал геногеографией. Это — изучение закономерностей географического распространения определенных генов и процессов, вызывающих изменения в их распространении и частоте в разных популяциях.

Первые такие работы относятся к 1927 г. В ходе генетического анализа популяций кур Армении, Дагестана, Кабардино-Балкарии были вскрыты сложные популяционные процессы, наблюдаемые при медленном распространении генов в результате перемещения целой популяции или ее частей.

Аналогичные исследования проводились на популяциях овец (1928 г.), а позднее и крупного рогатого скота<sup>9</sup>. Эти исследования перекликаются с классическими работами Н. И. Вавилова о центрах происхождения культурных растений и животных и с исследованиями С. С. Четверикова по теоретической и экспериментальной генетике популяций.

В докладе «Геногеография и эволюция домашних животных» на конференции по эволюции домашних животных, проходившей 24 марта 1934 г. в Институте генетики АН СССР под председательством Вавилова, Серебровский обсуждал вопрос о роли в эволюции домашних животных естественного и искусственного отбора, а

<sup>6</sup> Васин Б. Н. Генетика овец. В 4-х кн. М., 1928—1932.

<sup>7</sup> Васин Б. Н. Цветной каракуль. М., 1946.

<sup>8</sup> Крипторхизм — аномалия развития млекопитающих, при которой в процессе внутриутробного развития яичко не опускается до своего нормального положения и остается в брюшной полости.

<sup>9</sup> Серебровский А. С. // Успехи зоотехн. наук. 1935. Т. 1. Вып. 3. № 3. С. 317—348.





В Лондоне. 1930 г. Справа налево:  
А. С. Серебровский, Ф. Кру, Л. Денн.

также стохастического изменения популяций<sup>10</sup>. Позднее Ромашов и Дубинин стали называть их генетико-автоматическими. Однако мы думаем, что термин «автоматический» здесь использован неправильно и должен быть заменен недвусмысленным термином «стохастический». Этим последним термином современная математика обозначает закономерности случайных явлений.

Поскольку изменения в генофонде, которые мы имеем сейчас в виду, есть результат последовательного ряда случайных событий, их правильнее всего обозначать именно термином «стохастический процесс». В широком смысле можно использовать и термин «генеогеографические процессы». «Мы констатировали, что помимо естественного и искусственного отборов домашние животные и домашние растения претерпевают весьма значительные изменения в зависимости от одной категории явлений, от закономерности стохастической и генеогеографической»<sup>11</sup>.

Популяционно-географические методы применяются теперь в иммуногенетике и медицинской генетике. Еще в 1928 г. Серебровский писал: «...совокупность всех генов данного вида животных... я назвал генофондом, чтобы подчеркнуть мысль о том, что в лице генофонда мы имеем такие же национальные богатства, как и в лице наших запасов угля, скрытых в наших недрах»<sup>12</sup>.

В настоящее время понятие и термин «генофонд» вошли в обиход очень широко, но мало кто знает, что их предложил Серебровский более полувека назад. И в этой проблеме сохранения генофонда животных он опередил свое время, обнаружив свойственную ему прозорливость.

Серебровский был причастен и к медицинской генетике. Ее основоположник в СССР С. Г. Левит как генетик вышел из школы Серебровского, хотя пришел в его лабораторию вполне сложившимся ученым. Первые исследования в этом направлении были организованы и проводились при непосредственном участии Серебровского. Событием был выход сборника кабинета наследственности и конституции человека Медико-биологического института со статьей Серебровского «Антропогенетика и евгеника в социалистическом обществе» (1929).

В марте 1935 г. этот институт переименовали в Медико-генетический, где Левит развернул широкие и глубокие генетические исследования. Постоянным и заинтересованным участником обсуждений планов, методик и результатов деятельности института был Серебровский.

Примерно в это же время возник новый подход к генетическому анализу сложных признаков с полигенным наследованием, изменяющихся под влиянием внешней среды, — математический. Инициатором этого направления был Серебровский. В его книге «Генетический анализ» дано систематическое изложение теории генетического анализа. Многие ее разделы разработаны Александром Сергеевичем впервые, на экспериментальном материале, до развития соответствующей математической теории.

<sup>10</sup> Серебровский А. С. // Тез. I Всесоюз. съезда генетиков и селекционеров, Л., 1929.

<sup>11</sup> Серебровский А. С. // Избр. труды по генетике и селекции кур. М., 1976. С. 384.

<sup>12</sup> Серебровский А. С. // Научное слово. 1928. № 9. С. 3—22.

Он работал над этой книгой много лет, а предисловие написано им 1 мая 1948 г., перед самой смертью<sup>13</sup>.

В работах С. Райта был предложен метод определения детерминации фенотипа генотипом. В 1935 г. этим методом были получены у нас первые экспериментальные данные на каракульских овцах (Е. Т. Васина) и лисицах (П. Ф. Рокицкий). Лысенковщина прервала эти исследования. Они возобновились лишь в 1961 г. в Новосибирске (Н. А. Плохинский) и позже в Белоруссии (П. Ф. Рокицкий).

Широка и крупномасштабна научная деятельность Серебровского по генетическим основам селекции животных и внедрению их в практику сельского хозяйства.

Общение с крупнейшими учеными-зоотехниками убедило Александра Сергеевича в неоправданности распространенных тогда принципов племенного дела, в необходимости изживать ламаркистские представления о наследовании приобретенных признаков — основного постулата зоотехников того времени. Животноводство требовало разработки и применения новых, генетических методов. И генетики широко пропагандировали новые подходы, активно участвуя в съездах и конференциях, сессиях ВАСХНИЛ, совещаниях.

В своем докладе на I Всероссийском съезде по племенному делу Серебровский изложил основные положения генетики, выделив из них те, которые должны лечь в основу племенной работы<sup>14</sup>. Он подчеркивал, что генетические подходы коренным образом расходятся с ламаркистскими воззрениями. Об этом же говорили Кольцов и другие генетики.

Пути улучшения наследственности сельскохозяйственных животных обсуждались на совещании по учету животноводческих богатств, на котором было принято решение о создании Всесоюзного института животноводства (ВИЖ), по аналогии с вавилонским Всесоюзным институтом растениеводства (ВИР).

В 1930 г. ВИЖ был организован в Гатчине, куда центральная генетическая станция вошла как сектор генетики и селекции (СЕГИС). Первым заведующим стал Кольцов, заместителем — Рокицкий. В 1931 г. ВИЖ переехал в Москву, и сектор генетики и селекции возглавил Серебровский. Хорошо помню, как Александр Сергеевич

пригласил к себе группу генетиков и зоотехников для обсуждения направления работы сектора, тематики, организационной структуры. Было решено, что проблемы селекции — теория и методы — должны быть главными. С какой энергией, энтузиазмом и ответственностью взялся Серебровский за работу в секторе! Намечались и проводились исследования в больших масштабах. В СЕГИС было создано пять проблемных бригад: теории и методов селекции; гибридизации; инбридинга и гетерозиса; мутационной изменчивости; генетического анализа. На работу в секторе был приглашен математик М. В. Игнатьев для обеспечения надлежащего уровня математических методов анализа экспериментальных данных и теоретических расчетов.

Кроме экспериментальных работ по названным проблемам проводились широкие и глубокие исследования по теории и методам селекции животных. В первую очередь — по оценке племенных качеств производителей, испытанию производителей по потомству. Заново разрабатывались конкретные методики для всех видов сельскохозяйственных животных: диаллельные и полиаллельные скрещивания, на разном маточном поголовье, в различных экологических условиях и т. д. Для этого решались и принципиальные задачи, такие как оптимальное число производителей, необходимых в стадах или породе, число потомков от одного производителя и др.

Путем логического анализа Серебровский пришел к интересным в эволюционном плане выводам о поведении генов в межвидовых скрещиваниях и о роли мутаций в дифференциации видов. По его докладу в 1931 г. коллегия Наркомзема приняла постановление о широком развитии работ по отдаленной гибридизации животных. Проведение их поручалось сектору генетики и селекции ВИЖа и институту «Аскания-Нова». На кафедре генетики МГУ начались исследования по гибридизации кур с павлинами, цесарками. Сотрудники ВИЖа проводили эксперименты по гибридизации яка с крупным рогатым скотом в Киргизии. Серебровский создал теорию гибридизации, а в 1934 г. вышла его замечательная книга «Гибридизация животных» — ценнейшая монография, содержащая много новых, интересных идей и соображений, актуальных и для современности. Но и в этой работе, как и в некоторых других, Серебровского подстерегало непонимание руководящих деятелей. Исследования по отдаленной гибридизации животных были запрещены, как экзотические, ненужные производству.

<sup>13</sup> Серебровский А. С. Генетический анализ. М., 1970.

<sup>14</sup> Серебровский А. С. Племенное дело в крестьянском хозяйстве. М., 1928.

Важным событием была организация Института генетики АН СССР в Москве в январе 1934 г. Возглавил институт Н. И. Вавилов, который уделял большое внимание и генетике животных.

24 марта 1934 г. состоялась конференция по эволюции домашних животных с основным докладом Серебровского «Геногеография и эволюция домашних животных». В стенограмме конференции записано, что Вавилов рекомендовал тогда осваивать другие методы работы с курами: завозить яйца и петухов древних пород с Явы, из Абиссинии.

Встреч Серебровского с Вавиловым было немало. Тесный научный и личный их контакт, начавшийся с I Всесоюзного съезда генетиков в 1929 г., стал еще теснее, когда Вавилов возглавил Институт генетики в Москве. Особенно знаменательным было их сотрудничество в борьбе за генетику в 30-е годы, в период жестких административных нападков на эту науку и на ученых, ее представляющих, со стороны нарождавшейся тогда лысенковщины. Хорошо помню, как Николай Иванович, готовясь к встречам в верхах для защиты своей науки, привлекал ведущих генетиков разных направлений, и в первую очередь Серебровского, для мобилизации убедительных генетических достижений в селекции растений и животных. Постоянное общение Серебровского с Вавиловым продолжалось до ареста Николая Ивановича.

Участие в острых дискуссиях 30-х годов по проблемам генетики и философии занимало большое место в жизни Серебровского и его школы. Серебровский был принципиальным, стойким в спорах, прекрасным полемистом и смелым оппонентом. Твердые, непоколебимые идейно-генетические позиции Вавилова и Серебровского воодушевляли и поддерживали генетиков на всех этапах того многотрудного периода их научной жизни.

Казалось бы, всем понятно, что дискуссии в науке должны вестись не с позиций силы, а в равных условиях для обеих сторон, т. е. нужна оценка разных теорий, точек зрения, опирающаяся на аргументы фактами, экспериментами и убедительными теоретическими обоснованиями. А в 1948 г., на знаменитой сессии ВАСХНИЛ, росчерком пера, административным решением сверху, генетика была объявлена лженаукой, а ученые, ее представители — лжеучеными и даже вредителями.

Проблемами генетики и селекции животных Серебровский занимался до конца жизни. К 1946 г. он закончил книгу

«Селекция животных и растений» (издана только в 1969 г.).

В марте 1947 г. на конференции по генетике и селекции, организованной кафедрой генетики МГУ, обсуждались доклады по семи разделам генетики; по частной генетике, теории и методам селекции животных было заслушано 11 докладов, вызвавших оживленную дискуссию. Серебровский был тяжело болен и присутствовал только на одном заседании. Зачитанное его вступительное слово и заключительное обращение ободряло и воодушевляло нас, докладчиков и всех участников конференции. Это были последние слова Александра Сергеевича, обращенные к широкой аудитории, и стали завещанием ученого своим ученикам. А призывал он «приложить усилия для того, чтобы сделать советскую генетику самой передовой в мире». К сожалению, это пожелание Серебровского не осуществилось из-за разгрома лысенковщины в течение многих последующих лет. А ведь первое десятилетие Советской республики ознаменовалось открытиями, опередившими мировую генетику.

А. С. Серебровский умер 26 июня 1948 г. и, к счастью, не разделил трагическую судьбу многих генетиков. Но ему было невероятно трудно на всех этапах его научной жизни. Его идеи и начинания почти всегда опережали время, и зачастую его не только не поддерживали высокие инстанции, но и подвергали незаслуженно резкой, жесткой и недоброжелательной критике.

Время рассудило иначе. Основные направления генетики, которым положил начало Серебровский, его идеи выжили, не потеряли значения как для теоретической генетики, так и для генетики и селекции животных.

К сожалению, имя и работы Серебровского в настоящее время почти не упоминаются. Ученики Серебровского должны срочно предпринять меры к изданию книги о нем, о его громадной, столь разнообразной и плодотворной научной, педагогической и общественной деятельности. Александр Сергеевич Серебровский внес такой большой вклад в успешное развитие советской и мировой генетики, что говорить о нем надо во весь голос.

Материал подготовлен О. О. Астаховой

# Снова о Вавилове и Лысенко

С. Резник

«Природа» часто пишет о Николае Ивановиче Вавилове. Возможно, когда-нибудь окажется, что эта тема вообще вечная, как вечна тема творчества и судьбы Галилея и Бруно, Моцарта и Шостаковича, Пушкина и Достоевского, Леонардо и Андрея Рублева. Все, что происходило с ними и с кругом лиц, причастных к их судьбе, создает персонализированный, яркий образ времени, некое ядро, вокруг которого возникает поле притяжения, рождающее иллюзию надежды, что, расколов это ядро, мы наконец-то получим момент истины.

И вот, кажется, мы снова в погоне за этой иллюзией. Нам уже видится, что мы дотягиваемся рукой до высшей точки достижений Вавилова или, по крайней мере, можем разглядеть ее, можем провести водораздел между подлым и самоотверженным в недавнем опыте нашей науки, нащупать логику действия властных сил, которые так размахисто возвышали и губили гениев.

Эти строки можно назвать кратким размышлением, имеющим лишь косвенное отношение к публикуемому тексту. Его автор, Семен Ефимович Резник, вправе счесть их отвлекающим моментом. Но он далеко, в США, где живет уже 10 лет. Да к тому же крайне доброжелателен, что я отчетливо ощутила во время недавней нашей встречи в его уютном доме на окраине Вашингтона.

Впрочем, мы знакомы давно, по редакторской работе в «Природе» (был в его биографии такой недолгий эпизод). Мне нравились уже изданные и издававшиеся в ту пору его книги о Н. И. Вавилове, И. И. Мечникове, В. О. Ковалевском (они выходили огромными тиражами в ЖЗЛ и мгновенно раскупались). В эмиграции он продолжает писать, но теперь довольно редко о людях науки. Его интересы переместились в область социальной истории. За свой американский период он написал и издал немало, в частности такие книги, как «Красные и коричневые. Книга о советском нацизме», «Кровавое колесо» и, что для нас особенно интересно, дополнение к своей книге о Вавилове, состоящее из страниц, некогда изъятых цензурой.

Передавая мне свой очерк о Вавилове и Лысенко, Семен Ефимович хотел его увидеть именно в «Природе», к которой он сохранил подчеркнутое уважение.

Н. В. Успенская  
Москва



Семен Ефимович Резник по образованию инженер-строитель. С 1960 г. занимается литературной деятельностью, с 1976 — член Союза писателей СССР. В Советском Союзе было опубликовано семь его книг, посвященных жизни и деятельности ученых. Каждая из этих книг была в большей или меньшей степени искажена цензурой. Последние три были цензурой вообще запрещены. В 1982 г. эмигрировал из СССР и сейчас живет в США. Работает в журнале «Америка».

**С**ТОЛЕТИЕ Николая Ивановича Вавилова, совпавшее с начальным периодом гласности, вызвало к жизни целое море публикаций. Появилось немало материалов, имеющих большую ценность<sup>1</sup>. Однако авторы, как правило, либо обходили «деликатный» вопрос о начальном периоде взаимоотношений Вавилова и Лысенко, либо повторяли ложную концепцию, предложенную много лет назад М. Поповским в его документальной повести «1000 дней академика Вавилова»<sup>2</sup> и сводившуюся к тому, что Н. И. Вавилов первым заметил Лысенко, активно выдвигал его и тем самым способствовал, хотя и невольно, разгрому генетики и своей собственной гибели. Даже в юбилейном докладе президента ВАСХНИЛ А. А. Никонова говорится: «На первых порах он (Вавилов. — С. Р.) оказывал поддержку в начи-

© Резник С. Снова о Вавилове и Лысенко.

<sup>1</sup> См., например: Николай Иванович Вавилов. Из эпистолярного наследия. 1929—1940 гг. М., 1987; Бухтеев Ф. Х. Николай Иванович Вавилов. Новосибирск, 1987; а также оригинальные публикации воспоминаний и документов в журналах «Природа», «Наука и жизнь», «Неделя» и др. Весьма содержателен небольшой очерк Е. Альбац «Гений и злодейство» (Московские новости. 1987. 15 ноября).

<sup>2</sup> Простор. 1966. № 7—8.

ниях молодого агронома Лысенко, содействовал его росту, даже рекомендовал его в академики АН УССР и члены-корреспонденты АН СССР, исходя из самых лучших надежд<sup>3</sup>.

Тот же мотив развивает академик А. Тахтаджян<sup>4</sup>.

Та же мысль стала ключевой в статье В. Соифера «Новый взгляд на эру Лысенко», опубликованной в английском «Nature»<sup>5</sup>. После публикации этой статьи (в которой не содержалось ничего нового) я направил в редакцию журнала письмо, в котором документально опроверг аргументацию Соифера, но получил ответ, что материал не может быть опубликован в разделе писем из-за слишком большого объема. Однако вдвое сокращенный текст письма тоже не был опубликован, причем редакция не прислала мне никакого ответа. Позднее в журнале все-таки появилась статья Э. Маневич, в которой убедительно показана несостоятельность версии Соифера. Более полный русский вариант этой статьи опубликован в «Вопросах истории естествознания и техники»<sup>6</sup>.

Однако если обратиться к истории проблемы, то мы увидим, что первая публикация данной версии Поповским тоже вызвала обоснованные и весьма решительные возражения со стороны одного из самых авторитетных исследователей лысенковщины Ж. А. Медведева. Его веская, тщательно аргументированная критика<sup>7</sup> камня на камне не оставила от фальшивой трактовки. И тем не менее в общественном сознании закрепилась схема Поповского<sup>8</sup>. На мой взгляд, главная причина состоит в том, что критики довольствовались опровержением ложных положений, но не предлагали собственного анализа динамики взаимоотношений Вавилова и Лысенко.

Попытка проследить за их развитием была предпринята мною в книге «Николай Вавилов» (ЖЗЛ, 1968 г.), но по цензурным условиям я не мог обосновать свою позицию с достаточной глубиной: книга и без того «усохла» на сто страниц, а после выхода в свет подверглась гонениям как «идеологически вредная». Сейчас к восстановлению исторической правды нет цензурных препятствий, но ложная концепция продолжает владеть умами.

## ЛЫСЕНКО ДО ВСТРЕЧИ С ВАВИЛОВЫМ

Трофим Денисович Лысенко родился в 1898 г. в дер. Карловка Полтавской губернии. В 15 лет он окончил двухклассную деревенскую школу, потом учился в низшей садоводческой школе в Полтаве и в Училище земледелия и садо-

водства в Умани. В 1920 г. Лысенко стал работать в дер. Верхняячка на селекционной станции Главсахартреста. В 1922 г. поступил заочником в Киевский сельскохозяйственный институт, который окончил в 1925 г., после чего его направили в Гянджу (позднее Кировабад) в Азербайджане.

Опытную станцию в Гяндже возглавлял Н. Ф. Дерезицкий, близкий друг директора Туркестанской селекционной станции (под Ташкентом) Г. С. Зайцева, выдающегося селекционера и знатока хлопчатника. Зайцев изучал культуру комплексно — как систематик, географ, генетик, селекционер, агроном. Дерезицкий часто навещался в Ташкент к Зайцеву, а Зайцев наезжал в Гянджу, где был опорный пункт его станции. Дерезицкий обратил внимание на применявшуюся Зайцевым методику определения оптимальных сроков посева хлопчатника: одни и те же сорта высевались через каждые десять дней в течение полтора-двух месяцев. Начиная засеивать деланки в заведомо ранние сроки и заканчивая в заведомо поздние, Зайцев вел наблюдения за ростом, развитием, цветением, плодоношением растений, сопоставляя все это с тепловым и водным режимом, количеством вносимых удобрений и т. п. Повторяя опыты несколько лет подряд, он устанавливал оптимальные сроки посева для каждого сорта в каждой климатической зоне.

Понимая, что эта методика может быть применена и к другим культурам, Дерезицкий задумал эксперименты с бобовыми. По его представлениям, в мягком азербайджанском климате бобовые могли расти зимой, когда поля пустуют. Выращенная к весне зеленая масса могла идти на корм скоту или запакиваться как удобрение. Проверить эту идею он и предложил новому сотруднику.

На протяжении двух лет Трофим Лысенко каждые десять дней высевал одни и те же сорта не только бобовых, но также злаков и хлопчатника. Он натолкнулся на явление, которое его поразило, так как оно разрушало привычные представления о том, что чем больше тепла, тем быстрее растет и плодоносит растение. Оказалось, что если растение не развивалось определенное время при низких температурах, то дальнейшее развитие его замедляется и может вообще не дойти до цветения и плодоношения.

Правда, это явление еще в прошлом веке описал немецкий ученый Гаснер, а в 1923—1925 гг. его детально исследовал заведующий отделом физиологии вавиловского института профессор Н. А. Максимов. Применительно к хлопчатнику то же явление наблюдал Зайцев. Но Лысенко не был знаком с научной литературой. Сделанное им самостоятельно открытие произвело на него ошеломляющее впечатление.

Летом 1927 г. корреспондент «Правды» Виталий Федорович, объезжая Кавказ, заглянул и в Гянджу, посетил опытную станцию, где познакомился с Лысенко. «Босоногий профессор» вызвал у него «ощущение зубной боли»: «И на слово скупой, и лицом незначительный — только и помнится угрюмый глаз его, ползающий по земле с таким видом, будто по крайней мере собрался он кого-нибудь укутать».

Несмотря на немногословие собеседника,

<sup>3</sup> Цит. по: Сов. культура. 1987. 26 ноября.

<sup>4</sup> Лит. газета. 1987. 25 ноября.

<sup>5</sup> Soifer V. New light on Lysenko's era // Nature. 1989. V. 7. N 339.

<sup>6</sup> Вopr. истории естествознания и техники. 1992. № 2.

<sup>7</sup> Медведев Ж. У истоков биологической дискуссии // Новый мир. 1967. № 4.

<sup>8</sup> Наиболее полно она изложена в кн.: Поповский М. Дело академика Вавилова. Нью-Йорк, 1983. Недавно книга была также переиздана в Москве: Поповский М. Дело академика Вавилова. М., 1990.

журналист все же сумел понять поставленную перед агрономом задачу. Он написал, что Лысенко «решает (и решил) задачу удобрения земли без удобрительных и минеральных туков, озеленения пустующих полей Закавказья зимой, чтобы не погибал скот от скудной пищи и крестьянин-турк жил зиму без дрожи за завтрашний день»<sup>9</sup>.

На сенсационную статью обратили внимание многие. Заинтересовался работами начинающего специалиста и Николай Иванович Вавилов. Он направил в Гянджу молодого сотрудника отдела бобовых культур Иванова. Вернувшись, тот сообщил, что главные интересы Лысенко вовсе не в том, чтобы сеять бобовые зимой, а как раз наоборот: он мечтает озимые хлеба сеять весной. Иванов охарактеризовал Лысенко как энергичного и увлеченного, но малообразованного работника, который вряд ли сможет чего-то добиться без должного научного руководства и благоприятной среды. Возник проект пригласить Лысенко на работу в Институт прикладной ботаники, но запротестовал Максимов, который должен был стать его прямым руководителем. Вавилов не стал конфликтовать с одним из ведущих своих сотрудников, и проект не был осуществлен.

Летом 1928 г. Вавилов объезжал опытные станции своего института и других сельскохозяйственных учреждений. По утверждению Поповского, он посетил и Гянджу, где впервые встретился с Лысенко. Это мнение перекочевало в другие работы по истории генетики<sup>10</sup>, однако оно не подтверждается документами. Если такая встреча и состоялась, то она была мимоходом и никаких последствий не имела. Важнее другое: в 1928 г. в виде отдельной книги вышла в свет работа Лысенко «Влияние термических факторов на продолжительность фаз развития растений»<sup>11</sup>, которая выделила молодого агронома из большого числа начинающих исследователей. В январе 1929 г. по инициативе Вавилова в Ленинграде состоялся Всесоюзный съезд по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству. Поповский и Сойфер считают, что приглашение Лысенко на этот съезд было знаком особой милости к нему со стороны Вавилова и послужило стартом его научно-политической карьеры. Однако съезд был задуман как смотр сил всей сельскохозяйственной науки. В нем участвовали полторы тысячи работников, включая начинающих ученых и даже стажеров. Не пригласить на такой съезд Лысенко не было никаких оснований, и нет данных о том, что Вавилов лично присылал ему приглашение. Сообщение Лысенко прошло почти незамеченным. Выступил по нему только Максимов, который указал, что данные Лысенко в основном совпадают с тем, что давно вошло в обиход науки.

Вавилов, как председатель оргкомитета съезда, опубликовал о нем несколько небольших заметок и интервью. Известно семь таких публикаций. В первой из них, написанной еще до откры-

тия съезда, упоминается и Лысенко<sup>12</sup>. Однако в следующих выступлениях, видимо, в связи с тем, что доклад агронома из Гянджи не оправдал ожиданий, Вавилов о нем не упоминал.

### «ГОД ВЕЛИКОГО ПЕРЕЛОМА»

Возвращаясь из Ленинграда, Трофим Лысенко остановился в родной деревне и уговорил отца-крестьянина провести опыт в своем хозяйстве. Денис Лысенко намочил семена озимой пшеницы в теплой воде, дал им набухнуть и слегка прорастить, а затем ссыпал в два мешка и закопал в снег, где они пролежали около двух месяцев. Когда наступила пора весеннего сева, Денис Лысенко, наряду с яровыми, посеял выдержанные под снегом озимые.

Злые языки потом говорили, что он просто спрятал два мешка пшеницы от реквизиции, но зерно случайно намочило и проросло, и старику пришлось его высеять, дабы не пропало добро. Конечно, это легенда. Никакой крестьянин не стал бы высевать озимые весной, если бы не имел определенного замысла.

Озимая пшеница своевременно выколосилась и дала хороший урожай. 10 июля, да начала уборочной страды, Денис Лысенко, привезя образцы растений, отправился в Харьков (тогдашнюю столицу Украины) и явился прямо в Наркомат земледелия.

В предыдущие два года (1927 и 1928) на Украине стояли неблагоприятные зимы, от которых сильно пострадали озимые. Между тем в стране был взят курс на индустриализацию, потребность в хлебе для растущего городского населения возросла, росли планы хлебозаготовок, и выполнять их надо было любой ценой. Наркомзем проводил совещания: на них обсуждали, как обеспечить устойчивые урожаи озимых. Но обещания ученых вывести зимостойкого сорта относились лишь к отдаленному будущему. И вдруг все оказалось проще пареной репы: крестьянин Денис Лысенко держал в руках выколосившийся снопок озимой пшеницы, высеянной весной!..

Комиссия республиканского наркомзема ознакомилась с чудо-пшеницей на месте. Урожай оказался не 30 ц/га, как говорил Денис Лысенко, а только 24, но и это было значительно выше среднего урожая яровых (10 ц/га). Трофима Лысенко, как инициатора эксперимента, пригласили в Харьков сделать доклад, после чего для него срочно создали Отдел яровизации в Украинском институте селекции и генетики в Одессе, которым руководил профессор А. А. Сапегин. Без консультаций с учеными наркомат постановил уже следующей весной засеять озимой пшеницей, обработанной по методу Лысенко, 1000 га земли. Сенсационные сообщения о замечательном открытии отца и сына Лысенко появились во многих газетах, в том числе в «Правде».

Только в ноябре 1929 г. «Сельскохозяйственная газета» провела дискуссию по вопросам яровизации. Высказывания видных ученых — Тулайкова, Максимова, Сапегина, Лисицина и других —

<sup>9</sup> Правда. 1927. 7 августа.

<sup>10</sup> См., например: Дубинин Н. П. Генетика — страницы истории. Кишинев, 1988. С. 53.

<sup>11</sup> Труды Азербайджанской центральной опытной станции. 1928. Вып. 3.

<sup>12</sup> Ленинградская правда. 1929. 10 января.



различались по тону, но в основном они высказались одинаково. Положительно оценив идею дальнейшего углубления исследований в области воздействия низких температур на вегетацию растений, внедрение яровизации в практику они считали преждевременным. А вскоре в той же газете появилась очень агрессивная статья за подписью «Наркомзем Украины», которая обвиняла оппонентов Лысенко в том, что они не знают, о чем говорят. Наркомат, естественно, спасал честь мундира: ведь постановление о массовом внедрении яровизации в практику исходило от него.

Какую же роль на этом первоначальном и потому самом критическом этапе карьеры Лысенко играл «первый агроном страны» Николай Иванович Вавилов? Ответ прост: никакой. Ни об опыте в хозяйстве Дениса Лысенко, ни о том, что за этим последовало, Вавилов не имел ни малейшего понятия, так как еще в июне 1929 г. отправился в Дальневосточную экспедицию, охватившую Западный Китай, Формозу (Тайвань), Японию и Корею. Вернулся он из экспедиции только 22 декабря.

### КОЛЛЕКТИВИЗАЦИЯ И ЯРОВИЗАЦИЯ

В Одессе Лысенко подготовил и стал рассылать по только что созданным колхозам инструкцию по предпосевной обработке семян. Наркомзем Украины всячески способствовал этому начинанию и обязывал земельные органы на местах внедрять рекомендации Лысенко. О новаторе доложили в Москву, и Лысенко поддержал нарком земледелия СССР Я. А. Яковлев. Яровизация приобрела характер всесоюзной политической кампании. В колхозах и совхозах срочно создавали хаты-лаборатории, отыскивали «передовиков», которые в этих хатах мочили семена и затем до посева выдерживали их при низкой температуре, руководствуясь лысенковской инструкцией. Под яровизированные семена отводили лучшие земли: эти участки лучше обрабатывали, удобряли, за посевами велся особенно тщательный уход. Нередко в помощь яровизаторам направляли сотрудников опытных учреждений. Их отрывали от научной работы, чтобы обеспечить успех яровизации.

Результаты опытов стекались к Лысенко со всей страны, но отсутствие контрольных посевов обесценивало эти данные. Впрочем, и такие результаты Лысенко не подвергал статистической обработке. Он рапортовал об отдельных примерах хороших урожаев, полученных якобы благодаря яровизации, а все неудачи относил на счет неправильного выполнения инструкции. Он требовал распространить свой агроприем на все 100 млн. га зерновых, заявляя, что если яровизация даст прибавку только 1 ц/га, то страна получит дополнительно 100 млн. ц зерна.

Ну, а если не даст?.. Сама постановка такого вопроса была равносильна вылазке классового врага. В 1931 г. агроном Лысенко был награжден орденом Трудового Красного Знамени, что означало официальное признание его выдающихся заслуг перед государством. (Ордена в те годы раздавались отнюдь не так щедро, как впоследствии:

ни Вавилов, ни кто-либо другой из ученых-биологов таких наград не имел.)

В 1932 г. по приказу Наркомзема под яровизированные посевы было отведено 200 тыс. га, к 1937 г. эта цифра была доведена (по крайней мере, по официальным данным) до 10 млн. га «Бюллетень яровизации», который Лысенко начал издавать в 1932 г., а затем журнал «Яровизация» (с 1935 г.) рекламировали опыт «передовиков». Таково было лицо новой, «социалистической» науки, противопоставленной традиционной, «буржуазной». Реальные результаты никого не интересовали. Требовался охват, массовость, победные рапорты. Успехи яровизации символизировали успехи колхозного строя. Усомниться в пользе яровизации означало почти то же самое, что усомниться в правильности курса на социалистические преобразования в деревне, да и в социализме вообще. В 1935 г., выступая на Втором съезде колхозников-ударников, Лысенко говорил: «В нашей советской сельскохозяйственной науке день за днем развивается коллективность в работе. Растет связь теории с практикой. В самом деле, кто разработал научные основы яровизации? Я в этом деле участвовал и знаю, кто еще в нем принимал участие. Может быть, их разработал Яков Аркадьевич Яковлев? Потому что, если бы он в 1930 г. не подхватил этого вопроса в зародыше, не было бы в таком виде и в такой форме яровизации на сегодняшний день, как мы ее имеем. Может быть, автор этого дела Родионов А. Д., который работает сейчас в лаборатории, молодой парень, 30 лет, рабочий, лучший знаток и настоящий специалист этого дела? Он как раз ведает всеми колхозными опытами в этой части. Может быть, это Лысенко, тот Лысенко, который перед вами, ученый Лысенко? Может быть, это колхозники создали ее, потому что и в этом году 25 тысяч колхозников участвовали в этом деле? Будет правильно на все эти вопросы ответить так: не имели бы мы яровизации без Якова Аркадьевича Яковлева, без А. Д. Родионова, без Лысенко. А все это вместе — наша советская действительность, наша колхозная действительность»<sup>13</sup>.

Каково же было отношение Вавилова к начинанию Лысенко? В сентябре 1931 г. он выступил на совещании в Наркомземе с обширным докладом под названием «Новые пути исследовательской работы по растениеводству». Доклад охватывал все основные аспекты этой проблемы, включая и ускорение вегетации растений. Пионерами в этой области науки Вавилов назвал американских ученых Алларда и Гарнера, которые установили связь между длиной вегетационного периода и продолжительностью светового дня. В качестве примера он указал на работы о том, что во время умершего Зайцева: искусственно укорачивая световой день, он заставил плодоносить тропический многолетний хлопчатник. В этом же ряду Вавилов назвал работы Лысенко, которые давали еще один метод управления длиной вегетационного периода. По мнению Вавилова, этот метод позволял вовлечь в селекцию некоторые сорта из мировой коллекции растений, обычно не вызревающие в

<sup>13</sup> Правда. 1935. 15 февраля.

условиях Советского Союза. В том же докладе Вавилов подчеркнул, что от яровизации не следует ждать немедленных практических результатов: «Пока мы еще не знаем, с какими сортами практически надо оперировать в каких районах. Еще не разработана самая методика предпосевной обработки посадочного материала. Еще нет оснований с полной гарантией идти в широкий производственный опыт»<sup>14</sup>.

Как видим, в оценке работ Лысенко Вавилов присоединился к тем, кто раньше высказался в «Сельскохозяйственной газете». Разница состояла только в том, что участники обсуждения 1929 г. были уверены, что весь сыр-бор поднялся из-за сенсации, раздутой газетами, тогда как в сентябре 1931 г. было хорошо известно, что «широкий производственный опыт» уже практически осуществляется в сотнях колхозов и власти придают этому движению значение важной политической кампании.

Выступление Вавилова было прямым вызовом не только по отношению к Лысенко, но и по отношению к наркому земледелия, по отношению к тысячам «опытников», мочивших семена в хатах-лабораториях по всей стране, и, в конечном счете, по отношению к «нашей колхозной действительности», которую Лысенко называл истинным автором яровизации как практического агроприема.

#### НАРКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Яков Аркадьевич Яковлев был типичным сталинским наркомом. В Наркомзем он пришел из Рабоче-крестьянской инспекции (РКИ) — одной из самых ранних и надежных вотчин Сталина. Не случайно наркомом земледелия он стал в год «великого перелома», когда была начата сплошная коллективизация.

Практическое проведение коллективизации Сталин возложил на партийный и государственный аппарат, на ОГПУ, в некоторых случаях на армию. По этим каналам спускались контрольные цифры на раскулачивание, реквизиции, депортацию, устанавливались сроки сплошной коллективизации. По этим же каналам шли наверх, к Сталину, рапорты о выполнении и перевыполнении страшных заданий. Исполнители не думали о посевах и уборке, об урожае зерновых, о поголовье свиней и уходе за обобщественными лошадьми. Эта сторона дела как раз и лежала на земельных органах, которые находились в ведении Наркомата земледелия. В то время как партийно-советский аппарат и ОГПУ разваливали сельское хозяйство, Наркомат земледелия обязан был обеспечивать его продуктивностью. Не видя иного пути для подъема разоренной, но согнанной в колхозы деревни, Яковлев обратился к ученым, благо в его подчинении оказалась целая Академия сельскохозяйственных наук. От них он ждал панацеи. В это время и появился Лысенко, ученый-крестьянин, ориентированный на практику и бравивший решить такие проблемы, перед которыми пасовала «буржуазная» наука.

Однако приписывать Яковлеву все зло лысенковщины и все ужасы войны против крестьянства (как это делают ныне публицисты журнала «Наш современник», злорадно подчеркивающие, что настоящая фамилия Яковлева — Эпштейн) столь же нелепо, сколь и отрицать его активное участие в осуществлении сталинской политики.

Выдвигая Лысенко, Яковлев вовсе не стремился к расправе над Вавиловым и его школой. До 1935 г. он соблюдал известный баланс между двумя направлениями. Даже после того, как Сталин в феврале 1935 г. на втором съезде колхозников-ударников публично поддержал Лысенко («Браво, товарищ Лысенко, браво!»), когда стало ясно, что Вавилов в опале, Яковлев не спешил прикончить генетику. Только в январе 1937 г. он выступил с воинственной речью, в которой назвал генетику «служанкой ведомства Геббельса». Но это уже было судорожной попыткой выскользнуть из ежовых рукавиц, которые сжимали его все сильнее.

В 1937 г. Я. А. Яковлев (в то время уже заведующий сельхозотделом ЦК), М. А. Чернов (Наркомат земледелия) и А. И. Муралов (президент ВАСХНИЛ) были арестованы. Их обвинили в проведении правотроцкистской (т. е. бухаринской) линии в сельском хозяйстве. Лысенко поспешил заявить, что арестованные (перед которыми он еще недавно пресмыкался) во вредительских целях «недостаточно» поддерживали его. Новый сталинский нарком земледелия И. А. Бенедиктов уже не повторил этой ошибки. При Бенедиктове Лысенко стал президентом ВАСХНИЛ и сразу же взял курс на ликвидацию Вавилова.

#### «БУРЖУАЗНЫЙ» СПЕЦИАЛИСТ

Для понимания динамики отношений Вавилова и Лысенко необходимо остановиться на лояльности Вавилова к тоталитарному режиму, которую Поповский и вслед за ним Сойфер ставят вне всякого сомнения. Этот вывод нуждается в существенном уточнении.

Вавилов не конспирировал против советской власти, честно работал на благо науки, старался быть полезным сельскому хозяйству своей страны и, следовательно, был лоялен к режиму в общепринятом смысле этого слова. Однако в коммунистическом государстве существуют особые критерии лояльности. Каждый человек здесь подозрителен, но особенно ненадежными считаются «классово чуждые элементы», к числу которых относился и Вавилов, как «буржуазный» ученый и сын эмигрировавшего капиталиста.

Подымать разоренное хозяйство без специалистов было невозможно. А «свои», рабочие-крестьянские специалисты отсутствовали. Число «буржуазных» спецов за годы гражданской войны и «военного коммунизма» тоже изрядно поубавилось: значительная их часть погибла от голода и болезней или эмигрировала. Тем ценнее были оставшиеся. Но им не доверяли. И чем более высокий пост такой «спец» занимал, тем бдительнее был надзор.

Всесоюзный институт прикладной ботаники (с 1930 г. — Всесоюзный институт растениеводства

<sup>14</sup> Социалистическое земледелие. 1931. 13 сентября.

ва — ВИР) был одним из самых крупных научных учреждений страны. Кроме основной базы в Ленинграде в него входила сеть опытных станций, государственная система сортоиспытания и семеноводства. До 1929 г. Вавилов возглавлял также Государственный институт опытной агрономии, а в 1929 г. организовал и возглавил Академию сельскохозяйственных наук. В 1930 г. он возглавил Лабораторию генетики Академии наук СССР — после смерти ее заведующего Ю. А. Филлипченко. С 1933 г. Лаборатория превратилась в Институт генетики. Таким образом, под руководством Вавилова оказалось большое число научных учреждений.

Казалось бы, все это свидетельствовало о доверии к Вавилову со стороны государственного и партийного руководства. И все же в глазах властей он оставался буржуазным специалистом, за которым необходимо присматривать. Председателем совета Института прикладной ботаники был Н. П. Горбунов, бывший личный секретарь Ленина, который стал «комиссаром» при Вавилове.

К счастью, это был весьма толковый и интеллигентный комиссар. Но и для Горбунова Вавилов был буржуазным ученым, что приводило к недоразумениям и прямым конфликтам. Так, в 1929 г. Горбунов «посоветовал» Вавилову отложить экспедицию в Западный Китай в связи с тем, что нужно разворачивать институты Академии сельскохозяйственных наук.

В письме от 2 июня Вавилов категорически отказался выполнить это требование<sup>15</sup> и подал в отставку. Мотивируя свое решение, он писал: «Соглашаясь на взятие тяжелых обязанностей администрирования огромным коллективом, я, конечно, имел право рассчитывать на естественное предоставление свободы в моей научной работе, которая тесно связана со всей работой института... Я никогда не стремился к административным должностям, и не стремлюсь к ним и теперь, и считаю себя более на месте в лаборатории и на поле в качестве научного руководителя, и готов остаться в скромной роли ученого специалиста, самое большое — заведующего отделом полевых культур, но вообще без всяких претензий на какое-либо звание»<sup>15</sup>.

Это письмо во многом повторяет написанное двумя годами раньше, когда Вавилов, вернувшись из экспедиции по странам Средиземноморья и Эфиопии, узнал, что его деятельность директора института подвергается критике и что критику поддерживает Горбунов. Поддавая в отставку, Вавилов отверг все обвинения в «недостаточности» руководства и объяснил свою позицию. Смысл ее сводился к тому, что учеными нельзя командовать. Задачу руководителя Вавилов видел в том, чтобы правильно, т. е. в соответствии с реальным научным весом, подобрать кадры и предоставить им полную свободу действий, лишь согласовывая и координируя их работу<sup>16</sup>. Он не жалел никаких усилий, «выбивая» для работников

квартиры, персональные оклады, дополнительные ассигнования и штатные единицы, но всегда категорически возражал против навязывания ученым не интересующей их тематики, выступал против бессмысленных реорганизаций, свертывания участия работы в целях борьбы с так называемым параллелизмом. По стандартам того времени такой стиль руководства безусловно считался «буржуазным».

Вавиловский институт то и дело пощипывала пресса. Так, в 1929 г. «Правда» напечатала стихотворный фельетон Демьяна Бедного по поводу якобы состоявшегося молебствия и водосвятия в Фитопатологической лаборатории. Фельетон перепечатали «Вечерняя Москва» и ленинградская «Красная газета», хотя никакого молебствия, разумеется, не было: в то время это уже было невозможно. Вавилов послал в газеты опровержение, но его не напечатали. Годом позже в «Правде» появилась статья «Институт благородных ботаников» — о том, что в вавиловском институте «свили гнездо» бывшие дворяне. Вавилов снова послал в газету свои разъяснения: в институте работают крупнейшие специалисты своего дела; большинство из них получило образование еще до революции, когда доступ к нему рабочим и крестьянам был ограничен; поэтому неудивительно, что многие работники института происходят из дворян. Разъяснение газета тоже не напечатала, и впечатление о том, что ВИР — это прибежище для «бывших», осталось надолго.

Положение Вавилова как руководителя особенно осложнилось после того, как к ВИРу был прикреплен институт аспирантуры, первоначально созданный при ВАСХНИЛ. Если при приглашении сотрудников в свой институт Вавилов «буржуазно» интересовался их подлинным научным весом, а не анкетными данными, то для поступления в аспирантуру решающую роль играло рабочее-крестьянское происхождение, партийность, неучастие в оппозициях, а не знания и склонность к научной работе. В институте возникло то, что Вавилов мягко называл «дисгармониями». Нарушилась «спайка» работников, которую он особенно ценил. Некоторые аспиранты стали нападать на своих руководителей, обвиняя их в кастовости, идеализме, нежелании делиться своими знаниями. Не могло быть и речи о том, чтобы отчислить кого-либо из крикунов, хотя обвинениями в адрес руководителей они лишь прикрывали собственное неумение или нежелание учиться. Ведь это были не дети помещиков, капиталистов, интеллигентов, а рабоче-крестьянские кадры, на которые Сталин делал основную ставку.

Вскоре обвинения в реакционности всего научного направления, созданного Вавиловым, появились в печати. Относительно того, чем это грозит, Вавилов не питал никаких иллюзий. Будучи по натуре деятельным оптимистом, он, правда, верил в здравый смысл, однако окружающая действительность сильно подрывала эту веру.

«Шахтинское дело» открыло кампанию против специалистов, в которых власти, казалось бы, так сильно нуждались. Вскоре репрессии коснулись биологов и агрономов, которых Николай Иванович хорошо знал. В архивном фонде ВИРа сохранились копии десятков писем, направленных

<sup>15</sup> Николай Иванович Вавилов. Из эпистолярного наследия. 1929—1940 гг. С. 51.

<sup>16</sup> Николай Иванович Вавилов. Из эпистолярного наследия. 1911—1928 гг. М., 1980. С. 306—310.

Вавиловым в ОГПУ, в которых он с самой лучшей стороны характеризовал арестованных ученых. Эти письма говорят о гуманности Николая Ивановича, и они же — свидетельство его бессилия. Единственное, о чем он мог просить, это об использовании арестованных не на общих работах, а по их специальности — в интересах страны, разумеется, а не самих арестованных. А ведь часто речь шла о людях, за которых он мог бы поручиться как за самого себя.

Публикация переписки Вавилова с М. О. Шаповаловым приоткрывает завесу над тем, что думал Николай Иванович о репрессиях. Крупный специалист-растениевод, Шаповалов эмигрировал еще до революции и работал в Министерстве сельского хозяйства США. С Вавиловым он познакомился в 1921 г., и они стали друзьями. Шаповалов мечтал вернуться на родину, и Николай Иванович взялся ему помочь. Однако в октябре 1931 г. Вавилов написал своему заокеанскому другу из Берлина: «Пользуюсь случаем написать Вам коротенько причины того, что до сих пор мы не послали Вам официального приглашения к нам.

Эта (прошлая ныне) весна была не очень легка для специалистов в СССР. Волна недоверия в связи с процессами Рамзина, Суханова, Осадчего и др. пошла дальше и выразилась недоверием вообще к интеллигенции. Началась суровая я, как правило, несправедливая критика под углом якобы диалектического материализма. Устранено от заведования много специалистов. Часть была даже под арестом в связи с обвинениями в контрреволюции. Это не подтвердилось во многих случаях, но немало людей пострадало зря.

Писать об этом неприятно. Многое в прошлом. Но, относясь к Вам дружески, я конечно, не мог Вас вовлекать в эту пору к нам и просто ни я, и никто другой из нас не мог Вам гарантировать нормальной работы»<sup>17</sup>. (Подчеркнуто везде Н. И. Вавиловым.— С. Р.).

Это письмо объясняет многое. В частности, загадочные отношения Вавилова с Ф. Г. Добжанским, крупным генетиком, который в 20-е годы был направлен в США на стажировку и решил остаться там навсегда. Николай Иванович горячо убеждал Добжанского вернуться в СССР, обещая самые лучшие условия для работы. Добжанский колебался, что заставляло Николая Ивановича убеждать его с еще большей горячностью. Но внезапно переписка прекратилась — относится это тоже к 1931 г. Теперь ясно почему.

Травля Вавилова усиливалась. В 1932 г. была опубликована брошюра лингвиста Г. В. Григорьева, посвященная разгрому вавиловской теории центров происхождения культурных растений. Заявив, что Вавилов «разделяет точку зрения индоевропейского языкознания», Григорьев писал: «Реакционная, шовинистическая, западноевропейская лингвистическая теория производит индогерманцев от какого-то индогерманского пранарода, индогерманской расы... Н. И. Вавилов повторяет

любого индоевропейца, забывая о диалектическом характере исторического процесса... Кто научил этого «первобытного земледельца» высочайшей технике ирригации? Царь? Бог? Герой? Где та обетованная индогерманская преродина, в которую в настоящее время верят лишь метафизики и идеалисты?»<sup>18</sup>

Такая «критика» в любой момент могла обернуться арестом. Выручало то, что никто из противников не мог, да и не пытался предложить какую-нибудь альтернативу теориям Вавилова, на которых основывалась работа ВИРа и других научных учреждений. Такой альтернативой и стало «мичуринское» учение Т. Д. Лысенко.

## КАК ТВОРИТСЯ ЛЕГЕНДА

В статьях, письмах и выступлениях Вавилова можно найти ряд положительных высказываний о некоторых аспектах ранних работ Лысенко. Эти аспекты сводятся к применению явления яровизации для научных экспериментов: выведения скороспелых сортов и выравнивания сроков цветения разных сортов для вовлечения их в скрещивания. Аналогичные высказывания делали и другие ученые, так что ничего исключительного в позиции Вавилова не было. Для подтверждения версии о том, будто Вавилов выдвигал Лысенко, этого явно недостаточно, поэтому Поповский широко использует и произвольно истолковывает весьма сомнительную, а то и недостоверную информацию. Вот один из примеров: «Многолетний друг Николая Ивановича, его однокашница по Петровской академии, Лидия Петровна Бресславец, в интервью, данном незадолго до смерти, сообщила радиожурналистке А. Г. Хлава: «Николай Иванович сам тягивал Лысенко на высоту. Вот как-то раз я была на ученом заседании в тридцать четвертом году, когда Николай Иванович говорил: «Мы сейчас попросим [выступить], есть такой молодой человек, подающий большие надежды, ученый Лысенко». Лысенко себя тогда уже держал так, что мы не выдержали и сказали Николаю Ивановичу — это страшно, зачем он так его тянет вверх...»<sup>19</sup>

Это высказывание приводится без всякой критики, между тем оно совершенно абсурдно: в 1934 г. слава 36-летнего Лысенко гремела по всей стране; назвать его «молодым человеком, подающим большие надежды», можно было только в насмешку. И в любом случае эта информация не могла исходить от Л. П. Бресславец. Я имел возможность познакомиться с рукописным (доцензурным) вариантом ее воспоминаний и могу засвидетельствовать, что о «втягивании» Вавиловым Лысенко на научный олимп в них не говорилось. Кроме того, мне довелось много раз беседовать с Лидией Петровной. Ни слова о том, будто Вавилов «втягивал» Лысенко, я от нее не слышал. Не говорила она ничего подобного и Поповскому, который тоже встречался с ней, — иначе он сослался бы непосредственно на свою собеседницу.

<sup>18</sup> Григорьев Г. В. К вопросу о центрах происхождения культурных растений (Разбор теории академика Вавилова Н. И.). Л., 1932.

<sup>19</sup> Поповский М. Дело академика Вавилова. С. 92.

<sup>17</sup> Природа. 1987. № 10. С. 100.

Вот еще одно документальное «доказательство» Поповского: «Мы располагаем документом (да, снова документом!), который позволяет судить, насколько искренним и даже горячим был у Вавилова этот интерес (к яровизации. — С. Р.). Я имею в виду так называемую Академическую записную книжку Н. И. Вавилова за 1934 г. Здесь, на странице 151, среди сугубо личных пометок, совершенно не предназначенных для чужих глаз, можно прочитать следующие набросанные карандашом строки: «4—5000 000 пуд прибавки от яровизации ... картофель... Яровизация светом... Лысенко яровизовал комплексом низких  $t^{\circ}$  (температур). Условия развития растений требуют везде фактора низких температур...» (Выделено везде Вавиловым. — М. П.)

На другой странице среди плохо разбираемых записей снова:

«Яровизация Лысенко...

Работать...

Генетика вегетационный период

Управление формообразованием

Широкий простор».

Наконец, на странице 189 той же книжки читаем: «Яровизация широких ресурсов — новый метод растениеводства». Здесь уже не просто констатация фактов, а целая программа действий, которую Николай Иванович намечает для советской агрономической науки. Эти сделанные в разное время записи говорят нам еще об одном: с каким живым личным вниманием академик Вавилов приглядывался в те годы к творцу яровизации<sup>20</sup>.

Характер процитированных отрывков показывает, что это краткие пометки по ходу чьих-то выступлений. Судить о том, в каком случае Вавилов фиксирует собственную мысль, а в каком — чужую, можно только после глубокой аналитической работы. Но этим Поповский себя не утруждал. Цитируемый документ им даже полностью не прочитан: другие записи в той же книжке «плохо разбираемы».

Произвольные интерпретации документов позволяют делать еще более произвольные обобщения: «Постоянное возвеличивание (Вавиловым. — С. Р.) заслуг одесского растениевода вскоре дало свои плоды: на Лысенко обратили внимание высокие должностные лица. В Одессу зачастили гости из столицы Украины, а потом и из Москвы... Народный комиссар земледелия СССР Я. А. Яковлев даже предоставил ему своеобразную привилегию: Лысенко мог по любому поводу обращаться лично к Наркому...»<sup>21</sup>

Так выстраивается линия: Вавилов первым подхватил работы Лысенко, стал его возвеличивать, рекомендовать партийно-политическому руководству, благодаря чему тот получил поддержку украинских, а затем и центральных властей.

## КОЛХОЗНЫЙ УЧЕНЫЙ

Наставляя на своей версии о том, будто

Вавилов, вопреки оппозиции других ученых, покровительствовал Лысенко, Поповский и Соيفер невольно останавливаются в недоумении: как же невежда сумел так смощенничать, что провел крупнейшего знатока культурных растений? Поповский выдвигает версию о чрезмерной доверчивости Вавилова, Соифер говорит о его непонятной слепоте. Но это все равно, как если бы Паганини из доверчивости и слепоты признал виртуозом музыканта, лишенного слуха и не умеющего держать смычок!

На самом деле не было ни доверчивости, ни слепоты, а на начальном этапе — даже мошенничества Лысенко. Он безгранично верил в то, что яровизация на миллионах гектарах колхозных и совхозных полей приведет страну к изобилию. Поэтому о временных, как ему казалось, неудачах он писал вполне откровенно, указывая, что урожай яровизированных посевов колеблется от 27 до 3 ц/га и что главная причина низких результатов — изреженность всходов, вызванная недостаточным умением и старанием опытных<sup>22</sup>.

Именно этого и опасались Вавилов и другие ученые. Набухшие и проросшие семена — это деликатный материал. Неосторожное прикосновение к такому семени — и росток сломан, оно теряет всхожесть. А прикасаться надо: лежащее толстым слоем влажное зерно греется, его необходимо перелопачивать. Отсюда и изреженность посевов.

Неужели же Николай Иванович не видел того, что видели все ученые, включая самого Лысенко?

Но если Вавилов в собственном институте был бесслесен обуздать крикунов рабоче-крестьянского происхождения, то как же он мог остановить продвижение «колхозного ученого», ставшего символом передовой науки, которая спешит озимые хлеба от суровых зим, а яровые — от выжигаряющего суховея! Оставалось только одно: «цивилизовать» самого Лысенко, направить его энергию в созидательное, а не разрушительное русло.

Как уже говорилось, в сочинениях, письмах и выступлениях Вавилова начала 30-х годов можно найти немало положительных высказываний в адрес Лысенко. Но Вавилов поощрял только одно — теорию стадийного развития, позволявшую, как тогда казалось многим ученым, глубже проникнуть в природу растений и шире использовать богатства мировой коллекции. Если это было ошибкой, то не Вавилова, а всей науки того времени.

Между тем сегодня ставят в вину Вавилову буквально все, даже то, что он снабжал Лысенко семенами из мировой коллекции. Но ВИР рассылал семена всем желающим, в том числе школьникам, пенсионерам, различным доморощенным любителям. Как же он мог отказать одному из крупных научных учреждений, каким был Одесский институт? Да и зачем было отказывать? Вавилов как раз был заинтересован в том, чтобы Лысенко проверил на яровизацию

<sup>20</sup> Там же. С. 93.

<sup>21</sup> Там же. С. 91.

<sup>22</sup> Подробнее см.: Разник С. Дорога на эшафот. Нью-Йорк—Париж, 1983. С. 51—52.

как можно больше сортов. К тому же он надеялся, что такая работа увлечет Лысенко, он бросил свои авантюры и станет «нормальным» ученым. Дальнейшее зависело бы от его упорства и готовности учиться.

Эта тактика не привела к успеху, но никаких других возможностей противостоять лысенковщине у Вавилова не было. Разве что взяться за «разоблачение» самого Лысенко, т. е. написать статью о реакционности, антимарксизме, идеализме его взглядов, а заодно отправить донос в ОГПУ, в котором назвать его отца кулаком, намеренно укрывавшим зерно, а затем с яровизацией на миллионах гектаров — вредительской и имеющей целью подорвать колхозный строй. Но чтобы пойти по этому пути, Вавилов должен был перестать быть самим собой.

Доказывая, что отношение Вавилова к работам Лысенко в корне отличалось от отношения других ученых, Сойфер сталкивает два высказывания. Одно принадлежит Вавилову, который писал, что исследования мирового разнообразия зерновых культур методом яровизации выявило факты большого значения. Второе взято из работы П. Н. Константинова, П. И. Лисицина и Д. Костова, которые, обработав опыты, проводившиеся в течение пяти лет, установили, что яровизация не дает увеличения урожая<sup>23</sup>.

Но если эти точки зрения противоположны, то почему же ни Лисицин, ни Константинов, активно участвовавшие в биологических дискуссиях, ни разу не упрекнули Вавилова в том, что он поддерживает антинаучные начинания? И почему Вавилов ни разу не усомнился в научной достоверности их исследования? Объясняется это тем, что противоположность позиций, эффектно сталкиваемых Сойфером, кажущаяся. Речь идет о совершенно разных значениях термина «яровизация». Высказывание Вавилова касается явления яровизации и его полезности для экспериментального изучения растений, тогда как Константинов и соавторы говорят об яровизации как практическом агроприеме. Работа Константинова экспериментально подтвердила то, о чем Вавилов предупреждал еще в 1931 г. С другой стороны, Константинов никогда не высказывался против применения яровизации для исследовательских целей.

В укор Вавилову можно поставить лишь то, что он рекомендовал Лысенко в члены Академии наук Украины (1932) и в члены-корреспонденты АН СССР (1934). Об этих его тактических ходах задним числом можно сожалеть. Однако Лысенко имел столь мощную политическую поддержку, что вавиловские рекомендации не могли сколько-нибудь существенно усилить его позиции. К тому же остается неизвестным, от кого исходила инициатива этих выдвижений. Кто-то ведь «посоветовал» Вавилову написать рекомендательные письма. Если бы Николай Иванович отказался, то с его стороны это было бы принципиальным поступком. Но это означало бы идти на открытый конфликт, самому дать козыри против «благородных ботаников»,

не желающихпускать в свой элитарный круг колхозного ученого-орденоносца. Пока не были исчерпаны возможности «мирного сосуществования» с Лысенко, идти на такой конфликт вряд ли было разумно.

Но конфликт был все равно неизбежен, так как Лысенко не сомневался в том, что его главный враг — Вавилов. Имея возможность прямо обращаться к Яковлеву по любому поводу, Лысенко в 1932 г. добился того, что нарком обязал Вавилова всячески содействовать его работе.

Николай Иванович поехал в Одессу. Он сидел с «колхозным ученым» в лаборатории, ходил по опытным полям, ездил по колхозам. Яровизированные посевы были изреженными. Лысенко опять жаловался на то, что его инструкцию плохо выполняют, но факт оставался фактом: практике его агроприем приносил больше вреда, чем пользы.

Из бесед с Лысенко Вавилов понял, что тот имеет самые дремучие представления о наследственности. Доказывая, что «воспитанием» можно добиться всего, чего угодно, он дал обещание заставить плодоносить годовалый дуб. Об этом странном обещании, конечно невыполненном, Вавилов вспомнил через три года, говоря об ошибках Лысенко.

В том же, 1932 г. Лысенко взял на себя обязательство вывести для Одесской области методом гибридизации за 2,5 года новый сорт пшеницы, который будет урожайнее районированных сортов. Обязательство было абсурдным, ибо только сравнительные испытания готового сорта должны проходить на опытных станциях минимум три года. А ведь гибриды расщепляются в потомстве; чтобы выделить и закрепить константную форму, нужно вести отбор во многих поколениях. Поэтому выведение сорта обычно длится 10—12 лет и больше.

Однако лысенковское обязательство очень импонировало руководству: оно было эффективным, «большевистским». От ученых давно уже требовали сократить сроки выведения сортов до трех-четырех лет. Напрасно ученые доказывали, что это нереально, что если бы удалось сократить срок до восьми лет, это уже было бы огромным достижением. В 1931 г. было принято постановление ЦК партии, в котором был записан этот четырехлетний срок. Вот Лысенко и решил утереть нос «благородным ботаникам»: вы говорите, что за четыре года сорт получить нельзя, а я сделаю за два с половиной!

Реакция ученых была соответствующей. Вавилов, в частности, возражал против браковки гибридов в первом поколении, хотя именно такую методику применил Лысенко.

Вскоре Лысенко выступил с идеей внутрисортowego скрещивания, что, по его утверждению, должно было дать повышение урожая. На практике это значило перепортировать все селекционные сорта, что обеспокоило ученых, и, конечно, Вавилова, который нес главную ответственность за семеноводство в стране.

В 1935 г. Лысенко отпартовал телеграммой на имя заведующего сельскохозяйственным отделом ЦК Я. А. Яковлева, наркома земледелия М. А. Чернова и президента ВАСХНИЛ

<sup>23</sup>Soifer V. // Nature. 1989. V. 7. N 339. P. 417.



А. И. Муралова, что обязательство вывести сорт за 2,5 года выполнено, хотя никакого сорта не было, а полученные «номера» не прошли сортоиспытания. Обман был настолько циничным и открытым, что в этом не могли сомневаться и те, кому была адресована телеграмма. Однако новая победа «колхозного ученого» приравнялась к очередной победе колхозного строя, а признание его поражения было бы равносильно признанию того, что колхозный строй себя не оправдывает. Как могло пойти на это сталинское руководство после всех тех ужасов, какие принесла народу коллективизация!

В феврале 1935 г. Сталин сказал свое знаменитое: «браво, товарищ Лысенко, браво!» В феврале 1935 г. внезапно было отменено давно запланированное празднование двойного юбилея: 10-летия ВИРа и 25-летия научной и общественной деятельности Вавилова. Затем Вавилов был смещен с поста президента ВАСХНИЛ (назначен одним из вице-президентов). Так подспудно копившееся недовольство вылилось в открытую опалу. И в том же, 1935 г. Академия сельскохозяйственных наук отправилась на выездную сессию в Одессу. Почему для этого была выбрана вотчина «колхозного ученого», объяснять не приходилось. И именно здесь, «на поле противника», Вавилов открыто схлестнулся с Лысенко по целому ряду принципиальных вопросов биологической науки: о браке гибридов первого поколения, перекрестном опылении самоопылителей, об инцухт-гибридах кукурузы...

Если Сойфер утверждает, что «только в 1936—1937 годах Вавилов осознал, человеком какого сорта был его протезе»<sup>24</sup>, то это не новый взгляд на эру Лысенко, а повторение ошибочных построений Поповского.

### ДОРОГА НА ЭШАФОТ

Анализируя материалы генетических дискуссий, можно обнаружить немало ошибок, допущенных защитниками генетики. Можно обнаружить и худшее: то, что Николай Иванович с грустной иронией называл «направленными мутациями» в умах ученых, переметнувшихся в лагерь Лысенко. Вавилов цитировал высказывания академика Б. А. Келлера, который в 1933 г. писал об огромных успехах генетики, а позднее полностью присоединился к Лысенко, громившему генетику как буржуазную лженауку. Еще более чувствительный удар нанес Вавилову И. Г. Эйхфельд, заведующий полярной станцией ВИРа, где велись исследования по продвижению земледелия на север. Вавилов гордился работами полярной станции и указывал на них как на пример того, что ВИР приносит пользу практике. Но Эйхфельд заявил, что всегда работал методами Лысенко, а не Вавилова. (Предательство было вознаграждено. После ареста Вавилова Эйхфельд был назначен директором ВИРа. Позднее он стал президентом Академии наук Эстонии, где насаждал лысенковщину даже после падения Лысенко.)

Кроме столь открытого «мутирования» можно привести примеры конъюнктурного лавирования, которое также ослабляло позиции генетиков. На начальном этапе дискуссий в этом отношении особенно выделился саратовский селекционер Г. К. Мейстер, выдающийся ученый, автор блестящих работ по отдаленной гибридизации и создатель превосходных сортов пшеницы, занимавших миллионы гектаров. В 1934 г. Мейстер опубликовал критический анализ основных законов наследственности, в котором, вслед за Лысенко, утверждал, что генетика оторвана от запросов сельского хозяйства. Позиция Мейстера импонировала новому президенту ВАСХНИЛ Муралову, а значит, и тем, кто его назначил: Чернову, Яковлеву, Сталину. В 1935 г. Мейстер стал вице-президентом ВАСХНИЛ.

На дискуссионной сессии в декабре 1936 г. Мейстер решительно отделил себя от Вавилова и других сторонников классической генетики. Он присоединился к нападкам на нее со стороны Лысенко и Презента, хотя осудил их крайности. Влияние Мейстера стало столь значительным, что в 1937 г., после ареста Муралова и до его собственного ареста, он несколько месяцев исполнял обязанности президента ВАСХНИЛ. Любопытно, что Поповский причисляет Мейстера к числу самых непримиримых противников Лысенко, в противоположность Вавилову, который якобы его поддерживал!

Даже среди тех, кто защищал генетику, не было единства, столь необходимого в той сложной ситуации. Весьма характерна позиция Н. П. Дубинина, одного из самых молодых участников дискуссии. Дубинин вырос и сформировался после революции и вполне усвоил боевой лексикон своего времени. Если Вавилов, Кольцов, Серебровский и другие представители классической генетики вели дискуссию строго в рамках обсуждавшихся научных проблем, если они были весьма сдержанны в выражениях и стремились к тому, чтобы перенести спор с общественной трибуны в лабораторию и на опытные делянки, то Дубинин широко использовал то же оружие, какое пусkali в ход Лысенко и Презент: он обвинял оппонентов в идеализме, антимарксизме, антидарвинизме и т. п. Те же обвинения Дубинин выдвигал и против представителей классической генетики, особенно своих учителей — Н. К. Кольцова и А. С. Серебровского. В идеализме он обвинял и Вавилова. Те, кто сделал за дискуссией со стороны, могли из этого сделать лишь один вывод: обвинения в адрес генетиков не беспочвенны, коль скоро их повторяет представитель их собственного лагеря. Между тем Дубинин до сих пор убежден, что его выступления были единственно правильными и что разгром генетики произошел потому, что Кольцов, Серебровский, Вавилов и другие лидеры не стали бичевать самих себя<sup>25</sup>.

На декабрьской сессии 1936 г. академик Кольцов выступил с превосходной речью, в ко-

<sup>24</sup> Ibid.

<sup>25</sup> См.: Дубинин Н. П. Вечное движение. Изд. 3-е. М., 1989; Дубинин Н. П. Генетика — страницы истории.

торой заявил, что вместо того, чтобы критиковать генетику, нужно учиться генетике. Однако персонально этот призыв он адресовал не Лысенко, а ...Вавилову, сказав, что тот недостаточно знает генетику, так как не работает с дрозофилой. Не трудно понять, какое впечатление такие заявления производили на тех руководителей, которые, возможно, еще не окончательно определили свое отношение к спору: если Кольцов говорит, что сам Вавилов не знает генетики, то эта реакционная заушь действительно никому не нужна!

Восприняв результаты декабрьской сессии как катастрофу, Кольцов обратился в президиум ВАСХНИЛ с призывом «спасать науку» от полного разгрома и собрать новую, узкую сессию (т. е. одних членов академии), чтобы еще раз обсудить спорные вопросы, но на высоком научном уровне. К сожалению, этот мужественный поступок уже не мог принести пользу науке. Президиум ВАСХНИЛ требование Кольцова отклонил. В протоколе говорится, что решение принято тремя голосами (А. И. Муралов, Г. К. Мейстер, Д. С. Марголин) при двух воздержавшихся (Н. И. Вавилов, М. М. Завадовский). Воздержавшиеся согласились с Кольцовым, что «на данной стадии более отчетливо видны отрицательные результаты дискуссии», однако высказали оптимистическое мнение, что «в дальнейшем постановка экспериментов и разработка спорных вопросов окажутся полезными с точки зрения интересов науки».

Направляя Кольцову это решение, Муралов сопроводил его крайне агрессивным письмом, в котором обвинил ученого в мракобесии, расизме и прочих грехах, повторив от своего имени клевету лысенковцев.

Что касается Николая Ивановича Вавилова, то его иногда упрекали в том, что в дискуссиях он не стремился разоблачать своих противников и придерживался в основном оборонительной тактики.

Конечно, тактические ошибки сторонников генетики осложняли их и без того трудное положение, однако решающего значения они не имели, да и компенсировались ошибками лысенковцев. Чего стоит хотя бы нашумевшая история с опровержением законов Менделя ученицей Лысенко Н. И. Ермольевой. Повторив классические опыты Менделя с горохом, Ермольева торжествующе заявила, что при расщеп-

лении гибридов во втором поколении получаются самые разные соотношения, а вовсе не классическое 3:1. Однако ознакомившись с данными Ермольевой, генетики увидели, что они полностью укладываются в соотношения Менделя. В качестве третьей стороны судьи был привлечен выдающийся математик А. Н. Колмогоров. Проанализировав данные с точки зрения теории вероятностей, он опубликовал статью под названием «Об одном новом подтверждении законов Менделя». Одна эта ошибка лысенковцев перевешивала все тактические просчеты, допускаясь Вавиловым, Кольцовым, Дубининым и другими генетиками.

Почему же крупнейшие ученые, превосходившие во много раз своих противников уровнем знаний, эрудицией, методической подготовленностью, а главное, тем, что на их стороне была научная истина, — почему же они потерпели поражение? Да потому, что дискуссия не носила научного характера. Под видом научного спора проводилась политическая кампания. Новая, «социалистическая» наука утверждала свое превосходство над старой, «буржуазной». Итог борьбы был предreshен. Не случайно Берия, требуя от Молотова согласия на арест Вавилова, инкриминировал ему «травлю академика Лысенко». В этом и была истинная вина Вавилова перед тоталитарной властью, хотя официально ему были предъявлены другие обвинения.

Следует ли из сказанного, что Лысенко был главным виновником гибели Вавилова? Прежде чем ответить на этот вопрос, следует вспомнить, что при всем могуществе «колхозного ученого» в его распоряжении не было ни НКВД, ни тюрем, ни троек, ни ГУЛАГа. Все это находилось в других, куда более сильных руках... Лысенко не был ни автором, ни режиссером спектакля: он лишь умело исполнял отведенную ему роль.

Подводя итог, можно сказать, что не Вавилов наделил могуществом Лысенко и Лысенко был не единственным виновником гибели Вавилова. Трагедия Вавилова состояла в том, что он старался оставаться свободным исследователем в тоталитарной стране, был искателем истины в стране обскурантов, человеком высокой морали среди негодяев. Неудивительно, что участь Вавилова разделили десятки преданных науке ученых, а с ними и сама наука — генетика.



Дата+

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Древнейшая птица

Е. Н. Курочкин,  
кандидат биологических наук  
Палеонтологический институт РАН  
Москва

**В** 1986 г. американский палеонтолог С. Чаттерджи при раскопках возле городка Пост (штат Техас) нашел в отложениях верхнего триаса, имеющих возраст около 225 млн. лет, остатки двух экземпляров ископаемого позвоночного. Уже тогда он посчитал находку древнейшей птицей и назвал ее протоависом (*Protoavis*)<sup>1</sup>. Опубликовав в 1987 г. лишь короткие тезисы о протоависе, Чаттерджи все

эти годы занимался препарированием, изучением и описанием нового существа. Другие же специалисты продолжали «ломать копыя» в спорах о сущности протоависа. И вот теперь появилось детальное описание черепов и главных черт строения скелетов двух найденных экземпляров *Protoavis texensis*<sup>2</sup>.

Что же это было за существо?

Облегченный череп протоависа отличается изяществом. Квадратная кость, посредством которой нижняя челюсть сочле-

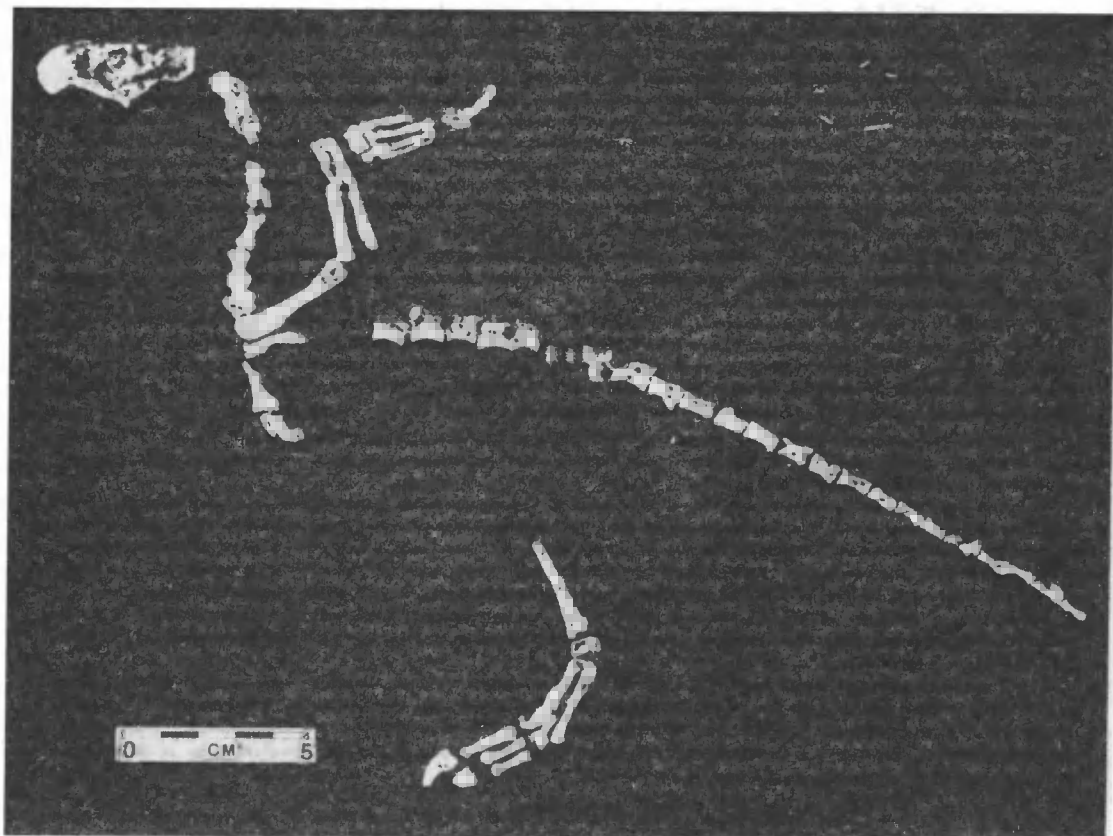
няется с черепом, имеет характерное для птиц строение. Изготовив отливки мозга по полости черепной коробки, удалось установить, что протоавис обладал хорошо развитым мозжечком и крупными полушариями. Но основным аргументом в пользу принадлежности протоависа к птицам служит отсутствие трех височных костных дуг, присущих рептилиям, отчего глазная впадина протоависа значительно увеличилась в объеме, слившись с двумя височными впадинами. Нижняя челюсть была тонкой, а ее ветви уплощены с боков. На самых кончиках челюстей помещалось по несколько зубов. Окостеневающая грудина, трехкостный канал, образованный головками лопатки, коракоида и вилочки (очень важная у птиц структура, через которую про-

© Курочкин Е. Н. Древнейшая птица.

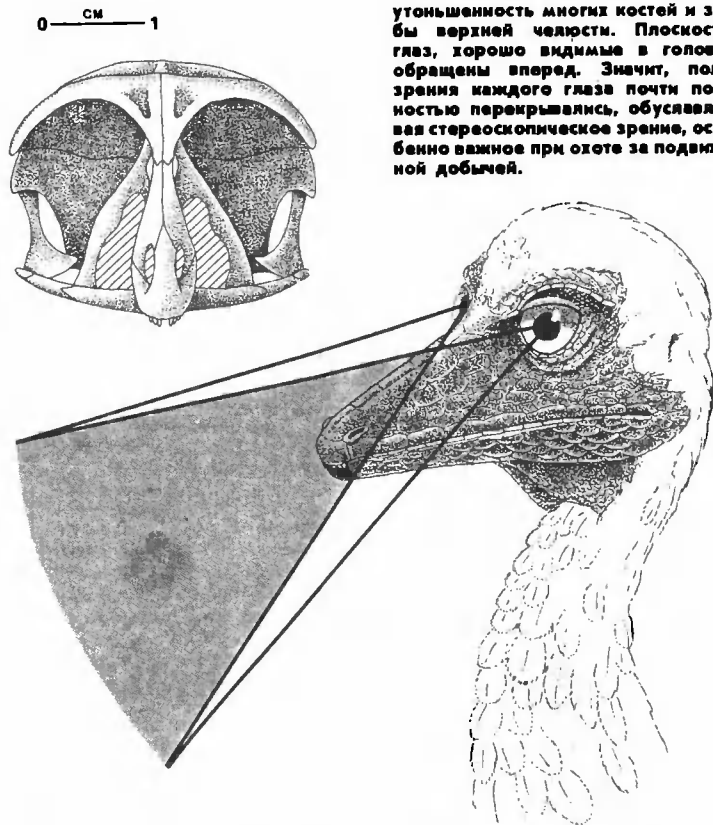
<sup>1</sup> Протоавис — древнейшая птица? // Природа. 1987. № 11. С. 116

<sup>2</sup> Chatterjee S. Phil. Trans. Royal Soc. (London). Biol. Ser. 1991. V. 332. N 1265. P. 277—346.

Скелет протоависа.



Реконструкция черепа и головы протоависа. В черепе обращают на себя внимание большие глазницы, утоньшенность многих костей и зубы верхней челюсти. Плоскости глаз, хорошо видимые в головое, обращены вперед. Значит, поля зрения каждого глаза почти полностью перекрывались, обуславливая стереоскопическое зрение, особенно важное при охоте за подвижной добычей.



ходит сухожилие основного поднимателя крыла при взмахе — надкоракоидного мускула), особая форма отростков на головках коракоида и лопатки — все эти черты строения прямо свидетельствуют о наличии сильной мускулатуры, приводившей в движение крылья. Протоавис обладал также длинным хвостом, основой которого служил целый ряд свободных хвостовых позвонков.

Главное сомнение в системе представлений о протоависе как о летающей птице вызывает строение пястно-запястного отдела передней конечности. Отделом крыла его можно называть весьма условно. Не характерны для птиц также общая небольшая длина и конструкция плюсно-предплюсневых сегментов задней конечности, хотя здесь наблюдается явная тенденция к слиянию средних элементов. В целом для

протоависа можно отметить как бы «обратную» свойственной большинству позвоночных эволюцию конечностей: как правило, их концевые (дистальные) отделы первыми отражают характер адаптации к той или иной локомоторной функции, а строение проксимальных (приближенных к телу) отделов и их поясов более консервативно, у протоависа же преобразования в плечевом и тазовом поясах конечностей обгоняют модификации концевых отделов «крыла» и ноги. В строении черепа, в частности его слуховой области, также наблюдаются детали, заставляющие с осторожностью принимать вывод Чаттерджи о безусловной принадлежности протоависа птицам.

С учетом длинного хвоста протоавис достигал размеров современного фазана. Чаттерджи безусловно заключа-

ет, что он мог летать, имел высокий уровень нервной организации, объемное зрение и, возможно, обладал сложным голосом. Это был небольшой подвижный хищник.

Археоптерикс гораздо примитивнее протоависа, хотя протоавис древнее на 75 млн. лет. Сравнительная признаки прогрессивной специализации того и другого, Чаттерджи устанавливает, что эти две «предптицы» относятся к обособленным филогенетическим линиям. Но именно протоависа он считает предком всех позднейших появившихся птиц, однако обоих помещает в класс Aves, ставя между ними авимимуса из позднего мелового периода Монголии, описанного С. М. Курзановым. Подобные соображения автора заставляют с осторожностью отнестись к его выводам, поскольку авимимус — это явный карнозавр, хотя он и обладал конечностями, сформировавшимися частично по птичьему подобию (вплоть до вероятного существования у него крылоподобной передней конечности).

Чаттерджи придерживается представления о прямом происхождении птиц от динозавров. Такая гипотеза тем не менее, как он сам замечает, не имеет пока прямых палеонтологических доказательств. Открытие протоависа приводит к другому важному эволюционному выводу: велика вероятность одновременного происхождения птиц и хищных динозавров в позднем триасе — знаменательном времени в истории Земли, когда появились также крокодилы, птерозавры, ящеры, черепахи и млекопитающие.

Как бы то ни было, открытие протоависа относится к важнейшим в палеобиологии за последние годы. Его изучение по сути только начинается, и споры вокруг него, без сомнения, послужат дальнейшему выяснению общих закономерностей эволюционного процесса, и в частности развития новых представлений об эволюции птиц.

# ПРИРОДА - nature

## NEWS

### Gemini telescope project shifts into high gear

**Washington.** With a lot to do and not much time, an international collaboration to build two 8-metre telescopes by the end of the decade has put Sidney Wolff temporarily in charge of the \$176-million project.

Wolff has taken a six months' leave from her position as director of the National Optical Astronomy Observatories (NOAO), which operates three major facilities with funding from the US National Science Foundation. The telescopes, known as the Gemini Project because of twin sites in Hawaii and Chile, were originally intended to be funded entirely by the United States. But in the past three years the project has become international, with the United States putting up half the total, Britain paying 25 per cent and Canada 15 per cent. The remaining 10 per cent is being sought from one or more countries in Latin America, including the host country of Chile.

Wolff was enlisted as a troubleshooter precisely because of the additional work required to pull off such an arrangement. "Being an international collaboration makes it much more complicated", says Bob Bless, an astronomer at the University of Wisconsin and a member of the project's eight-member international advisory board. "A lot of things have to happen in the next few months, and it seemed to be more efficient to let the technical people do their thing and get somebody else to handle the administrative aspects. Sidney is already

familiar with the project, and she's also a terrific administrator."

Wolff says that she must work out the financial arrangements as soon as possible so that scientists can know how much money is available for the two telescopes. The nature of the collaboration will be spelled out in a memorandum of understanding, expected to be signed later this summer, followed in the autumn by a detailed description of each country's contribution to the project. The entire package must be ratified by the board in November, she says, to keep the project on schedule.

One technical issue that must be resolved quickly is the final design for the two telescopes, which will make infrared as well as optical observations. Three companies are competing for the type of mirror to be used in the telescopes, two US companies and one from Germany.

The telescope on Mauna Kea, Hawaii, is expected to see first light by the end of 1998. Its nearly identical counterpart, adjacent to the Cerro Tololo Inter-American Observatory in Chile, should become operational two years later.

However, that schedule depends heavily on whether NSF can deliver its share of the funding on time. The project received only \$12 million of the \$16 million requested for the current fiscal year, which ends on 30 September, after Congress reduced NSF's overall budget request. The agency's re-

quest for next year, now before Congress, will almost certainly be trimmed again.

"Last year Gemini was taxed to support other large projects in the physical sciences", says Bless. "But NSF has assured us that they consider the project to be very important, and the fact that it's an international effort gives it a high visibility."

Wolff is not quite so optimistic. "The cuts won't hurt us this year", says Wolff, "but next year the impact would be felt on the telescope's enclosure and its primary mirrors. Even if we get our request for FY [fiscal year] 93, it's not clear that we will have enough money to do the job right. We really needed \$21 million to make up for what we lost in 1992, but we only asked for \$17 million."

NSF is the executive agency for the project, which is being managed by the same coalition of research universities that runs NOAO. But Julie Lutz, director of NSF's astronomy division, says that it is harder for the United States than for other countries to sustain a long-term scientific collaboration because the entire US budget is reviewed annually by Congress.

Wolff says that she may need more than six months to accomplish everything that must be done. At the same time, she says that scientists must know by the end of the year how much they have to spend. Any delays, of course, invariably increase the cost of the project.

**Jeffrey Mervis**



# Reopening the solar neutrino question

**A surprising new measurement confirms that the Sun shines but, confusingly, supports all plausible solutions of the long-standing solar neutrino problem.**

The solar neutrino problem has been with us now for 20 years, since Ray Davis and his colleagues announced that they had observed, at their underground Homestake detector, fewer than half as many neutrinos from the Sun as theorists had expected. The debate on the significance of that result has since engaged communities as different as stellar modellers and particle physicists, while the ingenuity of experimentalists has been tested by the development of different types of detectors. The latest measurements, announced just before this week's International Neutrino Conference in Granada, Spain, have caused a mixture of surprise, elation, consternation and confusion.

There are several sources of neutrinos in the Sun, of which the one directly linked with the solar luminosity is the nuclear reaction in proton-proton (p-p) collisions, which yields low-energy neutrinos. The other sources, due to other nuclear reactions (which give neutrinos of higher energy), can vary dramatically with the detailed astrophysical assumptions while remaining consistent with the observed luminosity.

For 20 years, solar modellers have argued that all the data on the Sun preclude a deficit of high-energy neutrinos large enough to explain Davis's result, so that the explanation must lie in some property of neutrinos. The sceptics, on the other hand, have argued that seeing is believing and that until the contradiction is shown to lie with a component of the neutrino flux tied directly to solar luminosity, the astrophysical estimates must be suspect. Both sides nevertheless agree on the importance of measurements sensitive to low-energy neutrinos, and since 1990 two international collaborations have been aiming to detect low-energy neutrinos from the Sun by their occasional conversion of gallium nuclei (specifically, the  $^{71}\text{Ga}$  isotope) to germanium-71. The energy threshold for this reaction is 233 keV, so that it should be sensitive to a sizeable fraction of the p-p flux, which varies from zero to 420 keV.

During the mounting of these collaborations, other data on the solar neutrino problem have come from the Japanese Kamiokande detector, which detects bursts of Cerenkov radiation in a large underground water tank. Because Kamiokande detects neutrinos from the decay of solar boron-8 only, which is especially sensitive to the details of solar astrophysics, it could have been expected that Kamiokande would find a larger deficit than Homestake. But the opposite proved to be the case.

That has persuaded many to favour a neutrino-based explanation of the discrepancy — the so-called MSW (for "Mikhaev-Smirnov-Wolfenstein") solution. In this, a very small, but nonzero, neutrino mass causes neutrinos to 'oscillate' within the Sun between the three known species of neutrinos — the familiar electron neutrinos and those associated with the electron-like particles known as muons and taus. Unlike Homestake and the new gallium-based detectors, Kamiokande is weakly sensitive to muon and tau neutrinos, so that the higher flux it sees is understandable — at the cost of assigning mass to neutrinos, which implies dramatic new physics.

The first new measurements, which appeared last year, seemed to suggest that physicists should bite that bullet. The Soviet-American SAGE collaboration, at the Baksan neutrino observatory in the north Caucasus, uses 30 tonnes of liquid metallic gallium to probe for the p-p reaction. Six months of data yielded the striking result that the observed neutrino rate is only a small fraction of the expected rate and even, within the experimental error, is consistent with zero. The standard measure is the Solar Neutrino Unit (SNU), a likelihood of  $10^{-26}$  per second that a target atom will interact with a neutrino. The standard model of the Sun predicts a measurement in the range of 125–132 SNU. Last year's SAGE result was  $20^{+15}_{-20} \pm 32$ , where the quoted uncertainties are statistical and systematic respectively. Only new neutrino physics could allow such a result.

Caution nevertheless suggested waiting for the outcome of the second gallium experiment, the multinational GALLEX experiment mounted in the Gran Sasso automobile tunnel, using 30 tonnes of gallium chloride ( $\text{GaCl}_3$ ) in solution. On 2 June, the collaboration released two papers (preprints GX 1-1992 and 2-1992) submitted for publication to *Physics Letters*, announcing their preliminary results.

GALLEX is an elaborate device, as required of an instrument from which great sensitivity is required. The  $\text{GaCl}_3$  solution is contained in one of two teflon-coated tanks for the length of a run, typically three weeks. Ga atoms converted to  $^{71}\text{Ge}$  would reside in solution as  $\text{GeCl}_4$ , which is more volatile than  $\text{GaCl}_3$  and which is swept out of solution at the end of a run by nitrogen gas, converted to germane ( $\text{GeH}_4$ ) and introduced into special miniaturized low-background counters.

The efficiency of Ge recovery, exceed-

ing 99 per cent, was checked with stable germanium added to the solution and with unstable isotopes produced by radioactive sources *in situ*. A frustrating background of cosmogenically produced, long-lived  $^{68}\text{Ge}$  was effectively eliminated by no fewer than 28 successive extractions. Calibration with a nearby neutrino source is planned for next year.

On the basis of 14 runs (six of which have been fully monitored), GALLEX reports a neutrino flux of  $83 \pm 19 \pm 8$  SNU (where the estimated uncertainties are statistical and systematic respectively). This is plausibly consistent with almost every candidate explanation of the neutrino discrepancy. The astrophysicists' estimate of the flux due to p-p reactions alone is 74 SNU, while the "minimal" solar models in which only p-p reactions generate solar luminosity predict 79 SNU. But within two standard deviations ( $2\sigma$ ), the result is also compatible with the standard solar model. It differs from the median SAGE result by more than  $2\sigma$ , but is consistent at  $1\sigma$  with MSW predictions for a small region of the parameter space allowed by other experiments.

And the implications? Many physicists' quick supposition that, because GALLEX is consistent with the predicted p-p flux, astrophysics is to blame, is probably too quick. Even hypothetical models in which high-energy neutrino fluxes are arbitrarily reduced still fall well outside the  $2\sigma$  limits of Homestake and the gallium experiments. For nonstandard solar models to be viable, at least one other experiment must be giving the wrong result. The MSW predictions are consistent at  $1\sigma$  with all the experiments, but for a surprising corner of parameter space. And there remains the discrepancy between SAGE and GALLEX; until that is resolved, no firm conclusions can be based on either result.

That is why, among those assembled at Granada, those taking the most solace from the GALLEX data must have been experimenters working on the next generation of detectors, the Sudbury Neutrino Detector based on heavy water, for example. Meanwhile, the GALLEX result provides an unambiguous proof that p-p reactions (among others) power the Sun and that the solar neutrino problem is as slippery as ever.

Lawrence M. Krauss

Lawrence M. Krauss is at the Center for Theoretical Physics, Yale University, New Haven, Connecticut 06511, USA.

## NEWS AND VIEWS

## QUANTUM OPTICS

## Practical Schrödinger's cats

Peter Knight

SCHRÖDINGER'S cat is alive and well. It is to be found living in cavities enclosed in superconducting metal, according to new work by Brune and colleagues in *Physical Review*<sup>1</sup>.

Schrödinger described his cat to illustrate a paradox in quantum mechanics: a real cat can be alive or dead, but a quantum cat, hidden from view in a box, and which may have been poisoned, remains in a state of suspended semi-animation, neither alive nor dead, until someone lifts the lid to have a look. Brune *et al.* show how a more practical cat, a microwave field, can be made to exist in two distinct states, and demonstrate that it is possible to check that it remains that way.

Their experiment goes back to the problem of counting photons. Normally, detecting a photon simultaneously destroys it. But Braginsky and Khalili<sup>2</sup> and Caves *et al.*<sup>3</sup> developed the idea of quantum nondemolition (QND) experiments in which photons could be sensed without destruction. The approach depends on the avoidance of back-action following measurement. The disruptive effect of back action is seen in attempts to measure the position of a particle: the measurement alters in an unknown way the particle's momentum, so that its subsequent path is unknowable. The trick in QND is to make a measurement in such a way that the change in the

measured quantity's conjugate variable (momentum in the case of position, the phase of electromagnetic radiation in the case of photon number) will not alter the quantity's subsequent evolution.

Developments in quantum optics have allowed these general ideas to be tested. One nondestructive method of counting photons is to look for a phase shift or energy shift, which depends on number and can be measured, without any absorption, in an interferometer. For example, the refractive index of certain media can be changed by a strong optical field. The resulting shift in phase of a second probe laser beam passing through the medium, measured interferometrically, can be used to count the photons in the stronger field<sup>4</sup>. This forms the basis of low-noise optical 'taps' used in optical communications.

Brune and coworkers adopt a similar approach to detect the very small numbers of photons in the microwave radiation stored in a superconducting cavity. Instead of a probe laser, they suggest using a beam of highly excited 'Rydberg' states of alkali atoms to sense and manipulate the trapped radiation. The system relies on three energy levels in the atoms (Fig. 1). The frequency of the trapped microwave radiation is close to, but not the same as the frequency of transitions between two of the states, *e* and *i*. The detuning is enough to ensure that the atoms cannot absorb any photons and make the transition from level *e* to *i*. Instead, the energy of state *e* is changed by a 'Stark' shift which increases linearly with the number of photons: each additional photon in the system of Brune *et al.* shifts the level by 400 kHz, far larger than the inherent widths of the levels or any other complicating factors.

The photon counting is done by passing these Rydberg atoms through the microwave cavity (Fig. 2). Just before entering it, each atom is excited, by radiation resonant with the *f*→*e* transition, into a superposition of these two states. When an atom emerges from the cavity, the component in level *f* remains unchanged, but the component in level *e* has had its phase changed by an amount proportional to the number of photons in the cavity and the time spent there (effectively, the atom's velocity). The atom is then bathed with more microwaves resonant with the *f*→*e* transition.

The result of the two bouts of excitation is a set of interference fringes in the probability of the atoms being found in level *e*. These fringes, called Ramsey fringes after their originator and the basis of the atomic clock, are due to interference between the amplitude for excitation in the two Ramsey zones.

Initially the field inside the cavity will typically not have a specific number of photons: instead it will be in a superposition of states with different numbers of photons. Brune *et al.* show that as the experiment progresses and more atoms pass through the cavity, interference modulates the field's photon probability distribution: in the authors' words, each interaction 'decimates' the distribution. After a small number of such interac-

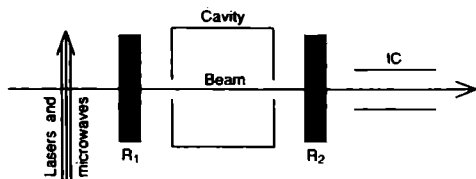


FIG. 2 The QND experiment of Brune *et al.*<sup>1</sup>. Lasers and microwaves raise atoms in a beam into a high-lying Rydberg state. Microwaves in the first Ramsey zone (*R*<sub>1</sub>) create a superposition of states, which then passes through the high-quality microwave cavity, whose field photons are to be counted. After further excitation in the second Ramsey zone (*R*<sub>2</sub>), atoms are detected in an ionization counter (IC).

tions, the cavity field is forced into a pure number state picked at random from the initial distribution.

The fringes responsible for the QND 'decimation' equally reflect a change in the phase of the trapped field. If an atom, after interaction with the two Ramsey zones and the cavity field is detected in an excited state, we may directly infer the associated state of the field. An excited atom implies the existence of a superposition of two field states in the cavity, one of which is phase-shifted from the unchanged original. The next atom to be injected (probably with another velocity) and which survives to be detected in an excited state will cause each of these components in the field superposition to split further into two more phase-shifted states in a kind of phase diffusion. This phase diffusion is the signature of the formation of a pure number state.

But, and this is where Schrödinger's cat comes into the story, with a beam

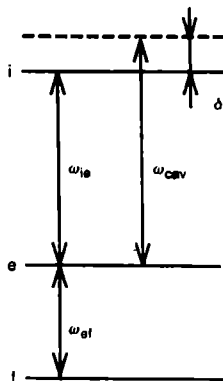


FIG. 1. Atomic energy levels in a quantum nondemolition experiment. The frequency of radiation in the cavity ( $\omega_{\text{cav}}$ ) is slightly different (by  $\delta$ ) from the resonant frequency ( $\omega_{\text{ie}}$ ) between two of the atomic states, but is close enough to shift that resonance by a small amount through the Stark effect; state *f* is too far away to be affected this way. Atoms in the QND experiment are put in a superposition of states *f* and *e* by microwaves tuned to  $\omega_{\text{ei}}$ .

1. Brune, M., Haroche, S., Raimond, J. M., Davidovich, L. & Zagury, N. *Phys. Rev. A* **48**, 5193-5214 (1992).

2. Braginsky, V. B. & Khalili, F. I. *Sov. Phys. JETP* **81**, 859-862 (1990).

3. Caves, C. M., Thorne, K. S., Dreier, R. W. D., Sandberg, V. D. & Zimmerman, M. *Rev. Mod. Phys.* **62**, 341-392 (1990).

4. Levenson, M. D. *et al. Phys. Rev. Lett.* **57**, 2473-2476 (1986).

5. Maystre, P. in *Progress in Optics* (ed. Wolf, E.) (North Holland, Amsterdam, in the press).

containing atoms of only one velocity (perhaps obtained with laser cooling) the atoms can maintain the superposition of two phase-shifted fields; each interaction merely recreates the pre-existing superposition. Like Schrödinger's cat, the two fields are macroscopic states, and they are distinct states. Conventional Schrödinger cats rapidly die on interaction with a dissipative environment: their decay depends on how distinct are the components. But these cats are fed 'quantum food' in the form of the injected atoms in superposed states<sup>5</sup>.

Brune *et al.* show that their cats can be

made with existing experimental technology: the field damping time in cavities currently available is 0.1 seconds. Schrödinger cat states involving as many as 100 photons could be generated and observed, using a modified interference technique. If realized, they could form the basis of much-needed experimental investigation of the creation of quantum coherence and its destruction by the environment, a subject of intense theoretical speculation. □

Peter Knight is at the Blackett Laboratory, Imperial College, London SW7 2BZ, UK.

## RNA CATALYSIS

# The universe expands

Peter B. Moore

FOR over a decade, RNA enthusiasts have been claiming that a race of self-replicating entities that used RNA molecules both for genetic purposes and as catalysts for their metabolic reactions were the progenitors of us all. Their advocacy stems, of course, from the knowledge that some RNAs — ribozymes — possess catalytic activity. The chemistry catalysed by the ribozymes identified so far is not all that exciting, however, in that they promote nucleophilic attacks by either hydroxyl groups or water on phosphates. The faithless have questioned whether such a limited catalytic palette could sustain self-replicating entities, and so have cast doubt on the whole concept.

Two papers in last week's *Science*<sup>1,2</sup> should silence some of the critics. They show that ribozymes can catalyse nucleophilic addition and elimination reactions involving carbonyl groups, and that a ribozymal activity of that sort is almost certainly responsible for the formation of peptide bonds during protein synthesis.

The peptidyl transferase activity of the ribosome is intrinsic to its large subunit<sup>3</sup>, and those in the business have known for several years that the Noller laboratory at Santa Cruz was trying to find out whether that activity is RNA-driven. The first formal report<sup>1</sup> on what has been accomplished is one of the two papers in question here.

The fragment reaction assay for peptidyl transferase activity<sup>4</sup> is the key to this work. What is measured is the transfer to puromycin of amino acids esterified to an oligonucleotide isolated by nuclease digestion from the 3' end of an aminoacylated transfer RNA. Its virtue is that it can use isolated ribosomal subunits, independent of tRNA binding, messenger RNA binding, interactions with the small subunit, and all the other complications of protein synthesis.

Reconstitution studies carried out in the 1970s suggested that large ribosomal subunits from *Escherichia coli* containing less than their normal complement of protein retain fragment reaction activity<sup>5</sup>, and what Noller and his colleagues wanted to see was whether all the protein could be removed without loss of activity. Their best results were achieved using large subunits from the extreme thermophile, *Thermus aquaticus*. Proteins were stripped from them by treatment with sodium dodecyl sulfate (SDS), proteinase K and phenol (at 4°C). Done singly or in combination these treatments had no effect on activity, but any treatment that disrupted RNA tertiary structure abolished activity completely. The 50S subunits from *E. coli*, which presumably are not as tough, retained some activity in the face of SDS and proteinase K treatment, but would not tolerate phenol extraction in the cold. The activity remaining in stripped subunits had the same sensitivity to antibiotics as the activity that was seen in intact subunits.

These observations do not constitute absolute proof that the ribosomal peptidyl transferase is ribozymal because 5 per cent of the protein cannot be removed from *T. aquaticus* subunits by these means. It nevertheless suggests how bets should be placed in the future.

The second of the two papers, which also involves Noller, comes from Cech's laboratory at Boulder<sup>2</sup>. It describes the conversion of the self-splicing intron from *Tetrahymena thermophila* from a catalyst of phosphodiester transesterifications into a catalyst of carboxylate ester hydrolysis. The guide sequence of the *Tetrahymena* nucleotide intervening sequence (IVS), which normally aligns its RNA substrates in the activity site by base pairing, was altered by mutation so that it would bind the 3' hexanucleotide

of tRNA<sup>Met</sup>. The site was engineered so that *N*-formyl-L-methionine esterified to the hexanucleotide's 3' ribose would occupy the active site. The mutated enzyme retains the ability to cleave substrate RNAs whose sequences have been altered so that they will bind to the mutated guide sequence, but now it also weakly catalyses the hydrolysis of the amino acid ester in question.

'Weakly' is very weak indeed — a five-fold increase in rate is all that is observed. Nevertheless, tests with variants of the IVS demonstrated that mutants lacking nuclease activity are also inactive as carboxylic acid esterases. In addition, the esterase activity depends on magnesium, as does the IVS nuclease activity, and it can be saturated by raising the substrate concentration. Thus this esterase activity is likely to be due to chemistry occurring at the normal active site of the IVS, an important point given the small effect observed.

The IVS esterase activity differs from the normal IVS transesterification activity in its nucleophile specificity. The latter accepts either guanosine (well) or water (poorly) as its nucleophile, but only water serves for the former. As the authors point out, the transesterification reactions of (tetrahedral) phosphate groups depend on in-line attack by nucleophiles. Carbonyl groups are trigonal, and nucleophiles attack them normal to the plane. Thus a guanosine positioned in the IVS active site for participation in a phosphate transesterification reaction will not be in a position to attack a carboxylate ester, if the carboxylate ester binds in the position normally occupied by phosphate groups.

Taken together, the two new papers deliver a simple message: we must expand our view of what RNAs can catalyse. That expansion is not a large one chemically; nucleophilic additions to phosphates are not all that different from nucleophilic additions to carbonyl groups. But it is of the utmost significance biologically. The type of RNA catalysis demonstrated in the papers is that on which the entire translation process depends. The possibility that there once were RNA entities capable of both replicating RNA and synthesizing protein seems a lot more reasonable now than it did a few months ago. □

Peter B. Moore is in the Department of Chemistry, Yale University, New Haven, Connecticut 06511, USA.

1. Noller, H. F., Hoffarth, V. & Zimmick, L. *Science* **256**, 1418–1419 (1992).
2. Piccirilli, J. A., McConnell, T. S., Zaig, A. J., Noller, H. F. & Cech, T. R. *Science* **256**, 1420–1424 (1992).
3. Monro, R. E. *J. molec. Biol.* **28**, 147–151 (1967).
4. Monro, R. E. & Marcker, K. A. *J. molec. Biol.* **28**, 347–350 (1967).
5. Moore, V. G., Atchison, R. E., Thomas, G., Moran, M. & Noller, H. F. *Proc. natn. Acad. Sci. USA* **72**, 844–848 (1975).

## NEWS AND VIEWS

## HUMAN ORIGINS

## Genetics and geography

N. Goldman and N. H. Barton

WHERE and how did the human species originate? Molecular genetic studies promise to give a definite answer, but at times they have flattered only to deceive. The controversy over human mitochondrial variation<sup>1-6</sup> shows how hard it will be to unravel the information contained in DNA sequences, and at present data are accumulating faster than our understanding of how to analyse them. Yet progress is being made — methods are now being developed for making rigorous distinctions between alternative hypotheses, and for estimating population sizes and rates of gene flow from sequence data<sup>7-9</sup>.

Our understanding of the genetic basis of evolutionary change has centred on following the frequency of different kinds of gene — so-called 'bean-bag genetics'. This approach has been challenged by the data now emerging on DNA sequence variation. Describing variation in terms of the frequency of A, T, G and C at individual base pairs would hardly be fruitful: because recombination between adjacent bases is very rare, even nuclear DNA is passed on in large blocks. The population is thus most naturally represented by the genealogical history of these blocks. Although most argument has been over statistical techniques for estimating genealogies, the relation between genealogies and populations is both more fundamental and harder to understand.

In 1987, Cann, Stoneking and the late Allan Wilson<sup>1</sup> published data on variation in the mitochondrial (mt) DNA of people from different continents. Mitochondrial DNA was chosen for the study because it accumulates substitutions rapidly, and because it is passed on intact from mother to offspring, and so can be used to trace maternal ancestry without the complications of recombination. Cann *et al.* argued that the common ancestor of all these sequences — the so-called 'mitochondrial Eve' — was likely to have lived in Africa around 200,000 years ago. The surprise was not that all sequences traced back to one woman. Rather, the paper was important because it claimed to locate mitochondrial Eve in time and space, and to give information about the size and movements of the human population as a whole.

The results of Cann *et al.* were based on the application of parsimony analysis<sup>10,11</sup>, a method originally designed for deducing the evolutionary relationships between species. Every possible tree is given a 'length', equal to the minimum number of evolutionary

changes required to explain the observed differences. The parsimony criterion says that the tree requiring fewest changes (the 'shortest tree') is preferred. Unfortunately, for problems involving large numbers of species (over 20 or so) there are too many trees for an exhaustive search and there is no guarantee that current computer programs will find the best tree; nor can they tell whether the shortest tree found is actually the best.

Cann *et al.* analysed the mtDNA of 147 individuals drawn from five geographical areas: Africans, Asians, Caucasians, native Australians and New Guineans. The presence or absence of 195 sites which could be cut by restriction enzymes defined 133 distinct haplotypes. The authors placed a geographical 'root' within the shortest tree they found, which required 312 mutational changes. The first split divided this tree into one group which contained only sequences from Africa, and another which consisted of a mixture of African and non-African sequences. Cann *et al.* then applied the parsimony criterion to argue that an African origin would require fewest migrations, and so was the best supported.

## Doubts

There have been doubts about more than one aspect of these conclusions. Last year, D. Maddison<sup>1</sup> performed a thorough reanalysis and discovered that the tree was not in fact the best fit to the data: he found more than 10,000 trees which required only 307 mutations. Most of these did not indicate an African origin by the criterion used by Cann *et al.* Furthermore, Maddison pointed out that Cann and colleagues' single, non-optimal tree did not provide significant evidence for an African origin: an ancient migration into Africa was as parsimonious as one the other way. In reply, Wilson's group<sup>12</sup> could say little more than that parsimony could be misled by simple events at the population level, such as migration, when used to analyse intra-species variation.

Late last year, Wilson's group published another study. Vigilant *et al.*<sup>6</sup> looked directly at variation in the control region of mtDNA sequence of 189 individuals from seven African populations and from Asians, Europeans, native Australians, New Guineans and African Americans. They again used parsimony to infer the evolutionary tree. Now, however, the root of the tree was located by including a chimpanzee in the analysis: in principle, using such an outgroup is more accurate than taking the root to

be at the midpoint, as was done before. Vigilant *et al.* found 100 equally parsimonious trees which again indicated an African origin; two statistical tests appeared to verify the significance of the findings.

Their findings have again come under fire, however, and for similar reasons. Templeton<sup>2</sup> and Hedges *et al.*<sup>3</sup> both found many shorter trees, most of which did not suggest an African origin. In a longer paper, published this month, Maddison *et al.*<sup>4</sup> reach the same conclusions; interestingly, they are the first group prompted to reanalyse the data by the 'improbable' trees proposed. These three studies used different strategies to get the best out of the computer programs that search for the most parsimonious trees. No consensus has been reached in their papers or in the ensuing heated exchanges on electronic bulletin boards, but it is clear that the methods used by Wilson's group were inadequate, and so gave them a highly biased view of what the best trees were. Disturbingly, Maddison *et al.*<sup>4</sup> also point out that the divergence between the chimp and human mtDNA is so much greater than that within our species that the chimp sequences used may be no more reliable for indicating the root of trees than a random sequence.

Parsimony is not universally accepted, even for the simpler case of inter-species studies. Setting aside the problems of finding the optimal tree, which is common to all such analyses, it is not clear that the shortest tree is the best estimate of the true tree<sup>13</sup>. Under some circumstances, parsimony gives the wrong tree with increasing certainty as more data are collected<sup>14</sup>. An alternative is to assume some explicit model of evolution, and use 'maximum likelihood': that is, choose the tree which would yield the observations with highest probability. Though computationally demanding, this approach has the advantages that it forces one to define an explicit statistical model, and allows straightforward comparisons of alternative hypotheses<sup>10</sup>. Moreover, as we argue below, it can be extended to include geographical information, and to give estimates of parameters describing the evolution of the whole population.

Most of the argument has centred on how to find the genealogy that best fits the data. But more fundamental is to know what the true tree would tell us about the location of the ancestors, and about movements of the whole population. Vigilant *et al.* proposed a 'geographical states' method for testing the significance of an African origin: this is based on the probability that the 14 deepest branches in the tree would all lead to exclusively African groups, as they observed<sup>6</sup>.

Maddison *et al.*<sup>4</sup> now point out several pitfalls in this procedure, which indicate general difficulties in building significance tests for genealogical data. First, although the test takes as a null hypothesis that the tree is constructed by the successive addition of African or non-African clades, rejection of this null model does not necessarily support one hypothesis about ancestral location over another. Second, the test takes the structure of the tree as certain, even though it is in fact estimated from the data; this could favour the preferred 'African Eve' hypothesis. Finally, the probability calculations were incorrect, in that they found the chance of seeing *precisely* the observed locations, rather than the chance of seeing that, plus all more extreme patterns. Given these difficulties, Maddison *et al.*<sup>4</sup> instead used the straightforward criterion of parsimony to infer ancestral location, choosing that which requires fewest migrations. This procedure gave no clear evidence that our common mitochondrial ancestor lived in Africa; some trees suggested an African origin, some did not.

### Worry

Human mtDNA sequences, like most such data, have been analysed using methods originally designed for establishing the relations between species. These methods tell us about the ancestry of one gene, but not about the structure of the whole population or about the forces that determine the spread of the gene we observe. A serious worry is that the relatively recent ancestry of human mitochondrial genomes reflects the recent spread of a favourable mutation, and so can tell us nothing about the population as a whole. Such 'selective sweeps' have reduced genetic diversity in regions of low recombination within the nuclear genome<sup>15</sup>.

If we take mtDNA to be strictly neutral, the probability of any particular genealogy being produced within a panmictic population of  $N$  genes can be written explicitly: at any time, the chance that two lineages will coalesce into one is just  $1/N$ . So one can use maximum likelihood to estimate the population size, and to test whether changes in the rate of coalescence of lineages reflect significant changes in population size, as in a founder event. Felsenstein has shown that this likelihood approach gives much more information than concentrating on the date of the one common ancestor, or on pairwise measures of sequence divergence<sup>7</sup>. When very many individuals are sampled, one-third of pairwise comparisons will be between lineages separated by the deepest split in the tree, and so will reflect one chance event. Maximum likelihood is more effi-

cient because it gives appropriate weight to all the branching events.

As the number of individuals increases, it becomes progressively harder to resolve the true tree<sup>8</sup>. But Felsenstein has shown how the likelihood approach extends naturally to give a sum over the set of all plausible trees<sup>9</sup>. Although this takes much more computing time than a search for the optimal tree, some such averaging over trees is essential. The problems with the interpretations of Wilson's group stemmed largely from concentration on one arbitrarily chosen tree — which is of course common practice.

Although Felsenstein only discusses the simple case of a single randomly mating population, it should be possible to extend likelihood methods to include hypotheses about the location of the ancestral population, and rates of gene flow. Slatkin and W. Maddison have already developed cladistic methods for estimating gene flow<sup>9</sup>. Their simulations reveal a consistent relation between the minimum number of migration events estimated by parsimony, and the actual number of migrants in each generation; they show that the tree of Cann *et al.*<sup>3</sup> gives significant evidence of population subdivision.

Wilson's group pioneered the study of intra-specific variation in DNA sequence: ultimately, such variation must reveal more about the evolutionary processes that have shaped life than will comparisons between species. The controversy over the interpretation of geographical patterns in human mtDNA has shown the need for statistically sound methods of making inferences from genealogies, however, and the question of whether or not genetic data support an African origin either for our mitochondria, or for the human population as a whole, is still open. □

*N. Goldman is in the Laboratory of Mathematical Biology, National Institute for Medical Research, The Ridgeway, Mill Hill, London NW7 1AA, UK. N. H. Barton is in the Division of Biology, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JT, UK.*

- Maddison, D. R. *Syst. Zool.* **40**, 306–309 (1991).
- Templeton, A. R. *Science* **258**, 737 (1992).
- Hedges, S. B., Kumar, S., Tamura, K. & Stoneking, M. *Science* **258**, 737–739 (1992).
- Maddison, D. R., Ramirez, M. & Swofford, D. L. *Syst. Zool.* **41**, 111–124 (1992).
- Cann, R. L., Stoneking, M. & Wilson, A. C. *Nature* **328**, 31–35 (1987).
- Vigilant, L., Stoneking, M., Harpending, H., Hawkes, K. & Wilson, A. C. *Science* **258**, 1503–1507 (1992).
- Felsenstein, J. *Genet. Res.* **58**, 139–147 (1992).
- Felsenstein, J. *Genet. Res.* (in the press).
- Slatkin, M. & Maddison, W. P. *Genetics* **128**, 249–260 (1990).
- Felsenstein, J. *A. Rev. Genet.* **22**, 821–865 (1988).
- Swofford, D. L. & Olsen, G. J. in *Molecular Systematics* (eds Hillis, D. M. & Moritz, C.), 411–502 (Sinauer, Sunderland, Massachusetts, 1990).
- Wilson, A. C., Stoneking, M. & Cann, R. L. *Syst. Zool.* **36**, 263–265 (1987).
- Goldman, N. *Syst. Zool.* **39**, 348–361 (1990).
- Felsenstein, J. *Syst. Zool.* **37**, 401–410 (1978).
- Charlesworth, B. *Nature* **356**, 475–476 (1992).

### RÉSUMÉ

#### Light work

THE art of manipulating atoms in beams of light emerges from the realm of the esoteric into the plainly practical with the description of a scheme for directly drawing electronic structures on silicon substrates (M. Prentiss *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **60**, 1027–1029; 1992). Conventional photolithography works by using light to transfer a pattern (that will ultimately become the microcircuit) from a material mask to the silicon substrate. Prentiss *et al.* reverse matters: an atom beam directed at the substrate will have to pass through focused laser beams to be directed into place on the surface. In their experiment, lines a few tenths of a millimetre across are written onto the silicon surface using a beam of sodium atoms and orange laser light. The ultimate prospect, the authors hope, is for direct writing with the resolution of a single wavelength of light.

#### Dog's dinner

It is one thing to show that oral vaccination of foxes in the wild may stem the tide of rabies in Europe (*Nature* **354**, 520–522; 1992), quite another to find a bait attractive to potential carriers of the disease elsewhere. H. Kharmachi *et al.* now report on their trial, with biomarkers, of the comparative allure of sausage, fishmeal, chicken head and sponge baits to Tunisian dogs (*Vet. Rec.* **130**, 494; 1992). The sponges contained 'an attractant of minced meat, eggs, yoghurt, fish and cheese which had been kept for several days at room temperature', but came a poor last in the acceptance stakes at 30%. Chicken heads (98%) were most attractive. Chicken head and vaccine sachet would have to be brought together by hand, however, making the bait time-consuming to prepare.

#### Bright spark

Stars crushed by black holes may be the source of  $\gamma$ -ray bursters, suggests B. Carter (*Astrophys. J.* **391**, L67–L70; 1992). If, as seems likely in the light of data from the Compton observatory, these flashes of  $\gamma$ -radiation originate outside our Galaxy, they must be exceptionally energetic. For several years Carter has been studying the fate of stars that come too close to black holes, but has assumed that little of the inevitable heating comes out as radiation. What, he asks now, if that energy is converted into  $\gamma$ -rays? The doomed stars are compressed into pancakes and raised to temperatures of  $10^9$  K. The radiating phase could last a fraction of a second to many tens of seconds, in the range actually seen. Although he says the proposal is speculative, Carter highlights the possibility of identifying what kind of star has been consumed from the way the  $\gamma$ -ray intensity rises and falls.

## New foundation to fund Russian biologists

**Moscow & Washington.** An international foundation has been formed to keep intact an elite group of Russian biomedical researchers during the current economic crisis in their country. Acting on the assumption that there are no more than "20 to 30 basic biology labs" in Russia doing first-rate work, Alexander Goldfarb, a biochemist at the Public Health Research Institute (PHRI) in New York, is leading an effort to raise \$5 million over the next five years for peer-reviewed grants to teams of Russian scientists.

The idea for the American-Russian Biomedical Research Foundation (BRF) grew out of an existing scientific collaboration between Goldfarb, who left the Soviet Union for the United States in the 1970s, and Vadim Nikiforov of the Institute of Molecular Genetics (IMG) in Moscow. In April, the Soros Foundation, a private philanthropy created by George Soros, a wealthy US financier, contributed \$100,000 to cover BRF's start-up costs, while the Russian Academy of Sciences and the Ministry of Higher Education, Science and Technology have each provided 350,000 rubles (\$3,000). Soros has also given \$50,000, to be converted into rubles, to supplement the salaries of dozens of Russian scientists working collaboratively with US researchers.

Goldfarb, who is president of the new foundation, says that it will operate sepa-

rately from governments so that the money is not "mainly wasted on the machinery" of administering research. A panel of prominent US scientists will oversee the process of selecting the most promising projects from among proposals submitted to the IMG and then forwarded to the West.

PHRI, a nonprofit research organization conducting research in biology and medicine, will be the foundation's base in the United States. This year its two-person staff will concentrate on raising funds from companies and private organizations concerned about the future health of Russian biomedical research. The Moscow office at the IMG will meanwhile solicit grant applications. If its fund-raising efforts are successful, the foundation would like to make ten research grants, of \$50,000 each, by 1 September or soon afterwards.

Goldfarb believes that many potential contributors have been deterred because they did not know who to give their money to and whether the funds would be spent properly. BRF will provide the infrastructure to overcome those problems, he says. Each grant will carry a 40 per cent surcharge, says Goldfarb, "so that we can provide the infrastructure that doesn't exist in Russia". The money will pay for such administrative functions as an accounting and purchasing system, as well as the cost of delivering needed

equipment and supplies.

The first test of BRF's infrastructure is a plan to distribute \$1,000 to each of the 50 or so Russian laboratories collaborating with US partners. With the collapse of the economies of the countries in the former Soviet Union, the US National Science Foundation provided each US grant recipient with an additional \$10,000 to buy equipment and supplies for its Russian partners. The Fogarty International Center of the US National Institutes of Health sponsors a similar programme. But both agencies prohibit US scientists from paying any part of the salaries of their foreign collaborators.

One difficulty, not yet resolved, is that grant recipients could find their regular budgets reduced and the funds used to support other projects. Russian research managers have considerable discretion over the distribution of rubles, and researchers are worried that BRF could create a situation in which the stronger laboratories are financed by the West and the weaker ones supported by the Russian government.

Goldfarb plays down that possible division, saying that the foundation is only a short-term solution to the problems facing his former colleagues. "Once the Russian economy improves", he says, "then this type of outside support won't be necessary."

**Vladimir Pokrowsky & Jeffrey Mervis**



## Глубокоуважаемый читатель!

Не забыли ли Вы оформить подписку на наш журнал на 1993 г.? Возможно, что в будущем году, как и в текущем, «Природа» будет распространяться только по подписке. Не упустите свой шанс! Мы заверяем Вас, что «Природа», как и все предшествующие годы, будет трибуной самых известных и результативных ученых нашей страны. Мы продолжим обсуждение глобальных проблем, вставших перед человечеством, состояния отечественной науки в целом,

| Ф. СП-I                                                                                                        | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <b>АБОНЕМЕНТ</b> на журнал<br/> <b>ПРИРОДА</b><br/>         на 1993 год       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">         70707<br/> <small>(ИНДЕКС ИЗДАНИЯ)</small> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         Количество комплектов       </div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div> </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; font-size: 0.8em;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <div style="margin-top: 5px;">         Куда _____<br/> <small>(почтовый индекс) (адрес)</small> </div> <div style="margin-top: 5px;">         Кому _____<br/> <small>(фамилия, инициалы)</small> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1                                                                                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Куда _____<br><small>(почтовый индекс) (адрес)</small><br><br>Кому _____<br><small>(фамилия, инициалы)</small> | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <b>ДОСТАВочная КАРТОЧКА</b><br/>         на журнал<br/> <b>ПРИРОДА</b><br/>         на 1993 год       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">         70707<br/> <small>(ИНДЕКС ИЗДАНИЯ)</small> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         ПВ       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         МЕСТО       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         ЛИ-ТЕР       </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; font-size: 0.8em;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         Стоимость       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         подписки<br/>пер-<br/>адресовки       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         руб.<br/>руб.       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         коп.<br/>коп.       </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">         Количество<br/>комплек-<br/>тов       </div> </div> | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                                                                                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*ее проектов по улучшению экологии, достижений в области наук физико-математического и биологического цикла, наук о Земле. Сохранятся наши прежние рубрики «Новости науки», «Красная книга» и др. Мы постараемся предоставить Вам самую оперативную информацию о делах современных и более глубокую — о днях минувших.*

*Цена одного номера «Природы» возросла до 20 руб. Полугодовая подписка будет стоить 120 руб. (без наценки на услуги «Союзпечати»). Наш индекс прежний — 70707.*

*Мы рассчитываем на Вашу верность «Природе»!*

### **ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА!**

На абонементе должен быть проставлен оттиск кассовой машины.

При оформлении подписки (переадресовки) без кассовой машины на абонементе проставляется оттиск календарного штампа отделения связи. В этом случае абонемент выдается подписчику с квитанцией об оплате стоимости подписки (переадресовки).

Для оформления подписки на газету или журнал, а также для переадресования издания бланк абонемента с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами, разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями, изложенными в каталогах Союзпечати.

Заполнение месячных клеток при переадресовании издания, а также клетки «ПВ—МЕСТО» производится работниками предприятий связи и «Союзпечати».

Астрофизика

# Сверхтяжелый водород в морской воде

Солнечная система движется в гало галактики. Это позволяет проводить эксперименты по поиску «темного» вещества (в частности, оно может состоять из тяжелых заряженных частиц) непосредственно в земных условиях.

В Лаборатории физики моря (Франция) экспериментально исследована возможность существования сверхтяжелых изотопов водорода (с массами  $10^4$ — $10^8$  ГэВ/ $c^2$ ) в морской воде. Центрифугирование, проведенное вслед за атомной спектроскопией, обеспечило высокую чувствительность эксперимента к большим массам. Относительная распространенность таких гипотетических атомов водорода, как установлено в эксперименте, не превышает  $6 \cdot 10^{-15}$ . Энергия связи электронов в сверхтяжелых изотопах водорода мала, поэтому в гало такие изотопы должны быть ионизованы. Результаты эксперимента помогут оценить вклад подобных ионов (если они существуют) в скрытую массу Вселенной.

Physical Review Letters. 1992. V. 68. N 9. P. 1116 (США).

Физика

# Измерение времени жизни нейтрона при $\beta$ -распаде молекулярного трития

Для космологии важно знать время жизни связанного нейтрона, так как оно позволяет вычислить важнейшие параметры, характеризующие превращение вещества во Вселенной: изменение отношения  $^3\text{He}_2/^3\text{H}_1$  и гравитационного равновесного параметра  $G$ , зависящего от плотности  $\rho$  вещества во Вселенной на определенном этапе ее расширения ( $G = g\rho$ ,  $g \leftarrow$  гравитационная постоянная). По-

этому большое значение имеют проведенные в Нью-Йоркском университете опыты по измерению периода полураспада  $t$  молекулярного трития и времени жизни  $T$  связанного нейтрона. Известно, что  $\beta$ -распад трития протекает по схеме  $^3\text{H}_1 \rightarrow ^3\text{He}_2 + e^- + \bar{\nu}_e$ . При этом связанный нейтрон превращается в связанный протон, а между  $T$  и  $t$  существует непростое, но известное соотношение  $T = f(t, E)$ , где  $E$  — конечная энергия распада ( $\beta$ -распад свободного нейтрона определяется слабым взаимодействием, в ядре же на него влияет сильное взаимодействие нуклонов, из-за чего время жизни ядра оказывается значительно больше).

Период полураспада трития измеряли, контролируя распад газообразных смесей  $^3\text{H}_1$  и  $\text{He}$  тормозным излучением. Полученный результат ( $t = 12,31 \pm 0,3$  лет) с учетом определенной энергии распада, измеренной для тех же источников, позволил, сопоставив найденные экспериментально и рассчитанные величины, оценить  $T$  ( $897 \pm 3$  с).

Physical Review Letters. 1991. V. 67. N 19. P. 2630 (США).

Физика

# Исследование осцилляций мюонных нейтрино в широкополосном нейтринном пучке

В 1990 г. появилось сообщение о предполагаемых поисках нейтринных осцилляций — переход тяжелых нейтрино ( $\nu_\mu, \nu_\tau$ ) в легкие ( $\nu_e, \nu_\mu$ ) — на ускорителях «Тэватрон» (Лаборатория им. Э. Ферми, Батавия, США) и LEP (ЦЕРН Женева, Швейцария). Но впервые такой эксперимент провели в Брукхейвенской национальной лаборатории (Лонг-Айленд, штат Нью-Йорк, США) на широкополосном пучке  $\nu_\mu$  ( $\bar{\nu}_\mu$ ). В эксперименте  $3 \cdot 10^{10}$  протонов, ускоренных протонным синхротроном AGS (характеризуемом знакомременной фокусировкой, энергией ускорения протонов 28 ГэВ и

интенсивностью  $9 \cdot 10^{12}$  протонов в импульсе), направлялись на мишень. Для фокусировки образовавшихся в результате соударений с мишенью пионов и каонов использовался горн (токопроводящая поверхность в форме конуса, обеспечивающая градиент фокусирующего поля в направлении, перпендикулярном оси симметрии). Изменение направления тока (поляриности горна) позволяло фокусировать частицы с противоположным знаком заряда. Ожидалось возможное появление  $\nu_e$  ( $\bar{\nu}_e$ ) на расстоянии 1 км от источника в пучке  $\nu_\mu$  ( $\bar{\nu}_\mu$ ) с большим разбросом по импульсам (сфокусированном горном). Собранные в результате эксперимента данные были разделены поровну между положительными и отрицательными поляризациями горна, соответствующими пучкам нейтрино и антинейтрино. В эксперименте не наблюдалось событий  $\nu_e$  ( $\bar{\nu}_e$ ) с достоверностью 90 %. Установлен предел на изменение массы нейтрино ( $\Delta m^2 \leq 0,075 \text{ эВ}^2$ ) при возможном угле смешивания нейтрино, определяемом неравенством  $\sin^2 \theta \leq 0,003$  для больших  $\Delta m^2$ . Этот эксперимент должен стимулировать дальнейшие поиски осцилляций нейтрино.

Nature. 1990. V. 348. N 6302. P. 617 (Великобритания); Physical Review Letters. 1992. V. 68. N 3. P. 274 (США).

Биохимия

# Долгожители-радикалы в клетках бактерий

Свободные радикалы, исследование которых в биологии приняло за последние два десятилетия лавинообразный характер благодаря разработке чувствительных методов их обнаружения (спектроскопия электронного парамагнитного резонанса, метод спиновых ловушек),

играют чрезвычайно важную роль в жизнедеятельности организмов. Например, долгоживущее радикальное состояние активного центра фермента рибонуклеотид-редуктазы (неспаренный электрон на остатке тирозина) обеспечивает нормальный синтез дезоксирибонуклеотидов, из которых строится ДНК.

С одной стороны, радикалы возникают при многих патологических процессах, с другой — используются клетками иммунной системы для борьбы с патогенными бактериями. Время жизни большинства радикалов очень коротко — доли секунды. Поэтому настоящей удачей стала работа сотрудников Института биохимии им. А. Н. Баха РАН, обнаруживших в бактериях соединения, переходящие в состояние долгоживущих радикалов. Выяснилось, что такие соединения могут существовать в трех взаимопереходящих формах.

Подобрав условия, при которых образуются радикалы в бактериях, ученые получили возможность исследовать механизм воздействия лимфоцитов на захваченные клетки бактерий, наблюдая сигнал ЭПР от бактериальных радикалов.

Соединение из микроока, названное авторами лизодектозой, идентифицировано как производное трисахарида, а вещество из бревибактерий (аммонигенин) оказалось производным трех аминокислот. Очевидно, взаимопереходящие формы этих соединений участвуют в защите функционально важных групп от токсических форм кислорода, а также в регуляции ферментативной активности за счет образования комплексов с металлосодержащими центрами ферментов.

Способность к переходу в состояние долгоживущих радикалов характерна для синтетических спиновых ловушек и природных соединений (витамин Е, или токоферол), предназначенных для дезактивации токсических радикалов в клетке. Это указывает на перспективность поиска радиопротекторов и «перехватчиков» токсических радикалов среди соединений обнаруженного типа.

Биохимия. 1992. Т. 57. № 2.

## Биохимия

### Действие яда пауков

Известно, что действие яда пауков приводит к параличу двигательных функций ряда насекомых. Х. Джексон с коллегами (H. Jackson; Компания по исследованию природных продуктов, Солт-Лейк-Сити, штат Юта, США) обнаружили в яде обычных американских садовых пауков ариламины — вещества, нейтрализующие действие глутамата.

В норме глутамат действует в организме как нейротрансмиттер, возбуждая нервные клетки. Однако его избыток может вызвать повреждение и даже гибель нервных клеток и привести к параличу, эпилепсии и другим заболеваниям центральной нервной системы.

Испытание ариламинов на кошках показало их превосходство над обычными блокаторами глутамата. Механизм их действия, возможно, связан с присоединением к рецепторам глутамата, находящимся на поверхности этих клеток.

Ариламины, по мнению авторов, можно использовать в качестве лекарственных средств для лечения и предупреждения заболеваний центральной нервной системы (например, эпилепсии).

Ариламины сравнительно легко синтезируются, и это большая удача, так как получить их в достаточном количестве из яда пауков — задача не простая (один паук в среднем дает 0,1 мкл яда) и может привести к массовому истреблению этих насекомых.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1776. P. 21 (Великобритания).

## Биохимия

### Запах — это не просто так

Состояние живых систем — функция многих переменных, в том числе пахучих веществ. Ответственна за восприятие этих веществ обонятельная система, природа кото-

рой до конца не раскрыта. Физиологическое состояние животных и людей (например, половые циклы, их длительность) достоверно оценивается, зачастую даже количественно, поэтому нередко служит моделью, позволяющей изучать влияние на организмы обонятельных стимулов.

При исследовании действия полового феромона хряка (5-анд-рост-16-ен-3-он) на половые циклы свиней обнаружено влияние его неприятного запаха на длительность менструального цикла у некоторых женщин. Феромон эффективен приблизительно для половины испытанных женщин — тех, которым он неприятен. Менструальные циклы женщин, не ощущающих этот запах, не менялись, т. е. женщины, не чувствующие запаха андростенона, защищены от его воздействия. Для воспринимающих андростенон обнаружено по крайней мере две чувствительных фазы полового цикла: фолликулярная (созревание яйцеклетки) и лютеальная (подготовка нового цикла) — первая укорачивается на два-три дня, вторая удлиняется на три-четыре дня. Овуляция (выход яйцеклетки из фолликул) не чувствительна к действию запаха. Влияние феромона на чувствительные фазы распространяется только на цикл и не сказывается на следующих.

Похуже, андростенон все-таки надежду на получение «пахучих модуляторов» длительности менструального цикла.

Э. П. Зинкевич,  
кандидат химических наук  
Москва

## Биотехнология

### Биореакторы против нитратов

Повышенное содержание нитратов в продуктах и питьевой воде может вызвать массу нежелательных эффектов. Снижение концентрации нитратов — одна из важных экологических и биотехнологических проблем. Ряд способов ее решения предложили исследователи из Германии.

Для питьевой воды в Германии установлен верхний предел содержания нитратов — 50 мг/л. Но реально подземные воды содержат 70, а иногда даже до 400 мг/л. Между тем Европейской экологической комиссией рекомендована концентрация нитратов не выше 25 мг/л.

Фирма KFA разработала новый тип биореактора — RBR — для удаления нитратов. Реактор объемом 1700 л состоит из колонны с керамическими шариками, на поверхность которых нанесены денитрифицирующие бактерии. Обработывая 120 тыс. л воды в день, RBR снижает концентрацию нитратов с 65 до 5 мг/л, при этом вода очищается еще и от микробов.

В. Рипл (W. Rippl; Технический университет, Берлин) создал ленточный реактор, используя принцип, существующий в природе. По краям озера, в мелководных заливах хемоавтотрофные бактерии в симбиозе с водорослями создают анаэробную пленку толщиной примерно 100 мкм. Водоросли для бактерий служат источником углерода. Рипл использует смешанную культуру водорослей и бактерий, нанесенную на полиэтиленовые или нейлоновые ленты. Водоросли, кроме того, снижают концентрацию неорганического фосфата в воде.

Biotechnology. 1991. V. 9. P. 604 (Великобритания).

#### Физиология

### Уринотерапия: мода или новое средство от стрессов

Среди индийских йогов распространен обычай пить поутру собственную мочу. Они утверждают, что это способствует успокоению духа, необходимо для самосозерцания, размышления и медитации. Этот обычай на хинди именуется «амароли» и никаких отрицательных эмоций у окружающих, похоже, не вызывает.

Что это — предрассудок или же в обычаях есть рациональное зерно? Этот вопрос поставили перед собой М. Миллс

(M. Mills) и Т. Фонс (T. Faunce; Университет штата Новый Южный Уэльс, Австралия).

В моче много мелатонина — гормона, действительно обладающего легким, успокаивающим действием. Он выбрасывается в организм эпифизом. Это происходит, главным образом, по ночам; процесс прерывается, когда свет попадает человеку в глаза.

Точный механизм действия мелатонина пока неизвестен, но ясно, что он способствует установлению суточных ритмов, присущих организму, и, возможно, составляет немаловажную деталь тех «внутренних часов», по которым живет человек.

Мелатонин может служить мягким болеутоляющим и наводить на пациента сонливость. Есть также свидетельства, что он помогает преодолеть неприятные последствия, возникающие при длительном перелете через несколько часовых поясов.

Австралийские ученые пришли к выводу, что мелатонин, содержащийся в утренней моче, может «убедить» организм в том, что человек уже хорошо выспался. А это существенно для йога, ежедневный режим которого требует регулярных сеансов медитации в 4 часа утра. При этом йог должен сидеть абсолютно неподвижно около 2 час., и гормон может помочь ему перенести это испытание.

Интересно, что рекомендации европейских врачей, прописывающих пациентам регулярный прием мелатонина в течение нескольких недель, совпадает с традицией йогов пить собственную мочу ежедневно в течение месяца. Считается, что еще действенное не собственная, а принадлежащая ребенку моча. Как выяснили Миллс и Фонс, ночное производство организмом мелатонина сокращается с созреванием организма; качество сна в это время также ухудшается.

Возможно, выпив перед рассветом мочу, йог восстанавливает в организме содержание мелатонина до «спокойного», ночного уровня. Чтобы проверить подобную гипотезу, авторы намерены провести «двойной

слепой эксперимент»: одна группа йогов будет пить собственную ночную мочу, другая — не подозревая об этом — накопленную заранее дневную. Сравнение содержания мелатонина в крови тех и других и их душевного состояния после этого поможет ответить на возникшие вопросы.

Medical Hypotheses. 1992. V. 36. P. 195 (США); New Scientist. 1992. V. 133. N 1810. P. 20 (Великобритания).

#### Медицина

### Статистика заболеваемости и смертности в мире (по материалам отчета ВОЗ)

По данным Всемирной организации здравоохранения, показатели смертности в мире по сравнению с 1980 г. снизились с 10,8 до 9,5 случаев на 1000 чел. Однако это не означает, что здоровье людей значительно улучшилось. Напротив, больных и инвалидов, особенно среди пожилых людей, стало больше.

Проанализировав данные о заболеваемости и смертности, эпидемиологи ВОЗ считают, что самой большой угрозой для здоровья населения остается СПИД. Предполагается, что к 2000 г. количество ВИЧ-инфицированных достигнет 30—40 млн. чел.

Около 2 млрд. чел. инфицированы вирусом гепатита В; у 21 млрд. — анемия; 600 млн. страдают тропическими заболеваниями; около 250 млн. чел. в год заражаются венерическими болезнями. При этом многие страдают одновременно двумя или несколькими заболеваниями.

Однако быть инфицированным не всегда означает быть больным. Например, туберкулезной палочкой инфицированы 1,7 млрд. чел., но только 20 млн. больны туберкулезом в активной форме, а умирают в среднем 3,3 млн. чел. в год.

Из 50 млн. смертей в год непосредственно с заболеваниями связано 46,5 млн. Причем по крайней мере 20 млн. из них могли бы быть предупреждены за счет улучшения

профилактики и медицинско-го обслуживания, доступности эффективных лекарственных препаратов, вакцинации, а также более здорового образа жизни.

В развивающихся странах каждый год умирают 12,9 млн. детей в возрасте до 5 лет (это 33 % всех умерших там в 1990 г.). В индустриальных странах этот показатель значительно ниже — 284 тыс., или 2,4 %. Отсутствие прививок приводит к 6 тыс. детским смертям в год, почти 9 тыс. детей умирают от кишечных инфекций и около 1 тыс. — от пневмонии. Тем не менее число детских смертей в последние пять лет снизилось. В первую очередь это связано с уровнем вакцинации против шести основных детских инфекций, который достиг к настоящему времени 80 %.

Со снижением детской смертности увеличилась средняя продолжительность жизни (до 65 лет в мире в целом, до 62 — в развивающихся странах, до 50 — в наименее развитых и до 76 — в развитых). В следующие пять лет средняя продолжительность жизни, по данным ВОЗ, будет увеличиваться на 4 мес. в год.

Основными причинами нетрудоспособности и инвалидности у пожилых людей являются артрит, глухота, слепота, болезнь Альцгеймера и неврологические заболевания.

Прогресс в здравоохранении сопровождается увеличением затрат. Государственные расходы на здравоохранение за последние пять лет возросли в среднем с 9,7 до 11 % (в Азии роста нет). В 1980—1990 гг. еще 1,6 млрд. людей в развивающихся странах (из них 1,1 млрд. в сельских районах) получили доступ к безопасным источникам водоснабжения. Вместе с тем без чистой воды сегодня еще проживают 842 млн. чел. в селах и 173 млн. в городах.

Охват медицинским обслуживанием в развивающихся странах за последние пять лет увеличился на 19 %.

Другим положительным фактором является улучшение питания. Энергетическая ценность пищевого рациона более

#### 4,5 млн. смертей связано с заболеваниями (1990 г.)\*

| Причина смерти                                                                                | Число умерших, млн. чел. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Инфекционные и паразитарные заболевания                                                       | 17,5                     |
| В том числе:                                                                                  |                          |
| острые респираторные заболевания                                                              | 6,9                      |
| кишечные инфекции                                                                             | 4,2                      |
| туберкулез                                                                                    | 3,3                      |
| малярия                                                                                       | 1—2                      |
| гепатит В                                                                                     | 1—2                      |
| корь                                                                                          | 0,22                     |
| бактериальный менингит                                                                        | 0,2                      |
| шистоматоз                                                                                    | 0,2                      |
| коклюш                                                                                        | 0,1                      |
| амебиаз                                                                                       | 0,04—0,1                 |
| анкилостомоз                                                                                  | 0,05—0,06                |
| бешенство                                                                                     | 0,035                    |
| желтая лихорадка                                                                              | 0,03                     |
| африканский трипаносомоз (сонная болезнь)                                                     | 0,02                     |
| Сердечно-сосудистые заболевания                                                               | 11,931                   |
| Рак                                                                                           | 5,121                    |
| Перинатальные причины                                                                         | 3,116                    |
| Эмфиземы, астма и др.                                                                         | 2,888                    |
| Патологии беременности и родов                                                                | 0,504                    |
| Другие причины, включая СПИД, диабет, заболевания пищеварительной и мочеполовой системы и др. | 5,413                    |

чем у 4 млрд. чел. даже выше необходимой (с учетом затрат). В то же время у 1,4 млрд. она пока недостаточна.

Около 40 % населения Юго-Восточной Азии не имеют необходимой медицинской помощи. Наиболее распространенные болезни — лихорадка Денге, корь и малярия. В Африке южнее Сахары около 30 % населения страдают главным образом от кишечных заболеваний, малярии, респираторных болезней, шистоматоза, венерических болезней, кори и СПИДа (во многих городах ВИЧ инфицировано около трети взрослого населения).

В Южной и Центральной Америке 25 % населения больны кишечными болезнями типа

дизентерии, холеры, страдают респираторными заболеваниями, малярией, туберкулезом, болезнью Чагаса, корью и лихорадкой Денге.

От инфекционных и паразитарных болезней в мире ежегодно погибают 17,5 млн. чел., от острых респираторных инфекций — 7 млн. (из них 4,3 млн. — дети до 5 лет). Смертность от пневмонии могла бы быть снижена по крайней мере на треть при своевременном применении антибиотиков.

От кишечных инфекций умирают около 4 млн. чел. в год, среди них 80 % детей. Основные причины этих инфекций — ротавирус и ряд бактерий. Холера продолжает свирепствовать в странах Латинской Америки, Африки и Азии.

От туберкулеза в 1990 г. умерло 3 млн. чел. (из них 40 тыс. в развитых странах). Заболеваемость туберкулезом быстро увеличивается в результате распространения ВИЧ-инфекции.

В 1990 г. было зарегистрировано 5 млн. случаев малярии в 25 странах (кроме африканских). В Африке ежегодно регистрируется 12—20 млн. клинических случаев малярии. В мире погибает от этого заболевания 1 млн. чел. в год.

Вирусом гепатита В инфицировано более 2 млрд. чел., из них свыше 300 млн. страдают хронической формой заболевания, четверть из них — циррозом и первичным раком печени. Вирус гепатита В является причиной 1—2 млн. смертей в год, причем почти все они могли бы быть предупреждены простыми гигиеническими мерами и эффективной вакцинацией.

ВИЧ обнаруживается во всех уголках планеты. По данным ВОЗ, этим вирусом инфицированы 10—12 млн. взрослых, из них у 1,5 млн. уже развился СПИД (треть из них дети). Проблема СПИДа нарастает в развивающихся странах, где зарегистрировано две трети всех случаев ВИЧ-инфекции в 1990 г. (в 1985 г. — половина). Инфекция все чаще распространяется путем гетеросексуальных контактов (50 % в 1985 г., 60 % в 1990 г., в следующие



несколько лет ожидается 70—80 %).

Из других инфекционных и паразитарных заболеваний в развивающихся странах причиной смерти были: корь — 220 тыс. случаев, бактериальный менингит — 200 тыс., шистоматоз — 200 тыс., коклюш — 100 тыс., амелиоз — 40—100 тыс., анкилостомоз — 50—60 тыс., бешенство — 35 тыс., желтая лихорадка — 30 тыс., африканский трипаносомоз (сонная болезнь) — 20 тыс.

Сердечно-сосудистые заболевания — причина смерти около 12 млн. чел. в год. В индустриальных странах на эти заболевания приходится около половины всех смертей, в развивающихся — 16 % (к 2000 г. ожидается до 30 %). В Австралии, Канаде, США и Японии наблюдается значительное снижение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Основными факторами риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний остаются алкоголизм, курение, ожирение и гипокинезия.

Ревматизм и ревматические пороки сердца, хотя и могут быть предупреждены, все еще поражают значительное число молодых людей из бедных слоев населения. В развивающихся странах они оказываются причиной более чем 30 % случаев госпитализации.

В 1990 г. зарегистрировано около 9 млн. новых случаев рака в мире, всего раком поражены 20 млн. чел. По прогнозу ВОЗ, число смертей от рака возрастает с 4,9 в 1985 г. до 9 млн. в 1990 г. Особенно большое увеличение ожидается в развивающихся странах.

В 1990 г. зафиксировано 3,1 млн. случаев перинатальной смерти, наиболее частой причиной которой является столбняк новорожденных (в основном в развивающихся странах). Другие причины — асфикция, родовые травмы, незрелость плода, врожденные аномалии развития, неонатальная пневмония, сепсис, менингит. Региональные данные по перинатальной смертности: Африка — 8, Азия — 5,9, Америка — 4,4, Европа — 1,4, СССР — 2,8.

Количество смертей от

бронхита, эмфиземы, астмы, бронхоэктатической болезни, аллергического альвеолита увеличилось с 2,7 млн. в 1985 г. до 2,9 млн. в 1990 г.

Ежегодно умирают более 500 беременных женщин, прежде всего в развивающихся странах (в 100 раз больше, чем в индустриальных). Основные причины — кровотечения, инфекции, осложнения аборт, гипертония и трудные роды.

Около 7—10 % всего населения в мире составляют люди, имеющие физические или умственные нарушения, а также инвалидность.

WHO 28. 1992. May (Швейцария).

#### Медицина

### Болезнь Чагаса — угроза не только Латинской Америке

В Латинской Америке 18 млн. чел. заражены *Trypanosoma cruzi* паразитом, возбудителем смертельно опасной болезни Чагаса, при которой поражается сердце, желудочно-кишечный тракт и периферическая нервная система. Переносчиками этого паразита являются кровососущие насекомые, носящие безобидное название — the kissing bug («целующий клоп»).

Клоп выходит на охоту ночью, падает на кровать спящего и присасывается к коже, часто около рта, за что и прозван целующим. Паразиты не передаются непосредственно при укусе, а откладываются на коже жертвы с испражнениями насекомого и в кровь человека попадают при расчесывании укусов.

Болезнь Чагаса, названная так по имени бразильского врача, впервые описавшего ее в 1909 г., имеет две стадии: острая развивается вскоре после заражения и может длиться до 2 мес., хроническая продолжается годы. После бессимптомного периода у 27 % инфицированных возникает тяжелые изменения сердца, способные привести к смерти. Поражения

пищеварительного тракта наблюдаются у 6 % заболевших, периферической нервной системы — у 3 %. Никакого лечения хронической формы этой болезни не существует. Согласно последнему отчету ВОЗ, инфекция угрожает 90 млн. чел., проживающим в 17 странах Латинской Америки, или 25 % населения этого региона. В отдельных странах риск заражения еще выше. В Венесуэле, например, такой опасности подвергаются 2/3 населения, в Гватемале — более половины.

Второй вероятный путь заражения — переливание крови, из-за чего эта болезнь распространяется и в других странах, например, вспышки отмечены в Нью-Йорке, Вашингтоне и Канаде (Виннипег).

В донорской крови, полученной в некоторых городах Латинской Америки, *T. cruzi* встречается чаще, чем вирус гепатита или ВИЧ. В Буэнос-Айресе, где ежегодно проводится свыше 500 тыс. переливаний крови, 30 тыс. чел. подвергаются опасности заражения болезнью Чагаса. Поэтому необходимо обязательное исследование донорской крови на наличие паразита. В Латинской Америке предпринимаются попытки взять под контроль распространение этого заболевания.

WHO/25. 1992. N 167. 21 April (Швейцария).

#### Медицина

### Поиски способов лечения лейшманиоза

Лейшманиоз — тяжелое инфекционное заболевание (широко распространенное в тропиках и субтропиках, в том числе на юге нашей страны), вызываемое лейшманиями (*Leishmania donovani*, род простейших класса жгутиковых), которые проникают в организм человека при укусе москитов. Из двух форм этого заболевания, кожной и висцеральной, наиболее опасна последняя, так как при ней поражаются внутренние органы (сердце, надпочечники, почки и т. п.). Лечение

висцеральный лейшманиоз поддается с большим трудом и часто заканчивается смертью.

С. Хоккерц (St. Hockertz; Ганноверский научный центр, ФРГ) с сотрудниками предложили лечить висцеральный лейшманиоз  $\gamma$ -интерфероном и производным мурамилдипептида (МТР-РЕ). Последний активизирует макрофаги (клетки соединительной ткани, захватывающие и переваривающие бактерии, остатки клеток и другие чужеродные или токсичные для организма частицы). Активность этих клеток во много раз возрастает, если вводить МТР-РЕ, заключив его предварительно в липосомы.

В опытах *in vitro* это вело к значительной активизации макрофагов печени и селезенки. Пустые липосомы и нелипосомальные препараты МТР-РЕ на макрофаги не действовали. Дальнейшие эксперименты проводили на мышах, зараженных лейшманиями. Одним животным препарат вводили одновременно с заражением лейшманиями, другим — через несколько часов после этого.

Оказалось, что даже введение одного только  $\gamma$ -интерферона одновременно с заражением приводит к снижению числа лейшманий в печени и в селезенке в среднем на 23 %.

При введении же липосом, содержащих как  $\gamma$ -интерферон, так и МТР-РЕ, число лейшманий снижалось на 53 %. Если препараты вводили после заражения, эти показатели составляли 22 и 37 % соответственно. Пустые липосомы или чистые препараты  $\gamma$ -интерферона либо МТР-РЕ были неэффективны.

Journal of Interferon Research. 1991. V. 11. P. 177—182. (США).

#### Биология

### Вирусы «следят» за фитопланктоном

Природными факторами, определяющими развитие фотосинтезирующих микроводорослей в морской среде, тради-

ционно считаются солнечный свет, концентрации биогенных веществ и выделение гетеротрофными организмами. Однако исследования последних лет, похоже, потребуют пересмотра представлений о развитии фитопланктона, его утилизации и участии в цикле углерода.

Сотрудники Морского научного института (Университет штата Техас, США) обнаружили, что вирусы, выделенные из морской воды, способны заражать фитопланктон. Само по себе присутствие вирусов в морской среде нельзя назвать неожиданным — их встречали и ранее. Но оказалось, что вирусы могут поражать эвкариотный фитопланктон различного состава: пенинаты и центрические диатомовые (Bacillariophyceae), криптофиты (Cryptophyceae), прازیнофиты (Prasinophyceae). Во всех случаях внесение вирусов в культуру вело к гибели клеток микроводорослей. Воздействие вирусов сказалось и на скорости первичного продуцирования. В четырех опытах из пяти скорость фотосинтеза в эксперименте составляла всего 22 % от контроля, и только в одной серии ингибирующее действие не проявилось.

Полученные результаты свидетельствуют, что поскольку вирусы способны заражать почти всех представителей морского фитопланктона, они могут влиять на биогенный и энергетический потоки в океане, ограничивая или подавляя «вспышки» развития фитопланктона и поддерживая его видовое разнообразие. Кроме того, присутствие вирусов водорослей в море может быть причиной неудач в построении сбалансированного цикла органического углерода.

Applied and Environmental Microbiology. 1991. V. 57. N 3. P. 721—726 (США).

#### Ботаника

### Слишком хорошо — тоже плохо

В современном растениеводстве считается, что чем боль-

ше пыльцы попадает на поверхность рыльцев растений, тем лучше для плодородия. Хотя еще Ч. Дарвин, экспериментируя с ипомеей пурпурной (*Ipomoea purpurea* из семейства вьюнковых), был уверен в обратном, ибо при опылении малым количеством пыльцы образовывалось больше коробочек, да и семян в каждой из них было больше.

Американские ученые Х. Янг (H. Young; Бернхард колледж, Нью-Йорк) и Т. Янг (T. Young; Калифорнийский университет) обработали опубликованные данные наблюдений и экспериментов по опылению разных видов растений разным количеством пыльцы методами математической статистики. Оказалось, что в 42 случаях из 100 избыток пыльцы увеличивал выход плодов и семян, в 40 — никак не сказывался на репродукции, а в 17 — снижал завязываемость плодов и семян. Так что для успешного плодonoшения необходимо некоторое промежуточное — не слишком большое и не слишком малое — количество пыльцы.

Особая осторожность нужна при дополнительном ручном опылении, широко рекламируемом ныне для выращивания некоторых культур. Такое доопыление, как и естественное переопыление, снижает выход плодов и семян. Причиной могут служить и чисто механические взаимные помехи пыльцевых трубок, растущих по ткани столбика, и привлечение к цветку большего числа насекомых, питающихся пыльцой и повреждающих при этом рыльце, и просто возможные повреждения при ручном опылении. Кроме того, при таком доопылении, как правило, используется один и тот же донор пыльцы, что отрицательно сказывается на разнообразии и тоже может отразиться на образовании семян. Похоже, что только естественные опылители доставляют на рыльца оптимальное количество пыльцы, обеспечивая нормальное развитие плодов.

Ecology. 1992. V. 73. N 2. P. 639—647.

## Зоология

**Хамелеоны путешествуют**

Известно, что хамелеоны — одни из самых медленных позвоночных на земле; годами они живут на одном и том же дереве. Скорость передвижения многих видов составляет всего несколько сантиметров в час. Ареал этих рептилий охватывает Африку, Мадагаскар и самый юг Западной Европы; водятся они и на Аравийском п-ове.

С. Маккеоун (S. McKeown; Зоологический сад Чаффи, штат Калифорния, США) усомнился в этих фактах. Сравнительно недавно в Восточной Африке, на склонах потухшего вулкана Кения был описан подвид хамелеона Джексона, получившего название *Chamaeleo jacksonii xantholophus*. Этот подвид гораздо крупнее и морфологически отличается от основного, хорошо известного среди специалистов и террариумистов. Возможно, эти хамелеоны были завезены террариумистами на Гаванские о-ва, удаленные от Африки на тысячи километров.

В настоящее время кенийский хамелеон Джексона обитает на главном острове архипелага Оаху. Хотя численность его там и невелика, встретить его можно в различных биотопах (включая пригородные сады и вторичные леса). В отличие от бытовавшего ранее мнения, этот хамелеон хорошо приспосабливается к новым условиям обитания и быстро распространяется на новой территории, что заставляет по-новому посмотреть на этих рептилий и вынести их за «круг» эндемиков африканского материка и прилегающих районов, хотя его переселение, видимо, произошло и не без участия человека.

Bulletin Chicago Herpetology Society. 1991. V. 26. N 3. P. 49 (США).



Охрана природы

**Уцелеет ли британская дикая кошка?**

Несмотря на принятие в 1988 г. специального закона,

включившего в список охраняемых животных Великобританию дикушку (Felis silvestris), ее численность сокращается. В Шотландии, оставшейся последним оплотом этой самой чистой в генетическом отношении во всей Европе кошки, ее продолжают отстреливать, отлавливать капканами, травить ядом.

На Шотландском нагорье численность этого подвида достигла минимума еще перед первой мировой войной. Затем, когда кошка начала заселять молодые лесопосадки, численность пошла вверх, однако около 40 лет назад прирост прекратился.

Специалист по кошачьим Э. Китченер (A. Kitchener; Национальный Шотландский музей в Эдинбурге) считает, что виноваты во многом лица, которые охотятся на птиц и в кошках видят конкурентов. Очевидно, они не знают разницы между диким котом и одичавшим домашним.

Но основной опасностью, видимо, служит интербридинг (межпородное скрещивание). Рабочая группа по дикой кошке Великобритании изучила генетические характеристики 42 отловленных в лесах Шотландии животных: лишь 8 из них оказались «типично дикими», генетически отличными от домашней кошки; 15 же почти не отличались от нее. Около 5 % «дикарей» оказались зараженными вирусом кошачьей лейкемии. Это первый случай, когда подобное заболевание найдено у какого-либо вида, кроме домашней кошки.

New Scientist. 1991. V. 132. N 1796. P. 15 (Великобритания).

## Экология

**Кувейт: одна беда сменяет другую**

В начале ноября 1991 г. в Кувейте была наконец погашена последняя из 732 нефтяных скважин, подожженных иракскими агрессорами. Немалую роль сыграла машина венгерского производства, именуемая «Большим ветром»:

сильнейший порыв воздуха срывал языки пламени, позволяя пожарникам быстро накрыть скважину непроницаемым копаком. Однако сделать это удавалось далеко не всегда, и тогда пожар сменялся разливом нефти. Истечение нефти продолжается и поныне. По официальным данным, в нефтяных озерах скопилось не менее 35 млн. баррелей нефти (1 баррель = 160 л); по другим сведениям — в четыре раза больше.

Так или иначе, общая масса нефти, излившейся в Кувейте на сушу, в 5, а то и в 20 раз превышает количество, попавшее в Персидский залив с танкеров и поврежденных нефтяных терминалов. Образовавшиеся «озера» различны по размерам, но глубина, как правило, не превышает 1 м. На месторождениях в северной части страны многие мелкие озера слились в нефтяные «реки и моря», тянущиеся на многие километры.

В конце ноября на Аравийском п-ве начинается дождливый сезон, и нефть из озер, расположенных в пределах до 10 км от моря, может быть смыта в него. Этому должны помешать строящиеся в пустыне песчаные дамбы, в противном случае акватории Персидского залива и Индийского океана грозит беспрецедентное загрязнение.

В «черных озерах» гибнет множество насекомых и мелких птиц, неспособных с лета отличить нефть от морской воды. Вслед за мелкими пернатыми гибель ожидает хищников — ястребов и орлов. Испарение углеводородов с поверхности нефтяных озер несет опасность здоровью человека. «Захоронение» же удаленных с морской поверхности нефтепродуктов под прибрежными песчаными дюнами может привести к долговременному загрязнению глубинных источников пресной воды.

В конце 1991 г. присланные из Саудовской Аравии команды приступили к откачке нефти из «озер».

New Scientist. 1991. V. 132. N 1794. P. 14 (Великобритания).

Геология**Быть ли атомному хранилищу в горах Невады?**

Геологическая служба США разработала план создания в районе хр. Юкка (штат Невада) подземного хранилища высокоактивных промышленных и энергетических отходов, однако поступившая информация может сорвать утверждение этого плана.

Геолог Дж. Шиманский (J. Szymanski; Министерство энергетики США) считает, что в относительно недавнем по геологическим меркам прошлом здесь происходили землетрясения, которые могли привести к подъему уровня грунтовых вод на сотни метров.

Важным условием безопасности атомного захоронения является его незатопляемость по меньшей мере в течение 10 тыс. лет, пока радиоактивность отходов не снизится до определенного уровня, в противном случае опасные радионуклиды могут попасть в окружающую среду.

В одном из геологических шурфов, пробитых в районе хребта, обнаружены значительные подповерхностные залежи кальцитов и опалов. Согласно существующей теории, они образуются при подъеме по трещинам в глубинных породах минеральных растворов, которые, остывая, и образуют эти месторождения. Следовательно, такой подъем происходил здесь в прошлом и возможен в будущем.

Иного мнения придерживается группа геохимиков во главе с Дж. Стакслессом (J. S. Stuckless). На конференции Американского геологического союза в 1990 г. он настаивал на том, что в последние 500 тыс. лет грунтовые воды под хр. Юкка не поднимались к поверхности, а отложения опалов и кальцитов сформировались в результате проникновения влаги, выпавшей с осадками. Это утверждение он сделал, исходя из соотношений в образцах различных изотопов стронция, урана, кислорода, углерода и свинца, позволяющих судить о механизме образования отложений.

Решающим должно стать заключение специально созданной Национальной академией наук США комиссии во главе с Б. Рэлеем (B. Raleigh; Университет штата Гавайи, Гонолулу, США).

Тем временем дискуссия среди геологов продолжается.

Science News. 1991. V. 140. N 17. P. 262 (США).

Геология**Образование карбонатов под влиянием «ледникового» и «парникового» эффектов**

В. Райт (V. Wright; Университет Рединга, Великобритания), обобщив данные по составу, строению и другим характеристикам ритмично построенных карбонатных толщ фанерозоя, выделил два основных типа пород и предложил гипотезу, объясняющую различие между ними.

Платформенные карбонаты, слагающие так называемые циклотемы I типа, отличаются небольшими (около 1 м) мощностями; пакки таких пород накапливались на протяжении почти всего палеозоя и мезозоя.

Карбонатные циклотемы II типа тоже формировались в пределах платформ, преимущественно ниже приливо-отливной зоны. Для них характерны значительно большие мощности пачек (5—10 м), а также наличие поверхностей выветривания и развития палеокарста, венчающих каждую циклотему. Отложения этого типа образовались главным образом в каменноугольном периоде и позднем кайнозое.

Райт объясняет различия между типами карбонатных пород разными климатическими условиями, господствовавшими во время их формирования. Происхождение пород I типа обусловлено «парниковым» эффектом; в этих условиях эвстатические колебания уровня моря были медленными и небольшими по амплитуде. На формирование циклотем II типа оказал влияние «ледниковый»

эффект: в результате быстрого образования и таяния ледников уровень моря колебался резко и значительно, обусловив большую мощность циклотем. Образование же поверхностей выветривания и палеокарста объясняется обнажением верхних частей циклотем из-за падений уровня моря.

Sedimentary Geology. 1992. V. 76. N 1/2. P. 1 (Нидерланды).

Геофизика**Гигантские мантийные струи**

В ходе эволюции Земли на ней не раз происходило резкое усиление вулканической активности. Последний по времени такой эпизод начался около 125 млн. лет назад и продолжался примерно 60 млн. лет (большую часть мелового периода).

По новейшим данным, в этот период скорость образования молодой океанической коры примерно вдвое превышала нынешнюю. Значительная часть вулканической активности была обусловлена, как считает П. Олсон (P. Olson; Университет им. Дж. Гопкинса, Балтимор, штат Мэриленд, США), поднятием одной или нескольких массивных горячих мантийных струй из глубинных недр под Тихоокеанской и Индийской плитами.

Свидетельствуют о таких процессах, континентальные базальтовые потоки, образовавшиеся в меловой период деканские траппы в Индии<sup>1</sup>, или возникшие в то же время крупные подводные океанические плато, такие как Онтонг-Джава на юго-западе Тихого океана и Кергелен на крайнем юге Индийского. Эти плато содержат от 20 до 50 млн. км<sup>3</sup> базальтовых пород, явно порожденных мантийными струями колоссального объема. Подобные «сверхструи» можно считать гигантским аналогом сравнительно скромных

<sup>1</sup> См.: Происхождение деканских траппов // Природа. 1989. № 2. С. 115.

нынешних. Стационарный источник горячей магмы («горячая точка») рождает вулканические острова, например Гавайские или Исландию. Быстрое извержение из глубинного мантийного источника богатой летучими веществами лавы должно было всякий раз существенно менять химический состав океана и атмосферы, вызывать парниковый эффект (отмечавшийся и в эпоху мела, когда уровень моря на Земле повысился на 100 м), приводить к образованию значительных залежей нефти.

Пульсации струй совпадают с так называемым меловым суперхромом — временем, когда магнитное поле планеты оказалось «замороженным» примерно на 40 млн. лет. Что именно приводило к возбуждению струйной активности и как это связано с геомагнитным полем, пока неясно. Среди специалистов по геодинاميке распространено мнение, что пульсация струй есть проявление хаотичности конвекции в мантии, в результате которой спокойные периоды с «вялой» конвекцией чередуются с ее пароксизмами.

Связь струйной активности с геомагнитными суперхромами можно объяснить, если считать, что струи возникают в гетерогенном слое D, расположенном в основании мантии. Унося тепловую энергию из области на границе между ядром и мантией, струи нарушают установившийся тепловой режим ядра и с помощью еще не установленного механизма переключают «динамо-машину» ядра из состояния, характеризующегося частыми обращениями магнитного поля, в состояние, когда оно на долгое время «замораживается».

Гипотеза, согласно которой вулканические пульсации и суперхромы связаны с гигантскими мантийными струями, указывает на существование продолжительного взаимодействия между ядром Земли, ее мантией и корой, а возможно, и поверхностью. Данные об обращении геомагнитного поля могут хранить в себе «хронику» подобного взаимодействия.

## Геофизика

### Гравитационное «расположение» Этны

Группа британских и итальянских ученых, проведя детальные геоморфологические и структурно-геологические исследования в районе Этны (Италия), собрала данные, позволяющие в значительной степени пересмотреть взгляды на эволюцию этого вулкана<sup>1</sup>.

Установлено преобладание структур растяжения и сжатия соответственно в верхней и приподозвенной частях вулканической постройки. В частности, депрессия Валле-дель-Бов образовалась в результате локальных растягивающих напряжений в верхней части вулкана. Антиклинальные же складки в основании постройки свидетельствуют о преобладании в этих частях напряжений сжатия.

Авторы предлагают гипотезу, согласно которой в последние сотни тысяч лет восточный, южный и юго-восточный секторы вулкана сползают от центра вулканического конуса на юго-восток со скоростью около 0,2 см/год. Объясняется это в основном действием тяготения, которое, вероятно, влияет на данный процесс в большей степени, чем термодинамические факторы.

Гравитационное «расположение» преимущественно юго-восточной части вулкана обусловлено геологическими и геоморфологическими причинами: северо-восточный сектор подстилают прочные породы, к тому же выраженные в рельефе поднятием, а юго-восточный — глинистые, легко деформирующиеся под тяжестью вулканической постройки.

Помимо теоретического значения данной гипотезы для объяснения тектонической и вулканической эволюции Этны (а также некоторых других вулканов), она имеет и практический смысл: исследователи указывают, что перемещение вулка-

нической постройки на юго-восток при стабильном положении магматического источника приведет к относительно смещению центра вулканической активности в северо-западном направлении.

Nature. 1992. V. 357. N 6375. P. 231 (Великобритания).

## География

### Механизм формирования летнего муссона

Группа английских и американских специалистов во главе с С. Клемменсом (S. Clemens) изучала механизм, регулирующий интенсивность летнего муссона в Индийском океане, и пришла к выводу, что на протяжении 350 тыс. лет его интенсивность не была связана с циклами оледенений Тибетского нагорья.

По современным представлениям, летний муссон формируется под влиянием двух основных факторов: сезонного прогрева Азиатского материка относительно Индийского океана (в результате создается область низкого атмосферного давления над Тибетским нагорьем и высокого — над океаном, что и приводит к циркуляции воздушных потоков) и тепловых процессов (тепло, выделяемое при испарении поверхностных вод субтропической области океана, возвращается обратно в атмосферу при конденсации водяного пара, приносимого с материка).

Муссонными ветрами обусловлен перенос в западную часть Аравийского моря песчаной пыли Аравийских пустынь. При этом в прибрежных районах западной части Индийского океана возникает апвеллинг — подъем к поверхности глубинных, богатых питательными веществами вод. Пробы, взятые здесь донных осадков показали четко выраженные изменения интенсивности муссонов в минувшие геологические эпохи.

До работы группы Клеменса считалось, что цикличность развития ледникового покрова Тибетского нагорья, отражающего часть солнечной ра-

Eos: Transactions of the American Geophysical Union. 1992. V. 73. N 2. P. 22 (США).

<sup>1</sup> О недавней вулканической активности Этны см.: Барьер против Этны // Природа. 1992. № 9. С. 115.

диации, заметно сказывалась на силе муссонов. Однако корреляция климатических событий с колебаниями интенсивности поступающей и отраженной от ледникового покрова солнечной радиации оказалась незначительной. По заключению Клеменса, интенсивность летнего муссона в гораздо большей степени вызвана переносом «скрытой теплоты» из Индийского океана на Тибетское нагорье, чем климатическими колебаниями, связанными с циклическостью ледниковых покровов.

Очевидно, эти выводы станут предметом дискуссий, особенно при построении крупномасштабных моделей изменений климата.

La Recherche. 1992. V. 23. N 240. P. 145 (Франция).

#### География

### Международная дрейфующая станция в Антарктике

Давно и хорошо известна огромная роль Антарктики в формировании климата планеты. При охлаждении и погружении вод в Южном океане формируются течения, действие которых ощущается на всей планете. Одним из наиболее интересных полигонов для исследования Антарктики является море Уэдделла, омывающее Антарктический п-ов.

В отличие от других антарктических акваторий в море Уэдделла льды южнополярной весной не тают. Причины этого пока не ясны. Слабо изучены и процессы, происходящие в пикноклине — слое воды, отделяющем поверхностные воды от глубинных. В настоящее время все теории, касающиеся процессов, происходящих в море Уэдделла, в известной мере спекулятивны, что объясняется прежде всего отсутствием наблюдательных данных из-за труднодоступности этой части Южного океана.

Ликвидации этого «белого пятна» призвана была способствовать работа совместной советско-американской дрейфующей станции в море Уэдделла, решение о создании которой бы-



#### Дрейф станции.

ло принято в 1988 г. В соответствии с планом в феврале 1992 г. на льдину в юго-западной части моря Уэдделла были высажены две группы специалистов: 10 отечественных, главным образом из Арктического и Антарктического научно-исследовательского института в Санкт-Петербурге, и 10 сотрудников различных американских университетов и НАСА (Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства). Им предстояло провести совместные исследования циркуляции вод в воронке моря Уэдделла, развития течений, турбулентности, солёности и других характеристик воды, а также процессов энергии и влагообмена на границах вода — атмосфера и лед — атмосфера. Предполагалось использовать большой опыт советских полярников в организации научно-исследовательских работ на дрейфующих станциях и мощную приборную базу, предоставленную в основном американцами.

Дрейф, как и предполагалось, завершился в июне с. г. Наши

полярники на научно-исследовательском судне «Академик Е. Федоров» возвратились в Санкт-Петербург в конце июля.

Как сообщил начальник Арктического и Антарктического морского управления П. А. Никитин, программа работы станции выполнена. По ее результатам с американской стороны подписан совместный протокол.

В ближайших номерах журнала мы подробнее расскажем о ходе и результатах экспедиции.

© Д. А. Базыкин  
Москва

#### География

### Человек и стихия

Согласно оценкам страховых компаний, материальные потери от стихийных бедствий на Земле за 1960—1980 гг. утроились. А в 1990 г. ущерб от природных катастроф достиг 47 млрд. долл. За последние 20 лет они унесли 3 млн. человеческих жизней; в той или иной мере пострадали 2 млрд. чел.

По чистому совпадению, 18 сентября 1991 г., когда в Гва-

темале началась конференция участников провозглашенного ООН Международного десятилетия по сокращению последствий стихийных бедствий, в стране произошло землетрясение (магнитуда 5,3 по шкале Рихтера). Эпицентр находился в 100 км к западу от столицы. В близлежащих городках было разрушено до 80 % зданий, погибло около 50 чел., множество было ранено. Район бедствия посетили делегаты конференции. Специалист по сейсмостойкому строительству из Индии отметил, что все разрушенные дома возведены из самана — кирпича-сырца воздушной сушки. Если бы в него были добавлены волокнистые материалы, например, солома, жертв и разрушений могло не быть. (Конечно, более сильных землетрясений даже такой «армированный» кирпич-сырец не выдержит, и его следует заменить в данном сейсмоопасном регионе бетонными блоками или иным современным материалом.)

В сентябре 1988 г. на о. Ямайка обрушился ураган «Гилберт». Своевременное штормовое предупреждение позволило снизить число жертв до 34 чел., однако 500 тыс. жилых домов было повреждено. По мнению специалистов, сравнительно недорогие изменения в способе крепления кровли могли бы исключить большую часть потерь.

Начавшееся 12 июля 1991 г. мощное извержение вулкана Пинатубо на о. Лусон (Филиппины) совпало с тайфуном. Его интенсивность была столь велика, что можно было ожидать гибели десятков тысяч человек, но он унес лишь 581 жизнь — благодаря налаженной системе прогноза, оповещения и своевременной эвакуации жителей. С другой стороны, множество домов обрушилось только потому, что у населения нет навыка сгребать с крыш пепел по мере его накопления, и кровли обрушились, не вынеся тяжелой нагрузки. Все это подчеркивает важность сравнительно простых и недорогих мер, способных уменьшить последствия стихийных бедствий даже в самых бедных регионах земного шара.

Stop Disasters. 1991. N 3. P. 12 (Италия).

## Палеонтология

**В Патагонии тоже водились утконосы**

Группа аргентинских и австралийских ученых, исследовав форму, состав и структуру эмали одиночного правого верхнего второго моляра, найденного на юге Аргентины в осадках конца позднего палеоцена, установила, что он принадлежит животному, наиболее близкому к олигоцен-миоценовым видам утконосов рода *Obdurodon*. По литологическим и палеофаунистическим характеристикам осадки, содержащие эту первую находку ископаемых однопроходных в Южной Америке, относятся к пресноводным отложениям мелких прибрежных лагун.

Исследователи особо отмечают отсутствие каких-либо находок ископаемых остатков однопроходных в наиболее изученной боливийской фауне, что, по их мнению, говорит о необходимости специального выделения палеообиты южной части этого континента. Авторы считают, что найденный зуб является весомым доказательством существовавшей в прошлом изоляции Патагонии и подтверждает соответствующие геотектонические гипотезы.

Вместе с тем обнаружение ископаемых остатков однопроходных в Патагонии может свидетельствовать об их распространении на территории суперконтинента Гондваны. После его раскола на отдельные плиты фауна была разнесена вместе с ними, и теперь окаменевшие остатки утконосов находят не только в Австралии и Океании, но и в Патагонии.

Ученые отмечают, что дальнейшее изучение временных границ распространения однопроходных в Австралии и Патагонии может помочь точнее и полнее восстановить геологическую историю континентов.

Nature. 1992. V. 356. N 6371. P. 704 (Великобритания).

## Антропология

**Были ли неандертальцы каннибалами?**

Бытует мнение, что в эпоху палеолита процветал каннибализм. Особо окрепла эта гипотеза после того, как в пещере Гуаттари (Италия) в 1939 г. обнаружили череп жившего 50—100 тыс. лет назад взрослого мужчины — неандертальца с проломленным виском и увеличенным естественным отверстием у основания черепа. Кольцеобразная каменная кучка, сооруженная вокруг черепа, свидетельствовала о совершении ритуала. Там же нашли челюсть неандертальца, возможно, принадлежавшую той же жертве, а также множество костных остатков различных животных. В 1950 г. в одной из боковых камер той же пещеры была обнаружена еще одна челюсть неандертальца.

Однако в последнее время все больше археологов подвергают сомнению эту гипотезу. Анализ новых находок при раскопках в Гуаттари в 1991 г. под руководством М. Стайнер (М. Stiner; Университет штата Нью-Мексико, Альбукерке, США) позволил опровергнуть установившееся мнение.

Стайнер считает, что эта пещера была жилищем не человека, а гиен, которые собирали падаль и остатки добычи медведей и других крупных хищников. Возможно, гиенам временами доставались и трупы неандертальцев, выкопанные ими из неглубокого захоронения.

Кости на полу пещеры относятся к небольшим частям тела животных, служащим обычно пищей и современным гиенам. На костях нет следов каменных орудий неандертальцев.

Т. Д. Уайт (T. D. White; Университет штата Калифорния, Беркли, США) и Д. Н. Тот (D. N. Toth; Университет штата Индиана, Блумингтон, США), разделяя это мнение, отмечают, что на черепе неандертальца нет следов от человеческой руки, свойственных для жертв каннибализма, еще недавно встречавшегося в Меланезии и на юго-западе Северной Америки. Зато на черепе из Гуаттари немало следов зубов животных. Кро-



ме того, исследователи считают, что камешки вокруг черепа — не упорядоченная кладка, а случайное скопление.

Еще одним свидетельством каннибализма у неандертальцев считались находки, сделанные в 1899 г. в одной из пещер на территории Югославии. Обнаруженные там человеческие кости возраста более 50 тыс. лет, как полагали, несут на себе отчетливые следы разделки каменными орудиями. Однако теперь и это под вопросом: некоторые специалисты утверждают, что следы — свидетельства не людоедского пиршества, а ритуального перезахоронения трупа, при котором с останков покойника было якобы принято удалять неокончательно разложившуюся ткань. Так, в частности, считает Дж. Кук (J. Cook, Британский музей, Лондон).

Возможно, каннибализм у людей каменного века не был систематическим обычаем, а практиковался лишь изредка, в случае угрозы голодной смерти. Дискуссия по этому важному вопросу археологии продолжается.

Science News. 1991. V. 139. N 22. P. 341 (США).

#### Археология

### Когда взнуздали коня?

Специалисты полагают, что лошадь впервые приручили около 6 тыс. лет назад в украинско-южнорусской степи. Именно здесь встречался тогда тарпан — ее дикий предок, давно исчезнувший с лица Земли. Однако четких свидетельств, когда лошадь стала домашней, до сих пор не было, так как скелет и зубы дикой лошади и прирученной разновидности почти не отличаются. Новый метод, основанный на исследовании износа зубов под воздействием узды, предложили Д. Энтони и Д. Браун (D. Anthony, D. Brown; Харвинский колледж в Онеонте, штат Нью-Йорк, США).

Обычное положение удила — между резцами и малыми коренными зубами. Не

сильно натягивая поводья и тем самым нажимая удилами на десны, ездок управляет лошадью. Однако часто лошади «хитрят»: приподнимая языком удила, они передвигают эту помеху к передней части первых малых коренных зубов, где ее воздействие не столь болезненно, а чтобы удила не ушли, крепко зажимают их зубами. Назад отпустить эту «железку» лошадь не может — этого «не хотят» нежные уголки рта. Вот и получается, что лошадь буквально грызет удила и на поверхности первых малых коренных зубов нижней челюсти появляются следы жестокого износа. Следует заметить, что именно мощь челюстных мускулов, а не сравнительно слабое натяжение узды служит причиной истирания зубов животного.

Сопоставив зубы диких лошадей с зубами домашних — скаковых, вьючных, тягловых, цирковых, Энтони и Браун выделили три отчетливых признака: косое стачивание передней части первого малого коренного; микроскопическое скалывание эмали на его кончике, обнаруживаемое на сканирующем электронном микроскопе; сильное повреждение жевательной поверхности.

Затем исследователи сравнили лошадиные зубы из музейных собраний, относящихся к различным местам раскопок в Иране, Франции и на территории бывшего СССР. Экспонаты со стоянки человека верхнего палеолита (около 17 тыс. лет назад) в Солютре (Франция) свидетельств такого износа не имели. Зато малые коренные зубы лошади из Мальяна (ныне территория Ирана), жившей около 4 тыс. лет назад, имели характерный износ. Видимо, это древнейший известный науке случай использования металлических удила на Среднем Востоке.

Однако наибольший интерес привлекли образцы, хранящиеся в коллекциях АН Украины. Эти зубы, датируемые примерно 4000 г. до н.э., были обнаружены в 60-х и 80-х годах при раскопках стоянки Средний стог на Днепре, в 200 км к югу от Киева. Вероятно, эта стоянка была первым местом в украинских степях, где

население начало использовать лошадь в пищу: почти 2/3 найденных здесь остатков животных принадлежали лошади. Кроме того, конь был неотъемлемым атрибутом некоего ритуала: при раскопках обнаружен скелет жеребца семи-восьмилетнего возраста, захороненный вместе с частями скелетов двух собак. Первые малые коренные зубы этого коня носили все следы износа под воздействием удила, включая четко определяемые при электронно-микроскопическом сканировании повреждения эмали.

Таким образом, на сегодня эту стоянку медного века можно считать древнейшим свидетельством того, как конь был приручен, взнуздан и, возможно, оседлан. Примерно через 500 лет было изобретено колесо и появилась первая повозка.

Antiquity. 1991. V. 65. P. 22 (США); New Scientist. 1991. V. 130. N 1772. P. 24 (Великобритания).

## Вездесущий магнетизм

Г. К. Цверева  
Бокситогорск

**П**РОШЛО 500 лет с того октябрьского дня, когда Христофор Колумб на своих утлых суденышках доплыл до Нового Света, по нелепому стечению цепочки недоразумений названного Америки. Этот его подвиг, коренным образом изменивший ход нашей цивилизации, затмил в повседневной памяти людской открытое им же и в том же первом плавании 1492 г. явление магнитного склонения и его переменчивость по мере продвижения каравелл к западу. С изучения этого, поначалу непостижимого феномена и возникла, собственно, история новой научной дисциплины — учения о магнетизме.

Колумб и другие мореплаватели эпохи Великих географических открытий пользовались, не могли не пользоваться, компасом, этой, как пишет автор, «почти безделушкой».

Общезвестно, что в глубокую древности путешественники, а также строившие пирамиды и другие математически выверенные по странам света гигантские сооружения архитекторы обходились без магнитной стрелки, руководствуясь положением Солнца и звезд. Ведь компас появился, скажем, в Англии по меньшей мере через три тысячелетия после того, как древнейшие обитатели острова возводили строго ориентированный по небесным светилам мегалитический комплекс Стоунхенджа. Такие исторические реалии не вызывают даже у неспециалиста какого-либо недоумения.

Не полностью понятно, однако, другое, о чем подробно говорится в главе 2 (их в книге 19). Каким «компасом» руководствуются перелетные птицы? Каким образом большие морские черепахи, живущие на побережье Бразилии, находят о. Вознесения, чтобы отло-



А. П. Коваленко. ПРИКЛЮЧЕНИЯ ПУТЕВОДНОЙ СТЕЛКИ. М.: Мысль, 1991. 285 с.

жить там яйца и потом вернуться назад? Аргументируя свои выводы результатами последних экспериментов, автор отстаивает широко распространенную версию, что в этих и подобных фактах «виновато» магнитное поле Земли, действующее на некоторые участки организма живых существ. Он пишет, например: «Вот недавнее сообщение: в голове голубей обнаружен небольшой участок ткани, богатой железом и обладающей магнитными свойствами» (с. 26). Железо находят и в языке улиток (с. 27). Более того, в 1983 г. «ученые Манчестерского университета обнаружили у человека орган... шестого чувства — магнитный компас! И находится он якобы во лбу человека, посередине»; считается, что у женщин это чувство будто бы развито лучше (с. 30). А почему бы и нет?

Но это уже из области, можно сказать, пока фантастической.

Главы 3—6 рецензируемого труда имеют особую значимость, поскольку в них развенчиваются давно устоявшиеся легенды о возникновении компаса и датировке его использования. Автор полностью отвергает кочующее из книги в книгу утверждение о китайском происхождении компаса. Имеется в виду фигурка-указатель юга путеводной повозки, которая двигалась в нужном направлении с помощью специального механизма без влияния какого-либо магнита. Автор убежден: «компас — дитя всего человечества» (с. 88). Он также считает несерьезными старания приписать изобретения компаса какому-нибудь одному лицу. Он имеет в виду прежде всего своеобразного итальянского «подпоручика Кижэ» Флавио Джойя, который якобы в 1301 г. придумал морской компас с картушкой (с. 78—80). Не было такого Джойя!

В книге уделено немало внимания средневековым ученым и поэтам, которые экспериментировали с магнитной стрелкой и писали о ней стихи (Гюйо де Провен, Александр Некэм, Пьер де Перегрин).

Специальная глава посвящена одному из зачинателей новой науки Вильяму Гильберту. Это он, опираясь на результаты своих опытов, первым отождествил Землю с большим шаровым магнитом. Возрадуемся, что изданное в 1600 г. его великое творение «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле» вышло в свет в русском переводе в 1956 г., когда бумаги хватало...

Но еще до Гильберта учение о геомагнетизме шло по восходящей, и довольно круто. В середине XVI в. обнаружили магнитное наклонение, а знаменитый картограф Меркатор обосновал физическое «сущест-

зование» Северного магнитного полюса и вычислил его географические координаты. В книге рассказано о многочисленных неудачных попытках определения долготы. Не всегда придерживаясь хронологических рамок, автор представляет читателю вереницу естествоиспытателей и эрудированных моряков XVI—XVIII вв., внесших свою лепту в развитие геомагнетизма. Имена многих из них вряд ли были известны большинству из нас до прочтения рецензируемой книги.

Излагая историю геомагнетизма в XIX—XX вв., автор проникновенно пишет о многотрудных, порой с трагическим исходом, полярных экспедициях, имевших целью помимо выполнения чисто географических задач поиски магнитных полюсов, как выяснилось, не имеющих фиксированного навечно местоположения. Мы узнаем о перипетиях четырехлетнего пребывания во льдах англичанина Джеймса Росса, открывшего в 1831 г. Северный магнитный полюс, познакомимся с путевым дневником австралийца Томаса Дэвида, несмотря ни на что добравшегося в конце 1908 г. до Южного магнитного полюса.

Заметим тут же, что имя Дэвида не упоминается в Большой Советской Энциклопедии.

О многом еще говорится в книге, и нет нужды полностью ее конспектировать — лучше прочесть. Все же нельзя обойти молчанием информацию о классических исследованиях геттингенских профессоров Карла Гаусса и Вильгельма Вебера. В середине XIX в. они возвели в ранг фундаментальной науки учение о магнетизме и, что не менее важно, создали неуязвимую систему абсолютных единиц.

Нельзя не сказать и о следующем. В сонме исследователей геомагнитного поля немало имен русских ученых — от М. В. Ломоносова до А. Н. Крылова, о которых автор пишет по ходу изложения. Подробно рассматриваются оригинальные труды капитанов I ранга И. П. Белавенца и И. П. де Колонга, положивших начало теории девиации компаса и указавших пути для нейтрализации этого явления. «Во второй половине прошлого века, — пишет автор, — Россия в области компасного дела вышла на ведущие позиции. Компасная служба военного флота располагала

прекрасной обсерваторией в Кронштадте... Белавенца и Колонга знали и читали во всех флотах мира» (с. 258). Но нет в БСЭ и имени Белавенца.

Наконец, еще об одном. В главе 13 автор напоминает читателю, что именно магнитная стрелка была «повинна» в величайшем открытии, выпавшем на долю датского физика Ганса Христиана Эрстеда. В феврале 1820 г. он первым обнаружил влияние электрического тока на магнитную стрелку. Чудодейственные последствия применения электромагнетизма все мы в своей повседневной жизни ощущаем постоянно.

Достоинства книги несомненно возросли бы, если бы она была иллюстрирована и снабжена небольшой библиографией и указателем имен. Есть небольшое замечание. Автор неверно транскрибирует некоторые иностранные фамилии: Кондорсет вместо Кондорсе, Делаамбер вместо Д'Аламбер (с. 137). А город в Саксонии — Фрейберг, а не Фрейнберг (с. 141). Но это мелочи.

А. П. Коваленко написал умную, полезную и увлекательную книгу!

## НОВЫЕ КНИГИ

### Физика

**Дероун Э. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЯМР ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 403 с. Без объявл. цены.

Книга представляет собой учебное руководство по ЯМР-спектроскопии для исследователей, не имеющих специальной подготовки. Автор не использует математического аппарата.

Необходимость такой книги автор связывает с технической революцией, которая произошла за последние 10 лет в ЯМР-спектроскопии. Ее рабочие частоты повысились в 10 раз, что позволило конструкторам полностью обновить исследовательский арсенал и расширить применение средств и

методов ЯМР в биологических исследованиях.

Исключительно просто автор рассказывает о природе ядерно-магнитного резонанса и о том, что можно узнать с его помощью. Читатель узнает, как настраивать приборы и распознавать результаты анализа, как готовить образцы и какие существуют основные экспериментальные методы. Автор предостерегает начинающих исследователей от типичных ошибок при проведении анализов.

### Астрофизика

**ЯДЕРНАЯ АСТРОФИЗИКА.** Сб. науч. тр. СПб.: Наука, 1991. 207 с. Ц. 1 р. 40 к.

В книге собраны 10 ста-

тей, охватывающих проблемы солнечного излучения. Они посвящены исследованиям высокоэнергичных нейтронных излучений при солнечных вспышках, рассеяния и угловых распределений первичных частиц, переходных радиоизлучений в солнечных гамма-вспышках и другим вопросам. Одна из статей рассказывает о возможности использования ядерно-физических методов в изучении Тунгусской катастрофы.

Текст дан на английском языке. На русском — только аннотации к статьям.

## Биология

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА РАДИАЦИИ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ.** М.: Гидрометеониздат, 1992. 198 с. Без объявл. цены.

В монографии представлены результаты развития эстонской школы фитоактинометрии за последние 15—20 лет. Выведено уравнение переноса радиации в растительном покрове, предлагаются методы его решения. Отдельно обсуждается использование метода Монте-Карло для расчета коэффициента спектральной яркости модели растительного покрова.

Для специалистов по фитоактинометрии, аэрокосмическому зондированию земной поверхности, агрометеорологов и экологов.

## Биология

**СЛОВАРЬ-СПРАВОЧНИК ЭНТОМОЛОГА** / Сост. Ю. А. Захваткин, В. В. Исачев. М.: Нива России, 1992. 334 с. Без объявл. цены.

Справочник составлен сотрудниками кафедры энтомологии Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. Он отражает современное состояние энтомологии, включает не только основные сведения о насекомых и энтомологические понятия, но и много экологических терминов.

Во введении дается краткий очерк развития этой науки в России. Основное внимание уделено рациональным и экологически безопасным или малоопасным приемам и средствам защиты растений от вредных насекомых.

Справочник снабжен множеством рисунков, в том числе 200 цветными изображениями наиболее часто встречающихся в средней полосе вредителей сельского хозяйства — насекомых.

## Геология

**А. Е. Антонов. ЗАРУБЕЖНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕРЕБРА.** М.: Недра, 1992. 254 с. Без объявл. цены.

Суммарный мировой объем добычи серебра за всю историю человечества составил 800—900 тыс. т. Из них за последние 20 лет добыто 150 тыс.—около 20 %, что свидетельствует о расширении традиционного употребления металла и росте его значения для новых технологий.

Автор сообщает сведения о ресурсах серебра за рубежом и о состоянии геологоразведочных работ, анализирует особенности процессов рудообразования серебра. Приведены данные о систематике сереброносных формаций и о типах серебронорудных провинций мира. Названы важнейшие мировые месторождения и серебронорудные провинции.

## Петрография

**ЛАМПРОИТЫ** (О. А. Богатиков, И. Д. Рябчиков, В. А. Коконова и др.) М.: Наука, 1991. 302 с. Без объявл. цены.

Это первая в стране монография, представляющая результаты исследования лампроитов — высококалийевых и высокомагнезиальных пород. В 1976 г. в Австралии в связи с ними открыли алмазы, и началось активное изучение некимберлитовых алмазоносных пород. Кроме своего утилитарного значения лампроиты несут богатую информацию о состоянии и строении глубинных слоев верхней мантии.

Приведены критерии диагностики и систематики лампроитов, место их в общей классификации калиевых магматических пород, сравнительные характеристики главных провинций (подробнее рассказано о лампроитах Алданской провинции и западной части срединного Тянь-Шаня), петрографических

и минералогических исследований этих пород, условий кристаллизации высококалийевых магм.

Книга будет интересна петрологам, геохимикам и специалистам по рудным месторождениям.

## Климатология

**Э. Л. Александров, Ю. А. Изразль, И. Я. Король, А. Х. Хргман, ОЗОННЫЙ ЩИТ ЗЕМЛИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ.** СПб.: Гидрометеониздат, 1992. 228 с. Без объявл. цены.

Монография рассчитана на широкий круг читателей. Авторы рассматривают проблему озона целиком, начиная с фундаментальных вопросов строения и состава атмосферы и кончая гипотетическими последствиями ядерной зимы. Они излагают фотохимию озона и других составляющих атмосферы, методы исследования и применяемые математические модели.

Основная часть монографии посвящена анализу материалов наблюдения и прогнозам. Опасность уменьшения концентрации озона рассматривается в основном с двух позиций: изменения климата и биологических поражений. Отдельно анализируются данные об озоновых дырах над Антарктидой и Северным полушарием. Рассматриваются антропогенные воздействия на содержание озона, в основном пуски ракет и полеты самолетов. Авторы упоминают и о компенсирующем воздействии цивилизации на озон.

Последняя глава посвящена истории проблемы дыр и ее перспективам. Главный вывод авторов заключается в том, что уменьшение содержания озона в атмосфере — вполне реальная и быстро растущая опасность.



микроскопа. Парацельс учил, что Бог определил каждому своему творению естественный конец, который в соответствии с антропоцентристским принципом доктрины о макро- и микроскопе зависит от «потребностей» самого человека. Разумеется, «потребности», согласно Парацельсу, также определяются Богом.

Шекспир проявляет осведомленность и в этих воззрениях Парацельса. В том же «Кориолане» Менений Агриппа так отвечает народным трибунам Сципнию Велуту и Юнию Бруту: «Вы все это, конечно, и сами прочли на карте моего микроскопа, но следует ли отсюда, что вы меня хорошо знаете?»<sup>3</sup>

На страницах своих произведений Шекспир демонстрирует познания не только в области элементов-качеств Парацельса, но и упоминает элементы-качества (стихии) древних натурфилософов, утверждавших, что мир состоит из земли, воды, воздуха и огня. В «Двенадцатой ночи, или Что угодно» сэр Тоби роняет фразу: «Ведь говорят же, что наша жизнь состоит из четырех стихий»<sup>4</sup>. В «Генрихе V» Дофин произносит: «И горяч, как имбирь. Настоящий конь Персея. Он весь — воздух и огонь, а тяжелые стихии — земля и вода — проявляются в нем, лишь когда он терпеливо стоит, готовый принять в седло всадника»<sup>5</sup>.

Особый интерес представляет упоминание Шекспиром атомов. Дело в том, что древнегреческая атомистика возродилась в Европе благодаря трудам французского аббата Пьера Гассенди, который в 1647 г. издал свой главный труд — «О жизни, нравах и учении Эпикура». Считается, что именно в этом труде из более чем тысячелетнего забвения воспринял сам термин «атом».

Однако исследование проблемы атомизма в контек-

сте всей культуры, а не только естествознания ставит вопросы о приоритетах в неожиданном ракурсе. Во-первых (и об этом нам уже приходилось писать), термин «атом» появился во второй части «Дон Кихота» Сервантеса, которая была опубликована в 1615 г., т. е. более чем на 30 лет раньше фундаментального труда Гассенди<sup>6</sup>. Во-вторых, слово «атом» неоднократно встречается в произведениях Шекспира<sup>7</sup>. Например, в трагедии «Ромео и Джульетта», впервые изданной в 1597 г.

В истории науки считается, что атомная физика Гассенди опередила свой век и по существу была новаторской и даже преждевременной. Если согласиться с такой трактовкой, то следует признать, что Шекспир и Сервантес опередили новатора.

В одной из сцен «Ромео и Джульетты» Меркуцио рассказывает о «повитухе фей» царице Меб — фантастическом персонаже английских народных поверий. Согласно этим поверьям, царица Меб участвовала в рождении снов, а также нередко творила жуткие дела — подменяла новорожденных мальчиков оборотнями. Так вот, Меркуцио говорит о ней следующее:

Она в упряжке из мельчайших мошек  
Катается у спящих по носам.  
В ее повозке спицы из колес  
Из длинных сделаны паучьих лапок;

Из крыльев травяной кобылки — фартук;  
Постромки — из тончайшей паутины...<sup>8</sup>

Не удивляйтесь: слова «атомы» в наиболее известном на сегодня переводе Т. Щепкиной-Куперник нет. Здесь оно

заменено «мошками». В оригинале же это место звучит так:

«She is the fairies' midwife,  
and she comes.  
In shape no bigger than an  
agate-stone  
On the fore-finger  
of an alderman,  
Drawn with a team of little  
atomies  
Athwart men's noses as they lie  
asleep:  
Her waggon-spokes made of  
long spinners' legs;  
The cover of the wings of  
grass hoppers...»<sup>9</sup>

В переводе Б. Пастернака «атомов» тоже нет. У него вместо «атомов» — «пылинки»:  
По ночам она  
На шестерне пылинки цугом  
ездит  
Вдоль по носам у нас, пока  
мы спим<sup>10</sup>.

«Атомы» в «Ромео и Джульетте» остались, кажется, только в переводах Анны Радловой и Н. П. Грекова<sup>11</sup>.

Интересно проследить, что происходит с «атомами» при переводе «Ромео и Джульетты» на другие языки. Например, на итальянском, испанском, французском «атомы» сохранились, а в трех наиболее известных переводах на немецкий язык — А. В. Шлегеля, Ф. Гундольфа и И. В. Гете — исчезли. Исчезли «атомы» и в переводах на многие другие языки.

Видимо, не все переводчики Шекспира ощущали естественно-научный подтекст многих его слов и выражений. Это удивительно, ведь для Шекспира так много значила «идея природы» (nature) — одно из любимых его слов<sup>12</sup>. Глубокое восприятие Шекспира невозможно без представлений о состоянии науки его времени, о перипетиях ее развития до Шекспира и в его времена.

Весьма примечателен и «случай с чернилами». В ко-

<sup>3</sup> Шекспир У. Кориолан / Пер. Ю. Корнеева // ПСС. Т. 6. С. 294.

<sup>4</sup> Шекспир У. Двенадцатая ночь, или Что угодно / Пер. Э. Линецкой // ПСС. Т. 5. С. 143.

<sup>5</sup> Шекспир У. Генрих V / Пер. Э. Бирковой // ПСС. Т. 4. С. 429—430.

<sup>6</sup> Гельман З. Е. Дон-Кихот путей не выбирает, или Был ли Сервантес химиком? // Alma mater. Вести. высшей школы. 1991. № 5. С. 52—63. См. также: Гельман З. Е. Сервантес и химия // Природа. 1982. № 9. С. 125—128.

<sup>7</sup> Schelenz H. Shakespeares Kenntnisse auf dem Gebiete der Chemie // Ber. deutsch. pharm. Ges. Berlin, 1912. S. 268—284, 354—380.

<sup>8</sup> Шекспир У. Ромео и Джульетта / Пер. Т. Щепкиной-Куперник // ПСС. Т. 8. С. 30.

<sup>9</sup> Shakespeare W. Romeo and Juliet. Moscow, 1927. P. 22.

<sup>10</sup> Шекспир В. Ромео и Джульетта / Пер. с англ. Б. Пастернака. Минск, 1980. С. 28.

<sup>11</sup> Шекспир В. Ромео и Джульетта / Пер. Анны Радловой. М., 1935. С. 23.

<sup>12</sup> Смирнов А. А. Шекспир. Л.—М., 1936. С. 154.

медии «Много шума из ничего» мессинский губернатор Леонато с горечью говорит о своей дочери Геро:

...и вот свалилась в яму  
Столь черной грязи, что  
в безбрежном море  
Не хватит капелл, чтоб тебя  
отмыть...<sup>14</sup>

В этом переводе Т. Щепкиной-Куперник «чернил» (ink) нет — они остались в оригинале:

O, she is fallen  
Into a pit of ink, that the wide sea  
Hath drops too few to wash  
her clean again...<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Clark C. Shakespeare and Science. Birmingham, 1929. См. также: Динамов С. Шекспир и наука // Интерн. лит. 1935. № 2. С. 129—131.

<sup>15</sup> Шекспир У. Много шума из ничего / Пер. Т. Щепкиной-Куперник // ПСС. Т. 4. С. 568.

<sup>16</sup> Shakespeare W. Much ado about nothing // The Works of Shakespeare in four volumes / Introduction by Sergei Dinamov. Moscow, 1937. V. 1. P. 423.

В других переводах на русский язык «чернила» тоже заменяются словом «грязь», которым определяются у нас подобные ситуации. Но особенность оригинального текста в том, что именно в шекспировские времена появились знаменитые, почти несмываемые черные чернила — *astramentum librarium*. Показательно, что в пору Шекспира стали распространяться такие понятия, как «чернильница» (ink-horn; сейчас это слово считается устаревшим — точный его перевод «чернильница из рога») и «чернильная рыба» (inkorn-mate; в современном английском это слово почти не встречается). Под «чернильной рыбой» тогда понимался книжник, «книжный червь» (в совр. англ. — bookworm).

Часто (хотя и не всегда) в переводах Шекспира теряются понятия, связанные с алхимией. Не будем приводить примеры — их множество, скажем лишь, что отношение к алхимии у Шекспира, скорее всего, такое же, как у Сервантеса, — ироническое, но он

широко пользуется заимствованными из нее терминами в метафорах. Так, Клеопатра говорит Александру, своему приближенному, прибывшему от Марка Антония:

«С Антонием не сходен ты  
ни в чем,  
Но ты был с ним, и близостью  
своею  
Он в золото преобразил  
свинца»<sup>16</sup>.

Веками шекспировское наследие демонстрирует своим читателям истину, которая начала активно усваиваться только в наше время: наука — это особый вид духовного воспроизводства, и отделить ее от культуры невозможно.

<sup>16</sup> Шекспир У. Антоний и Клеопатра / Пер. Мих. Донского // ПСС. Т. 5. С. 125.

Над номером работали  
Ответственный секретарь  
К. Е. ЛЕВИТИН

Заместитель ответственного  
секретаря В. И. ЕГУДИН  
Научные редакторы:  
И. Н. АРУТЮНЯН  
О. О. АСТАХОВА  
Л. П. БЕЛЯНОВА  
М. Ю. ЗУБРЕВА  
Э. Ю. КАЛИНИН  
Г. М. КАРАСЕВА  
Г. В. КОРОТКЕВИЧ  
Л. Д. МАЙОРОВА  
Н. Д. МОРОЗОВА  
Н. В. УСПЕНСКАЯ  
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор  
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией  
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:  
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,  
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении  
номера принимали участие:  
В. С. КРЫЛОВА  
В. К. СВЕТАШКОВ

Ордена Трудового Красного  
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:  
117810, Москва ГСП-1,  
Марковский пер., 26  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 18.08.92  
Подписано в печать 9.10.92  
Формат 70×100 1/16  
Бумага офсетная, № 1  
Офсетная печать  
Усл. печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 570,9 тыс  
Уч.-изд. л. 15,2  
Тираж 21 329  
Заказ 1060  
Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового  
Красного Знамени  
Чеховский полиграфический  
комбинат  
Министерства печати и информации  
Российской Федерации  
142300, г. Чехов  
Московской области



# Current Opinion journals

The ONLY journals that systematically and comprehensively review on what is published in ALL other journals

**1** *Reviews by the world's leading authorities*

**2** *Key papers identified and annotated*

**3** *Comprehensive bibliography of the current world literature*

When access to other journals is difficult or impossible, Current Opinion journals provide the only practical way to stay informed

**1/2** *price or less. Exclusive to Priroda subscribers*

**£35** *Personal (normally £70 - £145) Add £14 postage per title*

**£70** *Institutional (normally £145 - £350) Add £14 postage per title*

**Exclusive to Subscribers of PRIRODA**

## Current Opinion journals in....

### Medicine

Anaesthesiology  
Cardiology  
Gastroenterology  
Infectious Diseases  
Lipidology  
Nephrology &  
Hypertension

Neurology &  
Neurosurgery  
Obstetrics &  
Gynecology  
Oncology  
Orthopedics  
Ophthalmology

Pediatrics  
Psychiatry  
Rheumatology  
Urology

### Biology

Biotechnology  
Cell Biology  
Genetics &  
Development  
Immunology  
Neurobiology  
Structural Biology

Please circle the publications required above, complete payment details below (photocopies acceptable) and return to Current Science Ltd, 34-42 Cleveland St, London, W1P 5FB, UK. Or write to us with your payment quoting reference: PRI 2

Total Amount Payable (in £ sterling only) .....

☐ AmEx ☐ VISA ☐ MasterCard

Card No. .... Exp Date .....

Signature ..... Date .....

☐ Cheque/Eurocheque enclosed (payable to Current Science Ltd)

☐ Please Invoice (institutions only)

☐ Bank Transfer

Name: .....

Address: .....

Postcode: ..... Country: .....

**NO RISK GUARANTEE:** Your money will be refunded if you write cancelling your order within 30 days of receiving your publication(s) and return them to us undamaged

Current Science Ltd, Acct no: 0056750 / Sort: 309368. Lloyds Bank Ltd, Great Portland Street, London, W1A 4LN, UK.  
Please include details of name and address with payment advice

1 р. 80 к.  
Индекс 70707

