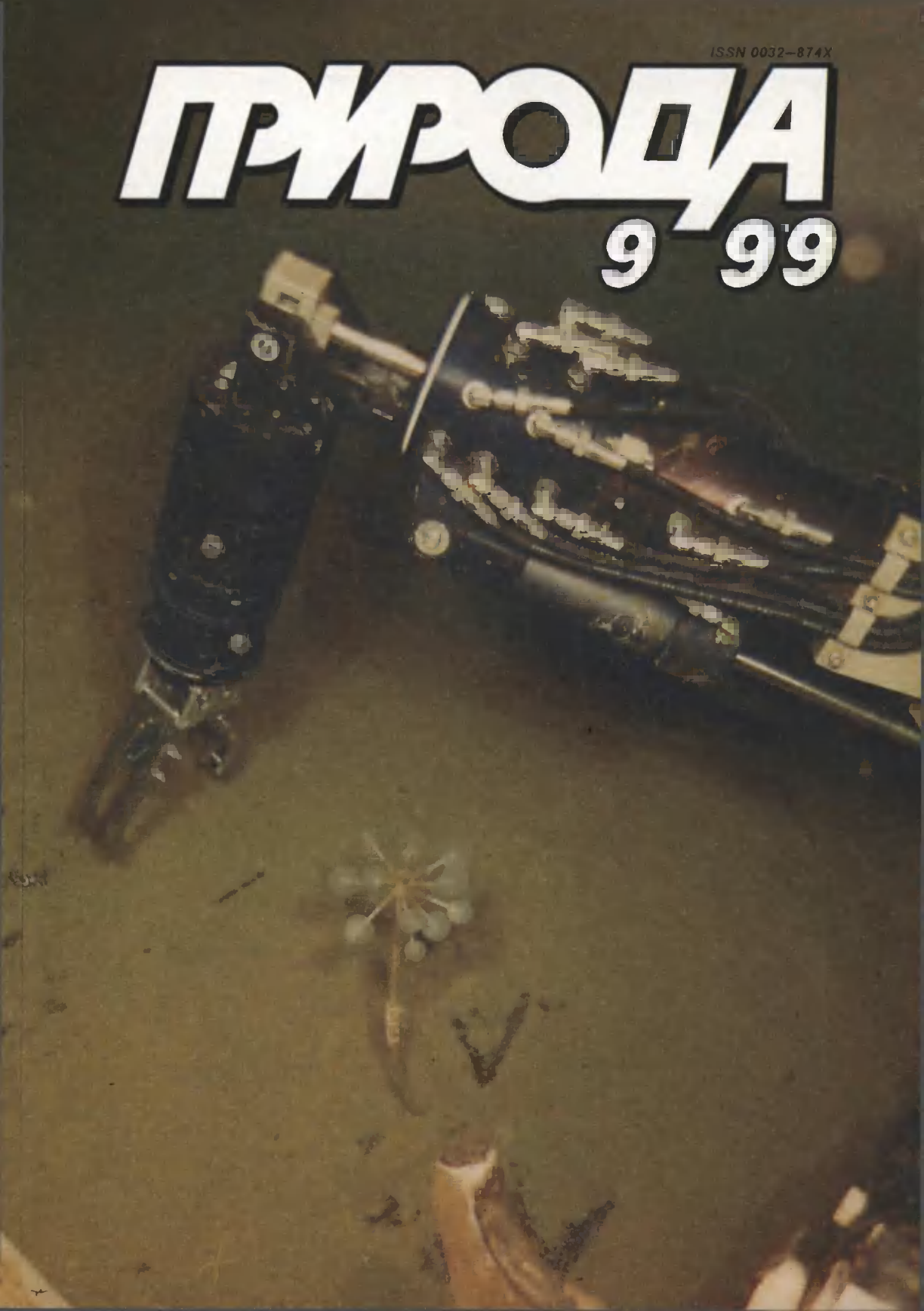


ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

9 99





Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора доктор физико-математических наук А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

доктор физико-математических наук А.А.КОМАР (физика),

доктор биологических наук А.К.СКВОРЦОВ (биология),

доктор геолого-минералогических наук А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доктор геолого-минералогических наук С.В.АПЛОНОВ (геофизика), О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), доктор геолого-минералогических наук А.Т.БАЗИЛЕВСКИЙ (планетология), доктор геолого-минералогических наук И.А.БАСОВ (геология), кандидат химических наук Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), кандидат технических наук В.П.БОРИСОВ (история науки), член-корреспондент РАН В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), доктор физико-математических наук А.Н.ВАСИЛЬЕВ (физика), доктор географических наук А.А.ВЕЛИЧКО (география), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), академик РАН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор биологических наук А.М.ГИЛЯРОВ (экология), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), кандидат физико-математических наук Ю.К.ДЖИКАЕВ (ответственный секретарь), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик А.М.ДЫХНЕ (физика), академик Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология), академик Ю.А.ЗОЛОТОВ (химия), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик РАН В.И.ИВАНОВ (генетика), академик В.ТИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (химия), доктор физико-математических наук М.В.КОВАЛЬЧУК (физика), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент РАН В.В.МАЛАХОВ (зоология), доктор биологических наук К.Н.НЕСИС (биология), член-корреспондент РАН Л.В.РОЗЕНШТРАУХ (физиология), П.Е.РУБИНИН (история науки), член-корреспондент РАН А.Н.САХАРОВ (история), академик В.П.СКУЛАЧЕВ (биохимия), кандидат физико-математических наук К.Л.СОРОКИНА (редактор отдела физики и математики), член-корреспондент РАН Н.П.ТАРАСОВА (физическая химия), Н.В.УЛЬЯНОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), член-корреспондент РАН М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела охраны природы), член-корреспондент РАН А.М.ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Манипулятор аппарата «Мир-2» готов поймать загадочное животное — глубоководную губку *Chondrocladia sp.*, «ножку» которой обвивает офиура (южная часть Берингова моря, глубина 249 м).

См. в номере: **Чиндонова Ю.Г.** Глубины океана из иллюминатора.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Распил конкреции с позвонком парейазавра.

См. в номере: **Очев В.Г.** Загадки песчаных линз. Фото М.П.Арефьева



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук,  
журнал «Природа», 1999

## В НОМЕРЕ

- 3** **Алексеев В.В., Киселева С.В., Чернова Н.И.**  
РОСТ КОНЦЕНТРАЦИИ CO<sub>2</sub>  
В АТМОСФЕРЕ —  
ВСЕОБЩЕЕ БЛАГО?

*В петиции, призывающей правительства США и других стран отклонить подписание соглашений об ограничении выбросов парниковых газов в атмосферу, оспаривается будущее потепление климата и утверждается несомненный выигрыш для человечества от роста CO<sub>2</sub>. Так ли это на самом деле?*

- 14** **ЛЕКТОРИЙ**  
**Казakov Д.И.**  
ЖДЕМ НОВЫХ ОТКРЫТИЙ  
В ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ  
ЧАСТИЦ

*В ближайшее десятилетие в физике частиц мы ожидаем важных результатов. Такие ускорительные гиганты, как LEP-2, Тэватрон и LHC, позволят проверить выводы нескольких гипотез устройства микромира и выбрать путь к созданию единой теории фундаментальных взаимодействий.*

- 27** **Базилевский А.Т.**  
ПОЛЕТ К ЮЖНОМУ ПОЛЮСУ  
МАРСА

- 29** **Гладенков А.Ю.**  
КОГДА ВПЕРВЫЕ ОТКРЫЛСЯ  
БЕРИНГОВ ПРОЛИВ?

ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

- 32** **Авилова К.В.**  
ЗИМОВКИ ВОДОПЛАВАЮЩИХ  
ПТИЦ В МОСКВЕ: ИТОГИ 15-го  
ОБЩЕГОРОДСКОГО УЧЕТА

- 34** **Аппак Б.А.**  
ВЕПРЬ

- 36** **Очев В.Г.**  
ЗАГАДКИ ПЕСЧАНЫХ ЛИНЗ

*По расположению остатков палеозойской фауны, обнаруженной в песчаных линзах береговых обрывов Северной Двины и Сухоны, можно воспроизвести облик принесшего их водного потока, а также реконструировать ландшафт древнего континента.*

- 43** **Сурдин В.Г.**  
ISAAC ИССЛЕДУЕТ ВСЕЛЕННУЮ

- 45** **Чиндонова Ю.Г.**  
ГЛУБИНЫ ОКЕАНА ИЗ  
ИЛЛЮМИНАТОРА

*Истинный облик многих животных в естественной среде совсем не похож на научные описания. При наблюдениях из глубоководного аппарата лишь интуиция систематика помогает порой точно определить тот или иной организм.*

- 57** **Клитин А.К.**  
ЖУЖЕЛИЦА ЛОПАТИНА

- 62** **ОН ОБОГНАЛ СВОЕ ВРЕМЯ**  
К столетию Д.С.Коржинского

*Академик Д.С.Коржинский — один из основоположников научного направления, физико-химической петрологии. Создатель крупной научной школы, получившей всемирное признание.*

**Перцев Н.Н.**  
Д.С.КОРЖИНСКИЙ  
И НАУКА О ПАРАГЕНЕЗИСАХ  
МИНЕРАЛОВ (63)

**Грю П.**  
«ЗОВИТЕ МЕНЯ ДИМА» (68)

**ФЕЛЬЕТОНЫ**  
ОТ Д.С.КОРЖИНСКОГО (71)

- 75** **Несис К.Н.**  
КОСАТКИ, КАЛАНЫ, МОРСКИЕ  
ЕЖИ И ВОДОРОСЛИ

- 77** **НОВОСТИ НАУКИ**  
КОРОТКО (26)

- 87** **РЕЦЕНЗИИ**  
**Миркин Б.М., Хазиахметов Р.М.**  
ОБЕД НА ЗАВТРА: ВЗГЛЯД  
РЕАЛИСТА

- 89** **НОВЫЕ КНИГИ**

- 91** **ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ**  
**Сытин А.К.**  
ГРИГОРИЙ СОБОЛЕВСКИЙ  
И ЕГО «FLORA RETROPOLITANA»  
(К 200-летию со дня публикации)

## CONTENTS

**3** **Alekseev V.V., Kiseleva S.V.,  
and Chernova N.I.**  
INCREASING CONCENTRATION OF  
ATMOSPHERIC CO<sub>2</sub>: GOOD FOR  
EVERYONE?

*In a petition urging the governments of the USA and other countries to refrain from signing agreements on limiting greenhouse emissions, the future global warming is disputed and it is claimed that humanity will gain an unquestionable benefit from the CO<sub>2</sub> increase. Is that true?*

**14** LECTURES  
**Kazakov D.I.**  
AWAITING NEW DISCOVERIES  
IN PARTICLE PHYSICS

*In the decade to come, Particle Physics is expected to yield important results. Giant accelerators such as LEP-2, Tevatron, and LHC can verify several hypotheses of the microworld, structure pointing the way to a universal theory of basic interactions.*

**27** **Basilevsky A.T.**  
THE MISSION TO THE SOUTPOLE  
OF MARS

**29** **Gladenkov A.Yu.**  
WHEN WAS THE OPENING OF THE  
BERING STRAIT?

NOTES AND OBSERVATIONS

**32** **Avilova K.V.**  
AQUATIC BIRDS WINTERING IN  
MOSCOW: THE RESULTS OF THE  
15-th COUNT

**34** **Appak B.**  
WILD BOAR

**36** **Ochev V.G.**  
PUZZLES OF SAND LENSES

*The remains of Paleozoic fauna found in the sand lenses on the cliffs of the Northern Dvina and Sukhona River provide clues to the water flow that brought them and to the landscape of the ancient continent.*

**43** **Surdin V.G.**  
ISAAC INVESTIGATING THE  
UNIVERSE

**45** **Chlndonova Yu.G.**  
OCEAN DEEPS THROUGH THE  
PORTHOLE

*The true picture of many animals and plants in their habitats is quite different from scientific descriptions. During submersible observations, it sometimes takes a great deal of intuition to identify an organism.*

**57** **Kiltin A.K.**  
LOPATIN'S GROUND BEETLE

**62** **HE WAS AHEAD OF HIS TIME**  
On the 100th Anniversary  
of the Birth of D.S. Korzhinskii

**Pertsev N.N.**  
D.S. KORZHINSKII AND THEORIES  
OF MINERAL PARAGENESSES (63)

**Gryu P.**  
«CALL ME DIMA»

D.S. KORZHINSKII'S  
LAMPOONS (71)

**73** **Nesls K.N.**  
KILLER WHALES, SEA OTTERS,  
SEA URCHINS, AND KELPS

**75** SCIENCE NEWS  
IN BRIEF (26)

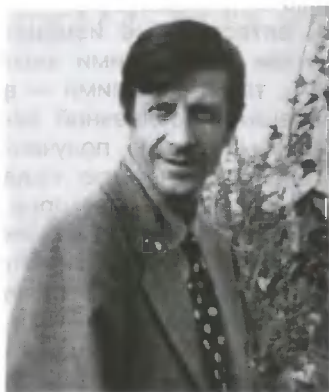
**87** BOOK REVIEWS  
**Mirkin B.M. and Khaziakhmetov  
R.M.**  
TOMORROW'S DINNER: A  
REALIST'S VIEW

**89** NEW BOOKS

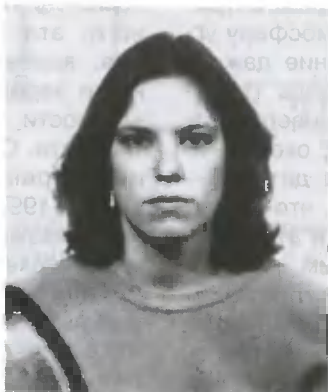
**91** ENCOUNTERS  
WITH THE FORGOTTEN  
**Sytin A.K.**  
GRIGORY SOBOLEVSKY  
AND HIS FLORA PETROPOLITANA  
(On the 200th Anniversary of Its  
Publication)

# Рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере — всеобщее благо?

В.В.Алексеев, С.В.Киселева, Н.И.Чернова



*Вячеслав Викторович Алексеев, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии географического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Специалист в области математического и физического моделирования геофизических систем.*



*Софья Валентиновна Киселева, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается физическим моделированием процессов переноса углекислого газа, проблемами современных изменений климата.*



*Надежда Ивановна Чернова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается экологическими аспектами применения солнечной энергии, проблемами рационального использования природных ресурсов.*

**В** НАЧАЛЕ 1998 г. бывший президент Национальной академии наук США Ф.Зейтц представил на рассмотрение научной общественности петицию, призывающую правительства США и других стран отклонить подписание достигнутых в Киото в декабре 1997 г. соглашений об ограничении выбросов парниковых газов. К петиции прилагался информационный обзор под названием «Влияние на окружающую среду роста содержания диоксида углерода в атмос-

фере»<sup>1</sup>. В нем содержался подбор опубликованных результатов научных исследований, призванный доказать не только отсутствие эмпирических данных, подтверждающих предсказываемое многими учеными будущее потепление климата, но и несомненный выигрыш для

<sup>1</sup> Robinson A.B., Baliunas S.L., Soon W., Robinson Z.W. Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide. Петиция вместе с обзором рассылалась в научно-исследовательские институты и отдельным ученым с просьбой подписать ее и в дальнейшем распространять среди коллег. Экземпляр петиции и обзора на русском и английском языке имеется в редакции «Природы».

человечества от роста парниковых газов. В обзоре были выдвинуты следующие тезисы.

Наблюдаемый ныне рост  $\text{CO}_2$  в атмосфере происходит после почти 300-летнего периода потепления. Поэтому этот рост может быть не результатом деятельности человека, а следствием естественного процесса — интенсификации выделения  $\text{CO}_2$  океаном при увеличении температуры воды. Кроме того, по сравнению с ежегодным антропогенным поступлением в атмосферу углерода (5.5 Гт) его содержание даже в резервуарах подвижного фонда (в атмосфере — около 750 Гт, поверхностных слоях океана — 1000 Гт, почвенной биоте, включая почвы и детрит, — около 2 200 Гт) столь велико, что антропогенный фактор роста  $\text{CO}_2$  в атмосфере трудно признать значимым.

Далее авторы обзора приводят многочисленные данные спутниковых измерений температуры нижней тропосферы (на высоте около 4 км) за период 1958—1996 гг. и отмечают, что начиная с 1979 г. наблюдается слабый отрицательный тренд средней глобальной температуры ( $-0.047^\circ\text{C}$  за 10 лет). В США же за последние 10 лет приземная температура воздуха уменьшилась на  $0.08^\circ\text{C}$ .

В то же время данные метеостанций дают положительные тренды температур приземного слоя ( $+0.07^\circ\text{C}$  за 10 лет). Расхождения в результатах приводят к тому, что моделирование будущих изменений климата, основанное на данных о росте температуры, приводит к неверным прогнозам. Обсуждая компьютерные модели парникового эффекта и потепления климата, авторы обзора подчеркивают, что климат — сложная, нелинейная динамическая система. Неопределенности влияния, например, океанических поверхностных течений, переноса тепла в океан, влажности, облачности и т.п., по мнению авторов, столь велики в сравнении с воздействием  $\text{CO}_2$ , что модельные оценки современного температурного хода существенно расходятся с имеющимися эмпирическими данными. Многочисленные обратные связи климатической системы, неудовлетворительно

отражаемые в моделях, также приводят к ошибкам в прогнозах и несоответствию с реальностью.

Критикуя качество данных наземного измерения температуры воздуха, авторы обзора ссылаются на тепловое воздействие урбанизированных территорий, которое искажает действительную картину взаимосвязи роста концентрации парниковых газов и изменений температуры атмосферы. В современных изменениях климата нет ничего необычного; это лишь естественные изменения, вызванные как внутренними земными вариациями, так и внешними — в частности, колебаниями солнечной активности. Спутниковые данные, полученные, правда, всего за четыре года (1993—1997), по утверждению авторов, не показывают каких-либо изменений уровня океана, как это предсказывают модели глобального потепления. Число сильных тропических ураганов в Атлантике за период 1940—1997 гг. и максимальная скорость ветра в них снизилась, что также противоречит и идее глобального потепления, и модельным результатам.

Здесь следует подчеркнуть, что общепризнано существование более десятка климатообразующих факторов. Как наиболее существенные выделяются следующие:

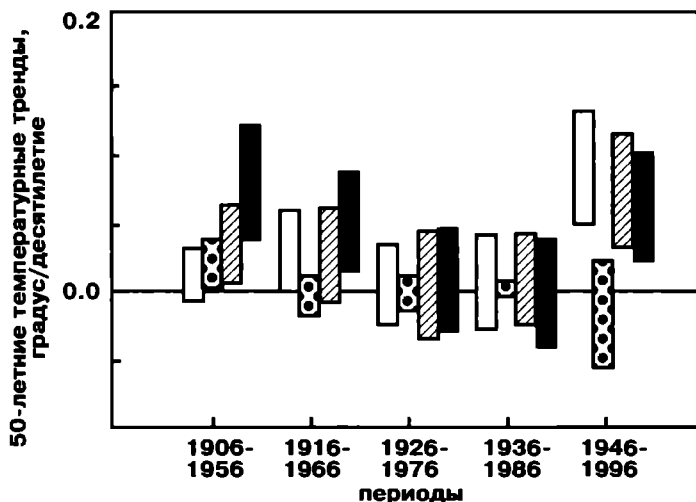
- концентрация парниковых газов в атмосфере (углекислый газ, метан, закись азота, озон, и др.);
- концентрация тропосферных аэрозолей;
- солнечная постоянная;
- вулканическая активность, вызывающая загрязнение стратосферы аэрозолями серной кислоты;
- автоколебания в системе атмосфера—океан (Эль Ниньо—Южное колебание)<sup>2</sup>;
- параметры орбиты Земли<sup>3</sup>.

В исследовании В.В.Клименко с коллегами было проанализировано воз-

<sup>2</sup> Подробнее см.: Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания в системе атмосфера—океан—Земля // Природа. 1998. №7. С.26—34.

<sup>3</sup> Клименко В.В., Клименко А.В., Снытин С.Ю., Федоров М.В. // Теплоэнергетика. 1994. №1. С.5—11.

*Влияние главных климатообразующих факторов на изменение средней глобальной приземной температуры. Оценки вкладов с указанием разбросов значений: парниковых газов и сульфат-аэрозолей (белые прямоугольники); солнечной активности (заполненные точки) и их совместного влияния (заштрихованные). Черными прямоугольниками показаны результаты инструментальных наблюдений. (Tett S.F.B., Stott P.A. et al. 1999.)*



действие этих факторов на радиационный баланс в пределах десятилетия и последнего столетия. При рассмотрении вековой изменчивости климата оказалось, что именно накопление парниковых газов в атмосфере определило произошедшее повышение среднглобальной температуры на  $0.5^\circ\text{C}$ . Однако авторы подчеркивают, что объяснение нынешних и будущих изменений климата только антропогенным фактором покоится на весьма шатком фундаменте, хотя его роль со временем, безусловно, возрастает.

Определенный интерес представляет недавняя работа С.Корти с сотрудниками, в которой наблюдающееся потепление в Северном полушарии также связывается в основном с естественными изменениями в режимах циркуляции атмосферы<sup>4</sup>. Правда, ее авторы подчеркивают, что этот факт не может служить доказательством отсутствия антропогенного воздействия на климат. Детальный модельный анализ роли тех же климатических факторов в повышении средней приземной температуры воздуха был проведен недавно английскими учеными<sup>5</sup>. Их результаты показывают, что

потепление атмосферы в первой половине XX в. (между 1910 и 1940 гг.) происходило в основном из-за колебания солнечной активности и в меньшей степени антропогенных факторов — парниковых газов и тропосферного сульфат-аэрозоля. Что касается периода 1946—1996 гг., то здесь естественные вариации солнечной и вулканической активности оказывают лишь второстепенное воздействие на климат по сравнению с антропогенным влиянием.

Анализ теплой биосферы мелового периода как аналога прогнозируемого потепления, проведенный Н.М.Чумаковым, показал, что воздействия основных климатообразующих факторов (помимо углекислого газа) недостаточно для объяснения потепления такого масштаба в прошлом<sup>6</sup>. Парниковый эффект необходимой величины отвечал бы многократному увеличению содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Толчком грандиозных климатических изменений в этот период развития Земли, вероятнее всего, стала положительная обратная связь между ростом температуры океанов и морей и увеличением концентрации атмосферной углекислоты.

Большое внимание в упомянутом обзоре уделено  $\text{CO}_2$  как «удобрению».

<sup>4</sup> Corti S., Molteni F., Palmer T.N. // Nature. 1999. V.398. №6730. P.799—802.

<sup>5</sup> Tett S.F.B., Stott P.S., Allen M.R., Ingram W.J., Mitchell J.F.B. // Nature. 1999. V.399. №6736. P.569—572.

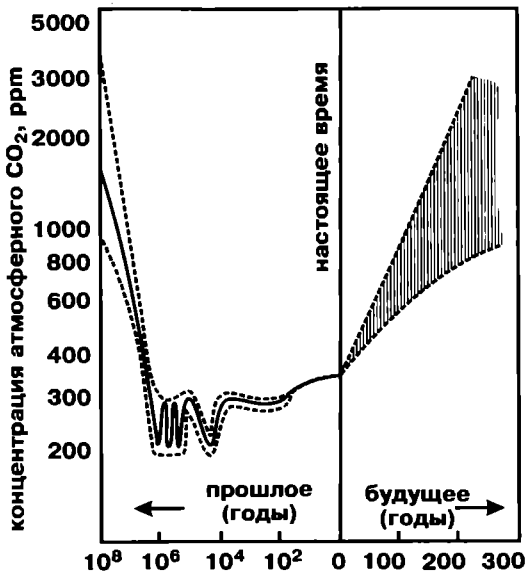
<sup>6</sup> Чумаков Н.М. Теплая биосфера // Природа. 1997. №5. С.66—88.

Авторы приводят данные об ускорении роста растений при повышенном содержании углекислого газа в атмосфере. В частности, реакция молодых деревьев сосны, молодых апельсиновых деревьев, пшеницы на увеличение содержания  $\text{CO}_2$  в окружающей среде в диапазоне от 400 до 800 ppm почти линейна и положительна. Отсюда авторы делают вывод о том, что эти данные можно легко перенести на различные уровни обогащения  $\text{CO}_2$  и на различные виды растений. К воздействию возрастающего количества углекислого газа в атмосфере авторы относят и увеличение массы лесов США (на 30% с 1950 г.). Указывается, что больший стимулирующий эффект рост  $\text{CO}_2$  производит на растения, произрастающие в более засушливых (стрессовых) условиях. А интенсивный рост растительных сообществ, как утверждают авторы обзора, неизбежно приводит к увеличению суммарной массы животных и оказывает положительное воздействие на биоразнообразие в целом. Отсюда следует оптимистичный вывод: «В результате увеличения атмосферного  $\text{CO}_2$  мы живем во все более и более благоприятных условиях окружающей среды. Наши дети будут наслаждаться жизнью на Земле с гораздо большим количеством растений и животных. Это замечательный и непредвиденный подарок от индустриальной революции».

Все же нам представляется, что многие из прилагаемых к петиции данных достаточно противоречивы.

#### ВМЕСТО ПОТЕПЛЕНИЯ — ПОХОЛОДАНИЕ?

Безусловно, колебания уровня  $\text{CO}_2$  в атмосфере имели место и в прошлые эпохи, однако никогда эти изменения не происходили столь быстро. Но если в прошлом климатическая и биологическая системы Земли в силу постепенности изменений состава атмосферы «успевали» перейти в новое устойчивое состояние и находились в квазиравновесии, то в современный период при интенсивном, чрезвычайно быстром из-



*Содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Прогнозируемые уровни  $\text{CO}_2$  представлены в линейной шкале времени, прошлые — в логарифмической. (Atmospheric Carbon Dioxide and Global Carbon Cycle. N.Y., 1985.)*

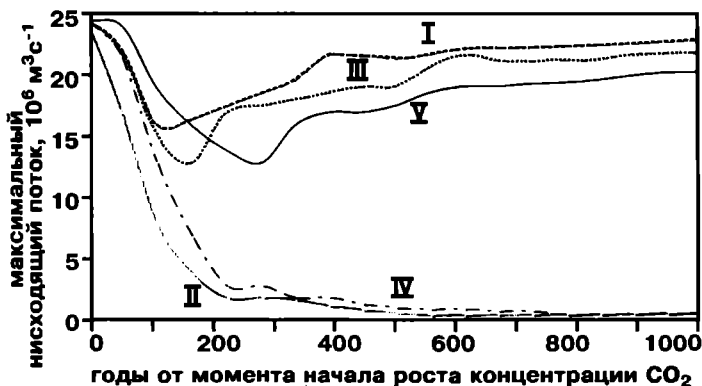
менении газового состава атмосферы все земные системы выходят из стационарного состояния. И если даже встать на позицию авторов, отрицающих гипотезу глобального потепления, нельзя не отметить, что последствия такого «выхода из квазистационара», в частности климатические изменения, могут быть самыми серьезными.

Кроме того, согласно некоторым прогнозам, после достижения максимума концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере она начнет падать из-за уменьшения антропогенных выбросов, поглощения углекислоты Мировым океаном и биотой. В этом случае растениям вновь придется адаптироваться к изменившейся среде обитания.

В обзоре безусловно верно замечено, что при моделировании последствий роста  $\text{CO}_2$  и других парниковых газов в атмосфере, а также в современных теоретических построениях не учитываются многие обратные связи климатических систем, что приводит к неверным прогнозам и даже, как уверя-



Эволюция максимального погружения меридионального потока Северо-Атлантического течения (результаты расчетов по пяти сценариям глобального потепления). I — концентрация  $\text{CO}_2$  достигает 560 ppm, поток слегка ослабевает, затем восстанавливается; II, IV — концентрация  $\text{CO}_2$  — 650 и 750 ppm, скорость роста  $\text{CO}_2$  1% в год, циркуляция разрушается; III, V — 650 и 750 ppm, скорость роста 0.5% в год, поток ослабевает, затем восстанавливается на более низком уровне.



ют авторы, к ошибочности самой идеи глобального потепления. Однако, по нашему мнению, это должно приводить не к отрицанию возможного потепления климата, а к вероятности возникновения непредсказуемых климатических последствий (например, противоположного эффекта — похолодания в ряде районов земного шара).

В связи с этим чрезвычайно интересны некоторые результаты математического моделирования сложных последствий возможного изменения климата Земли. Эксперименты с трехмерной моделью объединенной системы океан—атмосфера, проведенные американскими исследователями, показали, что в ответ на потепление термохалинная северо-атлантическая циркуляция (Северо-Атлантическое течение) замедляется<sup>7</sup>. Критическая величина концентрации  $\text{CO}_2$ , вызывающая такой эффект, лежит между двумя и четырьмя доиндустриальными величинами содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере (она равна 280 ppm, а современная концентрация составляет около 360 ppm).

Используя более простую модель системы океан—атмосфера, специалисты провели детальный математический анализ описанных выше процес-

сов<sup>8</sup>. Согласно их расчетам, при росте концентрации углекислого газа на 1% в год (что соответствует современным темпам) Северо-Атлантическое течение замедляется, а при содержании  $\text{CO}_2$ , равном 750 ppm, наступает его коллапс — полное прекращение циркуляции. При более медленном росте содержания углекислоты в атмосфере (и температуры воздуха) — например на 0.5% в год, при достижении концентрации 750 ppm циркуляция замедляется, но затем медленно восстанавливается. В случае ускоренного роста парниковых газов в атмосфере и связанного с ним потепления Северо-Атлантическое течение разрушается при более низких концентрациях  $\text{CO}_2$  — 650 ppm. Причины изменения течения в том, что потепление наземного воздуха вызывает рост температуры поверхностных слоев воды, а также повышение давления насыщенного пара в северных районах, а значит, и усиленную конденсацию, из-за чего возрастает масса распресненной воды на поверхности океана в Северной Атлантике. Оба процесса приводят к усилению стратификации водяного столба и замедляют (или вовсе делают невозможным) постоянное формирование холодных глубинных вод

<sup>7</sup> Manabe S., Stouffer R.J. // Nature. 1993. V.364. №6434. P.215—218.

<sup>8</sup> Stocker T.F., Schmittner A. // Nature. 1997. V.388. №6645. P.862—865.

в северной части Атлантики, когда поверхностные воды, охлаждаясь и становясь более тяжелыми, опускаются в придонные области и затем медленно перемещаются к тропикам.

Исследования такого рода последствий потепления атмосферы, проведенные недавно Р.Вудом с сотрудниками, дает еще более интересную картину возможных событий. Помимо уменьшения общего атлантического переноса на 25% при современных темпах роста парниковых газов произойдет «отключение» конвекции в Лабрадорском море — одном из двух северных центров формирования холодных глубинных вод. Причем это может иметь место<sup>9</sup> уже в период от 2000 до 2030 г.

Указанные колебания Северо-Атлантического течения могут повлечь за собой весьма серьезные последствия. В частности, при отклонении распределения потоков тепла и температуры от современного в атлантическом регионе Северного полушария средние температуры приземного воздуха над Европой могут существенно понизиться. Более того, изменения в скорости Северо-Атлантического течения и нагрева поверхностных вод могут уменьшить поглощение океаном  $\text{CO}_2$  (по расчетам упомянутых специалистов — на 30% при удвоении концентрации углекислого газа в воздухе), что следует учитывать и в прогнозах будущего состояния атмосферы, и в сценариях выбросов парниковых газов. Существенные изменения могут произойти и в морских экосистемах, включая популяции рыб и морских птиц, зависящих не только от специфических климатических условий, но и от питательных веществ, которые выносятся к поверхности холодными океаническими течениями. Здесь мы хотим подчеркнуть чрезвычайно важный момент, упомянутый выше: последствия роста парниковых газов в атмосфере, как видно, могут быть гораздо сложнее, чем однородное потепление приземной атмосферы.

## ВОЗМОЖНОЕ НАРУШЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ

При моделировании обмена углекислым газом приходится учитывать и воздействие на газоперенос состояния границы раздела океана и атмосферы<sup>10</sup>. В течение ряда лет в лабораторных и натуральных экспериментах мы исследовали интенсивность переноса  $\text{CO}_2$  в системе вода—воздух. Рассматривалось воздействие на газообмен ветроволновых условий и дисперсной среды, образующейся вблизи границы раздела двух фаз (брызги над поверхностью, пена, воздушные пузырьки в толще воды). Оказалось, что скорость газопереноса при изменении характера волнения от гравитационно-капиллярного к гравитационному существенно увеличивается. Этот эффект (помимо повышения температуры поверхностного слоя океана) может внести дополнительный вклад в поток углекислоты между океаном и атмосферой. С другой стороны, существенным стоком  $\text{CO}_2$  из атмосферы являются осадки, интенсивно вымывающие, как показали наши исследования, помимо других газовых примесей и углекислый газ. Расчеты с использованием данных о содержании растворенного углекислого газа в дождевой воде и годовой сумме осадков показали, что в океан ежегодно с дождями может поступать 0.2—1 Гт  $\text{CO}_2$ , а общее количество углекислого газа, вымываемого из атмосферы, может достигать величины<sup>11</sup> 0.7—2.0 Гт.

Возвращаясь к тезисам авторов приложения к петиции, отметим, что наиболее спорными представляются данные о благотворности роста  $\text{CO}_2$  для зеленых растений. Дело в том, что существует целый ряд научных данных, согласно которым повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере даже без учета глобального потепления способно при-

<sup>9</sup> Wood R.A., Keen A.B., Mitchell J.F.B., Gregory J.M. // Nature. 1999. №6736. V.399. P.572—575.

<sup>10</sup> Зайцев С.И., Киселева С.В. Роль дисперсных процессов в газообмене атмосферы и океана // Взаимодействие в системе литосфера—гидросфера—атмосфера. Т.2. М., 1999. С.93—105.

<sup>11</sup> Алексеев В.В., Зайцев С.И., Лямин М.Я., Киселева С.В. // Изв. АН СССР Физика атмосферы и океана. 1987. №10. Т.23. С.1055—1059.

вести к значительному изменению структуры и функционирования экосистем, что может быть неблагоприятно для растений<sup>12</sup>. Положительная реакция на повышенное содержание углекислого газа в воздухе, наблюдаемая у отдельных растений, вовсе не обязательно означает, что будет иметь место усиленный рост растительных сообществ в целом.

Соображения авторов о роли  $\text{CO}_2$  как стимулятора роста коренится в деталях фотосинтеза. Действительно, повышение концентрации углекислого газа может интенсифицировать этот процесс и, следовательно, способствовать росту растений. Пользу от этого извлекают так называемые  $\text{C}_3$ -растения, к которым относятся практически все деревья и многие из основных сельскохозяйственных культур: рис, пшеница, картофель, бобовые. У  $\text{C}_3$ -растений на первой стадии фиксации молекула  $\text{CO}_2$  связывается с рибулозодифосфатом, содержащим 5-углеродный сахар. В результате реакции, происходящей под действием фермента рибулозодифосфаткарбоксилазы, образуется короткоживущее нестабильное соединение, включающее 6-углеродный сахар. Оно распадается на два производных, которые содержат по три атома углерода — отсюда и название « $\text{C}_3$ -растения». С диоксидом углерода за активный центр рибулозодифосфаткарбоксилазы конкурирует кислород атмосферного воздуха. Если побеждает  $\text{O}_2$ , растение теряет энергию, так как во время утилизации кислорода не происходит фиксации  $\text{CO}_2$ . По мере же увеличения концентрации углекислого газа вероятность его «выигрыша» в конкуренции с  $\text{O}_2$  за связывание с активным центром фермента повышается. Действительно, в ряде экспериментов, когда концентрация  $\text{CO}_2$  устанавливалась на уровне 600 ppm, фотореспирация снижалась на 50%, а ее ограничение означает, что растение может использовать больше своей энергии на построение тканей. Однако у этих растений

в условиях возросшей концентрации  $\text{CO}_2$  повышенный фотосинтез наблюдается в начальной стадии экспериментов, но после временной активации наступает его торможение. Транспортная система растения полигенна, зависит от многих факторов (энергетических, гормональных и др.) и не может быстро перестроиться. Поэтому при длительном воздействии на растение  $\text{CO}_2$  в условиях повышенной концентрации фотосинтез снижается из-за избыточного накопления крахмала в хлоропластах<sup>13</sup>.

Но тем не менее в практике доказано значительное увеличение роста и накопления биомассы у растений, выращенных при повышенной концентрации диоксида углерода, хотя со временем интенсивность фотосинтеза падает, приближаясь к тому, что наблюдается у растений, живущих в атмосфере с нормальным газовым составом. Это несоответствие находит объяснение в регуляторном действии углекислого газа на ростовую функцию растения. Длительное выдерживание растения при высокой концентрации  $\text{CO}_2$  сопровождается увеличением площади листьев, стимуляцией роста побегов второго порядка, относительным возрастанием доли корней и запасающих органов в растении, усилением клубнеобразования. Ростовая функция усиливается за счет формирования нового фотосинтетического аппарата. Это свидетельствует о «двойной» роли  $\text{CO}_2$  как субстрата в процессе фотосинтеза и как регулятора ростовых процессов. При повышении уровня углекислого газа в атмосфере устанавливается новое стационарное состояние системы, соответствующее новому уровню углекислоты, что и приводит к росту урожая преимущественно за счет увеличения объема всей фотосинтетической системы и в меньшей степени за счет интенсивности фотосинтеза на единицу площади листа.

<sup>12</sup> Базааз Ф.А., Файер Э.Д. // В мире науки. 1992. №3. С.6—13.

<sup>13</sup> Мокроносоев А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез: физиолого-экологические и биохимические аспекты. М., 1992.

Известным приемом повышения интенсивности и продуктивности фотосинтеза служит увеличение концентрации углекислоты в теплицах. Этот метод позволяет повысить прирост биомассы. Однако изменение концентрации  $\text{CO}_2$  влияет на состав конечных продуктов фотосинтеза: было обнаружено, что при высоких концентрациях  $^{14}\text{CO}_2$   $^{14}\text{C}$  включался преимущественно в сахара, а при низкой — в аминокислоты (серин, глицин и др.).

Поскольку атмосферный углекислый газ частично поглощают осадки и поверхностные пресные воды, в почвенном растворе повышается содержание  $\text{CO}_2$  и как следствие этого происходит подкисление среды. В опытах, проведенных в нашей лаборатории, была предпринята попытка исследовать особенности воздействия растворенного в воде  $\text{CO}_2$  на накопление биомассы растениями. Проростки пшеницы выращивались на стандартных водных питательных средах, в которых в качестве дополнительных источников углерода, помимо атмосферного, служили растворенный молекулярный  $\text{CO}_2$  и бикарбонат-ион в различных концентрациях. Это достигалось варьированием времени насыщения водного раствора газообразным углекислым газом. Оказалось, что первоначальное повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в питательной среде приводит к стимулированию наземной и корневой массы растений пшеницы. Однако при 2—3-кратном превышении над нормальным содержанием растворенного углекислого газа наблюдалось торможение роста корней растений с изменением их морфологии. Возможно, при значительном подкислении среды происходит уменьшение ассимиляции других питательных веществ (азота, фосфора, калия, магния, кальция). Таким образом, опосредованное воздействие повышенной концентрации  $\text{CO}_2$  должно привлекать во внимание при оценке их влияния на рост растений.

Приведенные в приложении к петиции данные об интенсификации роста растений различных видов и возраста оставляют без ответа вопрос об услови-

ях обеспеченности объектов изучения биогенными элементами. Следует подчеркнуть, что изменение концентрации  $\text{CO}_2$  должно быть строго сбалансировано с потреблением азота, фосфора, других питательных веществ, света, воды в продукционном процессе без нарушения экологического равновесия. Так, усиленный рост растений при высоких концентрациях  $\text{CO}_2$  наблюдался в среде, богатой питательными веществами. Например, на заболоченных землях в эстуарии Чесапикского залива (юго-запад США), где произрастают в основном  $\text{C}_3$ -растения, увеличение  $\text{CO}_2$  в воздухе до 700 ppm приводило к интенсификации роста растений и увеличению плотности их произрастания. Анализ более 700 агрономических работ показал, что при больших концентрациях  $\text{CO}_2$  в среде, урожай зерновых в среднем был больше на 34% (там, где в почву вносилось достаточное количество удобрений и воды — ресурсов, имеющихся в изобилии только в развитых странах). Чтобы поднять продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях роста углекислоты в воздухе, очевидно понадобится не только значительное количество удобрений, но и средств защиты растений (гербициды, инсектициды, фунгициды и т.д.), а также обширные ирригационные работы. Резонно опасаться, что стоимость этих мероприятий и последствия для окружающей среды окажутся слишком существенными и несоизмерными.

Исследования выявили также роль конкуренции в экосистемах, которая приводит к снижению стимулирующего эффекта высоких концентраций  $\text{CO}_2$ . Действительно, саженцы деревьев одного вида в умеренном климате (Новая Англия, США) и тропиках росли лучше при высокой концентрации атмосферного  $\text{CO}_2$ , однако при совместном выращивании саженцев разных видов продуктивность таких сообществ при тех же условиях не повышалась. Вероятно, конкуренция за питательные вещества сдерживает реакцию растений на повышение углекислого газа.

Высокое содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе может быть неблагоприятным для так

называемых  $\text{C}_4$ -растений, первые продукты фотосинтеза которых — соединения из четырех атомов углерода: яблочная и аспарагиновая кислоты, оксалоацетат. К этому классу относятся многие травы сухих, жарких тропических и субтропических областей, сельскохозяйственные культуры — кукуруза, сорго, сахарный тростник и др. У  $\text{C}_4$ -растений имеется добавочный механизм карбоксилирования — своеобразный насос, концентрирующий  $\text{CO}_2$  вблизи активного центра фермента, позволяющий этим растениям хорошо расти при обычных концентрациях диоксида углерода. У  $\text{C}_4$ -растений в обычных условиях энергозатраты на фотореспирацию значительно ниже и эффективность фотосинтеза поэтому выше, чем у  $\text{C}_3$ -растений. Примерно то же происходит и при фотосинтезе, характерном для типичных суккулентов. Его называют САМ-фотосинтезом (Crassulacean Acid Metabolism). САМ-растения подобно  $\text{C}_4$ -растениям используют и  $\text{C}_3$ , и  $\text{C}_4$ -пути фотосинтеза, но отличаются от  $\text{C}_4$ -растений тем, что для них характерно разделение этих путей только во времени, но не в пространстве, как у  $\text{C}_4$ -растений.

Таким образом, с увеличением концентрации углекислоты  $\text{C}_3$ -растения оказываются в более выгодном положении, чем  $\text{C}_4$ - и САМ-растения, а это в свою очередь может иметь весьма серьезные последствия. Многие  $\text{C}_4$ -растения станут редкими, или им грозит вымирание. В агроэкосистемах при выращивании  $\text{C}_4$ -растений, например кукурузы или сахарного тростника, повышенная концентрация  $\text{CO}_2$  может привести к падению их продуктивности, преимущество же получат сорняки, которые представлены в основном  $\text{C}_3$ -растениями. В результате возможно значительное снижение урожая.

В случае потепления усиленный рост растений, при котором поглощается атмосферный диоксид углерода, не может компенсировать ускоренного разложения органических веществ. Это особенно важно, так как именно в высокоширотных местообитаниях, таких как тундра, ожидается наибольший рост

температуры. В зоне вечной мерзлоты при таянии льда все больше торфа будет подвергаться воздействию микроорганизмов, разлагающих органическое вещество<sup>14</sup>. Этот процесс в свою очередь приведет к большему выделению  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в атмосферу. По оценкам, при росте летней температуры в тундре на  $4^\circ\text{C}$  в атмосферу дополнительно выделится до 50% углерода из торфа, несмотря на более интенсивный рост растений. В этом поясе сама притундровая растительность — важный климатообразующий фактор, поэтому при потеплении будет иметь серьезные последствия сдвиг границы леса на север. Изменится структура кормовой базы: на смену лишайникам и мхам, тяготеющим к низким температурам, придет кустарниковая растительность, непригодная для оленей. Кроме того, увеличение высоты снежного покрова неблагоприятным образом скажется на выживаемости появляющегося в это время молодняка.

Курьентное взаимовлияние растений при ограниченных запасах питательных веществ будет сказываться не только на природных экосистемах, но и на экосистемах, создаваемых человеком. Поэтому сомнителен тезис, что будущее повышение уровня  $\text{CO}_2$  в атмосфере приведет к более богатым урожаям и, как следствие этого, — к увеличению продуктивности животных.

Исследования показывают, что в листьях растений, сформировавшихся в условиях высоких концентраций углекислого газа, меньше содержание азота, а следовательно, белка. Поэтому ценность такой растительности как пищи для животных и насекомых значительно снижена. Действительно, в экспериментах насекомые начинали съедать существенно больше листьев этих растений по сравнению с растительностью в условиях нормальной концентрации  $\text{CO}_2$ . Причем у насекомых замедляется развитие, они становятся более уязвимыми для хищ-

<sup>14</sup> Кудеяров В.Н. Выделение углекислого газа почвенным покровом России // Природа. 1994. №7. С.37—43.

ников и паразитов. В результате популяция травоядных насекомых сокращается, сужается и пищевая база многих хищников. Могут измениться и другие экологические взаимосвязи. Установлено, например, что при повышенном уровне диоксида углерода ускоряется рост, цветение и старение растений. Изменение периода цветения может в свою очередь «сорвать» опыление растений из-за несовпадения цветения с пиком активности и распространенности опылителей. Поэтому не приходится говорить о росте видоразнообразия в условиях повышенной концентрации  $\text{CO}_2$ . В целом на основании приведенных результатов научных исследований можно видеть, что будущая атмосфера Земли с высоким содержанием двуоксида углерода окажет прямое и значительное влияние на состав и функционирование экосистем.

Изучение адаптивной стратегии и реакции растений на колебания основных факторов, влияющих на изменение климата и характеристики окружающей среды, позволило уточнить некоторые прогнозы. Еще в 1987 г. был подготовлен сценарий агроклиматических последствий современных изменений климата и роста  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли для Северной Америки<sup>15</sup>. Согласно проведенным оценкам, при увеличении концентрации  $\text{CO}_2$  до 400 ppm и росте средней глобальной температуры у земной поверхности на  $0.5^\circ\text{C}$  урожайность пшеницы в этих условиях увеличится на 7—10%. Но рост температур воздуха в северных широтах особенно проявится в зимнее время и вызовет чрезвычайно неблагоприятные частые зимние оттепели, которые могут привести к ослаблению морозостойкости озимых культур, вымерзанию посевов и повреждению их ледяной коркой. Прогнозируемое увеличение теплового периода вызовет необходимость селекции новых сортов с более продолжительным вегетационным периодом.

Что касается прогнозов урожайности основных сельскохозяйственных культур для России, то происходящий рост средних приземных температур воздуха и рост  $\text{CO}_2$  в атмосфере, казалось бы, должны иметь положительный эффект. Воздействие только роста углекислого газа в атмосфере может обеспечить рост продуктивности ведущих сельскохозяйственных культур —  $\text{C}_3$ -растений (хлебных злаков, картофеля, свеклы и др.) — в среднем на 20—30%, тогда как для  $\text{C}_4$ -растений (кукурузы, проса, сорго, амаранта) этот рост незначителен<sup>16</sup>. Однако потепление, очевидно, повлечет за собой снижение уровня атмосферного увлажнения примерно на 10%, что осложнит земледелие особенно в южной части Европейской территории, в Поволжье, в степных районах Западной и Восточной Сибири. Здесь можно ожидать не только снижения сбора продукции с единицы площади, но и развития эрозийных процессов (особенно ветровых), ухудшения качества почв, в том числе потери ими гумуса, засоления, опустынивания значительных территорий. Было установлено, что насыщение приземного слоя атмосферы толщиной до 1 м избытком  $\text{CO}_2$  может откликнуться «эффектом пустыни». Этот слой поглощает входящие тепловые потоки, поэтому в результате его обогащения диоксидом углерода (в 1.5 раза в сравнении с нынешней нормой) локальная температура воздуха непосредственно у земной поверхности станет на несколько градусов выше средней температуры. Интенсивность испарения влаги из почвы увеличится, что приведет к ее иссушению<sup>17</sup>. Из-за этого в целом по стране может снизиться производство зерна, кормов, сахарной свеклы, картофеля, семян подсолнечника, овощей и т.д.<sup>18</sup> В результате

<sup>15</sup> Менжулин Г.В., Коваль Л.А., Николаев М.В., Савватеев С.П. Об оценках агроклиматических последствий современных изменений климата. Сценарий для Северной Америки // Исслед. влияния изменений окружающей среды и климата на продуктивность с.-х. культур. Л., 1987. С.132—146.

<sup>16</sup> Мокроносов А.Т. Фотосинтез и изменение содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере // Природа. 1994. №7. С.25—27.

<sup>17</sup> Скурлатов Ю.И. и др. Введение в экологическую химию. М., 1994. С.38.

<sup>18</sup> Романенко Г.А., Комов Н.В., Тютюнников А.И. Изменение климата и возможные последствия этого процесса в сельском хозяйстве // Земельные ресурсы России, эффективность их использования. М., 1995. С.87—94.

изменяться пропорции между размещением населения и производством основных видов сельскохозяйственной продукции.

Наземные экосистемы, таким образом, весьма чувствительны к увеличению  $CO_2$  в атмосфере, причем, поглощая избыточный углерод в процессе фотосинтеза, в свою очередь способствуют и росту атмосферного углекислого газа. Не менее важную роль в формировании уровня  $CO_2$  в атмосфере играют процессы почвенного дыхания. Известно, что современное потепление климата вызывает усиленное выделение неорганического углерода из почв (особенно в северных широтах). Модельные расчеты<sup>19</sup>, проведенные с целью оценки отклика наземных экосистем на глобальные изменения климата и уровня  $CO_2$  в атмосфере, показали, что в случае только роста  $CO_2$  (без климатических изменений) стимуляция фотосинтеза уменьшается при высоких значениях  $CO_2$ , но выделение углерода из почв растет по мере его аккумуляции в растительности и почвах. Если содержание  $CO_2$  в атмосфере стабилизируется, чистая продукция экосистем (результатирующий поток углерода между биотой и атмосферой) быстро падает до нуля, так как фотосинтез компенсируется дыханием растений и почв. Ответом наземных экосистем на климатические изменения без воздействия роста  $CO_2$ , согласно этим расчетам, может стать уменьшение глобального потока углерода из атмосферы в биоту из-за усиления дыхания почв в северных экосистемах и уменьшения чистой первичной продукции в тропиках в результате падения влагосодержания почв. Этот результат подтверждается оценками, согласно которым воздействие потепления на дыхание почв превалирует над воздействием его на рост растений и уменьшает почвенный запас углерода. Совместное воздействие глобального потепления и

роста  $CO_2$  в атмосфере может увеличить глобальную чистую продукцию экосистем и сток углерода в биоту, однако значительное возрастание почвенного дыхания может компенсировать этот сток в зимний и весенний периоды. Немаловажно, что эти прогнозы реакции наземных экосистем существенно зависят от видового состава растительных сообществ, обеспеченности питательными веществами, возраста древесных пород и значительно варьируют в пределах климатических зон.

\* \* \*

Данные, представленные в приложении к петиции, имели целью, как указывалось, предотвратить принятие документа, выработанного на международной встрече в Киото 1997 г. и открытого для подписания с марта 1998 г. по март 1999 г. Как показали итоги встречи в Буэнос-Айресе (ноябрь 1998г.), вероятность подписания этого документа рядом индустриально развитых государств, и в первую очередь США, практически отсутствует. В связи с этим возникает необходимость усовершенствования стратегии в решении проблемы глобальных изменений климата.

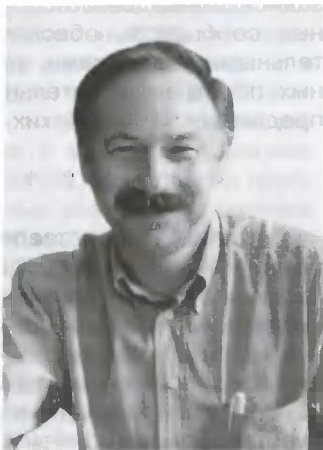
Вице-директор Института наблюдений за миром (The World Watch Institute) К.Флавин считает необходимым элементом дальнейшего движения — создание инициативной группы. В нее войдут страны (в частности, Европы и Латинской Америки), подписавшие протокол в Киото, крупнейшие города, «конструктивно мыслящие корпорации и фирмы» («Бритиш Петролиум», «Энрон Корпорейшен», «Роял Дойч Шелл» и др.), активно поддерживающие ограничение эмиссии парниковых газов и включившиеся в процесс ограничения их выбросов на основе торговли эмиссиями.

По нашему мнению, важным вкладом в решение этой проблемы могло бы стать внедрение энергосберегающих технологий и использование возобновляемых источников энергии.

<sup>19</sup> Mingkui C., Woodward F. I. // Nature. 1998. V.393. №6682. P.249—252.

# Ждем новых открытий в физике элементарных частиц!

Д.И.Казаков



*Дмитрий Игоревич Казаков, доктор физико-математических наук, заместитель директора Лаборатории теоретической физики им.Н.Н.Боголюбова Объединенного института ядерных исследований (Дубна). Область научных интересов — физика высоких энергий, квантовая теория поля.*

**В** ПОСЛЕДНЕЙ четверти XX в. на наших глазах и при нашем содействии произошло рождение новой картины микромира: построена Стандартная Модель (СМ) фундаментальных сил природы. Она венчает достижения 20-го столетия в понимании устройства мироздания. Появление Стандартной Модели имеет эпохальное значение и эквивалентно созданию классической теории электромагнетизма в прошлом веке, которое положило начало использованию электрической энергии, или рождению квантовой механики в начале этого столетия, открывшему эру атома. Основанная на общем физическом принципе локальной симметрии, Стандартная Модель намечает путь к описанию всех сил природы — от микро- до макрокосмоса — в рамках единой всеобъемлющей теории.

## СТРУКТУРА МАТЕРИИ

Согласно современным воззрениям, материя имеет следующую иерархическую структуру: окружающее нас вещество состоит из атомов и молекул, атомы содержат сердцевину — атомное ядро — и электронную оболочку, атомное ядро состоит из элементарных частиц — протонов и нейтронов, они в свою очередь построены из еще более элементарных составляющих, называемых кварками (рис.1). Кварки, как и электрон (первая открытая элементарная частица), не имеют внутренней структуры и считаются истинно элементарными, по крайней мере, на уровне сегодняшних знаний. Электрон — исторически первый представитель целого семейства слабовзаимодействующих



частиц — лептонов. Таким образом, фундаментальными частицами материи (с ненулевой массой покоя) в настоящий момент признаны *кварки* и *лептоны*. Основные характеристики кварков и лептонов сведены<sup>1</sup> в табл.1.

Во главу угла классификации частиц положен принцип симметрии. Под симметрией понимается инвариантность (неизменность) уравнений, описывающих свойства частиц и их взаимодействия, при различных преобразованиях, таких, например, как изменение системы отсчета, изменение фазы волновой функции, вращение в пространстве внутренних степеней свободы и т.д. Подобные преобразования, если использовать математический язык, образуют различные *группы симметрии*, с которыми связаны дискретные характеристики — квантовые числа, сохраняющиеся неизменными при преобразованиях данной группы. Так, с группой вращений пространства—времени связано понятие собственного момента количества движения частицы, или спина. Спин квантуется, т.е. может принимать только целые и полуцелые значения в единицах постоянной Планка  $\hbar$  — фундаментальной постоянной квантовой физики. Другой пример<sup>2</sup> — группа фазовых преобразований волновой функции частицы, знакомая нам из квантовой механики. Сохраняющейся величиной здесь оказывается электрический заряд, который тоже квантуется в единицах элементарного заряда (каковым считается заряд протона).

Частицы характеризуются и другими квантовыми числами, такими как барионный или лептонный заряды, изотопический спин, цветовой заряд и т.д., отражающими их свойства по отношению к группам симметрии различных взаимодействий, а кроме того — массой покоя. Группа симметрии служит ключевым понятием в формулировке теории данного взаимодействия. Именно она определяет набор частиц, которые участвуют во взаимодействии, их



*Рис. 1. Структура атома. Если бы мы захотели нарисовать эту картинку, соблюдая масштаб и так, чтобы протон или нейтрон имели бы размер изображенного атома, тогда кварки и электроны представлялись бы точками диаметром меньше 0.1 мм, а весь атом — кругом поперечником в 10 км.*

свойства или квантовые числа, а также число и тип частиц — переносчиков взаимодействия.

Фундаментальные частицы материи имеют спин 1/2 и подчиняются статистике Ферми—Дирака, т.е. они являются квантами соответствующих фермионных полей и в квантовой теории поля описываются антикоммутирующими<sup>2</sup> операторами. Во взаимодействиях они выступают как точечные образования, не имеющие внутренней структуры, хотя и обладающие внутренними степенями свободы, которые задаются соответствующей группой симметрии. В настоящий момент известно шесть типов кварков и шесть типов лептонов. При этом наблюдается замечательное свойство повторяемости. Самые легкие частицы — электрон, электронное нейтрино, верхний и нижний кварки, которые, как говорят,

<sup>1</sup> Contemporary Physics Education Project, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, 1990.

<sup>2</sup> Антикоммутирующими называются такие операторы, которые при перестановке изменяют знак:  $\hat{a}\hat{b} = -\hat{b}\hat{a}$ .

**Таблица 1**  
**Фундаментальные частицы и переносчики взаимодействий в Стандартной Модели**  
**ЧАСТИЦЫ МАТЕРИИ**

фермионы, спин 1/2						
Лептоны			Кварки			
Аромат		Масса, ГэВ/c <sup>2</sup>	Электрич. заряд	Аромат	Масса, ГэВ/c <sup>2</sup>	Электрич. заряд
$\nu_e$	электронное нейтрино	$<2 \cdot 10^{-9}$	0	u верхний	$4 \cdot 10^{-3}$	2/3
e	электрон	$5.1 \cdot 10^{-4}$	-1	d нижний	$7 \cdot 10^{-3}$	-1/3
$\nu_\mu$	мюонное нейтрино	$<3 \cdot 10^{-4}$	0	s очарованный	1.5	2/3
$\mu$	мюон	0.106	-1	c странный	0.15	-1/3
$\nu_\tau$	тау нейтрино	$<4 \cdot 10^{-2}$	0	t топ	174	2/3
$\tau$	тау	1.784	-1	b боттом	4.7	-1/3

### ПЕРЕНОСЧИКИ СИЛ

бозоны, спин 1

Электрослабые	Масса ГэВ/c <sup>2</sup>	Электрич. заряд
$\gamma$ фотон	0	0
W <sup>-</sup>	80.6	-1
W <sup>+</sup>	80.6	+1
Z <sup>0</sup>	91.16	0
Сильные	Масса ГэВ/c <sup>2</sup>	Электрич. заряд
g глюон	0	0

Спин, или внутренний угловой момент частицы, дан в единицах  $\hbar$ , электрический заряд — в единицах элементарного заряда. Массы даны в единицах ГэВ/c<sup>2</sup> (по соотношению  $E=mc^2$  с учетом того, что энергия измеряется в электрон-вольтах).

принадлежат к первому поколению, затем репродуцируются дважды во втором и третьем поколениях с разницей только в массе (все остальные характеристики частиц остаются прежними). Поэтому мы выделяем три поколения фундаментальных частиц материи. Не исключено, что тремя поколениями исчерпываются все материальные частицы, по крайней мере на данном этапе их идентификации.

Поскольку в математике все группы конечной размерности классифицированы и их свойства изучены, это позволяет не только создать классификацию известных элементарных частиц, но также предсказать новые частицы и найти их квантовые числа. Вопрос состоит лишь в том, какая группа симметрии соответствует физической реальности, отвечает тому или иному взаимодействию.

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Различают четыре вида фундаментальных взаимодействий материальных частиц: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное, перечисленные в порядке убывания их интенсивности (основные свойства представлены в табл.2, примеры — на рис.2). Теории всех видов взаимодействий строятся на основе единого принципа *локальной симметрии*. Локальной называется такая группа симметрии, параметры преобразования которой зависят от пространственно-временной точки. Эту симметрию называют еще *калибровочной симметрией*, и с ней связаны специальные калибровочные поля. Переносчиками взаимодействия являются кванты

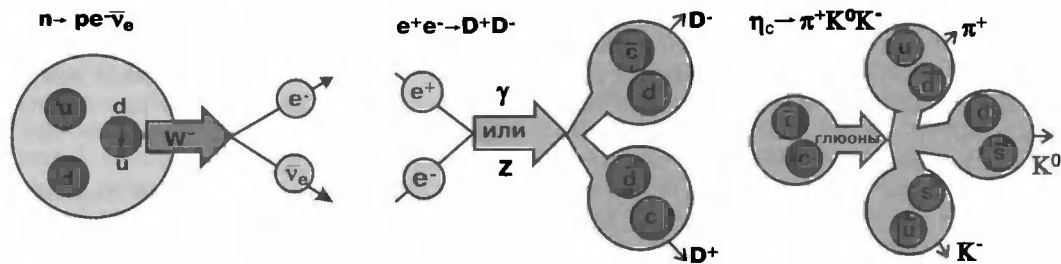
**Таблица 2**  
**СВОЙСТВА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

Свойства	Взаимодействие	Гравитационное	Слабое	Эл.магнитное	Сильное	
			(Электрослабое)		Фундаментальное	Остаточное
На что действует:		массу— энергию	аромат	эл. заряд	цветовой заряд	
Кто участвует:		все частицы гравитон	кварки, лептоны	заряженные частицы	кварки, глюоны	адроны
Переносчики:			$W^+, W^-, Z^0$	$\gamma$	глюоны	мезоны
Сила взаимодействия: двух кварков (по отношению к эл.маг.), сближенных на расстояние	$\left\{ \begin{array}{l} 10^{-16}M \\ 3 \cdot 10^{-17}M \end{array} \right.$	$10^{-41}$	0.8	1	25	не применимо к кваркам
двух адронов на расстоянии		$10^{-36}$	$10^{-4}$	$10^{-7}$	60	20
	$10^{-15}M$			1	не применимо к адронам	

**Цветовой заряд.** Каждый кварк несет в себе один из трех «сильных» или «цветовых» зарядов. Имеется восемь возможных типов цветового заряда глюонов. Также как электрически заряженные частицы взаимодействуют путем обмена фотонами, в сильных взаимодействиях «цветные» частицы обмениваются глюонами. Лептоны, фотоны и  $W$ - и  $Z$ -бозоны не имеют цветового заряда и соответственно не участвуют в сильных взаимодействиях. Кварки и глюоны невозможно изолировать, они заключены в «бесцветных» адронах. Удержание (конфайнмент) кварков и глюонов — следствие множественных обменов глюонами между «цветными» объектами. Если их развести, цветовая сила между ними достигает постоянного значения и энергия взаимодействия возрастает. В конце концов это приводит к рождению кварк—антикварковой пары. Наблюдаемые оказываются только «бесцветные» комбинации, называемые адронами (мезоны и барионы).

**Остаточные сильные взаимодействия.** Сильная связь между «бесцветными» протонами и нейтронами с образованием ядер атомов является остаточным эффектом сильного взаимодействия между их «цветными» составляющими, подобно тому как электромагнитное взаимодействие связывает электрически нейтральные атомы в молекулах. Эта связь проявляется в форме обмена мезонами между адронами.

**Материя и антиматерия.** Для каждой частицы существует античастица, обозначаемая символом соответствующей частицы с чертой сверху. Частица и античастица имеют одинаковую массу и спин, но противоположные заряды. Для некоторых электрически нейтральных бозонов (например,  $Z^0$ ,  $\gamma$  и  $\eta_c = c\bar{c}$ , но не  $K^0 = d\bar{s}$ ) частицы и античастицы идентичны.



***$\beta$ -распад нейтрона с образованием протона (переход  $d \rightarrow u$ ), электрона и антинейтрино через промежуточный (виртуальный)  $W$ -бозон.***

***Аннигиляция электрона и позитрона, сталкивающихся при высокой энергии, с образованием  $D^+$ - и  $D^-$ -мезонов через виртуальные фотон или  $Z$ -бозон.***

***Множественное рождение мезонов из облака виртуальных глюонов, порожденных аннигиляцией  $c$ - и  $\bar{c}$ -кварков в составе  $\eta_c$ -мезона.***

**Рис. 2.** Примеры фундаментальных взаимодействий: слабого (слева), электрослабого (в середине) и сильного (справа).

калибровочных полей, которые имеют спин 1 (глюоны, фотон, промежуточные векторные<sup>3</sup> бозоны) или спин 2 (гравитоны, табл.1). Они подчиняются статистике Бозе—Эйнштейна и описываются коммутаторными операторами.

**Электромагнетизм.** Кварки и лептоны, обладающие электрическим зарядом, принимают участие в электромагнитном взаимодействии. Теория электромагнитных взаимодействий — квантовая электродинамика (КЭД) — представляет собой простейшую калибровочную теорию. КЭД — естественное распространение квантовой механики на систему с произвольным числом частиц. Как и в последней, в КЭД вероятность любого процесса определяется квадратом модуля амплитуды соответствующих функций и поэтому не зависит от фазы, которая может быть произвольной. Уравнения КЭД инвариантны относительно группы локальных фазовых вращений. Эта группа носит название  $U(1)_{EM}$ .

**Электрослабая теория.** Однако в Стандартной Модели электромагнитное взаимодействие в чистом виде не существует, оно перемешивается со слабым взаимодействием в рамках единой электрослабой теории. Эта теория объединяет слабые и электромагнитные взаимодействия подобно тому, как теория Максвелла связывает электричество и магнетизм в единую теорию электромагнетизма, и продвигает нас еще на один шаг по пути к общему описанию сил в природе. Группа симметрии электрослабой теории более сложная, она состоит из двух подгрупп и обозначается как  $SU(2)_L \otimes U(1)_Y$ . Чтобы пояснить смысл этого обозначения, заметим, что кварки и лептоны, имея собственный угловой момент — спин, разделяются на две категории, называемые условно правыми и левыми. У правых частиц спин ориентирован вдоль направления движения, а у левых — в противоположном. Характерная особенность слабых взаимодействий

— отсутствие симметрии между левым и правым: левые частицы (или правые античастицы) принимают участие в слабом взаимодействии, а правые — нет. При этом левые частицы образуют пары — изотопические дублеты. Так, например, левые электрон и электронное нейтрино или верхний и нижний кварки образуют дублеты. Компоненты дублета отличаются друг от друга квантовым числом, называемым слабым изоспином, который принимает значения  $\pm 1/2$ . При этом в слабых взаимодействиях обе компоненты дублета участвуют одинаково, и теория слабых взаимодействий строится инвариантной относительно вращения в пространстве слабого изоспина. Этому отвечает подгруппа  $SU(2)_L$ , где индекс  $L$  соответствует левым частицам. Второй множитель,  $U(1)_Y$ , связан с фазовыми вращениями, как в КЭД, но только с измененным зарядом. Место электрического заряда здесь занимает общий для всего дублета так называемый гиперзаряд  $Y$ , отличающийся от электрического заряда частицы на величину ее слабого изоспина.

Группа симметрии электрослабой теории, в отличие от электродинамики, оказывается нарушенной и проявляется в полной мере лишь при больших энергиях. Масштаб нарушения<sup>5</sup> составляет порядка 100 ГэВ, ниже этого порога остается только электромагнитная подгруппа  $U(1)_{EM}$ . Переносчиками слабых взаимодействий служат промежуточные векторные бозоны  $W$  и  $Z$ , а электромагнитного — фотон.  $W$ - и  $Z$ -бозоны имеют массу, которая почти в 100 раз превышает массу протона, а фотон — безмассовая частица.

**Спонтанное нарушение симметрии.** Таким образом, в электрослабой теории, в отличие от электродинамики, локальная симметрия нарушена. Именно из-за этого возникает масса у кварков, лептонов и промежуточных векторных бозонов. Механизм нарушения  $SU(2)_L$  симметрии по-прежнему остается невы-

<sup>3</sup> Векторными называют частицы со спином 1.

<sup>4</sup> Коммутаторными называются такие операторы, которые при перестановке не изменяют знак:  $\hat{a}\hat{b} = \hat{b}\hat{a}$ .

<sup>5</sup> По поводу единиц измерения энергии и масс частиц см. пояснения к табл.1.

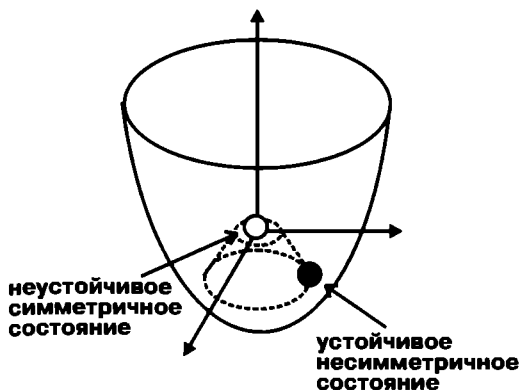


Рис.3. Спонтанное нарушение симметрии вращения относительно вертикальной оси.

ясненным. Наиболее популярен так называемый механизм Хиггса. Сущность его в том, что вводится дополнительное поле  $H$ , которое приобретает ненулевое среднее значение  $\langle H \rangle$  — конденсат. Образование конденсата приводит к нарушению симметрии, однако весьма специальным образом: все взаимодействия по-прежнему описываются симметричными уравнениями, а нижнее энергетическое состояние — вакуум — становится несимметричным. Такое нарушение симметрии называют «спонтанным».

Явление спонтанного нарушения симметрии можно продемонстрировать на простом механическом примере. Рассмотрим бутылку из-под шампанского с обычным, вогнутым доньшком (рис.3). Бутылка инвариантна относительно вращений вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. В то же время, если бросить внутрь нее горошину, последняя непременно займет какое-то случайное положение на ободке, которое разрушит исходную симметрию. Таким образом, имея симметричную конструкцию, мы получаем несимметричное низшее состояние. Это и есть пример спонтанного нарушения симметрии.

Именно с таким явлением мы сталкиваемся в электрослабой теории. Поле Хиггса, также как кварки и лептоны,

описывается изотопическим дублетом, и теория строится инвариантной относительно вращений в пространстве изоспина. Однако вакуумное среднее хиггсовского поля  $\langle H \rangle$  имеет ненулевое значение, которое указанную симметрию разрушает. Это приводит к далеко идущим следствиям: происходит генерация масс кварков, лептонов и промежуточных векторных бозонов. Массы всех частиц оказываются пропорциональными  $\langle H \rangle$ .

Итак, механизм Хиггса предполагает существование дополнительного поля, квант которого — нейтральная массивная скалярная<sup>6</sup> частица, именуемая хиггсовским бозоном. Эта частица принимает участие в электрослабом взаимодействии и должна наблюдаться в эксперименте. То, что мы хиггсовский бозон не видим, объясняется недостаточной для его рождения энергией, достигнутой пока на имеющихся ускорителях. Это справедливо и в том случае, если хиггсовский бозон окажется составной, а не фундаментальной частицей.

**Сильное взаимодействие.** Сильное взаимодействие связывает между собой кварки, образуя адроны — сильно взаимодействующие частицы. К адронам относятся протоны, нейтроны, гипероны и другие барионы — частицы с полуцелым спином, а также  $\pi$ ,  $K$ ,  $\rho$  и другие мезоны — частицы с целым спином (табл.3). Все они — связанные состояния кварков, а взаимодействия между адронами — «всего лишь» остаточные эффекты сильного взаимодействия кварков. Лептоны не принимают участия в сильных взаимодействиях.

Сильное взаимодействие кварков теория связывает с наличием у них «цветового» заряда. Это новое квантовое число, введенное для объяснения существования адронов, построенных из трех кварков одного типа, спины которых ориентированы в одном направлении. Так как кварки — фермионы, т.е. описываются антикоммутирующими операторами, симметричные комбинации тако-

<sup>6</sup> Скалярными называются частицы, имеющие спин 0.

**Таблица 3**  
**Кварковый состав барионов (примеры)**

Адроны					
Барионы $qqq$ или антибарионы $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Символ	Имя	Кварковый состав	Электрический заряд	Масса, ГэВ/ $c^2$	Спин
$p$	протон	$u u d$	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	антипротон	$\bar{u} \bar{u} \bar{d}$	-1	0.938	1/2
$n$	нейтрон	$u d d$	0	0.940	1/2
$\Lambda$	лямбда	$u d s$	0	1.116	1/2
$\Omega^-$	омега	$s s s$	-1	1.672	1/2

**Кварковый состав мезонов (примеры)**

Адроны					
Мезоны $q\bar{q}$					
Символ	Имя	Кварковый состав	Электрический заряд	Масса, ГэВ/ $c^2$	Спин
$\pi^+$	пион	$u \bar{d}$	+1	0.140	0
$K^-$	каон	$s \bar{u}$	-1	0.494	0
$\rho^+$	ро	$u \bar{d}$	+1	0.770	1
$D^+$	д-плюс	$c \bar{d}$	+1	1.869	0
$\eta_c$	эта-ц	$c \bar{c}$	0	2.980	0

го рода должны были бы отсутствовать, ибо волновая функция обращается в ноль. Парадокс разрешается с введением нового квантового числа, которое позволяет антисимметризовать волновую функцию. Это число было названо «цвет», хотя и не имеет никакого отношения к обычному цвету. Поскольку «цвет» никак не проявляется в эксперименте, теория сильных взаимодействий строится инвариантной относительно локальных вращений в пространстве «цветов». Так как число «цветов» равно трем, группа симметрии сильных взаимодействий есть  $SU(3)_c$ , где индекс  $c$  означает «цвет». Сильные взаимодействия переносятся векторными частицами, называемыми *глюонами*; они сами имеют цветовой заряд (в отличие от фотонов, которые осуществляют электромагнитное взаимодействие, но заряда не имеют). Это связано с тем, что группа симметрии сильных взаимодействий представляет собой неабелеву группу, т.е. содержит некоммутирующие друг с другом преобразования. Глюоны,

так же как и фотон, являются безмассовыми частицами. Теория сильных взаимодействий получила название «квантовая хромодинамика» (КХД) по аналогии с уже упоминавшейся квантовой электродинамикой.

**Гравитация.** Надо признать, что последовательной и непротиворечивой формулировки квантовой теории гравитации, где, как предполагается, гравитационное взаимодействие переносится квантом гравитационного поля — гравитоном, пока нет. Не исключено, что такая формулировка невозможна в рамках локальной квантовой теории поля, лежащей в основе описания трех остальных взаимодействий, и требует привлечения новых концепций. Пример нового подхода демонстрирует нелокальная теория протяженных объектов — струн, в пределах которой в принципе возможно построить квантовую теорию гравитации. Однако в силу слабости гравитации по сравнению с другими взаимодействиями (гравитационное взаимодействие двух электронов в  $10^{41}$  раз

слабее электростатического), в Стандартной Модели ею обычно пренебрегают.

Все фундаментальные частицы Стандартной Модели, как частицы материи, так и переносчики взаимодействий (за исключением гравитона и возможного хиггсовского бозона), к настоящему времени открыты экспериментально на ускорителях, и точность, с которой многие выводы СМ проверены на опыте, — чрезвычайно высока: от  $10^{-2}$  для КХД до  $10^{-8}$  для КЭД.

#### ЗА ПРЕДЕЛАМИ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

Хотя Стандартная Модель уже увенчана несколькими Нобелевскими премиями как за теорию, так и за экспериментальные открытия, в ней все же есть ряд нерешенных проблем. Под вопросом остается не подтвержденный экспериментально механизм нарушения электрослабой симметрии (механизм Хиггса), а также механизм нарушения СР-инвариантности (инвариантности относительно зеркального отражения пространственных координат с одновременной заменой частицы на античастицу). Неясно, почему именно таков спектр масс кварков и лептонов и имеет ли массу нейтрино. Попытки решения проблем СМ выводят нас за ее рамки и связаны с возможностью существования новой симметрии, новых частиц и взаимодействий, которые возникают при энергиях заметно выше 100 ГэВ, т.е. на сегодня пока недоступных экспериментальной проверке.

Одна из приоритетных задач функционирующих и строящихся ускорителей — завершение проверки СМ, прежде всего поиск хиггсовского бозона, а также поиск новых явлений, не укладывающихся в рамки этой модели, новых частиц и симметрий. Достигнуть поставленной цели можно двумя способами: или увеличить точность теоретических расчетов и эксперимента, чтобы заметить отклонение предсказаний СМ от результатов наблюдений, или увеличить энергию и светимость ускорителей, чтобы наблюдать рождение новых частиц. (То

же с некоторыми оговорками относится и к неускорительным экспериментам.)

На первом пути есть шанс обнаружить следы новых частиц и измерить их массы за счет вклада последних в наблюдаемые эффекты при энергиях ниже порога их рождения. Именно так на ускорителе LEP (ЦЕРН) была найдена масса топ-кварка еще до его открытия в Национальной лаборатории им.Э.Ферми (США). Аналогичным образом прецизионные измерения масс  $W$ -бозона и топ-кварка на LEP и Теватроне (лаборатория им.Э.Ферми) позволят определить массу хиггсовского бозона при энергиях ниже порога его рождения в случае, если механизм Хиггса действительно реализован в природе.

Здесь следует сделать некоторое отступление и заметить, что в СМ масса хиггсовского бозона не предсказывается, хотя и существуют косвенные ограничения на ее величину. Это связано с тем, что масса этого бозона выражается через значение конденсата поля Хиггса  $\langle H \rangle$ , упомянутого выше (которое может быть вычислено, например, по известной массе  $Z$ -бозона), и константу, характеризующую взаимодействие хиггсовских бозонов между собой, так называемую константу самодействия (которая не предсказывается теорией). Ограничения на ее значения следуют из требований устойчивости хиггсовского потенциала (как в классической механике) и отсутствия состояний с неправильной нормой, так называемых духов. Эти условия эквивалентны тому, что константа самодействия не обращается в ноль или бесконечность при изменении ее с энергией. (Заметим, что в квантовой теории поля ни одна константа взаимодействия таковой строго говоря не является и, как следствие поляризации вакуума, зависит от масштаба или от энергии. Поляризация вакуума есть наблюдаемый эффект, и зависимость констант взаимодействия от энергии, которая носит логарифмический характер, имеет экспериментальные подтверждения.) Из требования, чтобы константа хиггсовского самодействия была положительной и конечной при энергиях ниже,

скажем, 1 ТэВ, вытекает ограничение на массу хиггсовского бозона в интервале 70—500 ГэВ/ $c^2$ . Если потребовать выполнение этих условий до энергий порядка массы Планка  $\sim 10^{19}$  ГэВ (масштаб квантовой гравитации), то получим гораздо более узкий интервал в 135—280 ГэВ/ $c^2$ . К сожалению, массы свыше 90—100 ГэВ/ $c^2$  недоступны пока прямому экспериментальному определению.

Заметным достижением 1998 г., как было признано на XXIX Международной конференции по физике высоких энергий в Ванкувере<sup>7</sup>, стало экспериментальное установление верхней границы массы хиггсовского бозона из совокупности ускорительных данных. С 95%-м уровнем достоверности масса хиггсовского бозона в СМ ограничена значением 280 ГэВ/ $c^2$ . Эта оценка, по-видимому, не сильно изменится в ближайшее время. Экспериментальный же предел, следующий из того, что хиггсовский бозон не обнаружен на ускорителе LEP, составляет сейчас около 90 ГэВ/ $c^2$ . К этому выводу приводит анализ событий электрон-позитронной аннигиляции с рождением либо двух пар лептонов, либо пары лептонов и пары адронных струй, либо двух пар струй. Имеющиеся события такого рода укладываются в рамки фонового процесса рождения пары Z-бозонов.

### СУПЕРСИММЕТРИЯ

Другое направление исследований — поиск новых частиц, и прежде всего суперсимметрии — гипотетической новой симметрии, которая может проявляться при высоких энергиях. Хотя еще нет никаких прямых указаний на ее существование, это наиболее популярный и многообещающий выход за рамки СМ, и поиску суперсимметрии уделяется сейчас много внимания. Поэтому остановимся на ней поподробнее.

Как уже говорилось, все фундаментальные частицы СМ можно разбить на

два класса: фермионы, или частицы со спином  $1/2$ , и бозоны, или частицы со спином 1 и 0. К первым относятся кварки и лептоны, а ко вторым — калибровочные бозоны и бозон Хиггса. Всего насчитывается 90 фермионных степеней свободы и 28 бозонных. Тем самым СМ в высшей степени несимметрична по отношению к фермионам и бозонам, они никак не связаны между собой, и группы внутренней симметрии, как, например, группа вращений изоспина или цветового заряда кварков, не связаны с группой пространственной симметрии, группой Лоренца. А такая связь, если она существует, позволила бы поместить все частицы в один мультиплет и создать теорию единого взаимодействия.

Подобная симметрия между бозонами и фермионами, названная *суперсимметрией*, была предложена математиками около 25 лет назад. Вскоре были построены суперсимметричные модели квантовой теории поля, пригодные для описания взаимодействия частиц. Сразу же стало понятным, что если, следуя принципу локальности симметрии, сделать суперсимметрию локальной, получится теория, связывающая между собой частицы со спинами 0,  $1/2$ , 1,  $3/2$  и 2, т.е. теория гравитации или супергравитации. Тем самым в рамках суперсимметрии удастся построить единую калибровочную теорию всех известных взаимодействий, хотя технически это и очень сложно<sup>8</sup>.

Тем не менее были предприняты попытки создать суперсимметричное обобщение СМ, и разработанную теорию назвали Минимальной Суперсимметричной Стандартной Моделью (МССМ). Особенность МССМ в том, что каждая частица СМ, будь то бозон или фермион, входит в один мультиплет с аналогичной частицей, отличающейся значением спина на  $1/2$ . Эти частицы называют суперпартнерами обычных частиц. Так, суперпартнерами кварков и лептонов являются скварки и слептоны

<sup>7</sup> XXIX International Conference on High Energy Physics, TRIUMF, Vancouver, Canada, 1998.

<sup>8</sup> Supersymmetry and Supergravity / Ed. M.Jacob. Amsterdam, 1986.



со спином 0, суперпартнерами калибровочных бозонов — калибрино (глюино, зино, вино, и фотино) со спином 1/2, а хиггсовского бозона — хиггсино также со спином 1/2. Эти частицы, если бы суперсимметрия не нарушалась, должны бы иметь такие же массы, как и обычные частицы, и наблюдаться на опыте. Поскольку это не так, то предполагается, что суперсимметрия — нарушенная симметрия. Масштаб нарушения составляет порядка тераэлектронвольт, так что при энергии много больше 1 ТэВ суперсимметрия восстанавливается. Следствием нарушения суперсимметрии становится расщепление масс внутри супермультиплета, и суперпартнеры оказываются значительно тяжелее обычных частиц.

#### ТЕОРИИ ВЕЛИКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

Появление масштаба в 1 ТэВ не случайно. Он имеет отношение к проблеме объединения трех фундаментальных взаимодействий (сильного, слабого

и электромагнитного) в единое целое с одной общей константой и группой симметрии. Такая теория получила название теории *Великого объединения взаимодействий*<sup>9</sup>. На первый взгляд это кажется невозможным, поскольку, как следует из табл.1, значения констант трех взаимодействий существенно различны. Однако, как мы уже отмечали, константы взаимодействия зависят от энергии, и при энергиях порядка  $10^{15}$ — $10^{16}$  ГэВ их значения сравниваются. Чтобы получить пересечение трех кривых в одной точке, необходимо знать их экспериментальные значения при какой-нибудь энергии и закон эволюции. Последний зависит от модели. В СМ этот закон известен: константы ведут себя как обратные логарифмы энергии, отнесенной к характерному масштабу взаимодействия. После прецизионного измерения констант на ускорителе LEP

<sup>9</sup> Amaldi U., Boer W. de, Furstenau H. // Physics Letters. 1991. V.B260. P.447—455.

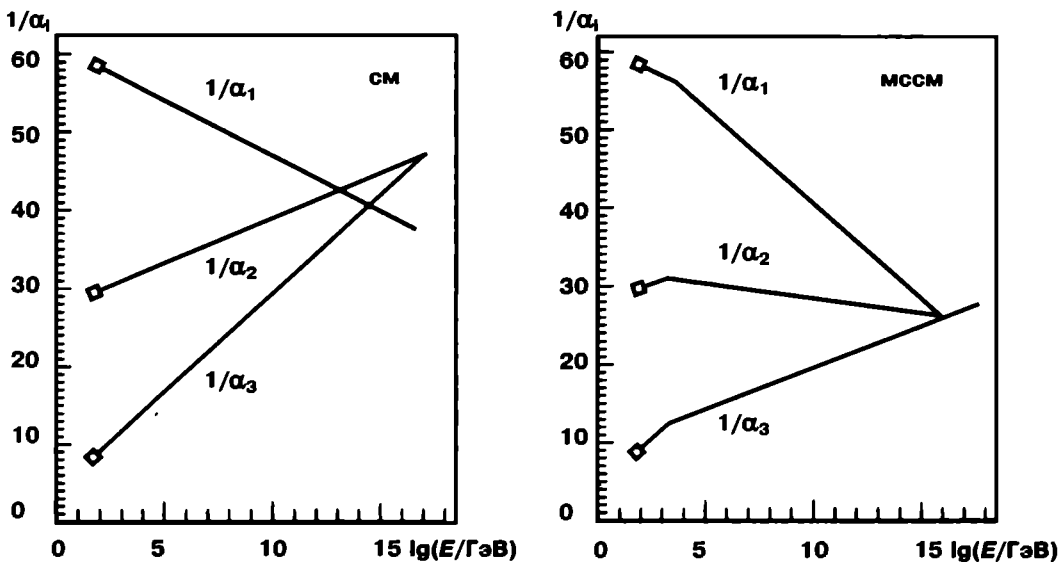


Рис. 4. Зависимость констант трех фундаментальных взаимодействий (электромагнитного, слабого и сильного) от логарифма характерной энергии. Слева — в Стандартной Модели, справа — в Минимальной Суперсимметричной Стандартной Модели.

стало возможным проверить гипотезу Великого объединения. Константы разошлись (рис.4, слева). С другой стороны, если предположить существование суперсимметрии, результат зависит от того, на каком масштабе происходит ее нарушение. Например, если этот масштаб равен 1 ТэВ, кривые трех взаимодействий замечательным образом пересекаются в одной точке (рис.4, справа). Поскольку идеи суперсимметрии неотделимы от концепции объединения различных сил природы, Великое объединение взаимодействий в рамках МССМ рассматривается часто как указание в пользу суперсимметрии.

Пока нет никаких экспериментальных подтверждений существования суперсимметрии, главным аргументом ее апологетов остается эстетическая и математическая привлекательность. Именно в рамках суперсимметрии удастся решить ряд проблем теорий Великого объединения и объяснить существование столь различных масштабов: характерного масштаба слабого взаимодействия ( $\sim 10^2$  ГэВ) и масштаба, на котором происходит объединение трех взаимодействий ( $\sim 10^{16}$  ГэВ). Суперсимметрия же составляет и основу современных усилий по построению единой теории, описывающей все виды фундаментальных взаимодействий, включая гравитацию.

#### СУПЕРПАРТНЕРЫ

В рамках МССМ можно попытаться предсказать массы суперпартнеров, однако результат будет зависеть от деталей механизма нарушения суперсимметрии. Тем не менее общая оценка дает значения масс скварков и слептонов в районе от сотен ГэВ/ $c^2$  до одного ТэВ/ $c^2$ , причем некоторые частицы могут быть и заметно легче, а для калибрино, которые делятся на заряженные — зарядино и нейтральные — нейтралино, можно получить массы и менее 100 ГэВ/ $c^2$ . При этом суперпартнеры в простейших моделях с так называемой *R*-четностью (новой дискретной симметрией, относительно которой обычные

частицы имеют заряд +1, а суперпартнеры —1) рождаются всегда парами, легчайшая же суперсимметричная частица, обычно нейтралино, оказывается стабильной.

Все это имеет непосредственное значение для эксперимента, ибо такие суперпартнеры можно обнаружить уже сегодня на существующих ускорителях. Характерной особенностью событий с рождением суперпартнеров должен быть недостаток энергии и импульса, частично уносимых недетектируемым стабильным нейтралино. Отсутствие подобных событий устанавливает границы масс новых частиц: около 25 и 90 ГэВ/ $c^2$  для нейтральных и заряженных частиц соответственно.

Существование суперпартнеров нашло бы свое проявление и в макромасштабах, в частности в космологии. Дело в том, что если легчайшая суперсимметричная частица стабильна, то она даст вклад в недостающую массу Вселенной. Проблема здесь состоит в несоответствии между наблюдаемой геометрией Вселенной и плотностью вещества в ней.

Согласно астрофизическим наблюдениям метрика Вселенной плоская (т.е. имеет нулевую кривизну). Этот факт находит свое обоснование в инфляционной модели развития Вселенной после Большого Взрыва. Однако Вселенная будет плоской лишь при плотности вещества, равной критической. Меньшая плотность приводит к открытой Вселенной с отрицательной кривизной, а большая — к закрытой с положительной кривизной.

Современные результаты наблюдений свидетельствуют, что видимая материя дает примерно 1—10% необходимой массы. Сенсационные данные последнего года<sup>10</sup>, полученные из наблюдений взрывов сверхновых типа Ia, указывают на возможность того, что еще около 60% вклада в плотность материи дает космологическая посто-

<sup>10</sup> Perlmutter S., Aldering G., Goldenhaber G. et al. // *Astrophys. Journ.* 1999.

янная, введенная Эйнштейном в уравнение общей теории относительности. Недостающие 30—40% приходится на так называемую темную материю, которая не обнаруживает себя, ибо не дает электромагнитного излучения, и имеет неясное происхождение. Так вот, легчайшие нейтралыно как раз и могли бы быть недостающими частицами темной материи. В этом случае требование соответствия критической плотности накладывает сильное ограничение на возможные массы суперпартнеров, причем верхняя граница массы нейтралыно как раз и составляет около  $300 \text{ ГэВ}/c^2$ , что согласуется с предсказаниями МССМ.

#### СУПЕРСИММЕТРИЧНЫЙ БОЗОН ХИГГСА

Любопытная ситуация возникает в МССМ с хиггсовским бозоном, и, возможно, поиск хиггсовского бозона окажется критическим для жизнеспособности идеи суперсимметрии в самое ближайшее время. В этом состоит «горячая точка» физики высоких энергий до конца нашего тысячелетия. Дело в том, что в суперсимметричных теориях константа самодействия хиггсовского бозона известна и тем самым его масса может быть предсказана. В МССМ, в отличие от СМ, существует не один, а пять хиггсовских бозонов: два нейтральных СР-четных, один нейтральный СР-нечетный и два заряженных. Легчайший из них, такой же как и стандартный хиггсовский бозон, имеет массу меньше, чем Z-бозон. Правда, это справедливо лишь в классической теории, и еще существуют квантовые поправки, однако они радикально не меняют ситуацию. В двух нескольких отличных сценариях нарушения суперсимметрии массы хиггсовского бозона предсказываются соответственно в районе 95 и  $120 \text{ ГэВ}/c^2$ . Заметим, что это существенно меньше нижней границы  $134 \text{ ГэВ}/c^2$ , полученной в СМ при условии справедливости теории вплоть до энергии в  $10^{19} \text{ ГэВ}$ . Таким образом, наблюдение легкого хиггсовского бозона явилось бы сильным, хотя

и косвенным свидетельством в пользу суперсимметрии.

В то же время эксперимент стремительно подбирается к проверке предсказаний МССМ. В настоящий момент на ускорителе LEP-2 достигнута энергия в системе центра масс 189 ГэВ, и до конца тысячелетия планируется довести ее до 200, что при достаточной светимости позволит установить, существует ли хиггсовский бозон с массой до  $105 \text{ ГэВ}/c^2$ . Таким образом, простейший суперсимметричный сценарий будет подтвержден или опровергнут менее чем через два года. Останется второй вариант, предсказания которого лежат вне пределов досягаемости LEP-2. Далее это кольцо будет разобрано, и в его туннеле начнется монтаж адронного коллайдера LHC. Эстафету примет протон-антипротонный коллайдер Теватрон с энергией сталкивающихся пучков по 2 ТэВ. К сожалению, на первой стадии его светимости будет недостаточно, чтобы выделить интересующие нас процессы из фона, и ждать придется еще несколько лет. Усовершенствованный коллайдер, обладая в 20 раз большей светимостью, позволит поднять экспериментальную границу массы хиггсовского бозона до  $120\text{—}130 \text{ ГэВ}/c^2$ . Тогда вопрос с минимальной суперсимметрией будет прояснен. Однако окончательную точку поставит LHC с энергией пучков по 20 ТэВ, который начнет работать после 2006 г. Набрав соответствующую статистику, там можно будет проверить не только суперсимметричный сценарий, но и «дотянуться» до хиггсовского бозона Стандартной Модели. Там же должны быть открыты и некоторые суперпартнеры, если они существуют.

Конечно, было бы чрезвычайно интересно получить подтверждение реализации суперсимметрии в физике частиц. Однако пока гораздо более существенным остается выяснение механизма нарушения симметрии в Стандартной Модели. Если хиггсовский бозон не будет обнаружен, это создаст большие проблемы для СМ и потребует разработки новой концепции. По-видимому, нас ожидают интересные времена.

Запущенный НАСА США космический аппарат «NEAR» («Near Earth Asteroid Rendezvous» — «Встреча с околоземным астероидом») получил в декабре 1998 г. команду на маневр, который должен был обеспечить ему ближайший контакт с астероидом 433 (Эросом). Однако бортовые компьютеры неправильно поняли команду и вместо этого заглушили двигатель аппарата. Как назло, в то же время Центр руководства полетом потерял связь со спутником более чем на сутки. Когда же ее восстановили, момент перехода на «околозротиическую» орбиту уже был упущен.

Однако не все потеряно: 3 января 1999 г. аппарат правильно воспринял команду; новый курс, согласно расчетам, все же должен привести его к Эросу в феврале 2000 г. *New Scientist*. 1999. V.161. №2168. P.5 (Великобритания).

Находящаяся на спутнике Комптоновская обсерватория для исследования гамма-излучения (Compton Gamma-Ray Observatory) впервые в истории наблюдений зарегистрировала 22 января 1999 г. гамма-вспышку в далеком косми-

ческом пространстве. Автоматический телескоп, расположенный на Земле, по команде со спутника немедленно сфотографировал тот участок неба, где она произошла.

Анализ показал, что источник вспышки находился от Земли в 10 млрд световых лет. Количество выделившейся энергии в 10 раз превышает то, которое следовало бы ожидать при столкновении двух нейтронных звезд, а ведь именно подобное событие считалось до сих пор причиной вспышек гамма-излучения.

*New Scientist*. 1999. V.161. №2172. P.42 (Великобритания).

Сеть радиотелескопов, расположенных в ряде стран Западной Европы, на Украине и в Китае, имеет общую протяженность, равную диаметру Земли. В октябре 1998 г. в Нидерландах торжественно вступил в строй очередной радиотелескоп этой сети, получившей название EVLBT (European Very Long Baseline Interferometer — Европейский интерферометр со сверхдлинной базой). Теперь ее разрешающая способность возрастет и составит менее 0.001 дуговой секунды, что для оптической

системы давало бы возможность читать журнальную страницу с расстояния в несколько тысяч километров. Мозг всей системы — специально созданный суперкомпьютер с быстродействием 16 Гбит/с.

*Nature*. 1999. V.395. №6705. P.833 (Великобритания).

Исландский консорциум, объединяющий представителей таких известных концернов, как «Даймлер—Крайслер», «Норск Гидро» и «Ройял Датч—Шелл», объявил о намерении перевести автотранспорт всей Исландии с бензина на водородное топливо. Первыми на этом горючем поедут пассажиры автобусов столицы — Рейкьявика. К 2002 г. планируется переход на водородное топливо всего автомобильного парка и рыболовных судов. Эти мероприятия реализуются впервые в масштабе целой страны, население которой составляет 260 тыс. человек.

Концерн «Даймлер—Крайслер» разрабатывает технологии использования водорода совместно с канадской компанией «Баллард Пауэрс Системс» и американской «Форд Мотор».

*La Recherche*. 1999. №320. P.21 (Франция).

# Полет к Южному полюсу Марса

**А.Т.Базилевский,**

доктор геолого-минералогических наук

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН  
Москва

**В**НАЧАЛЕ января 1999 г. стартовал американский космический аппарат «Марс-Полар-Лэндер». 3 декабря он должен совершить посадку и проработать около 90 дней в южной полярной области Марса. Там в это время — поздняя весна, и Солнце, не заходя за горизонт, прогревает поверхность, охладившуюся за долгую полярную ночь. Цель полета — изучение слоистых отложений, открытых еще в 1971 г. американским космическим аппаратом «Маринер-9» и известных на Марсе только в полярных областях. Эти образования сравнительно молоды: на их поверхности очень мало метеоритных кратеров, на севере они перекрывают равнины, которые, возможно, когда-то были дном океана, а на юге — испещренные крупными ударными кратерами более древние возвышенности южного «материка». Моложе их лишь льды северной и южной шапок Марса.

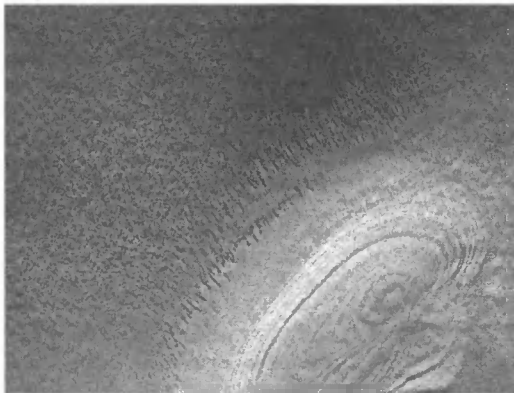
Данные отложения состоят из множества практически горизонтальных слоев — светлых, сложенных льдом  $H_2O$ , и темных, скорее всего также ледяных, но с большим количеством пыли. На снимках «Маринера-9» и «Викингов-1 и -2» отдельные

слои мощностью в 50—100 м прослеживаются на десятки километров. Считается, что они образовались в результате совместного осаждения из атмосферы водяного льда и приносимой ветром пыли. В чередовании таких слоев записана история климата Марса на протяжении многих десятков и сотен миллионов лет. В современную геологическую эпоху они разрушаются. При нагревании лучами летнего Солнца лед испаряется, а остающаяся пыль уносится ветром. В результате этого процесса и образовался современный рельеф слоистых отложений — плоские горизонтальные поверхности перемежаются с уступами и котловинами, на склонах которых и видна слоистость.

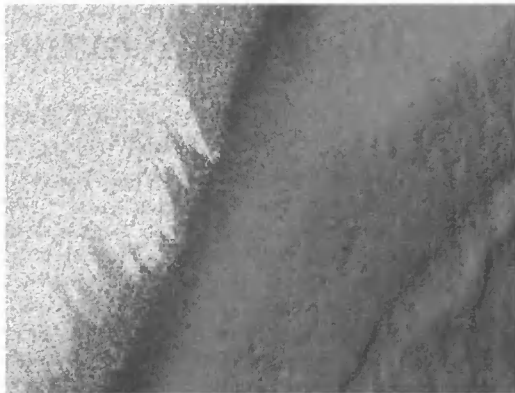
«Марс-Полар-Лэндер» доставит на поверхность Марса комплект приборов и телевизионную камеру, копию той, что работала два года назад на «Марс-Патфайндере». Она передаст на Землю цветные стереоскопические изображения ближайших окрестностей места посадки. Механическая двухметровая рука с ковшом (и еще одной телекамерой) выроет траншею глубиной около 50 см и соберет вещество. Материал, попавший в ковш, запечатлеет камера. Образцы грунта (восемь проб) затем поступят в термическую ячейку, где будут

нагреваться до 1000°C, а выделяющиеся при этом газы анализироваться: будет определяться температура выделения  $O_2$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$ , а также изотопный состав углекислого газа и паров воды. На космическом аппарате размещен комплекс метеорологических приборов, в том числе лидар — для измерения прозрачности атмосферы, созданный в Институте космических исследований РАН. При спуске аппарата, на высотах от 8 км до 6 м, снимать поверхность Марса будет еще одна телекамера. Переданные ею изображения позволят связать детальные снимки с места посадки с результатами орбитальных съемок.

Успех миссии «Марс-Полар-Лэндер» в первую очередь зависит от благополучной посадки в этой очень специфической местности. При испарении льда из слоистых отложений высвобождающаяся пыль становится настолько рыхлой, что аппарат в ней может просто утонуть. Но пыль — прекрасный теплоизолятор, и расчеты показывают, что ее слой не прогревается глубже 10—20 см. Поэтому толщина потенциально опасных накоплений не должна быть большой. Однако ветер разносит пыль, тем самым изменяя толщину ее слоев. Но такие золотые наносы более плотные,



*Поверхность района в южной полярной области, где предполагается посадка космического аппарата «Марс-Полар-Лэндер». Фрагмент снимка 9503, полученного камерой МОК в январе 1998 г.*



*Поверхность района северной полярной области. Фрагмент снимка 2—116, полученного камерой МОК в апреле 1999 г.*

и через них благополучно перебирался маленький марсоход, доставленный «Марс-Патфайндером»<sup>1</sup>.

Приведенные снимки дают представление о поверхности предполагаемого района посадки. Они были получены телекамерой МОК, установленной на космическом аппарате «Марс-Глобал-Сервейер».

На первом снимке показан участок площадью 23х23 км<sup>2</sup>, в котором «Марс-Полар-Лэндер» должен совершить посадку. Минимальный размер распознаваемых деталей на снимке не менее 100 м. Направление солнечных лучей в момент съемки — от верхней части снимка к нижней. В правой нижней части видна овальная котловина около

15 км в поперечнике. На ее пологих склонах обнажаются слоистые отложения, изучение которых — цель данной миссии. Остальную часть снимка занимает мелкобугристая поверхность. Хотя высота бугров от 100 (предел разрешения снимка) до 400—500 м, они имеют пологие склоны, которые не опасны для посадки аппарата.

Разрешение второго снимка намного выше: размер различимых на нем деталей 5—10 м. Это снимок не района посадки, а противоположной стороны планеты — северной полярной области. В момент съемки (апрель 1999 г.) там было лето, светило Солнце, и снимки получились хорошего качества. Слоистые отложения южной и северной областей очень похожи — скорее всего имеют одинаковое происхождение и одинаково разрушаются. Можно пред-

положить, что и их микро-рельеф также очень похож, и телекамера МОК увидит подобный рельеф на юге, когда туда придет весна. Площадь участка на снимке — 2.5х2.5 км<sup>2</sup>. Направление солнечных лучей на снимке снизу справа; в левой верхней части видны остатки зимнего снега, которые испаряются полосами, параллельными господствующему в то время направлению ветра. Остальную часть снимка занимают низкие (15—30 м) пологосклонные бугры, также не опасные для посадки аппарата.

Будем надеяться, что «Марс-Полар-Лэндер» благополучно сядет на Марс и передаст на Землю интересную информацию о ландшафте и составе поверхности этой планеты. Более подробную информацию об этом и других полетах к Марсу можно найти в Интернете по адресу: // [mars.jpl.nasa.gov/](http://mars.jpl.nasa.gov/).

<sup>1</sup> См.: Первые шаги на Марсе// Природа. 1998. №3. С.46-72.

# Когда впервые открылся Берингов пролив?

**А.Ю.Гладенков,**

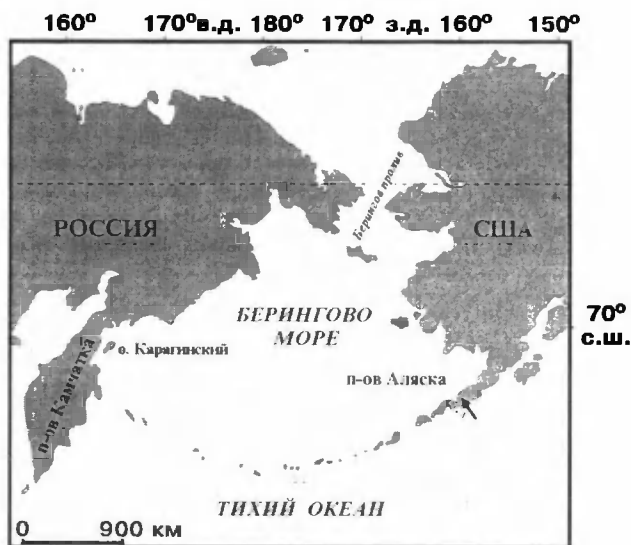
кандидат геолого-минералогических наук

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН

Москва

**Ч**ЕРЕЗ Берингов пролив, разделяющий Северную Америку и Евразию, осуществляется водообмен между Северным Ледовитым и Тихим океанами. Хотя по сравнению с другими межконтинентальными проливами его размеры невелики (ширина около 86 км, протяженность 96 км, глубина до 100 м), через него ежегодно только из северной части Тихого океана в Арктику в виде взвеси выносится около 50 млн т терригенного материала и 60 млн т биогенного вещества. Трудно переоценить роль Берингова пролива в развитии биоты северных широт, так как именно через него происходит миграция морских организмов, причем преобладает направление с юга на север.

Историю формирования и развития Берингова пролива изучают уже несколько десятилетий (прежде всего, геологи). Исследования показали, что в течение примерно 100 млн лет (с альбского века раннемеловой эпохи) Евразия и Северная Америка были единым суперконтинентом, соединявшимся сухопутным Беринговым мостом, или Берингией, как назвал эту сушу в 1937 г. шведский ботаник Э.Хултен. Через этот мост наземные животные и растения мигрировали из Ста-



*Схема расположения Берингова пролива. Стрелкой отмечено положение разреза формации Беа Лейк, где найдены наиболее древние астарты на п-ове Аляска.*

рого Света в Новый и в противоположном направлении, что находит отражение в геологической летописи.

В то же время соединение материков препятствовало обмену морскими организмами, поэтому морские биоты северной части Тихого и Ледовитого океанов развивались изолированно друг от друга. Открытие же пролива в неогеновом периоде привело к значительным изменениям в распространении морских и наземных

организмов не только в районе Берингии, но и высоких широт Северного полушария в целом. Это событие, с одной стороны, привело к первому взаимному обмену морских фаун и флор между Тихим и Арктическим бассейнами, а с другой — к появлению препятствия на пути миграций наземных организмов Евразии и Северной Америки. Берингов пролив, однако, не оставался открытым постоянно: на протяжении последних 4 млн лет зафиксированы и периоды его закрытия. И только 13 тыс. лет назад пролив окончательно принял свой нынешний вид.

Специалисты из разных стран пытались установить

*Зональная шкала последних 11 млн лет, построенная по диатомеям для высоких широт северотихоокеанской области (Баррон Дж., Гладенков А.Ю., 1995) и скоррелированная с геохронологической шкалой Бергрена (Berggren W.A. et al., 1995). Q — четвертичная система; а—с — подзоны.*

МЛН. ЛЕТ	СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ПОДОТДЕЛ	ЗОНЫ ПО ДИАТОМЕЯМ
0	Q			<i>Neodenticula seminae</i>
1				<i>Proboscia curvirostris</i>
2				<i>Actinocyclus oculatus</i>
3	НЕОГЕН	ПЛИОЦЕН	ВЕРХНИЙ	<i>Neodenticula koizumii</i>
4				<i>Neodenticula koizumii - Neodenticula kamtschatica</i>
5	НЕОГЕН	МИОЦЕН	НИЖНИЙ	<i>Neodenticula</i> <span style="float:right">c</span>
6				<i>kamtschatica</i> <span style="float:right">b</span>
7				<i>kamtschatica</i> <span style="float:right">a</span>
8	НЕОГЕН	МИОЦЕН	ВЕРХНИЙ	<i>Thalassionema schraderi</i>
9				<i>Denticulopsis katayamae</i>
10				<i>Denticulopsis dimorpha</i>
11				<i>Thalassiosira yabei</i>

время первого появления водообмена между океанами в неогене. Большая заслуга в организации исследований эволюции пролива и Берингии принадлежит Д.М.Хопкинсу (США) и Ю.Б.Гладенкову (Россия). В целом возраст первого открытия пролива варьировал в пределах от 4 до 3.1 млн лет, хотя допускался и более древний. Эти выводы основывались прежде всего на определении времени появления неогеновых моллюсков тихоокеанского происхождения в разрезах Исландии, а также анализе стратиграфического положения ископаемых моллюсков рода *Astarte* в разрезах северо-западной части Тихого океана — на о.Карагинский (Камчатка) и о.Хоккайдо (Япония). Предполагается, что до открытия Берингова пролива представители рода *Astarte* отсутствовали в северной части Тихого океана и были развиты только в пределах Северной Атлантики и Арктики. Поэтому появление первых астартов в тихоокеанских разрезах можно считать индикатором открытия Берингова пролива. Однако установить точный возраст наиболее древних астартов в северотихоокеанской области до сих пор не удалось из-за отсутствия находок на тех же уровнях ос-

татков планктонных микроорганизмов и, в частности, морских диатомовых водорослей с кремнистым панцирем. Между тем, именно их изучение позволяет наиболее точно определять относительный возраст осадочных морских пород неогена. Дело в том, что по материалам, полученным при глубоководном бурении океанических толщ кайнозоя в Северной Пацифике, разработана специальная стратиграфическая, так называемая зональная шкала по диатомеям, отличающаяся высокой степенью дробности<sup>1</sup>. Подразделения этой шкалы (зоны и подзо-

ны) характеризуются определенным комплексом видов, а границы между ними проводятся по уровням появления или вымирания отдельных таксонов. Эти уровни (datum levels) привязаны к палеомагнитной шкале и датам абсолютного возраста. Древние диатомеи из разных районов обширного региона сопоставляются с ассоциациями зональной шкалы, и, исходя из этого, точно определяется возраст вмещающих отложений.

Хотя астарты в Северной Америке были ранее обнаружены (берингийские слои и др.), долго не удавалось найти остатки диатомовых водорослей на этих уровнях. Недавно автором совместно с Л.Маринковичем из Калифорнийской академии наук (Сан-Франциско, США) получены новые данные, проливающие свет на

<sup>1</sup>Barron J. A., Gladenkov A. Y. Early Miocene to Pleistocene diatom stratigraphy of Leg 145 // Proc. ODP, Sci. Results, College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995. V.145. P.3—19.



возраст первого открытия Берингова пролива<sup>2</sup>. Эти выводы основаны на датировании находок наиболее древних ископаемых моллюсков рода *Astarte*, найденных в отложениях верхней части формации Беа Лейк (The Bear Lake Formation) в юго-западной части п-ва Аляска, где фиксируются самые древние *Astarte*; одновременно были обнаружены и остатки морских планктонных диатомей. Изучение диатомовых водорослей, найденных на уровне появления первых *Astarte* (в частности, *A. borealis*), показали, что они относятся к подзоне «b» зоны *Neodenticula kamtschatica* северотихоокеанской шкалы. Нижняя граница этой подзоны проводится по появлению вида *Thalassiosira*

*oestrupii* на уровне 5.5 млн лет назад, а верхняя — по вымиранию *Thalassiosira insigna* на уровне 4.8 млн лет назад (абсолютный возраст мы приводим согласно геохронологической шкале, разработанной У.Бергреном с коллегами<sup>3</sup>). Оба этих вида, а также вид *Neodenticula kamtschatica* присутствуют в составе ассоциации формации Беа Лейк. Эти данные свидетельствуют о том, что наиболее древние представители моллюсков рода *Astarte* проникли к побережью Аляски через открывшийся Берингов пролив уже в интервале от 5.5 до 4.8 млн лет назад. Необходимо

отметить, что данные, полученные по диатомеям, дают возможность точнее оценить и положение наиболее древних находок моллюсков этого рода в разрезах Камчатки и северной части Японии. В этих районах диатомей найдены не на одном уровне с наиболее древними *Astarte*, а выше и ниже по разрезу. Полученная «вилка» позволяет оценивать возраст моллюсков примерно в 5.5—5 млн лет, т.е. приблизительно так же как и на Аляске.

Новые датировки первого открытия Берингова пролива позволяют более обоснованно проводить палеоокеанологические, палеоклиматические и палеобиогеографические реконструкции, а также заставляют внести коррективы в понимание закономерностей распространения и эволюции морской и наземной биоты северотихоокеанской и арктической областей.

<sup>2</sup> Marinovich L., Jr., Gladenkov A.Y. // Nature. 1999. V.397. №6715. P.149—151.

<sup>3</sup> Berggren W.A., Kent D.V., Swisher III, C.C., Aubry M.-P. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy // Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. SEPM Special Publication. 1995. №54. P.129—212.

## Зимовки водоплавающих птиц в Москве: итоги 15-го общегородского учета

**К.В.Авилова,**

кандидат биологических наук  
Москва

**В** ПОСЛЕДНИЕ годы водоплавающие и околоводные птицы все чаще зимуют в городах. Это — сравнительно новое экологическое явление для средней полосы России.

По инициативе Центра изучения мигрирующих животных Восточной Европы и Северной Азии «Scaup» (в переводе с английского — чёрнеть, один из видов диких уток, успешно осваивающих город) в России возрождается Служба учета водоплавающих птиц. Однако основное поле деятельности такой службы — природные территории, а не города. В Москве же учеты зимующих водоплавающих птиц ведутся с 1985 г. На разных этапах они поддерживались программы «Биоразнообразие» и «Университеты России: фундаментальные исследования», а сейчас осуществляются по инициативе названного центра и при содействии Московского комитета по охране окружающей среды.

В очередном, 15-м, учете работали не только профессиональные орнитологи, но и любители. Традиционный участник таких мероприятий — коллектив экспериментального биологического объединения Дома научно-технического творчества молодежи (руководи-

тель Н.П.Харитонов) — представил результаты своих учетов на международном симпозиуме «Bird Numbers 1998» в Германии<sup>1</sup>. Сравнительно недавно включился в работу Кружок юных биологов Московского зоопарка, а в текущем сезоне впервые присоединились юннаты Дома творчества «Аминьево».

По традиции очередной учет прошел в третье воскресенье января. Как и в предыдущие годы, было пройдено более 30 маршрутов. Впрочем, не только маршруты — наблюдения велись с байдарки, личного автотранспорта и даже рейсового автобуса, курсировавшего по набережной Москвы-реки (его водитель руководит школьным экологическим кружком).

После многолетнего неуклонного снижения численности зимующих птиц произошло их незначительное увеличение (хотя кряквы так и не достигли уровня зимы 1996/97 г., когда было учтено 9000 птиц). Для стабильного существования зимовок, помимо больших незамерзающих акваторий и водотоков (их в Москве достаточно), необходима постоянная кормовая база, которая в немалой степени зависит от подкормки птиц

горожанами. Все постоянные зимовки расположены у пешеходных мостов, остановок транспорта, прибрежных магазинов.

Результаты последнего учета приведены в таблице (напомню, что данные учетов 1995/96 и 1996/97 гг. также опубликованы<sup>2</sup>). Наблюдения за динамикой численности птиц показали, что зимой 1990/91 г., когда из магазинов исчезли почти все продукты, впервые после многолетнего подъема произошло резкое сокращение зимующей популяции (до 28 тыс. в 1990 г.). В зиму 1991/92 г., когда продукты (в первую очередь — хлеб) продавались свободно, но резко подорожали из-за либерализации цен, популяция зимующих птиц частично восстановилась, но почти целиком сконцентрировалась в нижнем течении Москвы-реки, в районах Люблино и Курьяново, на высокопродуктивных мелководьях у очистных станций. Здесь птицы питались в основном донной фауной, которая бурно развивается за счет поступающей в реку органики. Иначе говоря, птицы сохранили свою зависимость от человека в косвенной форме.

Следующие сезоны показали что «резервного» ис-

<sup>1</sup> Charitonov N. Bird Numbers 1998. 14 Int. Conference of the European Bird Census Council (EBCC). Cottbus, Germany, 1998. P.38.

<sup>2</sup> Авилова К.В., Виноградов Г.М. Уток, зимующих в Москве, становится меньше // Природа. 1997. №6. С.99—100.

точника корма недостаточно — численность птиц продолжала снижаться. Однако распределение по городским водоемам стало более равномерным: птицы начали снова появляться в прежних привычных местах, где постоянно «гуманитарная помощь» жителей: на прудах Кузьминок, Царицына, Покровского-Глебова, Чертанова, Останкина, у мостиков на Яузе, Лихоборке, Сетуни, Раменке и в других уголках города. Самые крупные зимовки сосредоточены на Москве-реке ниже Перервинской плотины, а более мелкие и рассеянные — на Яузе. Приятное разнообразие в компанию водоплавающих внесли в текущем сезоне несколько других видов уток (помимо крякв).

На маршрутах встретилось довольно много хищных птиц: два ястреба-тетеревятника, два ястреба-перепелятника и один сокол-сапсан. В очередной раз наблюдатели отметили, что сбрасываемый в Москву-реку грязный снег привлекает серых ворон, которые что-то разыскивают на плывущих комьях и льдинах.

Московский зоопарк по-прежнему остается «резерватом» диких птиц: как подсчитали КЮБЗовцы (члены Клуба юных биологов зоопарка), здесь зимовало более 700 крякв и 123 огаря, которых называют «красными утками». Огарь постоянно обитает в зоопарке только в зимнее время, а летом разлетаются по Москве и гнездятся на чердаках домов. Подросших слетков утки приводят на городские пруды. Там их выводки соседствуют с кряквами, а иногда и с другими утками. Летом 1998 г. на пруду сада Центрального Дома Российской Армии семейство огарей мирно ужи-

### Водоплавающие и околородные птицы, зимующие в Москве

Виды	1997/98 г.	1998/99 г.
кряква	7500	8288
свиязь	0	1
чирок-свистунок	5	2
красноголовый нырок	3	2
чернеть хохлатая	73	47*
чернеть морская	0	2
гоголь	5	16*
крохаль большой	3	2
лутук	0	3**
малая поганка	0	1
чайка сизая	303	243
чайка озерная	89	50
чайка серебристая	70	88
<b>Всего уток, кроме крякв</b>	<b>89</b>	<b>76</b>
<b>Всего чаек</b>	<b>462</b>	<b>381</b>

\*) В том числе 11 чернетей и 2 гоголя на территории Зоопарка.

\*\*) Были обнаружены Г.С.Еремкиным 24 января 1999 г. (через неделю после учета) на Москве-реке ниже Коломенского.

валось с выводком гоголя. Однако, по сообщению зоолога МГУ А.Б.Поповкиной, птенцов ждала разная судьба. Когда в середине лета пруд стали спускать для ремонта, огари ухитрились благополучно провести нелетных птенцов по полностью заасфальтированному участку с очень интенсивным автомобильным движением на пруд «Антроповы Ямы» (Селезневская улица), где они и выросли. Выводок гоголя оставался на пруду до полного осушения, и дальнейшая его судьба нам неизвестна.

Почему же эти утки вели себя по-разному? Места постоянного обитания огарей — сухие степи нижнего Поволжья, Прикаспия и Причерноморья. Там они устраивают гнезда во всевозможных земляных норах и пещерах, часто далеко от

воды, так что водить птенцов лешком по суше им не привыкать. Кроме того, их родные степные озера подвержены частым колебаниям уровня, связанным с природными гидрологическими циклами. В городе они реагировали на это явление как в природе — ушли вместе с птенцами на другой, более подходящий водоем. Гоголи гнездятся в дуплах деревьев по берегам лесных озер, никогда не испытывающих таких резких колебаний уровня воды. Поэтому у их обитателей не выработалось соответствующих адаптаций, и к чрезвычайной ситуации они оказались неподготовленными.

Более подробную информацию об учете можно найти в Интернете по адресу: <http://www.alpha.dnttm.rssi.ru>

# Вепрь

**Б.А.Аппак**

Крымский природный заповедник

**В** ПЕРВЫЕ я познакомился с кабанами в Астраханском заповеднике — мире бесчисленных протоков и непроходимых зарослей. Огромные полчища комаров свирепо набрасываются здесь на все живое, отравляют жизнь с вечера до утра. Днем, когда наступает изнурительная жара и комары ненадолго оставляют в покое и кажется, что наконец появится возможность передохнуть, на смену им приходит не менее страшная напасть — слепни. От бесчисленных укусов опускает лицо, руки. Однако ко всему привыкаешь и уже через некоторое время относишься к кровопийцам чуть-чуть спокойнее, как к чему-то неизбежному, и понемногу начинаешь воспринимать всю красоту этого удивительного края...

Воскресное утро. Выходной день. Но только не для нас — лесников заповедника. Именно в выходные дни больше всего нарушителей: рыбаков, сборщиков ягод, а то и браконьеров. С раннего утра все в охране. Гудит мотор, кричат потревоженные птицы. Замечаю припрятанную в зарослях моторку. Подплываю. В лодке полные ведра ежевики, которой в этом году полным-полно. Кажется, собирай сколько хочешь, но в заповеднике это категорически запрещено: ягоды — корм для многих животных. Однако сборщики не хотят это понять. Считая, что не сделали ничего дурного, злятся, ведут

себя вызывающе, грубят. Приходится их задержать, чтобы доставить в контору. Злые, непримиримые, усаживаемся в лодку. Настроение у всех паршивое. Перегруженная моторка медленно тащится вверх по течению. За очередным поворотом замечаем что-то плывущее по реке. Приближаемся. Огромный кабан преодолевает протоку. Пытаемся хорошенько разглядеть необыкновенного пловца. Неукротимая мощь плывущего зверя заставляет нас соблюдать безопасную дистанцию. Секач, переплыв реку, с треском протаранивает прибрежные заросли и уходит в глубь острова. Мы, пораженные редким для нас зрелищем, забыв обиды, делимся друг с другом впечатлениями. Примиренные, приплываем к небольшому, затерянному в беспредельной дельте, поселку. Составление акта о нарушении заповедного режима на этот раз прошло без обычной в таких случаях нервотрепки. Расстаемся довольные друг другом...

Поджарые крымские кабаны поразили меня своей «спортивной фигурой». Они не такие громадины, как астраханские, которые воистину слывут самыми крупными: старые самцы, как говорили мне в Астраханском заповеднике, случается, достигают пятисот килограммов, во что нелегко поверить. Увидав, как испуганные кабаны сломя голову несутся вверх по круче, понял, что в горах сильно не разжиреешь. И хотя наши вепри не отличаются большими раз-

мерами, это сильные, выносливые и опасные звери.

Встреча с ними, особенно со старым секачом или самкой с детенышами, не сулит ничего хорошего.

Долгий, выматывающий последние силы, крутой спуск по раскаленному солнцем склону. Едва заметной звериной тропой пытаюсь пройти вдоль косогора. Вокруг удивительный заповедный лес, но мне сейчас не до красот природы. Все подавила усталость. Ненадежная, покрытая сухой листвой, тропа то и дело выскальзывает из-под ног, грузно падаю на бок, с трудом поднимаюсь. Выхожу к небольшому глинистому оползню. Дальше идти рискованно. Собрав последние силы, поднимаюсь на невысокий хребет, чтобы обогнуть опасное место. Идти становится немного легче, но от усталости теряю осторожность. Ничего вокруг не замечая, машинально переставляю ноги. Тропа выходит к обрыву. Только теперь узнаю, что я на хребте не один. Впереди, у самой кручи, семья кабанов. Две громадные самки: одна нормальной дикой окраски, другая — белая, как домашняя. С ними двадцать четыре полосатых, смахивающих на громадных колорадских жуков, поросенка.

Усталость сыграла со мной злую шутку. Не заметил уходящих от меня зверей. Теперь, дойдя до обрыва, животные развернулись и пошли по хребту прямо на меня. Времени на раздумье нет. Не успеваю

## Крымский кабан.

Рис. Э.Савина



даже испугаться. В один миг осматриваю ближайшие деревья — как назло рядом нет ни одного подходящего, на которое можно быстро взобраться. Звери все ближе. Подскакиваю к небольшому, чахламу кусту кизила и вихрем, как перепуганный собакой кот, взлетаю на его тонкие, сильно согнувшиеся подо мной ветви. Разъяренные мамыши, согнав детенышей в плотную стайку, с угрожающим похрюкиванием гонят их прямо подо мной. Ветви кизила предательски гнутся и раскачиваются, да и высота небольшая, не больше трех метров. Звери идут быстро, на меня не смотря, но я знаю, стоит моему убежищу не выдержать, они займутся мной основа-

тельно. С тех пор, как я увидел опасное семейство, прошло не больше нескольких секунд. Стадо проходит мимо и скрывается в лесу. Висеть на кусте чертовски неудобно, однако долго не решаюсь спуститься вниз. Наконец я на земле. Опасность миновала, но идти дальше нет сил. Только теперь приходит страх. Опускаюсь под спасительным кустом на землю, чтобы прийти в себя. Навсегда запоминаю уморительную картину — здорового дядьку, повисшего на тоненьких кизилловых ветвях.

История кабана в Крыму типична для некоторых видов охотничьих животных. В середине прошлого века они полностью исчезли. Учитывая особенности биологии

этих животных, можно смело предположить, что произошло это не без участия человека. В 1957 г. из далекого Уссурийского края в Крым привезли небольшую партию кабанов. Животные приспособились к новым условиям и расселились в лесах, а затем и в тростниковых зарослях Крыма. Численность кабанов была довольно высокой. Едва ли кто-то может достоверно ответить, сколько их сейчас. Подсчитать этих неутомимых кочевников весьма непросто. Но если учесть, что даже в заповедных лесах в последние годы они встречаются все реже и реже, то легко допустить, что кабаны, как и другие охотничьи животные, переживают ныне в Крыму не лучшие времена.

## Загадки песчаных линз

**В.Г.Очев,**

доктор геолого-минералогических наук  
Саратовский государственный университет им.Н.Г.Чернышевского

**В** ПОСЛЕДНИХ годах прошлого века на Сухоне и Северной Двине можно было заметить лодку, месяцами передвигающуюся вдоль берегов, где обнажены земные слои, образовавшиеся в позднепермскую эпоху. Плывший в ней мужчина средних лет и сопровождавшая его женщина день за днем тщательно обследовали крутые обрывы.

Это были профессор Владимир Прохорович Амалицкий — известный геолог и палеонтолог — и его супруга Анна Петровна. Почти все время они находились под открытым небом, укрываясь под лодкой ночью и в дождь, привыкли к мошкаре, скудному питанию, постоянной сырости и туману. В береговых обрывах Амалицкого привлекали гирлянды крупных песчаных линз, или «чечевиц», как бы подвешенных среди бурых и белесоватых

глин и мергелей. В линзах ученый искал остатки ящеров конца пермского периода, обнаруженных в XIX в. лишь в Южной Африке. Коллеги относились к предположению ученого с недоверием, но после четырех лет упорных поисков усилия Амалицкого были вознаграждены. Сто лет назад, в 1899 г., в одной из подобных линз — «Соколки» (по названию урочища близ г.Котласа) им были начаты раскопки остатков богатой фауны древних пресмыкающихся и амфибий. Это открытие получило мировую известность и до сих пор не потеряло значения. Но только в наши дни между исследователями развернулись споры о том, как возникли песчаные линзы и какими были ландшафты на палеозойских континентах.

Обнажающиеся в берегах Северной Двины и Сухоны линзы достигают многих десятков метров в длину, более десятка в толщину и обычно расположены друг от друга на расстоянии нескольких километров. Амалицкий и другие авторы в конце прошлого — начале нашего века считали их поперечными сечениями русел палеорек. В дальнейшем, однако, широкоую известность приобрели воззрения И.А.Ефремова, создателя тафономии — науки, изучающей процессы захоронения остатков организмов<sup>1</sup>. Он

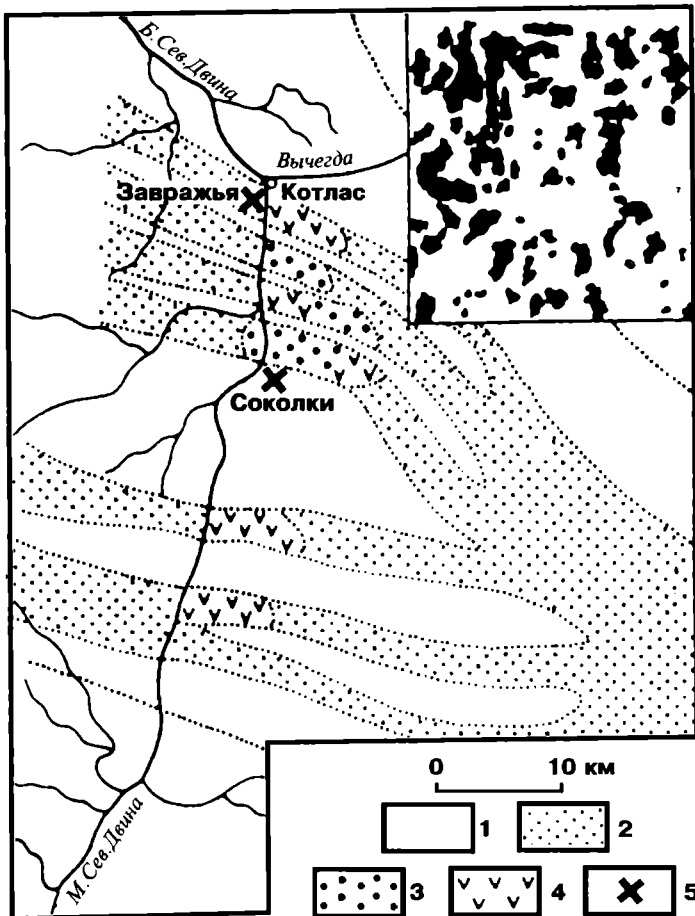
© В.Г.Очев



*Владимир Прохорович Амалицкий (1869—1917).*

<sup>1</sup> Ефремов И.А. Тафономия и геологическая летопись. Тр. Палеонтолог. ин-та СССР. 1950. Т. XIV. Вып. 1.

Схема дельтовых русел пермского возраста в районе главных северодвинских местонахождений наземных позвоночных по представлениям И.А.Ефремова. 1 — область затопленной дельты; 2 — подводные каналы, промытые в осадках дельты струями быстрого течения; 3 — скопления костей и скелетов наземных позвоночных в песчаных линзах; 4 — растительные остатки в линзах; 5 — линзы «Соколки» и «Завражья». На врезке — план раскопок В.П.Амалицкого в «Соколках». Зачернены песчаные конкреции со скелетами (концентрация крупных конкреций приурочена к левой части раскопки).



полагал, что пески, слагающие линзы, накопились в обширном бассейне в подводных рукавах дельты реки, текшей с юго-востока, а встреченные здесь остатки наземных позвоночных и растений вынесены рекой из области обитания, располагавшейся за пределами бассейна. Со временем разногласия усилились. Казанский геолог В.И.Игнатьев<sup>2</sup> происхождение одних линз связал с речными руслами, а других — с донными течениями. Г.И. и В.П.Твердохлебовы и П.К.Чудинов увидели в северодвинских линзах отложения прорывов дельтовых рукавов<sup>3</sup>.

Уже в наше время петербургский геолог Н.Н.Верзилин и его коллеги<sup>4</sup>, изучив ряд линз на Сухоне и Северной Двине, пришли к выводу, что они имеют различное происхождение. Некоторые из них являлись барами и косами и несут следы временного осушения (эоловую слойчатость), другие могут быть результатом подводно-

го оползания более мелководных осадков. (Правда, в этих случаях в линзах нет остатков обитавших на суше организмов). Иногда линзы содержат обломки пород, принесенные с Урала, и значительные концентрации остатков наземных растений и позвоночных животных; их пески и песчаники могут быть «вплетены» во вмещающие бассейновые глины и мергели, в местах стыка частично переслаиваясь с ними или заполняя эрозионные везы. Эти отложения авторы считают образованиями подводных потоков на дне лагунного водоема.

<sup>2</sup> Игнатьев В.И. О перерывах и стратиграфических несогласиях в верхнепермских и нижнетриасовых отложениях востока Русской платформы // Геология Поволжья и Прикамья. Казань, 1978. С.23—50.

<sup>3</sup> Твердохлебов Г.И., Твердохлебов В.П., Чудинов П.К. Основные тафономические типы местонахождений тетрапод верхней перми востока Европейской части СССР // Теория и опыт тафономии. Саратов, 1989. С.73—82.

<sup>4</sup> Верзилин Н.Н., Калмыков Н.А., Суслов Г.А. Крупные песчаные линзы в верхнепермских отложениях севера Московской синеклизы // Тр. Санкт-Петербургского об-ва естествоиспытателей. 1993. Т.83. Вып.2.



Современный вид линзы «Соколки» и раскопки В.П.Амалицкого.

Фото В.К.Голубева

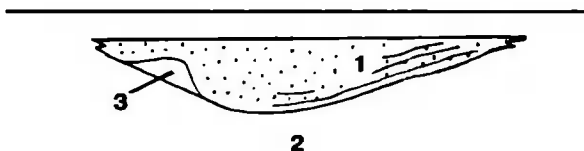
В изложенных выше точках зрения вырисовываются две различные картины палеогеографической обстановки, которая существовала в конце палеозойской эры на территории, где в настоящее время находится бассейн Северной Двины. Это могла быть пересеченная реками равнина или периферия обширной лагуны с рукавами подводной дельты, по которым на глубину сползали мелководные прибрежные осадки. Подобные противоречия — не редкость, когда

геологи обсуждают ландшафты, существовавшие на древних континентах.

Пытаясь решить эти противоречия, обратимся к характеру сохранности захороненных остатков организмов в линзах и их распределения во вмещающих горных породах. Наиболее крупная концентрация остатков позднермских амфибий и рептилий, содержащая много целых скелетов, заключенных в плотные песчаные конкреции, открыта Амалицким в линзе «Соколки», ко-

торая раскапывалась им в течение ряда лет. Это не только до сих пор наиболее крупная раскопка в районе Северной Двины и Сухоны, но и единственная, по которой имеются детальные тафономические наблюдения, выполненные ученым еще до того, как тафономия сложилась как наука<sup>5</sup>. Его наблю-

<sup>5</sup> Амалицкий В.П. Раскопки остатков позвоночных в 1899 г. в пермских отложениях севера России // Тр. Варшавского общества естествоиспытателей. 1900. Т.XI.



Строение линзы «Соколки»: 1 — пески; 2 — глины и мергели; 3 — уступ из мергелей.





*Скелет парейзаура Scutosaurus из линзы «Соколки» в Палеонтологическом музее РАН.*

*Фото М.П.Арефьева*



*Песчаная конкреция из местонахождения «Соколки» со скелетом парейзаура (муляж) в Палеонтологическом музее РАН.*

*Фото М.П.Арефьева*

дения важно оценить ныне с современных позиций. К тому же знаменитая Соколовская линза не была рассмотрена Верзилиным и его коллегами.

### ЛИНЗА «СОКОЛКИ»

Линза и котлован от раскопок Амалицкого находятся в правом крутом берегу Северной Двины в 17 км выше г.Котласа, у бывшей д.Ефимовской.

Длина линзы — 85 м, толщина в средней части — 10.5 м. С левой стороны нижняя поверхность ориентирована несколько круче, чем с правой, и она, таким образом, немного асимметрична. Слагающие ее в основном буроватые уплотненные пески залегают в явном эрозионном врезе в красных глинах и белесоватых мергелях. Небольшие западины в дне линзы создают неровности контакта песков с подстилающими породами. Подобные взаимные внедрения песков и глин часто считают свидетельством эрозии, за которой следует накопление отложений в подводной обстановке на еще жидких неконсолидированных осадках. Однако Амалицкий при детальном описании Соколовской линзы упомянул, что с левой ее стороны находится сложенный мергелем неразмывтый уступ. Если бы врезание происходило в совершенно неконсолидированный осадок, этот уступ скорее всего оплыл бы.

Слои слагающих линзу песков облегают поверхность эрозионного врезания, опускаясь от периферии к его наиболее углубленной части. Судя по расположению бурых прослоек на поверхности линзы, осадконакопление сразу охватило и периферические части ложа потока,

что указывает на предельную заполненность его водой. Это в равной мере реально и для наземного русла и для подводного<sup>6</sup>.

И сейчас в верхней части и левого и правого концов линзы можно наблюдать некоторое переслаивание слагающих ее песков с вмещающими красными глинами — видимо, в конце процесса заполнения русло было подводным. Сверху линза уплощена и, по выражению Амалицкого, представляет собой как бы полулинзу. Перекрывающий ее слой белесоватого и красного мергеля непосредственно над руслом переходит в песчаник. Очевидно, песчаный материал приносился и в последнюю стадию существования этого подводного потока.

Итак, формирование Соколовской линзы, очевидно, завершилось потоком, находившимся уже ниже уровня вод обширного мелководного бассейна, который простирался далеко на запад. Осталось понять, в подводных или все-таки в наземных условиях в пределах дельтовой равнины возник здесь эрозионный врез, вмещающий песчаную линзу. Здесь можно попытаться призвать на помощь особенности захоронения раскопанных в Соколках остатков позвоночных.

По описанию Амалицкого, содержащая остатки позвоночных часть разреза Соколовской линзы составляет половину его полной толщины. Очевидно, накопление этих ископаемых продол-

жалось в течение половины того времени, когда существовал поток, учитывая достаточную однородность осадков. Ряд наблюдений указывает на то, что длительность существования потока была значительной. Костеносная часть разреза не могла сформироваться при быстром одновременном привносе большой массы осадков, так как целые группы остатков животных располагаются на поверхности различных слоев песка. На одной из них Амалицкий наблюдал до 10 таких групп. Таким образом, отложения накапливались достаточно долго и прерывисто. Судя по направлению слоистости, наиболее глубокая область потока располагалась несколько левее средней части линзы. Здесь возрастала толщина слоев и находились целые скелеты. Очевидно, сплавлявшиеся трупы застревали на этом участке и быстро покрывались осадками. В менее глубокой части потока встречены в основном скопления разрозненных костей, но со значительным количеством черепов, которые, как ныне подтверждено экспериментально, хуже, чем другие части скелета, транспортируются водой. Многочисленность черепов свидетельствует о разложении целых трупов близ места погребения их разрозненных скелетных остатков. На мелководье в условиях более медленного накопления осадков остатки животных (особенно мелких) успевали разрушаться, что указывает на достаточно длительную «экспозицию» до захоронения. Этот поток, скорее всего, существовал многие годы, переживая паводковые события, с которыми связана слоистость песка.

Ориентируясь главным образом на количество рас-

<sup>6</sup> Эрозионный врез мог образоваться не путем подводного размыва, а в результате сползания массы осадков на большую глубину под действием силы тяжести. Но тогда нарушилась бы слоистость.

опанных в Соколках скелетов с черепами и отдельных черепов, можно приблизительно сказать, что здесь было найдено минимум семь искобей амфибий (лабиринтодонтов и сеймуриаморф) — обитателей водоемов 11% от общего числа находок), более 30 парарептилий — парейазавров, которые, возможно, были в определенной мере земноводными (55%), из обитателей суши — пять крупных горгонопов и пять мелких териодонтов — ищных зверозубых рептилий, а также шесть дицинодонтов из растительноядных представителей последних (в общей сложности 33%).

Среди захороненных в этом потоке животных очень существенная часть принадлежит наземным обитателям, очевидно, попадавшим сюда при затоплениях в сезон половодий. Эти половодья были значительны, раз здесь оказывались трупы столь крупных животных, как парейазавры и горгонопсы.

Характерно, что остатки териодонтов найдены в основном в верхней части косеносных песков. Русло было же значительно заполнено осадками, и сильно обмелевший поток сплавлял трупы лишь мелких животных с листьями и ветвями наземных растений, также здесь встречены. На последней стадии заполнения русла, когда поток, как упоминалось, был же определенно подводным, оступление остатков организмов прекратилось.

#### ЧТО ПОДСКАЗЫВАЮТ НАБЛЮДЕНИЯ АМАЛИЦКОГО

Вернемся теперь к вопросу, была ли рассматриваемая нами область потока, в которой отлагались остатки

наземных позвоночных, подводной уже с начала накопления осадков в эрозионном врезе. С точки зрения тафномии вряд ли это так. Несомненно, потоком трупов может застрять на дне при трех взаимно дополняющих друг друга условиях: снижении уровня вод в конце каждого паводка, утрате плавучести тушей, раздутой газами разложения (из-за разрыва тканей), и снижении скорости течения. Два последних фактора могут действовать и в подводном рукаве бассейна, а первый — лишь в наземном. Отмеченный нами выше эпизод обмеления, когда сносились остатки лишь мелких животных, свидетельствует о еще наземном потоке. Имеются и другие доводы не в пользу возможности концентрации сплавленных трупов в подводном потоке. Если они выносились в пределы бассейна, еще не утратив плавучести, то просто бы рассеивались. При переносе же в полуплавучем состоянии близ дна выносу такого обилия остатков в область бассейна помешал бы неизбежно возникающий приустьевой бар. Если принять изложенные выше предположения, то природу потока, с которым связана линза «Соколки», и общую палеогеографическую обстановку можно было бы обрисовать следующим образом.

Все геологи сходятся на том, что на севере восточной части Европейской России в конце пермского периода существовали реки, текшие с выроставшего Урала; на западе они впадали во внутриконтинентальный бассейн, где заканчивались обширными дельтами. Рукава дельт располагались на намывных реками осадках и были ограничены береговыми валами, возвышающимися-

ся над окружающей низменной поймой. Если в сильный паводок водный поток прорывал береговой вал, то воды вторгались в пределы дельтовой поймы, врезались в ее отложения и давали новые ответвления рукавов, которые могли достигать бассейна конечного стока и существовать длительное время.

Видимо, Соколковская линза действительно связана с низовьем ответвления рукава, прорезавшего дельтовую пойму. Но к концу заполнения осадками этот эрозионный врез оказался перекрытым трансгрессировавшими водами бассейна, принимавшего впадавшие в него речные потоки. Граница наземной дельты и бассейна всегда крайне динамична и, очевидно, с ее перемещением связано то исчезновение, то появление гирлянд песчаных линз в разрезе позднермских отложений описываемого нами района<sup>7</sup>. Наверное, к одной гирлянде вместе с Соколковской принадлежат также костеносные, но менее изученные линзы по правому берегу Северной Двины выше Котласа — Савватий, Болтинское и др.

\* \* \*

Итак, мы приняли компромиссную точку зрения: потоки возникали в пределах дельтовой равнины, а затем переключались трансгрессировавшим бассейном. Но при этом возникают новые вопросы. Разрез типичных дельт рек, впадающих в моря и океаны, начинается с наиболее ранних тонкооб-

<sup>7</sup> Строк Н.И., Горбаткина Т.Е., Лозовский В.Р. Верхнепермские и нижнетриасовые отложения Московской синеклизы. М., 1984.



*Продольный разрез дельты. 1 — отложения наземной дельты и дельтового фронта; 2 — отложения авандельты; 3 — придонные отложения бассейна.*

ломочных осадков авандельты. На ней залегают песчано-алевритовые<sup>8</sup> отложения фронтального склона дельты, доставляемые рекой и разносимые береговыми течениями. Последние перекрываются наземными отложениями дельтовой поймы, речных рукавов и проток. Все эти осадки постепенно выдвигаются в море, последовательно перекрывая друг друга. Но на Северной Двине гирлянды песчаных линз залегают в однотипной глинисто-мергельной толще и возникает вопрос: где же авандельта и дельтовый фронт? Вероятно, эти дельтовые отложения позднепермских рек, впадавших во внутриконтинентальный бассейн, были иными, а осадки водоемов поймы, авандельты и самого бассейна мало различались. В бассейне отсутствовали интенсивные течения и доставляемый рекой песчаный материал не разносился широко в пре-

делах фронтального склона. Выносы русел, уже не содержащие обильных остатков наземных организмов, видимо, «слепо» оканчивались в периферической части бассейна и представляли собой в разрезе линзы, тесно вплетенные в окружающие осадки.

Второй вопрос заключается в том, что где-то должны наблюдаться и отложения самих основных дельтовых рукавов, более мощные и не столь врезанные в подстилающие глинисто-мергельные породы. За сечение подобного рукава можно было бы принять линзу «Завражья», находящуюся у самого Котласа. Она была раскопана после смерти Амалицкого М.Б.Едемским<sup>9</sup> в 1923 г., и в ней найдены остатки тех же представителей наземных позвоночных, что и в «Соколках». Однако ширина ее около 150 м и врез в подстилающие горные породы невелик. Линза «Завражья»

недавно была изучена уже упомянутым Верзилиным с коллегами. Они пришли к выводу, что слагающие ее осадки накопились в самом бассейне в подводных условиях, о чем свидетельствует ряд особенностей образующих линзу горных пород.

Таким образом, изложенный нами взгляд на происхождение подвешенных линз не беспорочен. Ясно, однако, что они образовались в изменчивой пограничной зоне, находящейся между наземной дельтовой равниной и смежным бассейном, в окраинную часть которого могут проникать продолжения русел.

Несомненно, процессы формирования линз, которые мы встречаем в красноцветных пермских и более молодых триасовых отложениях на востоке Европейской России и в других местах, были достаточно разнообразными. Связанные с ними загадки до сих пор не разгаданы. И это одна из тех причин, по которой палеогеографическая история древних континентов Земли остается прочитанной не до конца.

<sup>8</sup> Алеврит — осадочные отложения, промежуточные по размерам слагающих их частиц между глинами и тонкозернистыми песками.

<sup>9</sup> Едемский Б.М. Северо-Двинская экспедиция Российской академии наук в 1923 г. // Природа. 1923. №7—12. С.38—57.

# ISAAC исследует Вселенную

**В.Г.Сурдин,**

кандидат физико-математических наук  
Москва

**Б**ЫСТРО растет новая наблюдательная станция Европейской южной обсерватории на чилийской вершине Сьерро-Параналь: система из четырех гигантских оптических телескопов должна быть полно-

стью готова к 2001 г. Первый из этих инструментов — крупнейший в мире рефлектор с монолитным зеркалом диаметром 8.2 м — работает с лета 1998 г., демонстрируя прекрасные результаты. Даже в том случае (хотя это маловероятно), если четыре мощных инструмента

не удастся состыковать в единый оптический комплекс, эквивалентный одному 16-метровому телескопу, все равно европейские астрономы получают четыре «глаза» высочайшего класса, для которых доступно южное небо, весьма богатое неизученными объектами.

© В.Г.Сурдин



*Расположенная в нашей Галактике область звездообразования RCW 38. Ее цветной портрет сделан путем совмещения трех последовательных изображений, полученных через фильтры Z (центр на волне 0.90 мкм), H (1.65 мкм) и K<sub>s</sub> (2.16 мкм).*

Рождение хорошего телескопа — процесс, длящийся годами и даже десятилетиями. Скажем, знаменитый пятиметровый рефлектор Паломарской обсерватории (Калифорния, США), которому в нынешнем году исполняется 50 лет, до сих пор год от года улучшает свою «зоркость» за счет новейших приемников излучения. Не отстает от старшего коллеги и российский шестиметровый телескоп, расположенный на Северном Кавказе, — ему скоро исполнится четверть века, но эффективность его работы за последнее время тоже существенно возросла. А новые телескопы тем более не собираются конкурировать со «старичками» лишь площадью своих зеркал: астрономы понимают, что каждый из создающихся сейчас уникальных телескопов диаметром 8—10 м должен быть снабжен не менее уникальной светоприемной аппаратурой.

Поэтому большим событием стала ночь с 16 на 17 ноября 1998 г., когда свой первый звездный свет увидела Инфракрасная камера-спектрометр ISAAC (Infrared Spectrometer And Array Camera)<sup>1</sup>, которой оснащен 8-метровый телескоп обсерватории Сьерро-Параналь. Этот довольно крупный прибор смонтирован на одной из боковых площадок телескопа. Он позволяет полу-

чать изображения и изучать спектры объектов в диапазоне длин волн от 0.9 до 5 мкм. После того как из вакуумной камеры прибора был откачан воздух и криогенная установка охладила приемники излучения, была проведена проверка резкости изображения. Результат оказался превосходным: изображения звезд на уровне половины центральной яркости имеют диаметр 0.45", а в следующие ночи, при относительно коротких экспозициях, — даже 0.25". Столь резкие изображения говорят не только о высочайшем классе телескопа, но и о прекрасно выбранном месте для его сооружения: прозрачность и спокойствие воздуха над обсерваторией так же важны, как качество оптических элементов.

Для проверки возможностей камеры ISAAC были приняты наблюдения различных объектов: далеких галактик и скоплений галактик; квазаров, чьи изображения искажены эффектом гравитационной линзы; областей звездообразования и ядер сталкивающихся звездных систем. На приведенном здесь изображении, полученном в ближнем инфракрасном диапазоне спектра, представлена область звездообразования RCW38, расположенная в нашей Галактике на расстоянии около 5000 световых лет от Солнца.

В центре фотографии хорошо видна большая группа ярких массивных звезд, недавно сформировавшихся

из межзвездного газа и до сих пор не потерявших с ним связь. Именно эти облака, в которых кроме газа содержится изрядное количество пыли, закрывают от нас новорожденные звезды, почти полностью поглощая их свет. Но для инфракрасного излучения пыль — не большая помеха. Последовательно получив три изображения этой области, астрономы их совместили и изготовили цветной портрет района формирования звезд. Заполняющее эту область разноцветное диффузное излучение частично представлено светом самих звезд, рассеянным на межзвездных пылинках, а частично — излучением молекулярного и атомарного межзвездного водорода, нагретого новорожденными звездами. Суммарная экспозиция составила в этом случае всего 12 мин; получение изображений, особенно спектров далеких галактик и квазаров, достигалось при экспозиции в 1 ч и более, но и здесь телескоп и прибор ISAAC продемонстрировали высокую стабильность работы и отличное качество результатов.

Можно поздравить ученых и инженеров Европейской южной обсерватории, астрономов Бельгии, Дании, Франции, Италии, Германии, Нидерландов, Швеции и Швейцарии, которым в сердце пустыни Атакама, на безжизненной вершине Западной Кордильеры удалось создать столь совершенный научный прибор.

<sup>1</sup> ESO Press Release 19/98. 26 November 1998.

## Глубины океана из иллюминатора

Ю.Г.Чиндонова

Москва

**М**ИР коралловых рифов, населенных стадами рыб и причудливыми донными животными, — это мир Жака Ива Кусто. Благодаря его замечательным фильмам он стал знакомым и близким даже тем, кто никогда не видел океана и не представлял, что скрыто под его волнующейся поверхностью. Но даже человек в гидрокостюме и акваланге не может опуститься на большие глубины. Тем интереснее узнать, что же происходит в постоянном холоде и вечной темноте в сотнях и тысячах метров от поверхности.

Исследования глубин океана начались еще в прошлом веке; продолжают

они и сейчас с помощью орудий и приборов, спускаемых на тросах с научных судов, а также при помощи глубоководных обитаемых аппаратов. Впервые в начале 30-х годов на глубину около 1 км опустился американский зоолог В.Биб в подвешенном на тросе стальном шаре. В районе Бермудских о-вов через кварцевые иллюминаторы батисферы он наблюдал за жизнью животных.

Современные глубоководные аппараты вооружены электронными и гидроакустическими приборами, они имеют «руки» — управляемые манипуляторы, которые позволяют брать пробы грунта и даже ловить малоподвижных животных.

Мне посчастливилось участвовать в 22-м рейсе

научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш», на борту которого находились два глубоководных обитаемых аппарата — «МИР-1» и «МИР-2»<sup>1</sup>. В западной и восточной частях Тихого океана мы опускались на глубины 1700—5965 м. При исследовании восточной части мы могли использовать американский насос — слэп-ган, который, как пылесос, хорошо улавливал не очень крупных и не очень быстрых животных, особенно донных с более плотными тканями.

Перед биологами-наблюдателями стояли различные задачи. Мне предстояло изучать вертикальное рас-

<sup>1</sup> Об этом рейсе см. также: Шушкина Э.А. В глубинах океана // Природа. 1998. №8. С.40—48.

© Ю.Г.Чиндонова

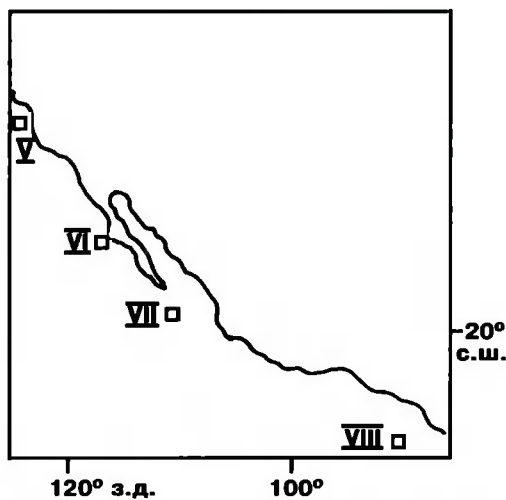
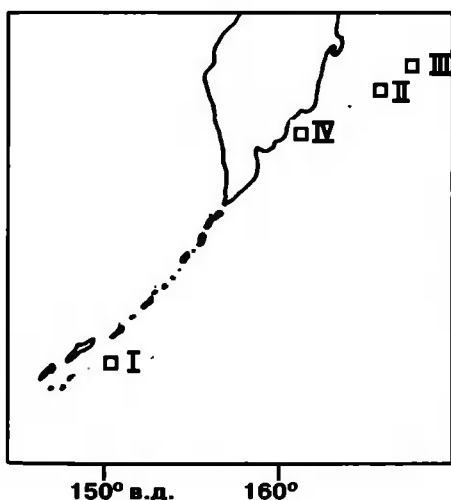
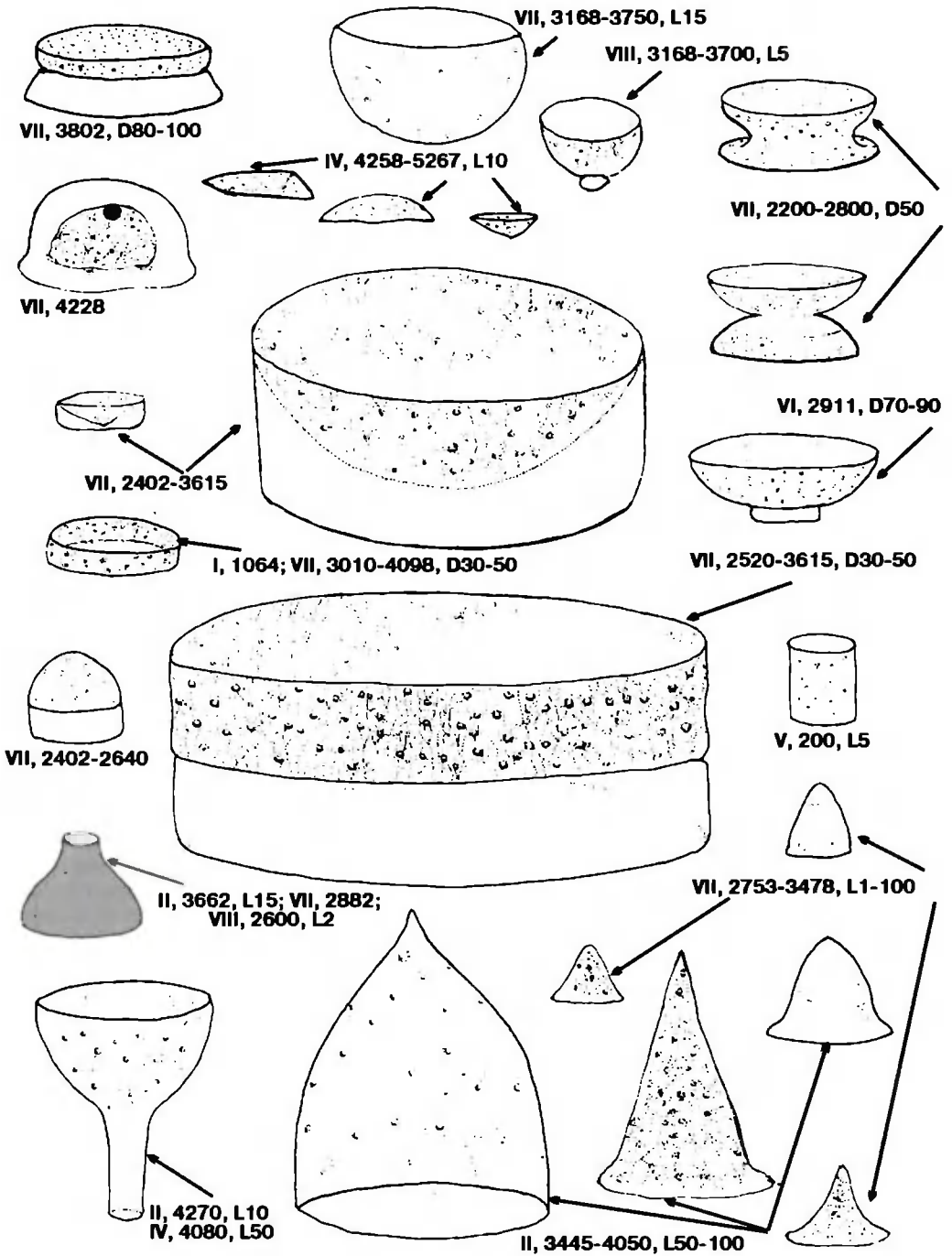


Схема районов погружений: слева — в северо-западной части Тихого океана (район Курило-Камчатского желоба), справа — в северо-восточной (район Калифорнийского течения). Цифрами обозначены полигоны исследований.



Различные формы «домов» аппендикулярий. Здесь и далее на рисунках указаны номер полигона, глубина наблюдений (м) и размер объекта (мм): L — высота, D — ширина (диаметр).



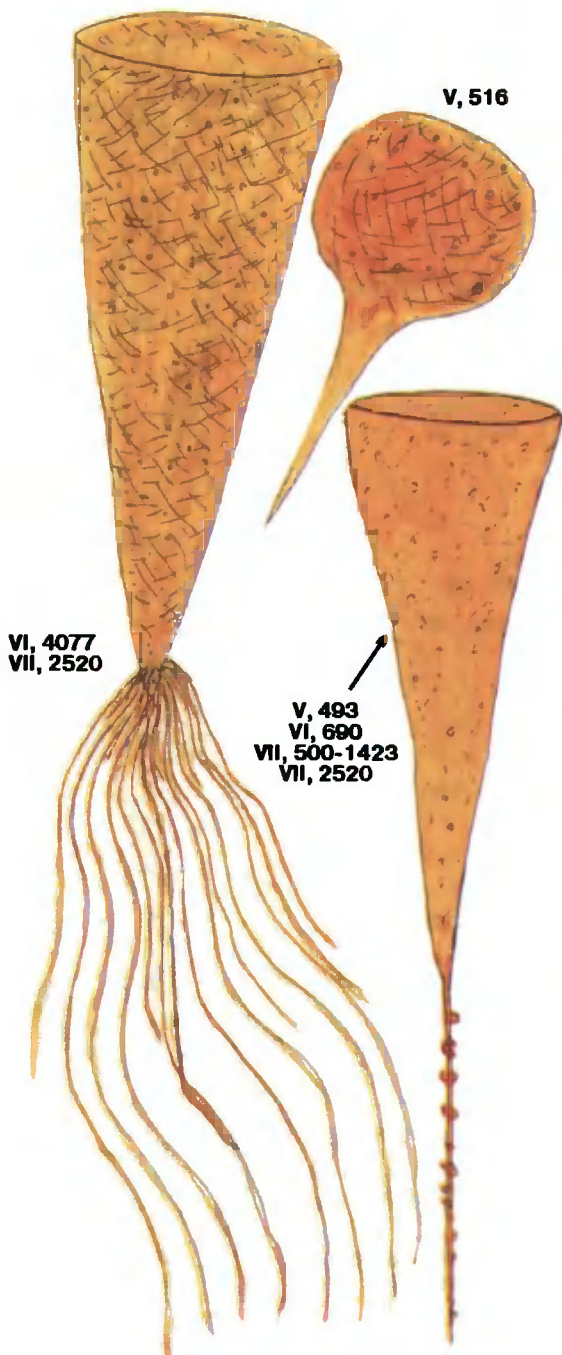
пределение населения пелагиали, т.е. животных, обитающих в водной толще от поверхности до дна. Все мое внимание было сосредоточено на организмах размером от 15—20 мм и крупнее (мезо- и макропланктон).

Для детальных наблюдений глубоководный аппарат должен двигаться очень медленно (10 м/мин на спуске и 20 м/мин на подъеме), чтобы успеть распознать встречаемых животных, зафиксировать их число и схематически зарисовать наиболее интересных. Хорошо, когда малознакомые и труднораспознаваемые экземпляры попадались не единожды! Кроме того, проводились наблюдения и на «стопе», и при движении аппарата в горизонтальном направлении.

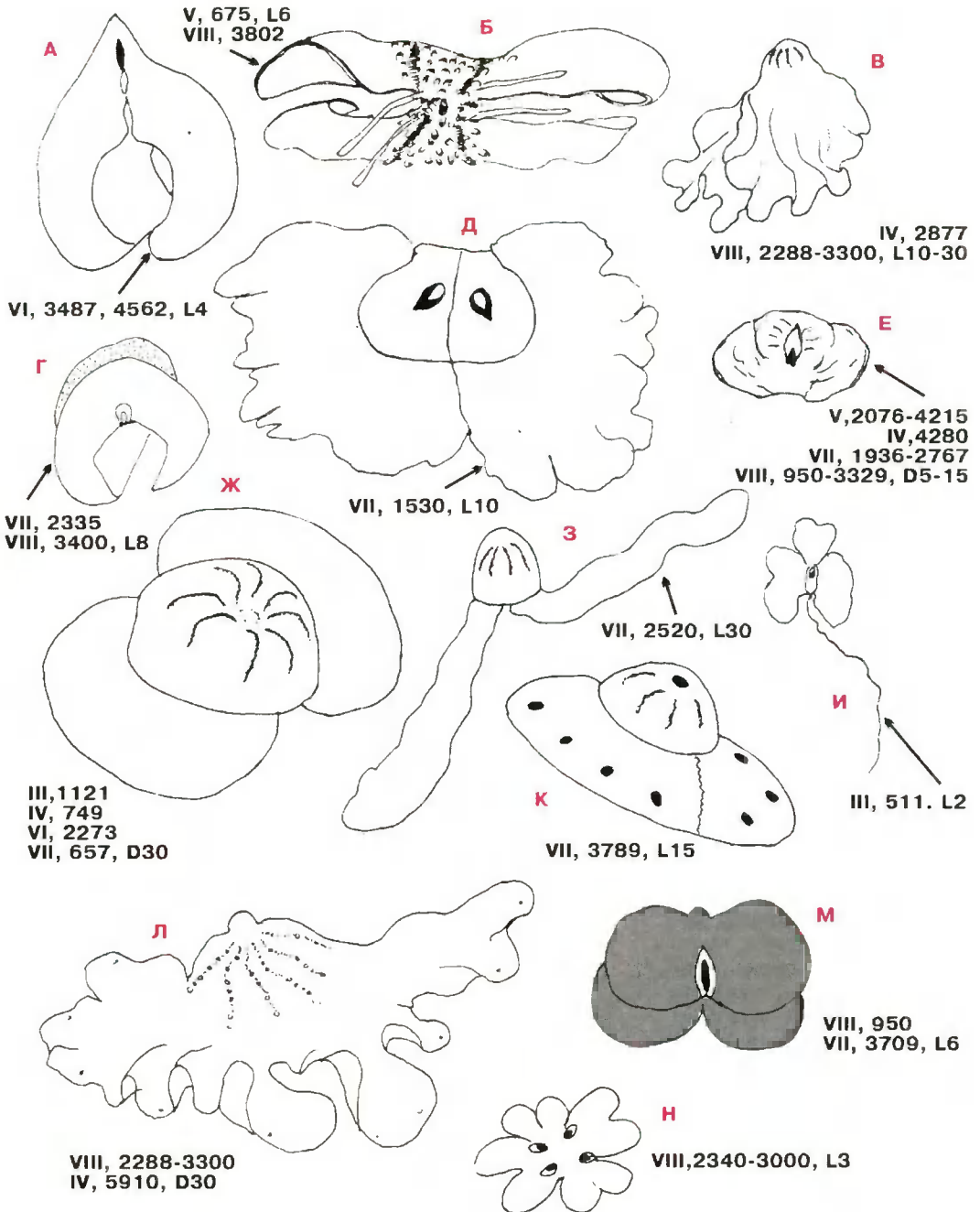
Трудно представить, какое богатство форм и окрасок животных открывается в луче прожектора при погружении в глубины океана. На глаз через иллюминатор видовые отличия почти легко (но не всегда сразу) устанавливались для хорошо знакомых пелагических беспозвоночных животных. Рыбы определялись в основном в пределах крупных систематических единиц. Незвестные или не сразу опознанные организмы получали в моем дневнике «кодовое» название и схематический «портрет», который при повторных встречах уточнялся. В дальнейшем по этим рисункам что-то определялось более точно, а что-то так и оставалось невыясненным.

\* \* \*

Линза акрилового иллюминатора, увеличивая объект исследования, позволяла достаточно хорошо его рассмотреть. При первых же



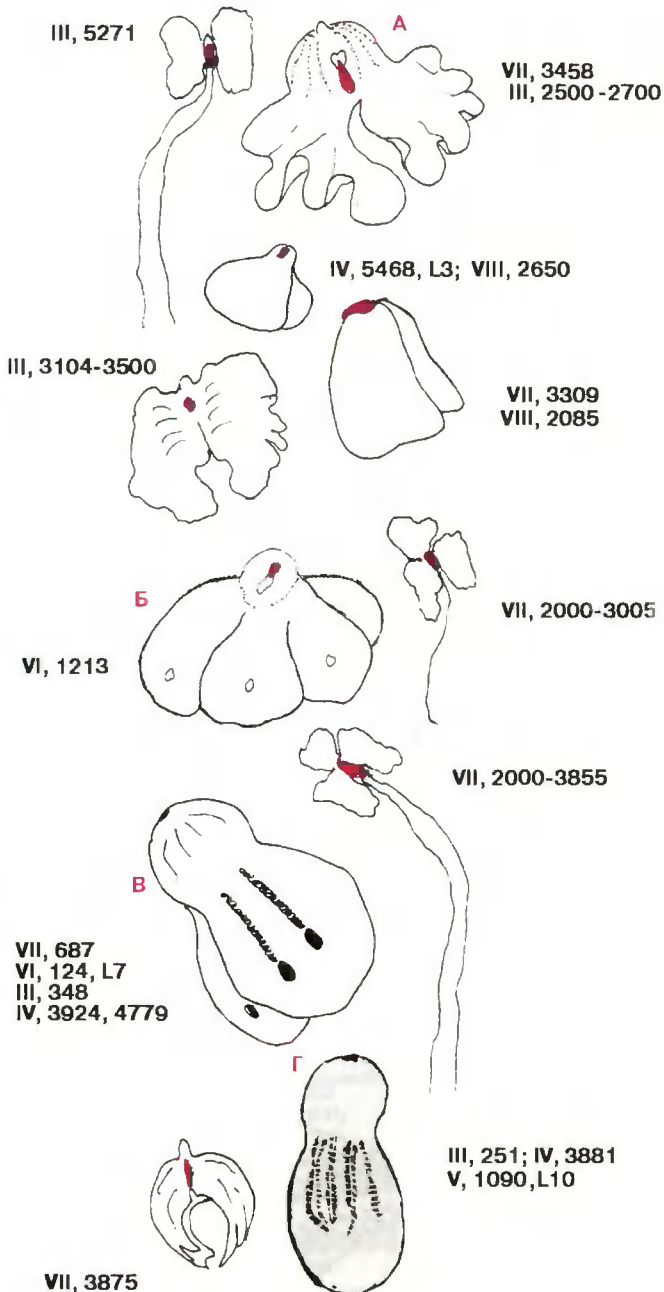
*Обращенные «дома» аппендикулярий из Калифорнийских вод.*



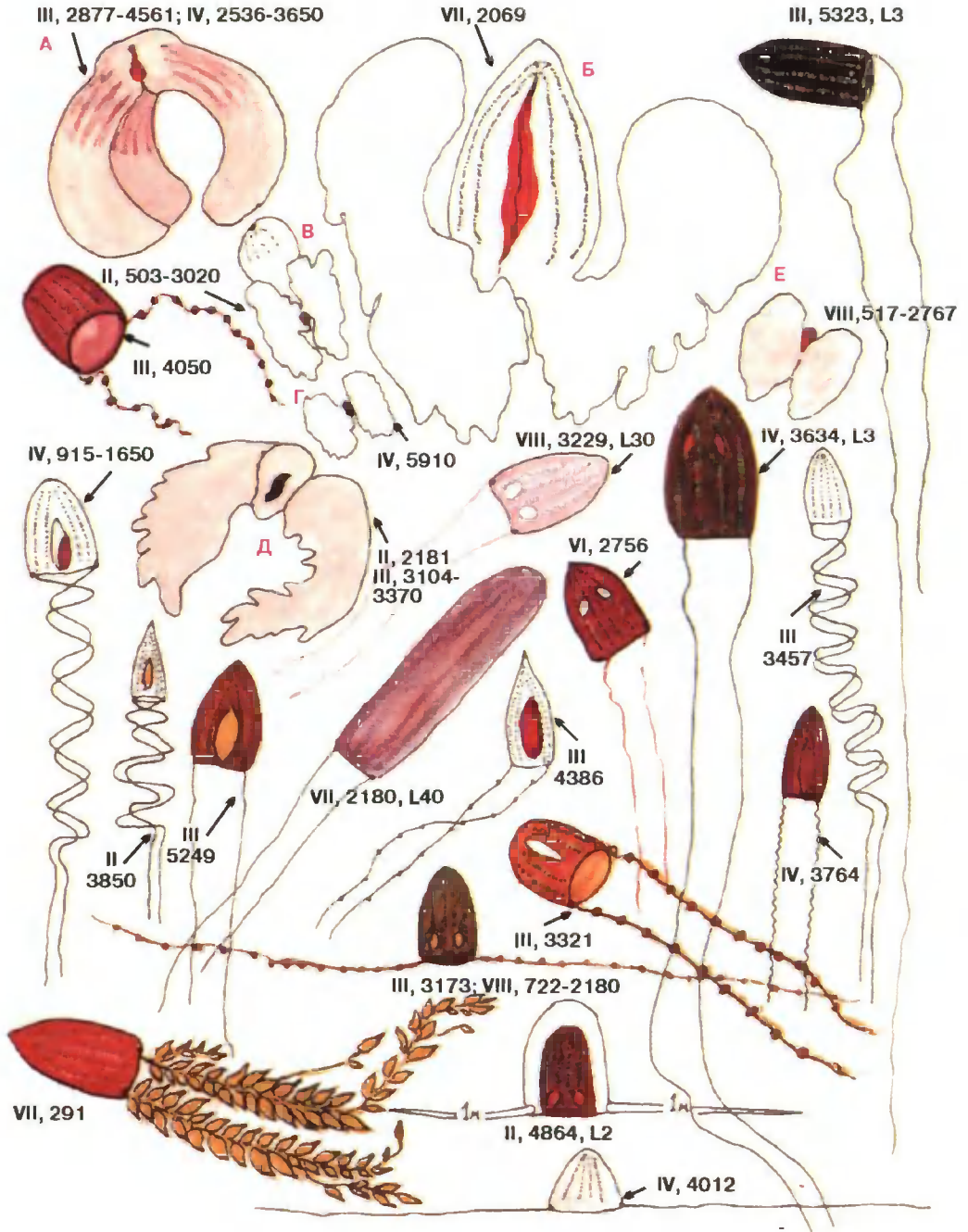
**Виды прозрачных форм ктенофор:** А — *Kyothitea* sp., Б — *Leucothea* sp., В, Г — *Lobata* (?), Д, К — *Stenophora* (?), Е — *Thalassocalyce*, Ж — *Lampostena* (?), З — *Cydrippida*, И — вероятно, молодь *Stenophora* (серебристо-белая), Л — близкая к *Lobata*, но имеющая вблизи гребных рядов светящиеся точки, М — *Stenophora* (последняя форма бело-мутная с черным статоцитом).

погружениях я обратила внимание на странное, окруженное густой слизью существо размером около 1 см в форме октаэдра, в местах соединения граней которого находился как бы небольшой шарик. Организм имел «хвост» из слизи, длиной до 10—30 см, иногда расходящийся вширь на конце. Известно, что такие слизистые «хвосты» (псевдоподии) — тончайшие, как бы сплетенные нити — служат гигантским (все относительно!) одноклеточным представителям подкласса лучевиков (*Radiolaria* из отряда *Phaeodaria*) для улавливания и переваривания налипших на ткани органических частиц, они также замедляют их естественное погружение. Отброшенные одинокие «хвосты» часто встречались в глубоких водах океана.

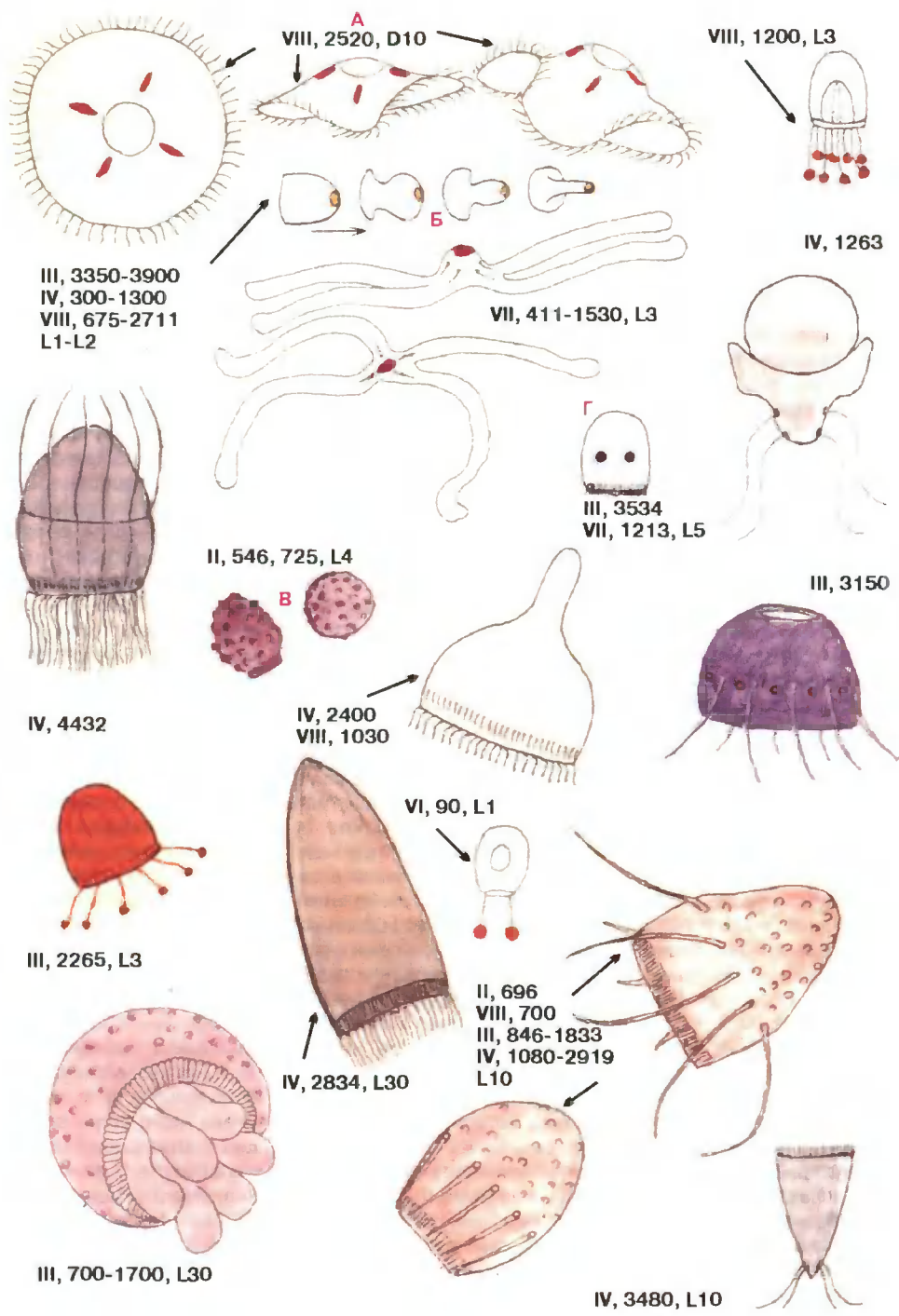
Своеобразные «ловчие сети» свойственны и другим группам животных. Аналогичную функцию выполняют так называемые «дома» аппендикулярий. Эти сравнительно небольшие животные, принадлежащие к классу *Larvacea*, типа хордовых (*Chordata*), по внешнему виду напоминающие головастика, имеют размер от 0.5 до 5 см. Но их студенистые «дома», образованные эпидермальными железами, достигают порой 1 м. По форме они очень различны, что, видимо, связано с видовым разнообразием. Нам особенно часто встречались «шлемы» и плоские «кастрюли» без ручек. На внешней поверхности «домов», в небольших углублениях, расположены мельчайшие поры, связанные между собой тончайшими каналами. Как правило, в углублениях заметны прилипшие хлопья мелких и более крупных частиц органического детрита, называемые



Виды прозрачных ктенофор с окрашенными статоцитами: А — *Lobata* (?), Б — *Bathosuroe* (?), В, Г — *Volinopsis* sp. (?), Д — *Kiyohimea* sp.; все остальные ктенофоры — видимо, личиночные стадии различных видов.



Виды глубоководных ктенофор: А — *Larprostena*, Б — *Lobata*, В — необычная *Stenophora*, встречающаяся на различных глубинах (размер от 1 до 15 см), Г, Д, Е — молодь *Stenophora*. Все остальные — представители разных семейств *Cydippedia*.



Способы передвижения некоторых редких видов медуз: А, Б, В — путем сокращения колокола, Г — качаясь, как колокол, Д — совмещает оба способа, все остальные — с помощью щупальцев, как многие паркомедузы.

мого «морским снегом». По мере засорения отверстий животные покидают «дома» и начинают строить новые, причем довольно быстро (небольшие — за три-четыре часа). Эти сооружения, в большинстве прозрачные и полупрозрачные, — очень хрупкие: в сильных турбулентных потоках, возникающих при движении аппарата, они распадались на куски.

В поверхностных водах чаще всего встречались давно описанные и включенные в учебники зоологии мелкие «домики», отчасти оправдывающие свое название, поскольку животные находятся внутри «бочонка» с отверстиями для выхода «хозяина», профильтрованной воды, а также для поступления органического детрита.

Окрашенные формы в виде желто-оранжевых конусов размером в 20—50 см с развивающимися «хвостами» наблюдались только в водах Калифорнийского течения. Впервые увидев громадную, почти метровую прозрачную «шляпу» в северо-западной части Тихого океана на глубине около 5300 м, я не поняла, что это. Хотя мне были известны фотографии больших «лепешек» и «комков», зафиксированных американскими исследователями в водах Калифорнийского течения (в дальнейшем я их также наблюдала), все же трудно было представить, что огромные студенистые образования и есть «дома» аппендикулярий. Интересно, что сами хозяева иногда свободно плавали вблизи покинутых жилищ.

Самыми красивыми по форме, разнообразию окрасок и особенно изяществу движений, на мой взгляд, были гребневики (*Stenophora*). Это медузоидные формы от 1—2 до 30—40

см с толстой или тончайшей мезоглеей (бесструктурной студенистой тканью, содержащей большое количество воды) с внешними рядами (их восемь) мельчайших поперечных гребных пластинок, которые выполняют функцию локомоции. Этот тип включает два класса. Для одного из них (*Tentaculata*) характерны щупальца (тентакулы), имеющие важное таксономическое значение: по способу движения их делят на две группы. В первой (отряд *Cydippedia*) ктенофоры закручивают тентакулы спирально и при этом вызывает вращение вокруг своей оси, позволяющее им не только двигаться, но также и проталкивать жертву с током воды к оральному полюсу. Вторая группа волнообразно перемещается с помощью тентакул. Представители отряда *Lobata* используют для движения ротовые лопасти, широко расставляя их и вновь сжимая, подобно крыльям бабочек. Виды, близкие к *Lobata*, передвигаются благодаря непрерывным волнообразным колебаниям тончайших вуалеобразных лопастей, а комковидные ктенофоры отряда *Thalassocalycida*, видимо, осуществляют движение только за счет гребных рядов.

В поверхностных водах в восточной части Тихого океана встречался хорошо знакомый по учебникам зоологии лентовидный прозрачный, змееподобно плавающий Венерин пояс (*Cestus veneris*), длина которого могла достигать метра. К сожалению, нам ни разу не удалось получить для коллекции этих красивых животных. Ктенофоры оказались такими же непрочными, как и «дома» аппендикулярий, —

их тела разрушались от движения аппарата, а все попытки поймать небольшие особи насосом слэп-ганом оставались безуспешными: в контейнере изящные животные превращались в густую прозрачную слизь.

На мой взгляд, ктенофоры — одни из самых красивых видов пелагических животных. Эффект их изящных движений усиливается мерцанием гребных рядов, переливающихся всеми цветами радуги, и отдельных светящихся точек.

Непосредственные наблюдения позволяют изучать некоторые особенности поведения и движений живых организмов. При первом же погружении удивительными показались странные движения глубоководных белых крупных амфипод (*Cyphocaris richardi*), взрослые особи которых обитают глубже 3500 м. Они часто встречались стайками из двух — трех животных, плавающих «стоя». На глубинах 2800 и 3280 м (VII полигон) можно было наблюдать, как неизвестный мне рачок класса *Malacostraca* передвигался в горизонтальном направлении, как бы на колесах. Это впечатление создавалось благодаря быстрым вращательным движениям экзоподитов (внешних ветвей) грудных и брюшных ног.

Очень часто в мезо- и батипелагиали и в верхних слоях абиссали вплоть до дна встречался голубовато-серебристый рачок отряда равноногих (*Isopoda*). Обычно он парил пассивно, широко расставив очень длинные ноги и стебли первых антенн. Но как-то я увидела его в стремительном, как у креветок, броске: сначала рачок согнулся пополам, а потом очень быстро взмахнул задним концом тела и

сделал скачок на 20—30 см (при собственной длине около 1.5 см). Точно так же парил и другой пелагический вид изопод — *Munpeurygore turraui*, более крупный, оливково-коричневого цвета, постоянный обитатель глубин (от 450 до 5300 м) северо-западной части Тихого океана.

Малоподвижная, чаще парящая в толще вод, аберрантная полихета (многощетинковый червь *Poebius meseres*) долго не определялась, поскольку в естественной среде она заключена в желеобразный мешочек, от которого мало что остается в пробах. Такую же трудность я испытала при встрече с довольно крупной серо-прозрачно-серебристой полихетой рода *Flota* длиной около 10—15 см. По всей видимости это была *Flota vitjazi* (описанная из вод Курило-Камчатского желоба), обитающая на глубинах от 2000 до 4000 м. Она плавала в вертикальном положении (ротовым концом вверх), изгибаясь волнообразно, со сложенными щетинками (хетами), а когда останавливалась, то распускала их веером. Хеты не казались такими длинными как в известном описании *Flota vitjazi*. Видимо, они были утоплены в студенистый мешочек, который при фиксации деформировался. Обезвоживание тканей происходит постоянно при подъеме подобных организмов к поверхности, как мы наблюдали также у выловленных слэп-ганом придонных пелагических голотурий.

Движение медуз происходит с помощью щупалец и периодических сокращений и последующих расслаблений мышечных волокон колокола. Довольно массовый вид *Solmissus corona* исполь-

зовал свои многочисленные щупальца различно: наркомедуза то располагала их поровну, образуя таким образом две стороны, и быстро горизонтально перемещалась, словно бежала по твердой поверхности, то выставляла два щупальца в направлении движения, то соединяла большую их часть под колоколом. Одним словом, положение щупалец может быть очень различным как при движении, так и при пассивном погружении вниз.

Большинство сифонофор, обитающих в различных вертикальных зонах, имело одну общую особенность: они плыли всегда боком. Эта особенность относится и к многометровым колониям сифонофор, а также к глубоководным родам *Lensia*, *Chelophyes* и *Diphyopsis*.

\* \* \*

Часто у меня возникали трудности с идентификацией животных, особенно при первых погружениях.

Однако крупные таксоны я определяла всегда, кроме двух случаев. Один из неопознанных объектов (7—10 см) состоял как бы из двух частей: черно-бархатного округло-продолговатого тела и белой непрозрачной округлой «головы» с двумя оранжевыми небольшими щупальцами в ее основании в виде симметрично расположенных поднятых вверх «рогов». Это существо неподвижно «висело» в воде, освещенное лучом прожектора. Никаких других заметных отличительных признаков рассмотреть не удалось. Другой совершенно незнакомый организм своими прозрачными тканями несколько напоминал «желетелого». Это был прозрачный мешочек (5—7 см) с небольшими

папиллами на его поверхности, несколько перетянутый в нижней части, в центре животного просвечивало нечто полупрозрачное, как вакуоль. На нижнем, видимо ротовом конце, располагались мр-ленькие щупальца (три), из которых вниз торчала тонкая «палочка» с округлой, ясно очерченной центральной частью: то ли это животное поймало другое, то ли все это было единым целым.

В третьем случае, в 16 м от дна, на глубине 4242 м, на краю освещенного прожекторами конуса, неподвижно «висел» в воде, как мне показалось, головоногий моллюск. Его тело не имело щупалец (это меня и смутило), и я не обнаружила у него глаз (это тоже было странным), и это «нечто» величиной в 30—50 см в общих чертах напоминало поверхностного крылоногого моллюска — *Limacina*, обычный размер которого 1 см. Потом я узнала, что у взрослых особей самых глубоководных кальмаров в период размножения могут утрачиваться щупальца. А глаза? Но что не встретишь, погружаясь в глубины... Все же первое впечатление, как мне кажется, было верным.

\* \* \*

«Морской снег», формирующийся в основном из отмершего фито- и зоопланктона, также поразил меня как на дне, так и в толще вод, где он непрерывно оседает (со средней скоростью 100 м в сутки), образуя то более плотные слои падающего детрита, то более разреженные.

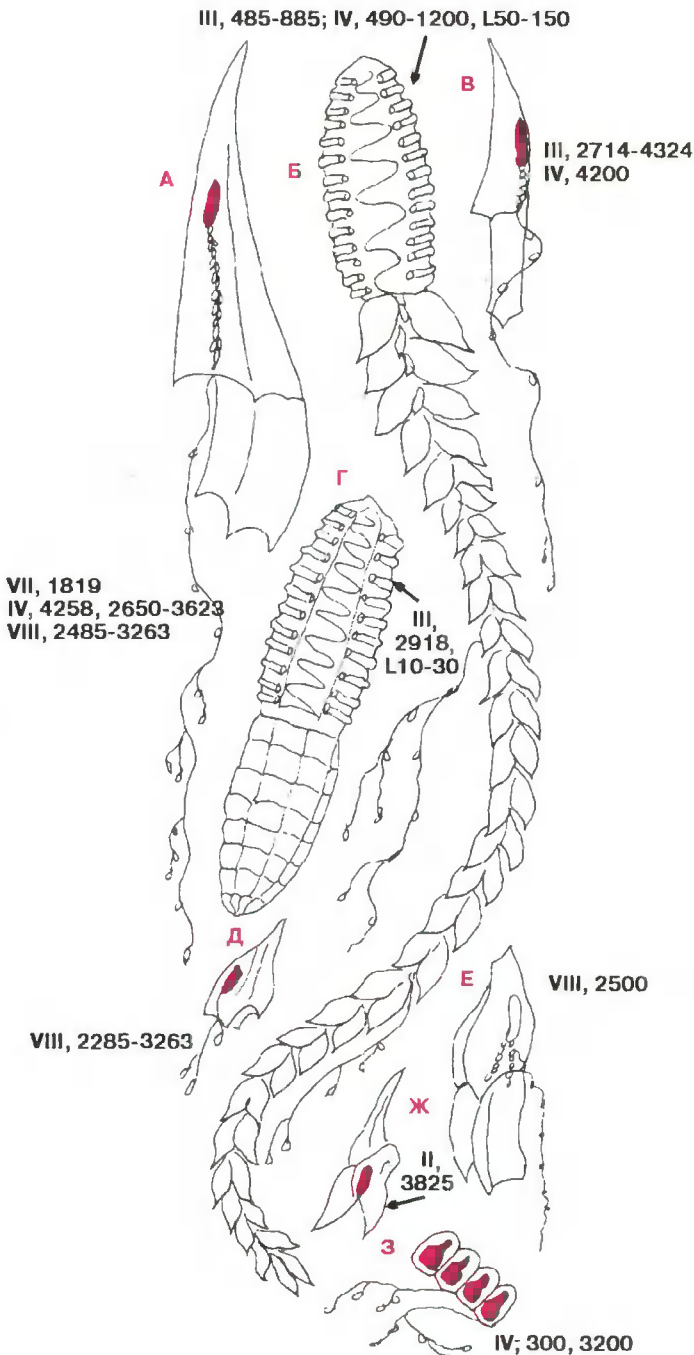
При погружении в каньоне Монтерей (в восточной части Тихого океана) мы пересекли мощный поверхностный слой температурного

скачка, над которым находились чрезвычайно плотные скопления медузы *Aglantha digitale* (100 тыс./м<sup>3</sup>). Небольшие особи (1—2 см) располагались в узком десятиметровом слое от 22 до 32 м на расстоянии 1—2 см друг от друга, видимость при этом была почти нулевая. Ниже этого слоя отмершие особи кружились подобно снежной метели. Здесь особенно четко чередовались слои в 50—100 м толщиной, где отмечалась то чрезвычайная плотность погружающегося детрита, то его сильная разреженность, а также уменьшение размеров частиц. Впервые такой эффект я наблюдала в северо-западной части Тихого океана (I и IV полигоны).

В районе Монтеррея, начиная с глубины 1250 м до дна, совершенно удивительными были скопления крупных сцифоидных медуз бордово-вишневого цвета *Poralia* размером 30—50 см. По мере приближения к дну их становилось все больше; подхваченные течением, они неслись с потоком «снежных» хлопьев в узкие расщелины каньона. Далее к югу, по мере трансформации вод Калифорнийского течения, численность этих медуз резко сократилась и они попадались ближе к дну в небольшом количестве.

\* \* \*

Обычно за 5—10 м до дна возникает светловатое пятно, вначале туманное, потом более ясное, и вдруг, неожиданно под лучами прожектора глазу открывается бело-желтоватая, нежно-рыхлая на вид, волнистая или ровная поверхность, покрытая «морским снегом». При случайном резком соприкосновении лыж аппара-



Представители сифонофор: А — *Diphyopsis* sp., Б и Г — *Agalma* sp. (первая форма плавает, закручивая конец колонии), В — *Chelophyes* sp., Д — *Muggisa* sp., Е — *Diphyes* sp., Ж — *Nectopyramis* sp., З — *Praya* sp. (встречаются колонии с двумя особями).



та с осадком со дна поднимается бело-розоватое опалесцирующее облако мельчайших частиц детрита, которое надолго задерживается в густой и плотной воде.

На «заснеженном» фоне хорошо видны неподвижные или малоподвижные глубоководные донные и придонные животные.

Своеобразие придонно-глубоководного биотопа определяется смещением двух фаун: истинно придонных организмов и опускающихся из вышележащих слоев. В придонном слое, как и в других зонах океана, встречаются специфические виды, но они редки. Для каждого из изученных нами придонных районов характерен свой набор групп: мизиды, полихеты, медузы, ктенофоры и пантоподы, реже декаподы, амфиподы, хетогнаты и представители других групп. У дна возрастает число рыб. Вообще в районах, богатых органическим детритом, в 5—10 м от дна численность животных, как правило, увеличивается. Важно отметить наличие общих видов в западной и восточной частях Тихого океана, например мизиды *Birsteiniamysis inermis*, медузы *Crossota brunnea*, полихеты *Flota vitjazi*, хетогнаты *Eukrohnia fowleri*, *Heterokrohnia mirabilis*, *Sagitta macrocephala*, изоподы *Munneureus murrayi* и др.

Среди донных крупных животных самое большое впечатление производят ажурные бокаловидные и чашевидные стеклянные губки (*Hexactinellida*), которых в отдельных районах довольно много, особи встречались на расстоянии 30—40 м друг от друга, причем это могли быть разные виды.

Во время одного из погружений в южной части Берингова моря на глубине

5249 м (II полигон) я увидел незнакомое мне животное. Манипулятор ловко схватил ее за обвитую офиурой «ножку» и положил в контейнер. Однако при подъеме тонкая прозрачная ткань сферических окончаний отростков лопнула, обнажив бордово-вишневую внутренность, которая просвечивалась у живого организма. Губка потеряла свое очарование, но, к счастью, мы успели запечатлеть это удивительное создание. Как оказалось в дальнейшем, это была глубоководная губка *Chondrocladia sp.* Она осталась загадкой не только для меня, но и для узких специалистов, поскольку соединяет в себе признаки двух классов *Hexactinellida* и *Demospongiae*.

Аналогичная ситуация возникла при подъеме на поверхность придонных пелагических голотурий (*Panegone diaphana*) в районе Коста-Риканского купола. Голотурии то плавали в стоячем положении, как морские коньки, сотнями над поверхностью дна, охватывая слой высотой в 3—5 м, то кучами лежали на дне, непонятно — живые или полумертвые. Эти скопления располагались в 100—200 м друг от друга. Захваченные слэп-ганом и положенные в контейнер они из красивых животных превращались в плоские невыразительные лепешки.

Наиболее эффектно выглядела белая голотурия (возможно, *Elpidia*) большого размера (около 30—40 см), стоявшая на длинных вытянутых амбулакральных ножках, выставив вверх два «рога».

\* \* \*

Многие пелагические животные, обитающие в су-

меречной зоне океана, дают различные мерцающие световые сигналы — они изредка вспыхивают при погашенных прожекторах. Недаром у хищных глубоководных придонных рыб часто довольно большие глаза, например у бело-серых макрурид (*Coryphaenoides sp.*), достигающих в длину 50—100 см и более. Двигаясь над дном, мы постоянно встречали этих рыб на глубоководных склонах Курило-Камчатского желоба и в районе у Берингова моря. Одна из рыб во время нашей остановки с любопытством, без всякого страха, лениво подплыла к иллюминатору, заглянула внутрь своим большим глазом и медленно продолжила свой путь. Часто мы наблюдали, как небольшие стаи рыб (по 2—3 экземпляра на расстоянии 0.5—1 м друг от друга) медленно двигались в 50—20 см над дном.

В заливе Монтерей, где я опускалась вместе с американским ихтиологом Грегором Кальетом (Gregor Cailliet), идентифицировавшим многих рыб до вида, местами встречались большие черные антимоны (*Antimora microlepis*), или бельдюги (*Melanostigma pammelas*), или долгохвосты (*Coryphaenoides acredepis*).

Как правило, в верхних слоях океана едва ли не большинство организмов прозрачные или полупрозрачные, а рыбы серебристые. На средних глубинах (300—2000 м) начинается мир красно-оранжевых, вишнево-малиновых и фиолетовых оттенков, характерных для многих ракообразных, кальмаров, представителей свободноживущих морских червеобразных животных — немертин, а также некоторых кишечнополостных. Среди

рыб преобладают черные, черно-коричневые, хотя встречаются и серебристые (например, рыбки-топорыки *Sternophychidae*), рыбы с чешуей и без нее. В более глубоких слоях воды беспозвоночные приобретают белый или бело-серебристый цвет (многие сифонофоры, кальмары, полихеты, ракообразные). Встречаются прозрачные рыбы, у которых внутренние органы слабоокрашены и просвечивает скелет. Нередко прозрачные организмы имеют ярко окрашенные органы: черные, красные, оранжевые. У гребневиков это могут быть органы чувств или равновесия — статоцист. У глубоководных видов он обычно окрашен в черный или красный цвет, а у некоторых — светящийся. У кальмаров на спине мантии — яркий крупный фотофор; у сифонофор — сенсорный орган; у прозрачных креветок и мизид — ярко красные желудки; у некоторых рыб-«удильщиков» — ярко окрашенная светящаяся железа. Многие эволюционные приобретения служат им для приманивания добычи или партнеров для размножения, для отпугивания хищников. И ракообразные, и кальмары, и рыбы имеют видоспецифичное расположение фотофоров на теле.

По первым научным исследованиям и дневниковым записям В. Биба были выполнены красочные рисунки. Теперь стало ясно, что некоторые из них ошибочны. Например, маловероятна была встреча на 600 м и глубже огромных рыб (до 6 м) с фотофорами (!) и другими органами, свойственными глубоководным обитателям. Такие крупные рыбы не могут существовать в толще вод на больших глубинах из-

за скудости источников пищи. На глубинах примерно от 300 до 1500 м наблюдается скопление мезопелагических (среднеглубинных) рыбок длиной около 3—15 см. Они действительно окрашены в темные тона, многие имеют фотофоры и другие атрибуты, связанные с жизнью на глубинах. Визуальные наблюдения показали, что на глубине 2000—3000 м рыбы исчезают и вновь начинают встречаться лишь у дна.

\* \* \*

Анализ вертикального распределения численности животных, включая рыб, просчитанных по мере погружения в объеме освещенного конуса, позволил установить некоторые общие черты. Большая часть всех организмов сосредоточена в верхнем (0—3000 м) слое воды: в каждом районе она составляла от 80 до 94% от общей численности животных во всем столбе воды; причем в отдельных слоях преобладали определенные виды. С глубиной максимальные значения числа животных постепенно уменьшались и резко падали на границе водных масс (около 3000 м). Для более глубоких слоев также характерны небольшие пики вертикального распределения. А в некоторых районах (I и IV полигоны, глубже 3000 м) в отдельных слоях протяженностью в 50—150 м макропланктонных животных не было видно, лишь хлопья детрита и «хвосты» слизи.

Наибольшей численностью животных отмечены III и IV полигоны. В калифорнийских водах (не считая каньона Монтерей, где учету животных мешало обилие «снега») численность всех

просчитанных организмов возрастала по мере приближения к продуктивным водам Коста-Риканского купола, хотя она оказалась меньшей, чем в северной части Курило-Камчатского желоба.

В работах, посвященных изучению фауны пелагиали с глубоководных аппаратов, большое значение отводится желетелым организмам как существенному звену пищевой цепи. В некоторых районах их доля в общей численности животных (включая рыб) обычно велика: в Калифорнийском течении (V, VI, VII полигоны) она составляет 40—50%, а в остальных — 25—33%.

В целом и в толще вод, и на дне распределение животных «пятнистое». Каждый раз, наблюдая такую картину воочию, убеждалась, насколько данные, получаемые с помощью различных орудий лова, отличаются от реальной ситуации. Истинный облик многих животных в естественной среде совсем не похож на научные описания. При наблюдениях из глубоководного аппарата лишь интуиция систематика помогает увидеть различия между видами и другими таксонами по внешнему облику.

Не только численность животных, но и видовой состав, установленный при визуальных наблюдениях, особенно желетелых организмов, гораздо богаче, чем в материалах, собираемых в тех же районах сетями и тралами. Анализ распределения отдельных видов в пределах однородных водных масс показал, что большая дифференциация их по глубине лишь отчасти объясняется влиянием света и температуры, в остальном же она определяется биологическими факторами.

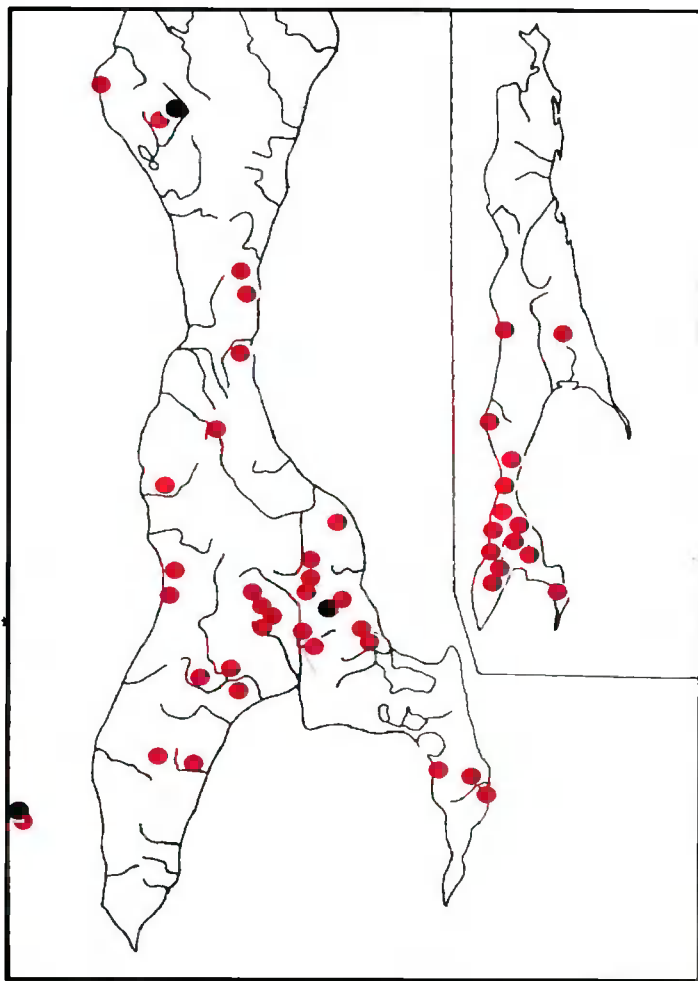
# Жужелица Лопатина

А.К.Клитин

Научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
Южно-Сахалинск

**С**РЕДИ 200 видов жужелиц (*Carabidae*)<sup>1</sup>, населяющих о.Сахалин, жужелица Лопатина (*Carabus lopatini*) — одна из наиболее ярких жемчужин острова: на суженной спереди со слабо выраженными базальными ямками медно-красной переднеспинке держится удлиненная, того же цвета голова с нитевидными усиками; округлые продолговатые ямки темно-бронзовых надкрылий, подобно драгоценным камням, способны менять свой цвет от желтовато-зеленого (при естественном освещении) до медно-красного (при искусственном свете); ноги и брюшко — черные с темно-фиолетовым отливом.

Впервые этот вид был описан состоявшим на службе в Петербургской академии наук зоологом А.Ф.Моравицем<sup>2</sup> по экземпляру, доставленному с Сахалина горным инженером И.П.Лопатиным, чьим именем и была названа жужелица. К сожалению, в первоописании



© А.К.Клитин

<sup>1</sup> Крыжановский О.Л., Молодова Л.П. // Энтомологическое обозрение. 1973. Т.52. Вып.5. С.63—75; Лафер Г.Ш. // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т.3. Жесткокрылые, или жуки. Ч.1. Л., 1989. С.71—221; Там же. Ч.2. СПб., 1992. С.602—621, 699—702; Лафер Г.Ш., Кузнецова В.Н. // Вестн. Сахалинского музея. Южно-Сахалинск, 1996. №3. С.313—323.  
<sup>2</sup> Morawitz A. // Memoires Academie imperiale des Sciences de St-Peterbourg. 1886. Serie 7. T.34. №9. P.1—88.

*Схема распространения жужелицы Лопатина на о.Сахалин по данным автора (показано цветом) и литературным данным.*

не указано точное место пдмки, как, впрочем, ничего не известно и об обстоя-

тельстввах, при которых был пойман первый экземпляр. Более того, биографы Лопатина, перечисляя его многочисленные заслуги в области геологии, и словом не обмолвились об этом любопытном событии.

Сейчас жужелицу Лопатина относят к достаточно



*Эндемик о-вов Сахалин и Монерон, один из красивейших жуков семейства жужелица Лопатина.*

*Здесь и далее фото автора*

*Брадибена Вейриха — любимое лакомство жужелицы.*



Биотопы жужелицы на о.Сахалин.

редкому для северных широт палеарктическому подроду *Acoptolabrus*, а в результате тщательного энтомологического обследования сопредельных с Сахалином территорий точно установлено, что эта жужелица — эндемик Сахалина и Монерона (остров у юго-западного побережья Сахалина).

Жужелица Лопатина — достаточно крупный (от 26 до 43 мм в длину) жук, причём населяющие юг (46°00'—37°20'с.ш.) Сахалина особи примерно в полтора раза больше обитателей крайних северных (49°50'—50°05'с.ш.) районов острова, где короче вегетационный период, а следовательно, хуже условия для питания и роста личинок. Несмотря на внушительные размеры, с жужелицей Лопатина не так-то просто встретиться. Все находки были сделаны преимущественно в горных районах острова (на хребтах Сусунайском, Южно-Камышовом, Мицульском, Шренка и в горах Ламанон). Наиболее северные точки находок в течение нескольких лет были отмечены вдоль западного побережья Сахалина, вблизи мыса Ламанон, а вдоль восточного — вблизи пос. Стародубское<sup>3</sup>. Однако в 1995 г. надкрылья жужелицы были обнаружены на мысе Корсакова недалеко от пос. Пильво, что на 280 км севернее мыса Ламанон. И совершенно сенсационной стала находка в 1997 г. живого экземпляра этого вида в верховьях р.Витницы в пределах Восточно-Сахалинских гор (Смирныховский р-н). Численность жужелицы здесь, вероятно, невелика, поскольку попытки просле-

дить особенности ее распространения с помощью почвенных ловушек не увенчались успехом. Тем не менее эти находки позволили не только уточнить и значительно расширить ареал вида, но и выявить несколько его изолированных группировок.

Судя по уловам в почвенных ловушках, больше всего жужелиц в северной части п-ова Крильон и на некоторых других участках восточных склонов Южно-Камышового хребта. Достаточно широк диапазон распределения вида по высоте: известные точки находок на абсолютной высоте от 6 м (морские террасы о.Монерон и юго-восточного Сахалина) до 900—950 м (привершинные участки гор Чехова и Рудоновского)<sup>4</sup>. Однако наиболее высокая численность жужелицы отмечена в пойменных и смешанных лесах на высоте 50—150 м над ур.м. и несколько меньшая — в разреженных травяных и папоротниковых елово-пихтовых лесах на высоте 100—400 м над ур.м. Заметим, что основное требование к биотопу в последнем случае — присутствие хорошо выраженного подлеска из кустарников (вейгелы Миддендорфа, бересклетов, калины, черничника, аралии, смородины сахалинской), крупнотравия из белокопытника, лабазника, какалии, гречиши сахалинской и Вейриха, а также небольших разнотравных комплексов. Вопреки распространенному мнению жужелица Лопатина ни разу не была встречена в зарослях весьма многочис-

ленного в южной части острова курильского бамбука. Не удалось обнаружить этот вид и в лиственных подлесках зеленомошных темнохвойных лесах в северной части Тонино-Анивского п-ова, весьма малочислен он и в поясе кедрового стланника.

Взрослые жуки появляются в середине мая, и их можно встретить до середины сентября. Повышение суточной активности, связанное с процессом размножения, по нашим данным, приходится на вторую половину июня — первую половину июля, при более высоких весенних температурах воздуха — на третью декаду мая — июнь<sup>5</sup>.

Как и многочисленные ее сородичи, жужелица Лопатина — хищница и любит, в частности, полакомиться наземными улитками брадибенами Вейриха (*Bradybaena weyrichii*), которые населяют заросли сахалинского крупнотравия. По наблюдениям в инсектарии, трапеца жужелицы занимает несколько часов (ведь внекишечное пищеварение требует длительного контакта хищника с жертвой), при этом голова и передне-спинка насекомого скрываются в раковине моллюска.

Искусственное разведение жужелиц прояснило и другие особенности биологии этого вида<sup>6</sup>. Генерация жужелиц происходит в течение одного года. Разгар яйцекладки приходится на первую половину лета. Самки откладывают до 35 яиц размером 8.2x2.9 мм. Эмбриональное развитие длится 10 дней. Массовый выход личинок из яиц отмечен во вто-

<sup>3</sup> Клигин А.К. // Там же; Он же / Тезисы IV научно-практической конференции «Экологические основы рационального природопользования на Сахалине и Курильских островах». Южно-Сахалинск, 1990. С.107—109.

<sup>5</sup> Пучков А.В., Нестеров М.А. // Вестн. зоологии. Киев, 1991. №2. С.75—76.

<sup>6</sup> Берлов О.Э., Берлов Э.Я. // Зоол. журн. 1992. Т.71. Вып.6. С.151—153.

<sup>3</sup> Клигин А.К. // Краеведческий бюл. Сер. «Природа». Южно-Сахалинск, 1991. С.24—40.

рой—третьей декаде июня. Личиночная стадия протекает в три этапа и длится около 35—60 дней. Перед окукливанием личинки зарываются в почву, где в течение нескольких дней сооружают куколочную камеру. Стадия куколки длится 8—11 дней, и во второй половине августа происходит массовое отрождение жуков, которые вскоре устраиваются на зимовку в трухлявой древесине гниющих деревьев.

Потенциальных врагов у жужелицы Лопатина немало: серая жаба, сибирская и дальневосточная лягушки, живородящая ящерица, многочисленные бурозубки, американская норка, соболь, обыкновенная лисица, совы, воробьиные и хищные птицы. Однако этот вопрос еще недостаточно изучен, и с уверенностью можно говорить лишь о черной вороне — самой распространенной птице Сахалина<sup>7</sup>. В ее по-

<sup>7</sup> Нечаев В.А. Птицы острова Сахалин. Владивосток, 1991.

гадках были обнаружены надкрылья жужелиц. Немалый ущерб численности этого редкого жука (с 1983 г. жужелица Лопатина включена в списки Красной книги РСФСР, а в 1984 г. — Красную книгу СССР) наносят отечественные и зарубежные коллекционеры: вопреки российскому законодательству десятки экземпляров этой жужелицы выставляются на энтомологических аукционах во многих странах мира.

И все же главную опасность для жужелицы Лопатина, как и для большинства других насекомых, представляет уничтожение естественных местообитаний в результате лесных пожаров, вырубки лесов, мелиорации земель, разработки новых месторождений, посадки нехарактерных для горных районов южной части острова древесных пород (сосны и лиственницы). В свое время сведение лесов на западных склонах Южно-Камышового хребта и их час-

точное замещение курильским бамбуком привели к резкому сокращению численности этого вида.

Но не все так мрачно. В отличие от другого сахалинского эндемика, жужелицы Авинова (*S.avinovi*), жужелица Лопатина охотно заселяет вторичные смешанные леса и березняки, произрастающие спустя несколько десятков лет на местах вырубок и часто расположенные в нескольких километрах от хозяйственных построек человека. Благодаря этому ей удалось сохранить довольно высокую численность в луговых ценозах о.Монерон, после практически полного уничтожения на этом острове лесов в середине тридцатых годов. Кроме того, сейчас на Сахалине образованы заказники комплексного типа («Крильон», «Красногорский») и объявлены памятниками природы р.Анна и озера в окрестностях г.Шпанберга, где жужелица Лопатина находится в относительной безопасности.

# ОН ОБОГНАЛ СВОЕ ВРЕМЯ

К столетию Д.С.Коржинского



*Дмитрий Сергеевич Коржинский  
13 (1). IX. 1899—16. XII. 1985.*

Исполнилось 100 лет со дня рождения академика Д.С.Коржинского, выдающегося российского геолога, специалиста в области петрографии, геохимии и геологии рудных месторождений.

Один из основоположников нового направления в науке — физико-химической петрологии и минералогии, Дмитрий Сергеевич создал крупную научную школу, получившую всемирное признание\*. Мы предлагаем вниманию читателей подборку материалов, в которую вошли не только воспоминания его учеников, но и фельетоны самого Коржинского, в свое время очень популярные в научной среде и передававшиеся друг другу в рукописных копиях.

---

\* Подробнее о работах Д.С.Коржинского, его учеников и последователей см. в «Природе»: Коржинский Д.С. Происхождение мелкосопочника и озер Киргизской степи (1929. №7—8. С.708—711); Зотов И.А. Трансмагматические флюиды в геологии (1982. №7. С.48—55); Перчук Л.Л. Методы термометрии и барометрии в геологии (1983. №7. С.88—97); Физико-химический эксперимент в геологии (интервью с В.А.Жариковым; 1988. №4. С.4—14); Рябчиков И.Д. Флюиды в мантии Земли (1988. №12. С.12—17); Перчук Л.Л. Корифей (1989. №8. С.102—108); Рябчиков И.Д., Расс И.Т. Расплавленные карбонаты в глубинах Земли (1998. №8. С.67—74).



# Д.С.Коржинский и наука о парагенезисах минералов

**Н.Н.Перцев,**

доктор геолого-минералогических наук

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии, геохимии  
Москва

**Д**МИТРИЙ Сергеевич Коржинский, один из наиболее ярких представителей геологической науки уходящего XX в., родился 13 сентября 1899 г. в Санкт-Петербурге в семье выдающегося ботаника Сергея Ивановича Коржинского, избранного полным академиком Российской академии наук в 28 лет и рано (в 1900 г.) погибшего. Трудно сказать, что сыграло главную роль в формировании разносторонней одаренности, математического склада ума, наблюдательности и способности находить определяющие закономерности — гены отца или домашнее воспитание матери, отдавшей его на учебу в реальное училище только в 14 лет, которая полагала, что «если слишком долго учиться, то станешь дураком». А может быть — преодоление невзгод и потрясений первой четверти столетия? Пришла первая мировая война, затем революция и гражданская. Белые мобилизовали молодого Коржинского, но ему вскоре удалось бежать. Затем мобилизовали красные и оставили служить после войны.

В те времена страна остро нуждалась в инженерных кадрах, и студентов, прошедших два курса технического вуза, освобождали от воинской повинности для продолжения учебы. Коржинский хотел посвятить себя какой-нибудь естественной науке. Из формально считавшихся техническими дисциплин ближе других к природе ему казалась геология. И вот красноармеец-телефонист на ночных дежурствах готовится в Петроградский горный институт. Ударяя



*Д.С.Коржинский. Начало 40-х годов.  
Фото из архива ИГЕМ РАН*

тайком из части, Коржинский сдает экстерном программу первых двух курсов, демобилизуется и поступает в институт. Вот так, почти случайно, геология обрела одного из своих корифеев. В голодные студенческие годы приходилось подрабатывать такелажником в порту, затем пошли полевые геологические работы. После окончания института — самостоятельная геологическая съемка белых пятен в Казахстане, на Алдане, в Прибайкалье.

Забавно, что в молодые годы он считал науку о горных породах — петрографию — скучнейшей из геологических дисциплин и думал, что уж ею-то



*С. П. Н. Перцевым на Чайском массиве в Северной Бурятии. 1975 г.*

*Фото из архива  
Н. Н. Перцева*

никогда не станет заниматься. Но именно ему и выпало сделать эту науку одной из самых интригующих, полной загадок, удивительных закономерностей, и осуществить переход от чисто описательной петрографии к петрологии, вскрывающей процессы образования горных пород, и базирующейся на точной науке — физической химии.

Уже в ранних своих работах он начал использовать законы термодинамики для объяснения процессов минералообразования и понял, что традиционный способ их применения мало пригоден для геологии. Ему пришлось создать стройную систему, методологически приспособленную к особенностям геологических объектов, — физико-химический анализ парагенезисов минералов.

Слово «парагенезис» (рядом образованные) означает сообщество минералов, находящихся в непосредственном контакте друг с другом. Уже давно

было подмечено, что среди таких сообществ одни вполне обычны в определенной геологической обстановке, другие в той же обстановке необычны, третьи не встречаются вовсе. После того как норвежский ученый В. М. Гольдшмит в начале века впервые приложил к парагенезисам термодинамическое правило фаз Гиббса, парагенезис приобрел смысл уже не просто рядом образованных, а совместно образованных минералов, состоящих в термодинамическом равновесии.

Минералогическое правило фаз Гольдшмита гласило, что максимальное число минералов в парагенезисе равно числу независимых химических компонентов в нем. Занимаясь в начале 30-х годов петрографией метаморфических комплексов, Коржинский обратил внимание на то, что реальное количество минералов, слагающих горную породу, или парагенезис, обычно значительно меньше числа компонентов. Он заметил



*С С.А.Гурудевым. Северная Бурятия, 1975 г.*

*Фото Н.Н.Перцева*



*На Дальнем Востоке. Конец 70-х годов.*

*Фото Л.Л.Перцука*



*Вручение золотой медали Рёббинга Американского минералогического общества. 1980 г.*

*Фото П.Грю*

также, что в процессах минералообразования компоненты ведут себя по-разному: одни легко перемещаются в систему извне или выносятся из нее, тогда как другие перемещаются с трудом, в основном оставаясь внутри рассматриваемого объема. Результатом теоретического анализа стало одно из крупнейших принципиальных открытий в петрологии. Ранее было распространено мнение, что природные минеральные системы неравновесны, и потому к ним, в принципе, неприменимы законы равновесной термодинамики.

Действительно, процессы минералообразования в целом неравновесны, направлены, переводят систему из одного состояния в другое: магмы, застывая, кристаллизуются, минерализованные растворы, просачиваясь сквозь поры горных пород, химически взаимодействуют с ними, образуя новые горные породы и руды, и т.п. Но эти геологические процессы идут крайне медленно,

десяtkи и сотни тысяч лет. Предположив, что химические реакции проходят быстрее, чем изменяются условия минералообразования, Коржинский установил, что в каждом элементарном объеме процесс может проходить равновесно и систему можно исследовать и описать в терминах равновесной термодинамики.

Этот принцип «мозаичного равновесия» применим к системам минералообразования при повышенных температурах и других факторах, способствующих более быстрому протеканию реакций. Оказалось, что максимальное количество равновесно образующихся фаз определяют только «инертные», слабо перемещающиеся химические компоненты. Легко перемещающиеся компоненты, названные Коржинским «вполне подвижными», лишь оказывают влияние на химический состав образующихся минералов и термодинамически характеризуются их химическими потенциалами или химическими активностями.

Правило фаз изменилось: максимальное число равновесно сосуществующих минералов в парагенезисе равно количеству независимых инертных компонентов. Этот закон стали называть минералогическим правилом фаз Коржинского. Подчеркивание одновременности возникновения «парагенных» минералов также потеряло смысл. Главное не одновременность образования парагенезиса (совместно могут образовываться и метастабильные ассоциации), а термодинамически равновесное сосуществование фаз в нем независимо от возраста сосуществующих минералов, когда между ними невозможны никакие самопроизвольные реакции. Природные системы в отличие от лабораторных «открыты» для вполне подвижных компонентов, которыми они обмениваются с внешней средой в процессах минералообразования.

При разных температурах, давлениях и химических активностях вполне подвижных компонентов в растворах или флюидах одни и те же инертные компоненты дают разные парагенезисы. Например, в системе всего лишь из двух инертных компонентов  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  и одного вполне подвижного  $\text{CO}_2$  при  $850^\circ\text{C}$  могут быть стабильными 7 минералов, дающие 12 минеральных пар разных парагенезисов в зависимости от давления  $\text{CO}_2$ . Парагенезис ларнит ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) + ранкинит ( $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ ) стабилен при минимальном давлении  $\text{CO}_2$  (доли атмосферы). При максимальном давлении  $\text{CO}_2$  (более 800 атм) кальциевые силикаты нестабильны, устойчива лишь пара кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ) и кварц ( $\text{SiO}_2$ ).

Метод анализа парагенезисов минералов позволил сравнивать не только температуры и давления, но и другие условия минералообразования — химические активности в вполне подвижных компонентов, кислотность растворов, окислительные потенциалы. Коржинский, по видимому, впервые обратил внимание на то, что составы изоморфных твердых растворов (например, в пироксенах, амфиболах, слюдах, т.е. в широко развитых группах породообразующих минералов) изменяются в парагенезисах закономер-

но, в зависимости от внешних условий. Этот раздел парагенетического анализа — «теория фазового соответствия», как назвал ученик Коржинского Л.Л.Перчук, — получил необычайное развитие в наши дни для определения палеотемператур и палеодавлений при образовании горных пород и руд, т.е. в геологической термометрии и барометрии. Метод основан на различиях в зависимости твердой растворимости конечных членов соединений изоморфного ряда не только от исходного химического состава, но и от температуры и давления. Например, отношение  $\text{Fe/Mg}$  возрастает с падением температуры в безводных магнезиально-железистых силикатах, тогда как в равновесно сосуществующих с ними водосодержащих силикатах оно уменьшается. Такие парагенезисы поддаются калибровке по температуре. Изучение парагенезисов в зональных зернах минералов, находящихся в контакте друг с другом, дает представление о протекании минералообразующих процессов: изменении во времени температуры, давления и других условий, а также скорости и длительности минералообразования.

Современный парагенетический анализ стал фундаментальным количественным инструментом познания в минералогии и петрологии. Но это лишь одно из созданий Коржинского. В кратком очерке невозможно осветить все, упомяну лишь некоторые, наиболее важные: теорию кислотно-основного взаимодействия в процессах минералообразования, теорию метасоматической зональности, теорию образования скарнов, теорию магматического замещения и гипотезу метамагматизма. Он обогнал свое время. Многие из его наследия еще предстоит осваивать, расширять. К счастью, основатель современной физико-химической петрологии успел при жизни получить мировое признание. Академик Д.С.Коржинский был избран действительным и почетным членом многих зарубежных академий и научных обществ, удостоен высоких государственных и научных наград и премий, имел многих друзей среди геологов всего мира. Он не ограничивался толь-

ко научными задачами — принимал непосредственное участие в разведке Турьинских медных рудников на Урале, дал подтвердившийся прогноз слюдяных месторождений на Алдане, проводил геологическое картирование в Казахстане и Сибири. Все его теоретические достижения глубоко базировались на тщательном и обширном изучении природных объектов.

В обыденной жизни Дмитрий Сергеевич был исключительно скромным и доброжелательным человеком. Он с радостью говорил, что ученики его сильно обогнали, легко делился своими идеями и догадками, но крайне редко участвовал в коллективных публикациях. Он стеснялся почестей и подтрунивал над собой: «Старикашка с геморроем получил Звезду Героя». Обычно мягкий, искрящийся юмором, он, однако, преобладал в научной полемике, не давая спуска поверхностному подходу и некомпетентности. Тогда он становился саркастичен и ядовито насмешлив, иногда присваивая «научным» нелепостям авторское имя, заразительно по-детски смеясь. При этом он оставался дружески расположенным к критикуемым исследователям.

Фельетоны Коржинского, написанные для стенной газеты Института геологии рудных месторождений, ходили в рукописных копиях среди геологов в разных уголках страны. Доставалось в них и маститым профессорам, и молодым научным работникам.

Поразительна была его работоспособность. Ежедневный, практически без выходных, труд. «Жизнь коротка, хоть выспаться вволю», — подсмеивался он над засонями. Необыкновенна была и его способность разглядеть главное в изучаемом явлении, отсеять несущественные детали. Это позволяло быстро добираться до сути. Жизнь этого гиганта была необычайно интересна, полна событиями, творческим трудом, борьбой с рутинной, жаркой полемикой. В наши дни уже совершенно невозможно представить петрологию без физико-химического мировоззрения, заложенного Коржинским. Это был творец науки, настоящий российский академик и интеллигент в самом высоком смысле слова. Жизнь его не окончилась в 1985 г., она продолжается в новых достижениях петрологии. Мне выпало счастье работать бок о бок с этим человеком — под его руководством — в течение трех десятков лет.

## «Зовите меня Дима»

**П.Грю,**

профессор, проректор по науке Университета штата Небраска  
г. Линкольн (США)

**М**ОЯ первая встреча с Д.С.Коржинским произошла в августе 1969 г. на научной экскурсии по оз.Байкал под эгидой AZOPRO (Ассоциации по изучению глубинных зон земной коры). В экскурсии, проводившейся на французском и русском языках, участвовало 78 геологов: 49 из Советского Союза, 14 из Франции и Бельгии; остальные — из семи других стран. Трое из Соеди-

ненных Штатов: Джон Роджерс из Йелла, Дирк де Ваард из Сиракуз и я, Присцилла Дадли, в то время 28-летняя ассистентка геологии в Бостонском колледже в Массачусетсе.

Академик Коржинский, мадам Коржинская и я только что взошли на борт нашего экскурсионного судна «Верещагин» и стояли между деревянными ящиками с провизией, которой загрузились на десятидневное плавание по Байкалу. Особенно запомнилось, что мы начали разговор рядом с огромной связкой не-



*П.Грю в Байкальской научной экскурсии. 1969 г.*

*Фото П.Грю*



*Лекции на «Верещагине». 1969 г.*

*Фото П.Грю*

обычайно крупного зеленого лука. Мне приходилось слышать в Беркли о Коржинском с первых лекций по петрологии еще в 1964 г. Моими руководителями по диссертации были В.С.Файф и Ф.Дж.Тернер. В отличие от Дж.Б.Томпсона, который воспринял многие идеи Коржинского, Файф и Тернер не принимали подхода Коржинского—Томпсона к открытым системам с вполне подвижными компонентами в таких геологических явлениях, как метасоматическая зональность. Одним словом, я была воспитана в противостоящей петрологической школе.

Таким образом, казалась нереальной моя встреча с академиком Коржинским по соседству со связкой зеленого лука на Байкале и признание, что я принадлежу противоположному петрологическому лагерю. Но он сразу разрядил напряжение и полностью снял мою скованность. Он был так счастлив, что наше международное путешествие состоялось. Его переполняла радость. Он рассказал, что должен был возглавить полевую экскурсию в этот же район во время XVII Международного геологического конгресса в 1937 г., но ее отменили. Дмитрий Сергеевич видел в нашей поездке благоприятную возможность продемонстрировать международной группе геологов доказательство метасоматических явлений, которые занимали его так много лет.

В последующие дни Коржинский показывал нам минералы и строение флогопитовых и других месторождений на Слюдянке и рассказывал, как изучение их особенностей помогало развитию его теорий. Мы проводили ночи на корабле, двигаясь к следующему месту, а днем шли по берегу от точки к точке, либо перемещались на полевом наземном транспорте. Коржинский на «Верещагине» читал лекции с фазовыми диаграммами, прикрепленными к брезенту. Более величественной обстановки для петрологических

уроков просто невозможно представить: искрящийся фон девственно чистого Байкала и учитель — один из ведущих ученых нашего столетия.

Через пару дней Коржинские уже полностью взяли меня под свое крылышко, окружая доброй приветливостью в моем первом путешествии по Сибири, когда я пыталась преодолевать языковые трудности особой англо-русско-французской комбинации (большинство из нас знали только один или два языка из этой группы). Я помню, однажды Коржинские подошли ко мне. Мадам Коржинская носила красивую золотую брошь в форме паука с брюшком из янтаря. Она отцепила лаучка и подала мне, сказав, что хотела сделать подарок, но ничего подходящего с собой не взяла и хочет подарить его. Я до сих пор храню эту брошь как большую драгоценность. Академик Коржинский сказал мне: «Зовите меня Дима». Это было три десятилетия назад, когда даже в Соединенных Штатах ощущалась значительная скованность и формальность при общении студентов и молодых ученых с признанными звездами, подобными Коржинскому. Со мною путешествовал один из наиболее талантливых и влиятельных ученых, которых я когда-либо встречала, и он сразу попытался устранить для меня и других участников искусственные преграды, дать возможность сконцентрироваться на науке, восхищаться горными породами, природными красотами и величием Байкала.

Академик Коржинский преподавал мне хороший урок. В нынешней работе я часто встречаю старших школьников, студентов колледжа и младших преподавателей, которые нервничают и стесняются при первом общении с проректором. Я говорю: «Зовите меня Прицилла» и вспоминаю при этом одного из моих самых любимых учителей из далекого прошлого.

(1998 г.)

© Перевод с английского **Н.Н.Перцева**.



## Фельетоны от Д.С.Коржинского\*

КОСМОРАДИОПЕТРОЛОГИЯ  
(УГОЛОК ДИССЕРТАНТА)

Недавно я получил от одного из своих племянников<sup>1</sup> письмо, которое может представить общий интерес.

Дорогой дядя Митяй!

Могу тебя порадовать. Наконец, мне удалось нащупать струю, золотую жилу! Я написал диссертацию по косморadioпетрологии. Это надежная тема. Началось все с того, что я применил метод наблюдения под микроскопом, предложенный неким П.Киселем<sup>2</sup> в одной из его диссертаций, получившей одобрение одного виднейшего нашего академика. Метод состоит в следующем: если наблюдение с николем<sup>3</sup> или без николя не дает положительных результатов, то надо смотреть, попеременно вдвигая или выдвигая николь, и чем быстрее, тем лучше. В настоящее время автор, как я слышал, получил патент на этот метод в Комитете по изобретениям, так же как и на ряд других своих научных открытий. С помощью этого метода я открыл, что в перидотитах оливин образует псевдоморфозы по кварцу, пироксен — по полевым шпатам, а хромит образовался за счет превращения циркона. Ясно, что перидотиты образуются за счет радиоактивного превращения гранитов<sup>4</sup>. После этого я целый

месяц просидел над книгами по физике и наковырял столько, что рецензентам придется либо восхищаться, либо расписаться в своем невежестве, на что они никогда не пойдут.

Должен сознаться, что на этот научный подход я вдохновился после блестящей защиты аналогичной диссертации в Киевском университете одним вундеркиндом<sup>5</sup>. Правда, выводы наши противоположны: у него граниты образуются за счет радиоактивного превращения перидотитов и габбро, а я взял наоборот. У меня есть неотразимые аргументы. Все метеориты носятся в пространстве, пронизываемом самыми жесткими космическими лучами, многие миллиарды лет, и что же? Гранитов среди них совсем не осталось, в основном они превратились в гипербазитовые или даже железные тела. Следовательно, превращение идет от гранитов через габбро и перидотиты к железным телам. И еще вот: при образовании Земли самые тяжелые и самые радиоактивные трансурановые элементы должны были сосредоточиться в центре Земли. Оттуда и идет главное излучение, под влиянием которого граниты превратились в перидотиты мантии. Немного гранитов осталось только вдоль поверхности земной коры. Скоро и они, наверное, превратятся и останутся только в коллекциях. И еще вот: под экраном воды морей и океанов действие радиоактивного излучения ядра должно быть особенно интенсивным. И действительно, под океанами гранитного слоя уже не осталось. Об исчезновении гранитного слоя под океанами много писали, но до меня никто не смог этого объяснить.

Я уже разослал автореферат диссертации и получил массу восторженных отзывов со всех концов СССР. И

\* Напечатаны в стенной газете Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии, геохимии АН СССР «Наука — Родине» в 1960 и 1970 гг. В их основу положены реальные факты и реальные выступления.

<sup>1</sup> Племянник — лицо вымышленное. Здесь и далее примечания Н.Н.Перцева.

<sup>2</sup> П.Кисель — работник Министерства геологии СССР в конце 40—начале 50-х годов. В представленной им кандидатской диссертации было много кристаллооптических нелепостей.

<sup>3</sup> Николь — выдвигающийся анализатор поляризованного света для диагностики минералов.

<sup>4</sup> Такие превращения и образования минералов и горных пород невозможны из-за содержания в них различных химических компонентов. В природе такие процессы никогда не происходят.

<sup>5</sup> Имеется в виду диссертация О.И.Слензака (1960), на которую Д.С.Коржинский дал возмущенный отрицательный отзыв.



*В Монголии с А.С.Павленко. Начало 70-х годов.*

*Фото В.Н.Коваленко*



*На полевых работах. Йоно-Доворенский массив. Северная Бурятия, 1975 г.*

*Фото Н.П.Перцева*

представь себе, от академиков, профессоров МГУ, от ведущих петрографов ИГЕМ АН СССР, от директоров крупных производственных организаций. Вот что значит ухватиться за модную тему! Милые, добрые старцы! И представь себе, что они в особую заслугу ставят мне те места, которые я еще сам не понял как следует, это оказалось самым значительным и глубоким.

Я встречался, конечно, и со скептиками, педантами. Но я их не боюсь. Они все очень заняты и будут молчать. Зачем они будут соваться не в свое дело? Им хватает своих дел. И в конце концов, не они же будут оплачивать мне дополнительную зарплату.

В мрачные предреволюционные времена иногда назначали комиссии для проверки первичного материала диссертации. Это, конечно, осложнило бы дело (не все же умеют пользоваться методом П.Киселя). Но мне говорили, что сейчас таких комиссий никогда не бывает. В нашу эпоху, когда человек человеку — друг, товарищ и брат, до такой низкой мелочности дело дойти, конечно, не может. Живи и жить давай другим!

Официальных оппонентов я подобрал сам, а неофициальных я не боюсь, даже академиков. Ведь на каждого академика найдется контраакадемик, который будет хвалить только потому, что первый ругал. Это — закон диполей. Они все там попарно поляризовались и препираются, как козлы бодатые. Нужно только суметь столкнуть их лбами. Так что можешь авансом поздравить меня со степенью.

Твой племян Т.

Письмо странное, но в нем есть отзвуки реальности!

Д.С.Коржинский.

#### ПРИНЦИПЫ НАУЧНОЙ ЭТАПИЗАЦИИ И СТАДИАЦИИ

Недавно в Новосибирске закончила свою работу Всесоюзная конференция по научным принципам этапизации и стадияции природных процессов,

организованная Комиссией по формализации научных понятий при АН СССР. В центре работ Конференции стоял вопрос о субординации понятий «этап» и «стадия». Ряд ораторов, в особенности представители минералогии и учения о рудных месторождениях, предлагали закрепить в законодательном порядке применение этих понятий в том смысле, что «стадии» представляют подразделения «этапов», и пресекать всякое другое словоупотребление. В качестве обоснования указывалось, что у древних «стадия» была мерой длины, всего около 185 м, и, следовательно, она может составлять только часть «этапа», т.е. дневного перехода.

Однако неожиданно проф. А. в своем обширном докладе отверг такое обоснование как сугубо формальное. Философская сущность различия заключается здесь в том, что переходы между этапами прерывные, скачковые (этапы ведь разделяются ночлегами с чаепитиями), тогда как переходы между стадиями, т.е. отрезками пути, условные, постепенные, незаметные. Именно это философское различие должно быть положено в основу определения этапов и стадий. «Пусть американцы занимаются формальной формализацией, но нам нужна диалектическая формализация», — сказал проф. А. В качестве примера своего понимания этапов и стадий проф. А. остановился на принципах стадияции и этапизации в применении к жизнеописаниям и некрологам ученых. Основу основ здесь составляет возрастная стадияция: детство, юность, зрелость, старость, переходы между которыми постепенные, незаметные. Этапы же жизни представляют более мелкие подразделения и характеризуются прерывностью, скачкообразностью «ходов между ними» (например: ленинградский этап жизни — скачок — колымский этап и пр.). Возрастной стадийности подчиняются и все другие жизнепроявления ученого. В особенности проф. А. остановился на поразительно тайной связи между интеллектом и сексом на основе возрастного ритма. Интеллект пробуждается одновременно

с сексом в детстве и вместе с ним угасает в поздней старости. Научное творчество в асексуальную стадию жизни полностью иссыкает. Можно сказать, что интеллект является вторичным половым признаком человека, развившимся, подобно усам мужчины или рогам оленя, в ходе полового отбора, в соответствии с теорией Дарвина. Итак, заключил проф. А., в основе анализа природных процессов должна лежать стадияция при подчиненной ей этапизации.

Доклад проф. А. вызвал многочисленные возражения. Указывалось, что этапы (ленинградский, колымский и пр.) могут с таким же успехом описываться как стадия развития ученой личности. Отрицалась столь непосредственная связь между интеллектом ученого и сексом. В частности, было приведено несколько конкретных примеров ученых с уже полностью погасшим интеллектом, но с прогрессирующей сексуальностью. Отмечалось, что в ходе доисторического и исторического развития человека его интеллект мог обостряться и развиваться не только в связи с сексуальной

деятельностью, но до некоторой степени также и в связи с другими сторонами его существования. В своем страстном выступлении чл.-корр. АН СССР К. умолял участников Конференции прийти к какому-либо определенному соглашению в отношении субординации этапов и стадий, иначе, как он сказал, «вся работа по формализации, уже потребовавшая сверхъестественного напряжения мысли, может пойти к чертям собачьим». Из зала последовали реплики: «Туда ей и дорога!»

Хотя Конференции и не удалось однозначно разрешить фундаментальный вопрос о субординации этапизации и стадияции, проведенную дискуссию можно считать плодотворной, так как она послужит необходимой подготовкой к следующему Всесоюзному совещанию по данной проблеме, которое состоится в Киеве в 1971 г. Сформирован Междуведомственный комитет по принципам этапизации и стадияции, который войдет в качестве подкомиссии в Комиссию по формализации научных понятий АН СССР.

# Косатки, каланы, морские ежи и водоросли

**К.Н.Несис,**

доктор биологических наук  
Москва

**Э**КОЛОГИЧЕСКАЯ теория<sup>1</sup> предсказывает: пищевая цепь, начинающаяся с растений, будет устойчивой при нечетном числе звеньев и неустойчивой — при четном. Действительно, травоядные животные способны дочиста объесть растительность и оставить после себя пустыню. Но стоит появиться в сообществе волкам или львам, ониотрегулируют численность своих травоядных жертв так, что и волки будут сыты, и овцы целы. До тех пор, пока не появится и на хищников управа — сверххищник. Или человек. Четвертое звено.

Скалистые берега северной части Тихого океана от Берингова пролива до Японии и Калифорнии окаймлены мощными зарослями крупных бурых ламинариевых водорослей<sup>2</sup>. Настоящие подводные леса! Они усмиряют мощь океанских волн и защищают берега от размыва. В них укрывается бесчисленное множество рыб и беспозвоночных, в том числе и важные промысловые виды. Главные враги бурых водорослей — морские ежи, которые пожирают их в огромных количествах и, если их не остановить, могут превратить морские леса в го-

лую каменистую пустошь. И водоросли, и морских ежей добывают, но человек пока что не способен рационально регулировать их численность.

Основной регулировщик численности морских ежей — калан, или морская выдра. Этот зверь умеет использовать орудия: разбивает раковины моллюсков и панцири морских ежей камнем на собственной груди. Он очарователен по внешнему виду и поведению, к тому же обладает мехом исключительной красоты и ценности. Из-за меха калан был к началу нашего века почти нацело истреблен, но благодаря строгой международной охране, введенной с 1911 г., его численность к 70-м годам была полностью восстановлена на большинстве Курильских, Командорских, Алеутских о-вов и у западных побережий Канады и США. И если популяции этих зверей восстановились не везде, то лишь потому, что они ведут оседлый образ жизни и максимальная дальность их перемещений, по данным радиомечения, не превышает 4—7 км. Каланы быстро перестают бояться человека и, если их не истребляют, регулируют численность морских ежей куда эффективнее, чем человек, вполне оправдывая свою роль как ключевого вида в сообществе.

Но с начала 90-х годов на Алеутских о-вах отмечается внезапное и очень быстрое падение численности

каланов. За ними ведут регулярные многолетние наблюдения, на многих животных надеты радиошейники, и состояние популяций каланов хорошо известно. Если к 1965 г. они достигли исходной численности, то с 1991 по 1997 г. на о-вах Кыска, Амчитка, Адак, Кагаласка и др. численность каланов уменьшалась на четверть в год и за семь лет снизилась в 5—10 раз. Всего за эти годы исчезло около 40 тыс. зверей!

Причину биологической катастрофы выяснила группа американских и канадских биологов — Дж.А. Эстес из отдела биологических ресурсов Геологической службы США, Т.М. Уильямс и Д.Ф. Доак из Калифорнийского университета (Санта-Крус) и М.Т. Тинкер из Гленсайдского экологического управления (Виктория, Британская Колумбия)<sup>3</sup>. Виноваты оказались косатки.

В последние годы косатка — самый большой в мире дельфин (самцы достигают 9—10 м в длину) — стала очень популярной среди широкой публики<sup>4</sup>. Артистичные выступления дрессированных животных в океанариумах ежедневно привлекают тысячи зрителей. Кино и ТВ продемонстрировали их ум, сообрази-

© К.Н.Несис

<sup>1</sup> Популярное ее изложение см.: Несис К.Н. Алеуты, каланы и морские сообщества // Наука и жизнь. 1982. №6. С.120—123.

<sup>2</sup> Куллини Д. Леса моря. Жизнь и смерть на континентальном шельфе. Л., 1981.

<sup>3</sup> Estes J.A., Tinker M.T., Williams T.M., Doak D.F. // Science. 1998. V.282, №5388. P.473—476.

<sup>4</sup> См.: Судьба косатки Кейко-Вилли // Природа. 1999. №1. С.109.

тельность и доброжелательность. Косаток и раньше-то почти не промыслили, а теперь они под строгим запретом и достаточно многочисленны. Но как ни доброжелательны косатки в океанариумах, все-таки это хищники, их излюбленная еда — морские теплокровные животные (хотя основа питания — рыбы и кальмары). Они охотятся стаями и убивают даже крупных китов, а пища им, при их-то размерах, надо много, так что свою репутацию «кита-убийцы» косатка оправдывает.

Вывод о том, что истребители каланов — косатки, оказался совершенно неожиданным, потому что до 1991 г. никто и нигде на Алеутах не видел, чтобы они нападали на каланов, а с 1991-го — видели, и не раз. В наших водах каланы тоже не значились в списках жертв, отмечались лишь отдельные, очень редкие случаи охоты косаток на каланов<sup>5</sup>. Так что вину косаток надо было убедительно обосновать.

Тщательное ветеринарное обследование алеутских каланов показало, что они ничем не болеют, хорошо упитаны и вообще, по словам старшего ветеринара Калифорнийской службы рыбы и дичи Д. Джессепа, находятся «в исключительно здоровом состоянии». Рождаемость и смертность детенышей за последние годы тоже не изменились. Каланы с радиошейниками исчезали внезапно и бесследно. Расчет показал: если бы косатки питались лишь каланами, каждому хищнику нужно было бы пожирать по

пять каланов в сутки! За шесть лет наблюдений численность каланов на о.Адак снизилась на 78%. На Крысьих и Андреяновских о-вах (центральная часть Алеутской гряды) за год исчезало почти по 6800 животных. Значит, всего четырех косаток хватало бы, чтобы их съесть. Исследователи, в научном багаже которых — огромный стаж наблюдений за каланами, рассчитали, сколько раз за эти шесть лет им пришлось бы видеть нападение косатки на калана, если бы никем другим эти звери не питались. Исходя из суммарной продолжительности наблюдений (свыше 7400 человеко-часов) и предположения, что нападение можно засечь на расстоянии до 1 км, оказалось — всего пять случаев. Видели же шесть нападений! Последний довод был такой: на о.Адак есть лагуна Клем, соединяющаяся с открытой к океану бухтой Кулук настолько мелким проливом, что косатка зайти в лагуну не может. Судя по мечению, каланы ни из лагуны в бухту не выходят, ни из бухты в лагуну не заходят. Так вот, за два года наблюдений численность каланов в лагуне оставалась неизменной, а в бухте снижалась на 65% в год!

Но косатки и каланы живут бок о бок тысячами. Почему же до 1991 г. они на каланов не нападали? Похоже, причина во внезапном изменении охотничьих привычек косаток. Многие стаи или семейные группы косаток предпочитают мясной рацион рыбно-кальмарьему. Ранее основной пищей косаток были сивучи и нерпы. Численность сивучей на Алеутах стала резко падать с конца 70-х

годов и достигла минимума к концу 80-х, перед самым началом падения численности каланов. Одновременно значительно снизилось и стадо нерпы. Что тому причиной — крупномасштабный ли промысел рыбы (особенно минтая) или перестройка океанологических условий, — неизвестно. Тут исследователи, по их честному признанию, вступают на скользкую почву домыслов.

Косатки могут жить и охотиться и в открытом океане, и в прибрежье. Каланы живут только у берегов, в зоне бурых водорослей. Пищевая цепь каланы—морские ежи—бурые водоросли свойственна исключительно прибрежной зоне. Истребляя каланов, косатки соединяют океаническую экосистему с прибрежной. Какова бы ни была причина перехода косаток на питание каланами, лежит она в океанической зоне. А результат оказался — в прибрежной. Ведь перейдя на питание каланами, косатки сделали трехчленную пищевую цепь четырехчленной, т.е. неустойчивой! И вот результат: освободившись от пресса каланов, морские ежи очень быстро размножились, их размеры выросли, а биомасса у берегов о.Адак увеличилась за десятилетие (1987—1997) в 8 раз. Количество же бурых водорослей за эти годы понизилось в 12 раз! Темп убыли бурых водорослей составлял 1.1%/сут в 1991 г. и 47.5%/сут в 1997-м! То же самое наблюдали в 1997 г. и на других островах Алеутской гряды.

Вот к каким неожиданным и нежелательным результатам может привести, казалось бы, столь нужное и полезное дело, как строгая охрана морских животных!

<sup>5</sup> Барабаш-Никифоров И.И., Марakov С.В., Николаев А.М. Калан (морская выдра). Л., 1968.

- 78** NB Происхождение костных рыб: новые данные  
Привет, инопланетяне!
- 79** Поиски инопланетян продолжают по-новому  
Возможности поиска внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне. **В.Г.Сурдин**
- 80** Марс на Земле  
Галактики сталкивались часто  
На Тритоне — тоже потепление
- 81** Холодный старт Большого адронного коллайдера  
Самцы и самки летающего дракона. **Д.В.Семенов**
- 83** Колониальность у пауков: гипотеза возникновения.  
**К.Г.Михайлов**  
Как создать инопланетянина?  
Голый землекоп надевает «маску»
- 84** Народы Севера страдают от загрязнения  
Новые материалы из угля  
Черные курильщики в море Бисмарка
- 85** Прогноз поведения ураганов  
В поле зрения специалистов — вулкан Аоба
- 86** Ярлун Цзангбо — глубочайший каньон на Земле  
Теоретическая метеорология приносит прибыль

- 78** NB Origin of Bony Fishes: New Evidence  
Hello, Extraterrestrials!
- 79** Searches for Extraterrestrials Continue in a New Fashion  
Possibilities for Searching for ET Civilizations in the Optical Range. **V.G. Surdin**
- 80** Mars on Earth  
Galaxies Collided Quite Frequently  
Triton, too, Experiences Warming
- 81** The Cold Start of the Large Hadron Collider  
Males and Females of the Flying Dragon. **D.V. Semenov**
- 83** Colonial Behavior of Spiders: A Hypothesis of Its Origin.  
**K.G. Mikhailov**  
How to Create an ET?  
A Naked Sand-mole Putting on a Mask
- 84** Peoples of the North Suffering from Pollution  
New Materials out of Coal  
Black Smokers in the Bismarck Sea
- 85** Predicting the Hurricane Behavior  
Aoba Volcano Monitored by Specialists
- 86** Yarlung Zangbo: The Deepest Canyon on Earth  
Theoretical Meteorology Pays

## Nota bene

Палеонтология. Систематика

### Происхождение костных рыб: новые данные

Вопрос о том, от какого именно предка ведет свое происхождение та или иная группа, всегда был центральным для эволюционной биологии. Многие ученые пытались определить предков конкретного вида животных, однако ископаемые остатки часто не столько проясняли, сколько запутывали положение дел. Так обстоит дело и с исследованием Мин Чжу (Min Zhu; Институт палеонтологии позвоночных и палеоантропологии, Китай), Сяобо Ю., (Xiaobo Yu; Университет Кин, штат Нью-Джерси, США) и Ф. Жанвье (Ph. Janvier; Национальный музей естественной истории, Франция), которые впервые создали реконструкцию самой древней из костных рыб — *Psaroleptis romeri*. Этот вид был описан на основе черепа и плечевого пояса, обнаруженных на территории одной из

провинций Китая, в слоях, относящихся к нижнему девону (около 400 млн лет назад).

Как известно, класс костных рыб (*Osteichthyes*) делится на два подкласса: лучеперых (*Actinopterygii*), который объединяет большинство ныне живущих рыб, и лопастеперых (*Sarcopterygii*), представленный главным образом ископаемыми формами и давший начало ветви наземных позвоночных.

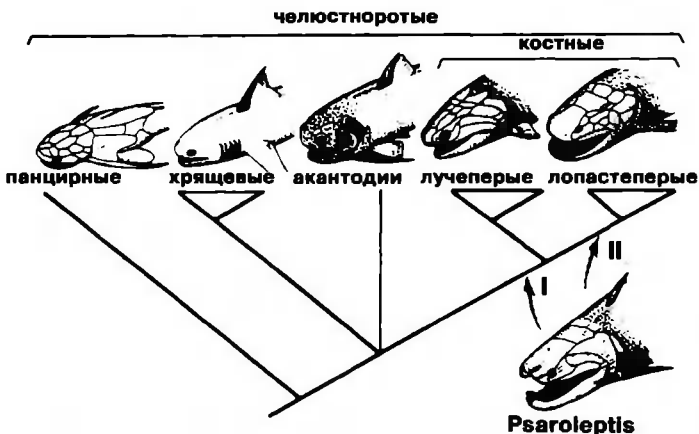
Ученые обнаружили в строении *Psaroleptis*, казалось бы, несовместимые черты. С одной стороны, ряд признаков типичен для лопастеперых рыб: черепная коробка, разделенная перегородкой на переднюю и заднюю половины; зубы лабиринтового типа (т.е. со складчатой эмалью); три отверстия, предназначенные для выхода нервов и кровеносных сосудов, на наружной поверхности нижней челюсти

и щечной кости. Однако, с другой стороны, сама щечная кость и нижняя челюсть близки к таковым у лучеперых рыб, так же как и некоторые другие кости черепа, несущие зубы. Плечевой пояс *Psaroleptis* вообще нетипичен для костных рыб, а загнутый вперед крупный луч перед грудным плавником напоминает о таких своеобразных группах, как панцирные рыбы или акантодии, которые считаются возможными предками *Osteichthyes*.

С помощью кладистического анализа (набора методов, применяемых в систематике для установления родственных связей между группами) авторы попытались установить филогенетическое положение *Psaroleptis*, пользуясь при этом двумя разными наборами признаков, принятыми в литературе. Однако результаты оказались неоднозначными: в зависимости от того, какой из наборов применялся, *Psaroleptis* относили к предковой группе то лучеперых, то лопастеперых рыб.

Чтобы вынести окончательное решение, по-видимому, необходима тщательная ревизия уже имеющихся данных и реконструкция других ископаемых и/или примитивных костных рыб. Однако представление об эволюции этой группы неизбежно претерпит сильные изменения независимо от того, чьим именно предком окажется *Psaroleptis*.

Nature. 1999. V.397. №6720. P.607—610 (Великобритания).



Предполагаемое филогенетическое древо, показывающее возможные родостовные связи между различными группами рыб. Стрелки I и II указывают на неоднозначное положение *Psaroleptis*.

Космические исследования

### Привет, инопланетяне!

Четверть века назад крупнейший в мире радиотелескоп обсерватории Аресибо на о. Пуэрто-Рико отправил послание иным разумным существам. Пункт его назначения — созвездие Геркулеса, куда радиogramма со скоростью света может долететь через 20 тыс. лет. Автором идеи был американский аст-



рофизик Ф.Дрейк (F.Drake). В текст послания он включил символы, обозначающие нашу Солнечную систему, планету Земля и схему ДНК.

Ждать ответа через 40 тыс. лет не слишком заманчиво. И вот недавно И.Дьютил (I.Dutil; Управление оборонных исследований в Квебек-Сити, Канада) решил возобновить межзвездный монолог. Он не без оснований считает, что за тысячи лет пути сигнал, посланный Дрейком, может исказиться до неузнаваемости: ему неизбежно будут встречаться скопления космической плазмы, которые с большой вероятностью заблокируют часть послания в такой степени, что его не сможет прочесть даже великий инопланетный мудрец.

Радиограмма 1974 г. была построена так, что при исчезновении хотя бы одного бита информации весь ее смысл теряется. Поэтому Дьютил совместно с коллегой С.Дюма (S.Dumas) сочинил текст, в котором информация (около 300 тыс. бит) дублируется, и в случае потери любого отрывка общий смысл сохраняется. Да и читать его легче, чем прежний.

14 марта 1999 г. телескоп одной из украинских обсерваторий, расположенной в техасском Хьюстоне, «выстрелил» по заказу компании «Энкаунтер-2001» («Встреча-2001») новую радиограмму в неизвестность. Ее текст не слишком отличается от дрейковской: средствами математики и физики, законы которых должны быть неизменны в любом уголке Вселенной, сообщается, кто мы такие и где находимся, а также содержится просьба ответить.

Позже компания намерена, по-видимому, для покрытия убытков, передать инопланетянам имена и краткие послания 2 тыс. человек, которые заявят о таком своем желании через Интернет ([www.encounter2001.com](http://www.encounter2001.com)) и, разумеется, оплатят стоимость этого мероприятия.

New Scientist. 1999. V.161. №2168. P.15 (Великобритания).

## Поиски инопланетян продолжают по-новому

Участники проекта «SETI» («Search for Extraterrestrial Intelligence» — «Поиски внеземного разума») до сих пор используют почти исключительно методы радиоастрономии. Однако, по мнению астронома П.Хоровица (P.Horowitz; Гарвардский университет, Кембридж, штат Массачусетс, США), последние достижения в области лазерной оптики делают ее также весьма эффективным инструментом таких исследований. В связи с этим с конца 1998 г. 61-дюймовый телескоп Ок-Риджской обсерватории при Гарвардском университете был снабжен специальной камерой и оборудованием для регистрации кратковременных лазерных импульсов, которые могли бы оказаться сигналами инопланетян.

Объекты наблюдений подбираются по составленному коллективом Гарвардско-Смитсоновского астрофизического центра каталогу, содержащему 2500 звезд, около которых целесообразно вести поиски планет. За короткое время наблюдений одной тысячи звезд было выявлено 30 «подозрительных» оптических сигналов. Но все они не повторились и были отбрасывены. Работы продолжаются.

Аналогичный проект осуществляется с начала 1999 г. астрономами Обсерватории им.Лейшнера при Университете штата Калифорния в Беркли под руководством Д.Уэртхаймера (D.Werthimer). Они подключили детектор лазерного излучения к 30-дюймовому автоматическому работающему телескопу, чтобы тоже обследовать 2500 сравнительно близких к нам звезд. Параллельно с этим Дж.Марси (J.Marcy; сотрудник того же университета, соавтор открытия ряда планет вне Солнечной системы) пытается обнаружить следы лазерных сигналов по данным тех наблюдений, в ходе которых планеты были найдены.

← Новая методика имеет преимущества: хотя радиовол-

ны легче проникают сквозь земную атмосферу, лазерный луч более эффективно несет информацию и не так сильно рассеивается межзвездной средой. Все большей проблемой для радиоастрономии становится распространение сотен тысяч телефонов и спутников связи, которые для оптики не помеха. Каждые два года мощность лазерных излучателей удваивается, так что уже сейчас есть возможность послать через всю Галактику пульсирующий сигнал «ярче тысячи Солнц».

Предполагают, что высоко развитая цивилизация в состоянии создать оптический «маяк», который по яркости в 1 млн раз превысит «свою» звезду. Такой оптический передатчик мог бы за 1 мин охватить сигналами до 1 тыс. звезд.

Главная трудность проектов «SETI» — неясность, в какой части неба и в каком диапазоне волн следует вести поиски. Хоровиц считает наиболее перспективной близкую инфракрасную, а не оптическую часть спектра. Однако не исключает, что инопланетяне пытаются связаться, используя еще не освоенные нами частоты.

Хотя поиски в разных диапазонах волн ведутся безуспешно уже в течение 20 лет, энтузиасты не теряют надежды: ведь мы — представители первого поколения людей, которое может этим заниматься практически. Еще в 1995 г. физик Ч.Таунс (C.Towns), получивший Нобелевскую премию за разработку лазерной теории и техники, говорил о принципиальных возможностях ее использования для попытки связаться с инопланетянами, и теперь мы в состоянии это предпринять.

Nature. 1998. V.396. № 6712. P.608 (Великобритания).

**Возможности поиска внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне**

В Специальной астрофизической обсерватории РАН еще в середине 70-х годов была создана группа под руководством В.Ф.Шварцмана для проведения эксперимента «МАНИЯ» («Многоканальный анализ наносекундных изменений яркости»). Коллектив молодых астрофизиков создал приемную аппаратуру и программный комплекс для регистрации моментов прихода фотонов с точностью  $\pm 4 \cdot 10^{-8}$  с и поиска переменности сигнала.

Кроме чисто астрофизических задач, связанных с изучением белых карликов, оптических пульсаров (нейтронных звезд) и черных дыр, эксперимент «МАНИЯ» был направлен на поиск внеземных цивилизаций. При этом авторы работы четко обосновали преимущества оптического диапазона для передачи сигналов внеземным цивилизациям и преимущества лазера как передатчика этих сигналов. После пробных наблюдений на малом телескопе были начаты с 1978 г. наблюдения по программе «МАНИЯ» на крупнейшем (тогда) в мире 6-метровом оптическом телескопе БТА. Эта работа продолжается в CAO РАН по сей день.

© **В.Г.Сурдин**,  
кандидат физико-математических наук  
Москва

Космические исследования

## Марс на Земле

Международное общество Марса, в учредительной конференции которого участвовало около 700 энтузиастов космических странствий, решило создать на Земле некое подобие Красной планеты.

Подходящей территорией избран о.Девон, расположенный в Канадском Арктическом архипелаге, в районе 75° с.ш. Это одно из наиболее холодных и «засушливых» мест в Северном полушарии; оно изобилует горами, покрытыми снегом и льдом; как и на Марсе, здесь встречаются ме-

теоритные кратеры. Главное отличие от Красной планеты состоит в том, что на острове атмосфера в 100 раз более плотная.

Общество Марса приступило к сбору средств на строительство станции стоимостью около 1 млн амер. долл., которая будет имитировать ту, что предстоит соорудить на Красной планете. Поставлена цель ввести станцию в строй к лету 2000 г. Это автономно существующий комплекс сооружений, где будут обучаться и тренироваться космонавты, направляемые на Марс, испытываться различные инженерные системы (включая оборудование для повторного использования воды), транспорт высокой проходимости, бурильные установки для изучения марсианских пород и т.п.

Руководство НАСА США рассматривает перспективы сотрудничества с Обществом Марса, руководит которым Р.Зубрин (R.Zubrin), бывший ведущий инженер известной аэрокосмической компании «Локхид Мартин», ныне возглавляющий собственную аэроавиационную инженерную фирму в Индиан-Хиллсе (штат Колорадо).

New Scientist. 1999. V.161. № 2168. P.19 (Великобритания).

Астрофизика

## Галактики сталкивались часто

Когда относительно небольшая галактика пролетает сквозь центральную область спиральной галактики, гравитационное ударное воздействие превращает спиральный узор в простое кольцо. В известной мере это напоминает падение камня в пруд, порождающее кольцеобразные волны — круги на воде.

До сих пор считалось, что кольцевые галактики — явление относительно редкое. Однако астрофизик Р.Лавери (R.Lavery; Университет штата Айова, Эймс, США), наблюдая с помо-

щью Космического телескопа им.Хаббла область Вселенной, удаленную от нас на 8 млрд световых лет, обнаружил двадцать больше кольцеобразных галактик, чем ожидалось.

По-видимому, в отдаленные времена столкновения галактик друг с другом были куда более частым явлением, чем ныне. Это укрепляет гипотезу, согласно которой крупные эллиптические галактики образуются при столкновениях спиральных.

New Scientist. 1999. V.161. №2169. P.23 (Великобритания).

Планетология

## На Тритоне — тоже потепление

На крупнейшем из естественных спутников Нептуна — Тритоне, как и на Ио — спутнике Юпитера, проявляется ныне геологическая активность.

Еще в 1989 г., при пролете космического зонда «Вояджер-2», были получены снимки, на которых можно различить множество полос, отличающихся от окружающей поверхности окраской. По-видимому, эти участки сложены материалом, вынесенным наверх во время действия гейзеров, подобных земным. Кроме того, определенная изменчивость поверхности Тритона связана с сезонами года, который продолжается там в течение 165 земных лет. Атмосфера Тритона содержит летучие газы (главным образом азот и метан), их концентрация тоже изменяется от сезона к сезону, отчего атмосферное давление за одно десятилетие колеблется на целый порядок величины. Фотометрические наблюдения более чем за 50 лет указывают на перенос летучих компонентов в этой среде, соответствующий сезонным условиям.

Однако есть свидетельства того, что на Тритоне происходят и кратковременные, не связанные с временами года, перемены, возможно, возбуждаемые геологическими событиями. Так,

в 1977 г. был замечен аномально красный цвет атмосферы, который трудно отнести на счет циклических сезонных перемен.

Недавно Б.Дж.Буратти, М.Д.Хикс и Р.Л.Ньюберн (B.J.Buratti, M.D.Hicks, R.L.Newburn; Лаборатория реактивного движения при Университете штата Калифорния, Пасадена, США) сообщили, что на Тритоне наблюдается глобальное внесезонное потепление<sup>1</sup>. Используя 200-дюймовый телескоп и двойной спектрограф Паломарской обсерватории (Калифорния), они получили четыре спектральных изображения Тритона в диапазоне длин волн между 0.35 и 0.95 мкм. Спектральная разрешающая способность составляла от 5 до  $10 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-4} \text{ мкм}$ ).

Анализ и сопоставление данных с результатами прежних измерений показали, что между 1989 г. и ноябрем 1997 г. глобальная температура на Тритоне выросла на 2 К. Причину такого крупномасштабного потепления и изменений спектра авторы видят во внезапном выбросе вещества из недр Тритона: свежесброшенные породы намного краснее и темнее, чем вся остальная его поверхность.

Наиболее легучее вещество — свежий синеокрашенный азот в виде льда, — вероятно, сублимировался, обнажив подстилающий слой красного фотолизированного метанового льда, что могло привести к добавочному повышению температуры.

Чем бы ни было вызвано потепление, оно будет развиваться по мере снижения отражающей способности поверхности Тритона в оптической и близкой ультрафиолетовой частях спектра.

Отныне любая модель физических условий, существующих на этом спутнике Нептуна, должна учитывать воздействие не только солнечного излучения, но и выбросов летучих веществ.

Nature. 1999. V.397. №6716. P.219 (Великобритания).

<sup>1</sup> См. также: На Тритоне сейчас — лето // Природа. 1999. №2. С.107.

## Физика

### Холодный старт Большого адронного коллайдера

В ЦЕРНе ведутся работы по сооружению нового ускорителя — Большого адронного коллайдера (Large Hadron Collider — LHC)<sup>1</sup>. Важнейший этап — создание базы производства 1232 сверхпроводящих магнитов дипольного типа, охлаждаемых до температуры 1.9 К сверхтекучим гелием. Один из первых контрактов по материальному обеспечению проекта LHC связан со сверхпроводящими материалами: заготовками сплава ниобий—титан и листами ниобия общей стоимостью 45 млн долл. США. Благодаря этому контракту решается актуальная задача по изготовлению сверхпроводящего кабеля, полная длина которого составляет 13 800 км (больше диаметра земного шара). Кроме дипольных магнитов этот материал пойдет также на изготовление обмоток 520 фокусирующих квадруполой и некоторых других магнитов<sup>2</sup>.

В связи с необходимостью гарантировать качество сверхпроводящих проволок и конечного продукта — сборного кабеля, в ЦЕРНе скоро начнет работать новое оборудование, снабженное собственным гелиевым рефрижератором. Это оборудование будет осуществлять контроль качества сверхпроводящих проволок в процессе их изготовления. Готовый кабель будет испытываться на подобном оборудовании в Брукхейвенской национальной лаборатории в рамках сотрудничества США и ЦЕРНа.

Испытания моделей дипольных магнитов длиной 1 м показали разумность возврата к первоначальной конструкции из шести обмоточных блоков

после безуспешной попытки ограничиться пятью. В течение 1998 г. промышленным способом были изготовлены две обмотки длиной более 10 м и смонтированы в ЦЕРНе в качестве конкурирующих магнитов. В рамках соглашения между ЦЕРНОм и Итальянским институтом ядерной физики создан, также в промышленных условиях, первый прототип дипольного магнита длиной 15 м, который уже прошел испытания. В то время как номинальное значение индукции магнитного поля LHC для удержания на орбите пучков с энергией 8 ТэВ составляет 8.34 Тл, окончательной целью ставится достижение поля в 9 Тл.

Прошли испытания прототипы тоководов из высокотемпературного сверхпроводника. Другое криогенное оборудование отражает общемировой вклад в LHC: источники питания для нагревателей, инициирующих переход сверхпроводящей обмотки в нормальное состояние, разрабатываются сотрудничеством рабочих групп под руководством Индийского центра передовой технологии, в то время как оборудование для отвода запасенной энергии при переходе СП-обмотки в нормальное состояние проектируется и разрабатывается в российском институте физики высоких энергий (ИФВЭ, Серпухов). В России же Новосибирским институтом ядерной физики им.Г.И.Будкера создаются 360 теплых диполой и 180 квадруполой для канала инжекции длиной 2.5 км, предназначенного транспортировать пучок из протонного суперсинхротрона (SPS) в LHC. Первые магниты уже прибыли в ЦЕРН.

CERN Courier. 1999. V.39. №1. P.11 (Швейцария).

## Биология

### Самцы и самки летающего дракона

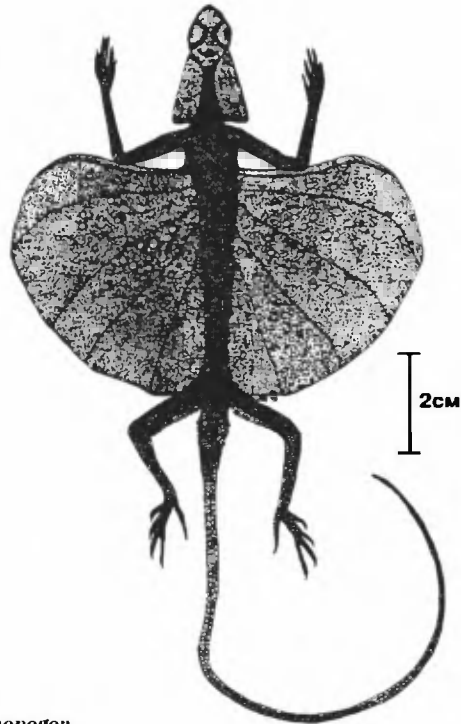
У летающего дракона самки отличаются от самцов. Но совсем не так, как у других видов ящериц.

<sup>1</sup> См. также: Детекторы Большого адронного коллайдера // Природа. 1998. №8. С.106—107.

<sup>2</sup> Подробнее см.: Ширшов Б.С. Конференция «ИСФТТ-99»: прикладная сверхпроводимость // Природа. 1999. №6. С.97—98.

Ведущий австралийский герпетолог, доктор Р.Шайн из Сиднейского университета, увлечен исследованием различных аспектов адаптивной эволюции земноводных и пресмыкающихся. И достиг в этом замечательных результатов — его публикации по данной проблеме в последние годы, пожалуй, наиболее заметные, многочисленные и остроумные в научной герпетологической литературе. При этом он не ограничивается изучением богатой герпетофауны пятого континента, а иногда анализирует вроде бы совершенно частные особенности биологии животных из всех частей света. Но всегда с «твердых» позиций выявления эволюционных закономерностей. Вот и на этот раз новая статья Шайна и его сотрудников посвящена представителю фауны Юго-Восточной Азии<sup>1</sup>. Причем одному из самых заметных — «летающему дракону» *Draco melanopogon*.

Эти агамовые ящерицы имеют на боках тела широкие кожные выросты, поддерживаемые ребрами. В расправленном виде кожные складки, подобно крыльям, обеспечивают планирующий полет. Изучение биологии подобных удивительных созданий — дело само по себе увлекательное. Но не такую задачу ставили австралийские герпетологи. На примере этой высокоспециализированной ящерицы они проанализировали известную еще со времен Чарльза Дарвина проблему взаимодействия полового и естественного отбора. Понятно, что различная репродуктивная роль самцов и самок так или иначе отражается в особенностях их биологии и внешнего облика. Но ведь вид в целом адаптирован к какому-то определенным условиям жизни, и если самцы и самки различаются, то их приспособленность к данным условиям неизбежно будет различной. Тем сильнее это должно ска-



*Draco melanopogon*.

заться на такой высокой специализации, как способность к полету. Ведь очевидно, что в период вынашивания яиц летать самке становится гораздо сложнее.

Австралийские герпетологи проанализировали внешнее строение 240 хранящихся в музеях экземпляров *Draco melanopogon* и оценили их азродинамические качества. Оказалось, что у самок «крылья» заметно более развиты, голова крупнее, а хвост длиннее, чем у самцов. Все это позволяет им сохранять «летные качества» и в период беременности. В общем, вполне естественно. Но замечательно то, что у всех «не-летающих» сородичей драконов — других агамовых ящериц — картина прямо обратная: у самок голова всегда меньше, а хвост короче, чем у самцов. Такой половой диморфизм традиционно объясняется половым отбором. Активная роль самцов в поиске самок и ухаживания за ними, охране территории и борьбе с противниками требу-

ет от них более сильного развития хвоста (локомоторного балансира, используемого в демонстрационном поведении и при спаривании) и челюстей (основного инструмента в борьбе и при спаривании).

В случае же летающих драконов эти «достижения» полового отбора были принесены в жертву более важной эволюционной задаче — полету.

© Д. В. Семенов,

кандидат биологических наук  
Москва

Зоология

### Колониальность у пауков: гипотеза возникновения

Настоящие социальные, или колониальные, пауки обитают преимущественно в тропических странах и вообще в Южном полушарии. Хотя социальность обнаружена лишь у 0.1% от общего числа видов пауков и возникла она в ходе их эволюции неоднократно, это

<sup>1</sup> Shine R. // J. of Zoology. London, 1998. V.246. №2, 203—213.

явление продолжают тщательно изучать. До сих пор было выдвинуто две гипотезы возникновения социальности у пауков — «субсоциальная» и «парасоциальная»<sup>1</sup>. Согласно первой гипотезе, социальность развилась благодаря расширению заботы о потомстве. Парасоциальный путь — скопления разноплеменных пауков вокруг ресурса (в основном добычи).

Биологию мелкого социального паука *Argyrodus flavipes*, обитающего в Австралии, исследовали специалисты из Университета в Кентербери (Новая Зеландия)<sup>2</sup>.

В отличие от большинства видов рода *Argyrodus*, *A. flavipes* не является клептопаразитом крупных пауков-кругопрядов, т.е. не живет в их сетях и не питается их объедками. Стало быть, скапливаться вместе этим аргиродесам вроде бы незачем, но тем не менее они совместно питаются, строят общие сети и даже совместно заботятся о потомстве! При этом они могут быть агрессивны к чужим представителям своего вида и даже способны к каннибализму.

До сих пор ученые-арахнологи склонялись к признанию субсоциального пути возникновения колониальности у пауков. Но исследования *A. flavipes* подтверждают альтернативную гипотезу. В общих сетях селятся разнокалиберные пауки, совершенно не похожие на один выводок. Ограниченный ресурс здесь не добыча, а место для постройки сети, которая натягивается только между двумя листьями или листом и субстратом, расположенными на определенной дистанции друг от друга и в тени. Скопления других, клеп-

топаразитических аргиродесов возникают вокруг сетей крупных пауков, т.е. вокруг источников пищи. Даже забота о потомстве у *A. flavipes* несовместима с субсоциальным путем: пауки охраняют яйца и молодь от нападений других членов колонии, а это совсем не похоже на отношения внутри одного выводка.

Итак, одна из двух гипотез выдвигается на первое место. Надолго ли? Скорее всего, справедливы оба подхода — ведь, как уже отмечено, социальность возникла в ходе эволюции пауков неоднократно.

© К.Г. Михайлов,

кандидат биологических наук  
Москва

#### Микробиология

### Как создать инопланетянина?

Могут ли земные организмы приспособиться к условиям жизни, например, на Марсе? Теоретически такую возможность — по крайней мере в мире микроорганизмов — показал Э.Эллингтон (A. Ellington; Университет штата Техас, США).

Ранее микробиологи вывели штамм кишечной палочки (*Escherichia coli*), не способной самостоятельно производить одну из незаменимых (не синтезируемых в организме) аминокислот — триптофан. Поэтому, в среде, на которой выращивают эту бактерию, должен обязательно находиться триптофан.

Ученые добавляли в среду, где росли бактерии, синтетическую аминокислоту фторотриптофан. Предполагают, что она может быть аналогом триптофана на других планетах. Для земных микроорганизмов эта аминокислота ядовита: встраиваясь в белки кишечной палочки, фторотриптофан повреждает ее клетки, и примерно после трех делений они погибают.

На среде с 95% фторотриптофана и 5% триптофана кишечная палочка выживала с

трудом и росла крайне медленно. Лишь после множества таких «полутравленных» поколений микроорганизмы постепенно начинали делиться более быстро. Тогда ученые стали постепенно увеличивать количество искусственной аминокислоты и в конце концов вывели штамм бактерии, которая выживает, потребляя только фторотриптофан.

Итак, с помощью подобного «неестественного» отбора можно вывести такие микроорганизмы, которые способны существовать в первоначально враждебной для них среде, питаясь совершенно необычной, даже ядовитой пищей. Возможно, в будущем человек сможет изменять условия жизни на иных планетах с помощью специально выведенных микроорганизмов. Они могли бы, например, питаться ядовитыми для нас веществами и выделять газы, которые сделали бы атмосферу приемлемой для человека.

Участники семинара по астробиологии, проводившегося Исследовательским центром им.Эймса НАСА (Сан-Франциско, август 1998 г.), встретили доклад Эллингтона с живейшим интересом.

New Scientist. 1998. V.159. №2145. P.14 (Великобритания).

#### Этология

### Голый землекоп надевает «маску»

Голый землекоп (*Heterosephalus glaber*) — это всего лишь название крысы, встречающейся в Восточной Африке. Поведение этого животного в естественных условиях, на его родине в Кении, изучали американские зоологи из Корнеллского университета под руководством П.Шермана (P.Sherman).

В поисках пищи голому землекопу приходится вгрызаться зубами то в твердую землю, то в древесину. Естественно, он постоянно живет в пыли и мелких опилках, кото-

<sup>1</sup> См. также: Михайлов К.Г. Почему пауки поселяются колониями // Природа. 1991. №3. С.114; Он же. Эволюция социальности у пауков // Там же. 1992. №12. С.106—107; Он же. Еще один колониальный паук // Там же. 1995. №8. С.103.

<sup>2</sup> Whitehouse M.E.A., Jackson R.R. // J. of Zoology. 1998. V.244. №1. P.95—105.

рые осложняют дыхание. Но оказывается, этот зверек нашел неплохой приспособление.

Хитроумное животное наплевает себе на морду крупную древесную стружку или кожицу от клубня какого-либо растения: прочно удерживая ее между выдающимися вперед зубами, он дышит сквозь подобный фильтр. «Маска» не позволяет пыли проникать в легкие.

Интересно, что такой метод землекоп применяет лишь в случаях, когда ему предстоит прогрызаться сквозь вещества, которые при разрушении превращаются в мелкую пыль. Для проверки своего предположения зоологи подбрасывали грызуну разные виды пластмасс — и он их отлично различал. Если разгрызаемая масса разламывалась на крупные куски, обозначается «маской» явно было не обязательно. А вот сухая и твердая кенийская почва сильно пылит, задыхаться ею голый землекоп не намерен.

Animal Cognition. July 1998 (США); New Scientist. 1998. V.158. №2138. P.25 (Великобритания).

#### Охрана окружающей среды

### Народы Севера страдают от загрязнения

В сентябре 1998 г. в поселке Икалуит на севере Канады состоялась первая конференция Арктического совета — международного органа, в который входят министры восьми стран, имеющих интересы в бассейне Ледовитого океана. На конференции обсуждалось, в частности, состояние здоровья иннуитов (эскимосов), населяющих Баффинуву Землю — крупнейший остров Канадской Арктики.

Установлено, что в организме 48% иннуитов этого региона концентрация пестицидов превышает норму, допустимую Всемирной организацией здравоохранения. Содержание ртути превышает на 29%, а фторхлорбифенилов (ФХБ) — на 16%. Известно, что

ФХБ и хлордан действуют на печень, репродуктивные органы и иммунную систему человека, они способны вызывать рак. Между тем концентрация хлордана в молоке иннуитов выше, чем у женщин южных районов Канады, в 10 раз, а ФХБ — в 5 раз. Все это не может не отразиться и на здоровье детей.

Авторы представленного отчета (главным образом норвежские ученые) считают, что загрязняющие вещества поступают в этот регион с господствующими ветрами и течениями. Несмотря на удаленность от индустриальных областей, коренные народы Севера становятся жертвой промышленной деятельности. Полагают, что наибольшее количество загрязняющих веществ попадает в Арктику с территории России: основные источники загрязнения — промышленные комплексы Норильска и Кольского п-ова, да и в сельском хозяйстве страны все еще применяются многие вредные химикаты (Россия не подписала документы ООН, запрещающие или ограничивающие использование ряда таких веществ).

А.Линг (A.Lyng), президент Всеполярной конференции — организации, представляющей иннуитов независимо от страны проживания, призвал все государство прекратить использование токсических веществ, загрязняющих природу.

New Scientist. 1998. V.159. №2153. P.13 (Великобритания).

#### Геология. Технология

### Новые материалы из угля

Специалисты Университета штата Западная Вирджиния, США, разрабатывают технологию производства углеродного пенопласта на базе каменного угля. Такой пенопласт крайне важен для аэрокосмической и военной промышленности.

Маркетинговые оценки, выполненные исследовате-

скими лабораториями компании «Таучстоун» — разработчиками промышленного метода получения нового материала, — показывают, что выход на рынок может вдохнуть новую жизнь как в деятельность угольных компаний, столкнувшихся с падением цен на этот вид ископаемого топлива, так и в экономику всего штата Западная Вирджиния.

Президент компании Б.Джозеф (B.Joseph) заявил, что, хотя уголь традиционно добывался в штате и вывозился из него, сейчас его будут использовать для переработки в прибыльные новые материалы, которые могут продаваться за сотни или тысячи долларов за фунт (0.45 кг), что резко контрастирует с гораздо более низкой рыночной стоимостью каменного угля.

Поскольку углеродный пенопласт представляет собой прекрасный амортизационный материал и не подвержен возгоранию, он найдет применение на кораблях ВМФ и других видах военной техники. Этот пенопласт может использоваться в аэрокосмических технологиях и моторостроении в целях уменьшения вредных выбросов двигателей. С середины 1999 г. был намечен выпуск пенопласта на опытном заводе в Западной Вирджинии.

Geotimes. 1999. V.44. №3. P.8 (США).

#### Геология

### Черные курильщики в море Бисмарка

В начале 90-х годов австралийские, канадские, немецкие, японские, американские и папуа-новогвинейские геофизики участвовали в совместной экспедиции в Ново-Гвинейское море, которое нередко именуют морем Бисмарка. На дне, между островами Новая Ирландия и Новая Британия, они обнаружили скопление черных курильщиков, из которых выходят дымы и гид-

ротермальные растворы, содержащие самые различные элементы<sup>1</sup>. В конце 1997 г. геологи под руководством Р.Биннса (R.Binns; Управление науки и техники Австралии) вернулись в этот интересный район для тщательного его изучения.

В бассейне Манус площадью около 5 тыс. км<sup>2</sup>, лежащем в северной и центральной акваториях моря Бисмарка, они подняли на борт судна 83 образца, взятых из гидротермальных построек. По завершению анализа установлено, что они содержат золото, серебро, медь, цинк и другие ценные металлы. На гидротермальном поле, получившем название «Венский лес», на одну тонну руды приходится 15 г золота, 200 г серебра и 26% цинка, а на поле «Пакманус» — около 21 г золота, 130 г серебра и 15% цинка. Все это в любом районе суши считалось бы залежами, весьма перспективными для добычи. Однако в данном случае еще неясны запасы руд. Несмотря на это, папуа-новогвинейская компания «Наутилус минералс» уже поспешила получить права на то, чтобы в течение двух лет исследовать это гидротермальное поле и выяснить, насколько оно доступно для освоения. Ведь богатые металлами породы находятся на глубине от 1200 до 1700 м, поэтому добыча руд сопряжена с немалыми техническими трудностями.

Большое оживление это открытие вызвало среди специалистов, занимающихся проблемами формирования минеральных скоплений. Черные курильщики, известные и в других районах Тихого океана, чаще всего находятся на гораздо больших глубинах, а в море Бисмарка можно сравнительно легко изучать способность этих подводных «микровулканов» выбрасывать массу

мельчайших частиц, которые, охлаждаясь при соприкосновении с холодными водами, образуют сульфиды и другие полезные ископаемые.

В то же самое время сотрудники Института геологических наук Новой Зеландии объявили, что и они нашли большое гидротермальное поле в районе Южной Кермадекской дуги, лежащей к северо-востоку от новозеландских островов. Эти постройки несколько скромнее папуа-новогвинейских: они содержат 18% цинка, 15% меди и 6 г золота на тонну руды. Но и здесь добыча может в будущем оказаться достаточно выгодной.

New Scientist. 1998. V.157. №2116. P.13 (Великобритания).

#### Геофизика

### Прогноз поведения ураганов

Математики-программисты Д.Розовски и П.Спаркс (D.Rosowsky, P.Sparks; Клемсонский университет, штат Южная Каролина, США) разработали компьютерную программу, которая позволяет более точно предсказывать скорость ветра во время ураганов для каждого сравнительно небольшого участка Атлантического побережья Юго-Востока США, ежегодно подвергающегося их разрушительному воздействию.

Программа включает данные о циклонах за последние 100 лет. Она была проверена на практике в последний сезон осенних ураганов, которыми столь богат был 1998 г. В период, когда шторм еще бушевал на море, авторы получали о нем сведения со спутников и самолетов-лабораторий и вводили их в свои расчеты. Затем сопоставляли выданный компьютерами прогноз дальнейших событий с реальными данными метеостанций, проводивших наблю-

дения с момента выхода урагана на континент.

В среднем отклонения истинной скорости ветра от прогнозирувавшейся не превышали 10%. Такой точности еще не показывала ни одна из применявшихся до сих пор методик. Большим преимуществом новой программы следует считать, в частности, то, что она позволяет избежать ненужной эвакуации жителей из тех местностей, где скорость ветра ожидается ниже критической.

С осени 1999 г. сеть Интернет начнет публиковать прогнозы заблаговременностью не менее 48 ч для всей территории штата Южная Каролина. Для близлежащих штатов Флорида и Северная Каролина программу придется дорабатывать с учетом их географических и климатических особенностей, влияющих на развитие урагана на суше.

New Scientist. 1999. V.161. №2168. P.6 (Великобритания).

#### Вулканология

### В поле зрения специалистов — вулкан Аоба

На тихоокеанском о.Аоба (Республика Вануату, архипелаг Новые Гебриды) находится базальтовый щитовой вулкан Аоба (другое наименование Ломбенбен; координаты 15°ю.ш., 168°в.д.). Основание вулкана лежит на глубине 3 тыс. м под уровнем моря, а его вершина — почти в 1500 м над ним. Это крупнейший вулкан Гебридской островной дуги (объем заключенных в нем пород около 2.5 тыс. км<sup>3</sup>). В 1995 г. произошло его мощное извержение. Изучение всей геофизической системы о.Аоба сулит специалистам по наукам о Земле немало интереснейшей информации, касающейся этого важного для геодинамики и вулканологии региона.

<sup>1</sup> Подробнее см., напр.: Краснов С.Г. Крупные сульфидные залежи в океане // Природа. 1995. №2. С.3—14.

Вулкан Аоба расположен перед зоной столкновения плит земной коры, носящей имя Д'Антраксто. Две его концентрические вершинные кальдеры заключают в себе главный кратер, посредине которого находится озеро Вуи площадью 2 км<sup>2</sup>. Вдоль разломов, простирающихся до самого побережья острова, встречается множество вторичных кратеров и вулканических конусов; здесь часто раскаленная лава бурно взаимодействует с океаном, в результате чего образуются маары — заполненные водой взрывные кратеры с жерлом, но без характерного в обычных случаях конуса. Весь остров покрыт густым влажным тропическим лесом.

Со времени последнего извержения этого необычного вулкана постоянные наблюдения за ним ведут сотрудники Французского центра заморских исследований (отдел находится в Порт-Виле, столице Республики Вануату), а также Савойского университета (Ле-Бурже-дю-Лаке, Франция). Завершена батиметрическая съемка кратерного озера, изображение которого, сделанное со спутника еще в 1992 г., свидетельствовало о продолжающейся на его дне вулканической активности. Средняя поверхностная температура в озере составляла в ноябре 30°C; через 3 мес после извержения она достигала 45°C. Средний объем воды в озере оценен в 50·10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>, однако он сильно колеблется. Между июнем 1997 г. и октябрём 1998-го высота зеркала упала на 275 см. На дне обнаружена расселина, через которую постоянно поднимаются струи газов. Содержание Cl, SO<sub>4</sub>, Mg, Ca, Na, K, Fe и других элементов на поверхности остается почти постоянным, но на глубине более 15—20 м сильно изменяется со временем.

На дно соседнего высохшего озера доставлена сейсмическая станция, данные которой автоматически передаются на борт ИСЗ «ARGOS»,

когда он проходит над этим районом.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1998. V.23. №10. P.13 (США).

#### География

### Ярлун Цзангбо — глубочайший каньон на Земле

Впервые в истории мировых исследований китайская научная экспедиция достигла дна каньона р.Ярлун Цзангбо (Yarlung Zangbo) и провела точные измерения координат и высот в 10 точках. Рассчитанная по этим данным глубина каньона подтвердила его статус глубочайшего на поверхности Земли.

Начиная с 1973 г. АН КНР и Китайская ассоциация научных экспедиций организовали пять обследований области каньона. Были пройдены несколько маршрутов, заложивших солидную основу для последней экспедиции 1998 г. Однако участок каньона длиной 90 км вдоль р.Цзангбо от Баймагоусюн до Чацю (Chaqu) и затем до Гандай оказался в то время слишком сложным для прохождения.

Последняя экспедиция в составе 46 человек вышла из Лхасы (Тибетский автономный район КНР) 23 октября 1998 г. под руководством Гао Денгуй (Gao Dengui). Путешествие по пешему маршруту длиной более 500 км продлилось 37 дней. На пути участников вставали высокие горы, густые леса, утесы и крутые ущелья, бурная и извилистая р.Ярлун Цзангбо. Приходилось мостить дорогу и сооружать переправы. 3 декабря 1998 г. экспедиция пришла в конечный пункт Чацю, находящийся у северной оконечности изгиба каньона.

Помимо проведения геодезических измерений изучена гидрология реки в центре каньона. Обнаружены и подтверждены четыре крупных водоппада, из которых три имеют

высоту 30—35 м и ширину 50—120 м. Столь много крупных водопадов вдоль русла большой реки встречается на Земле крайне редко. Кроме того, наклон данного участка реки достигает 2.3%, что является мировым рекордом.

Собрано более 2 тыс. образцов насекомых, растений, горных пород и проб воды. Обнаружены обширные девственные леса китайского тиса и «живые ископаемые» — выемчатокрылые (notchwing) насекомые.

В экспедиции использовалась спутниковая телевизионная станция, передавшая около 1 тыс. часов видеорепортажа.

China Science and Technology Newsletter. 1999. №176. P.1—2 (КНР).

#### Метеорология

### Теоретическая метеорология приносит прибыль

Главный экономист Национального управления США по изучению океана и атмосферы Р.Уэйер (R.Weiber) совместно с коллегами из Технологического института штата Джорджия в Атланте изучили эффективность исследования такого крупномасштабного явления, как Эль Ниньо, приводящего к существенным метеорологическим и другим изменениям на огромных территориях.

Установлено, что фермеры США, заранее ознакомившись с опубликованными прогнозами, успели подобрать для посева именно те культуры, которые больше других подходят для специфических погодных условий. Одно это позволило сэкономить около 300 млн амер. долл.

Экономическая оценка показывает, что прибыль от своевременного прогноза очередного Эль Ниньо на 26% превышает затраченные на эти исследования суммы.

New Scientist. 1999. V.158. №212. P.15 (Великобритания).



## Обед на завтра: взгляд реалиста

**Б.М.Миркин,**

доктор биологических наук

**Р.М.Хазиахметов,**

кандидат биологических наук

Башкирский государственный университет

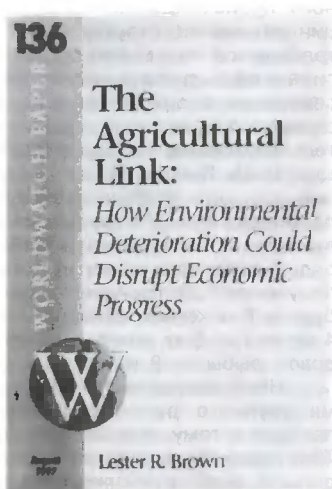
Уфа

**К**АРЛ Поппер, один из философов-неопозитивистов 20-го столетия, не без оснований считал, что предсказать будущее для человечества невозможно<sup>1</sup>. И тем не менее прогнозы строятся и приходится оценивать их реалистичность. Что касается экологических прогнозов выживания человечества, то в этом случае ситуация особенно трудная. По сей день существуют несколько «моделей мира».

Есть мрачный алармистский взгляд на будущее. Апокалипсис неизбежен, так как ресурсы будут исчерпаны, а среда обитания загрязнена и разрушена. На этих позициях в 60—70-е годы стоял Римский клуб. Однако даже «римляне» сегодня более оптимистичны: успехи ФРГ и Японии в охране окружающей среды на фоне экономического роста показали, что у человечества все-таки есть шанс.

Существует технократический взгляд: «Плодитесь, размножайтесь!» Вместо одних исчерпаемых ресурсов будут найдены другие, а если опираться на новейшие достижения науки, то можно жить и в «мире без природы».

Есть и противоположный технократам консервативный взгляд: «Назад к природе!» —



**L. Brown. THE AGRICULTURAL LINK: HOW ENVIRONMENTAL DETERIORATION COULD DISRUPT ECONOMIC PROGRESS.** Washington: Worldwatch, 1997. №136. 75 p.

**Л. Браун. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗВЕНО: КАК РАЗРУШЕНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ МОЖЕТ СТАТЬ ПРИЧИНОЙ СРЫВА ПРОГРЕССА ЭКОНОМИКИ.** Вашингтон: Институт «Worldwatch», 1997. №136. 75 с.

с сокращением народонаселения до 0.5—1.5 млрд человек, переходом на экологически чистые нетрадиционные источники энергии, биоземледелие и расселение жителей мегаполисов в уютные экополисы.

Однако такой «экологический рай», очевидно, построить не удастся.

Как синтез лучших сторон полярных представлений о будущем появилась концепция «устойчивого развития», которая после 1992 г. по существу стала долгосрочной программой действий мирового сообщества. Впрочем, сегодня «устойчивое развитие» — это не более чем договор о намерениях: бурный рост народонаселения в странах третьего мира продолжается, уровень загрязнения среды повышается и ни о какой помощи богатых стран бедным пока все-раз говорить не приходится.

И тем не менее много пути у человечества, видимо, нет. В пропаганде этих идей особую роль играет американский институт «Worldwatch», популярность которого растет. Ряд его выпусков рецензировался в журнале<sup>2</sup>.

Директор института Лестер Браун — продуктивный и темпераментный исследователь, специалист по вопросам экономики сельского хозяйства. Последние годы он занимается вопросами продовольственной безопасности.

Книгу открывает экскурс в историю. Автор вспоминает о крушении земледельческой цивилизации Месопотамии в

© Б.М.Миркин, Р.М.Хазиахметов  
<sup>1</sup> К. Поппер. Открытое общество и его враги. Т.1. М., 1990.

<sup>2</sup> Миркин Б.М. Иллюзия прогресса // Природа. 1993. №11. С.123—125.

результате разрушения плодородных почв, о гибели народов майя из-за обезлесивания территории и общей деградации тропических экосистем на территории современной Гватемалы.

Однако эта «прелюдия» к разрушению среды не идет ни в какое сравнение с глобальными масштабами этого процесса сегодня. В результате эрозии, опустынивания, расширения городов и сети автомобильных дорог за последние 50 лет площадь пашни в расчете на одного человека сократилась с 0.25 до 0.1 га (в том числе орошаемой — с 0.05 до 0.03 га), причем процесс этот будет усиливаться. К примеру, Китай планирует к 2010 г. увеличить количество автомобилей с 2 до 22 млн, а ведь для каждого из них нужен гараж, места парковок и асфальтовые автотрассы.

Будут продолжаться процессы разрушения пахотных земель и в результате их антропогенного использования (особенно в странах третьего мира). Интенсивный полив уже нанес огромный ущерб Саудовской Аравии (за последние годы сбор зерна там упал с 5 до 2 млн т); стал причиной трагедии Арала, истощения запасов грунтовых вод в земледельческих районах Китая. Почти целиком используют для полива и реку Колорадо.

Даже при наметившемся замедлении роста народонаселения планеты каждый год рождается 90 млн человек, для пропитания которых нужно 26 млн т зерна. Получить дополнительно это зерно уже практически невозможно. В развитых странах достигнут высокий уровень производства пшеницы, риса, кукурузы, сои. В развивающихся есть резервы — урожаи можно повысить в 1.5—2 раза, но, очевидно, это-

го недостаточно, чтобы прокормить столь быстро растущее население. Рост урожайности будет лимитирован количеством пресной воды, требуемой орошаемыми пашнями, которые дают основную часть зерна в странах Азии. В странах с богатым земледелием (США, Канада, Австралия) неизбежно снижение его производства при изменении климата под влиянием парникового эффекта.

В высшей степени интересные данные Браун приводит по белковой части нашего рациона, основу которого все еще составляет белок животного происхождения. Тенденции изменения структуры потребляемой человеком биологической продукции он связывает с эффективностью откорма, т.е. затратами растительных кормов на производство мяса. В этом случае разные варианты вторичной биологической продукции выстраивают в следующий ряд. В пересчете на зерно для получения 1 кг говядины требуется 7 кг корма, свинины — 4 кг, яиц — 3 кг, птицы и прудовой рыбы — 2 кг.

Неэффективность откорма крупного рогатого скота привела к тому, что начиная с 70-х годов производство говядины в мире стабилизировалось, но резко возросло количество производимой свинины, мяса птицы, яиц, прудовой рыбы. Морская рыба при этом сохраняет свою роль, хотя если с 1950 по 1989 г. вылов возрос более чем в четыре раза (с 19 до 90 млн т в год), то в последние десятилетия даже снизился, что связано с истощением популяций наиболее ценных промысловых рыб и других морских животных.

И все-таки анализ проблемы, выполненный Брауном, и его прогнозы грешат чрез-

мерным экономизмом. Так, процессы разрушения почв он сводит к влиянию эрозии, не обращая внимания на пагубность интенсивной обработки, удобрений, ирригации, когда теряется гумус и почвы разных природных районов превращаются в «агроземы» с обедненной биотой, что снижает окупаемость тех же удобрений урожаем. Описывая современные сорта, у которых доля фотосинтеза, направляемая на зерно, увеличена с 20 до 60%, а листья по отношению к стеблю расположены под более острым углом, он опять-таки не касается пагубности влияния этих сортов на почву, которым при таких больших «вершках» достается слишком мало «корешков». Интенсивно химизированное сельское хозяйство не только истощает запасы влаги, но еще и загрязняет ее удобрениями и пестицидами, что ведет к гибели водных экосистем и тяжелым болезням человека.

При разработке прогнозов и рекомендаций Браун не упоминает об адаптивной селекции, роли поликультур, севооборотов и о других способах активизации биологического потенциала растений и целых агроэкосистем. Таким образом, чисто агроэкологические аспекты продовольственной безопасности в этой работе остались в тени.

Тем не менее предостережение Брауна о пагубности современных тенденций развития сельского хозяйства воспринимается как вполне обоснованное. Изменение политики использования агроресурсов неизбежно и необходимо в самом ближайшем будущем.

Следует вспомнить слова И.Ганди: «Самое страшное загрязнение — это голод».

Космические исследования.  
Экология

**М.Н.Власов, С.В.Кричевский.**  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. М.: Наука, 1999. 24 с.

Представлена, по-видимому первая в мировой литературе попытка дать аналитический обзор экологической опасности космической деятельности. В отечественных средствах массовой информации в последние годы уже писалось о последних падениях отделяющихся частей ракет-носителей на Алтае, в Якутии и Архангельской области. В 1997 г. внимание общественности в США было привлечено к проблеме выведения в космическое пространство плутониевых источников энергии. В научных журналах живо обсуждается проблема уничтожения озонового слоя в результате запусков космических аппаратов. Однако, до сих пор разрозненные сведения о влиянии космической деятельности на ближайший космос, атмосферу и поверхность Земли не были собраны вместе.

В книге затронуты вопросы из области, ранее почти закрытой для экологов. Авторы сознают, что с какими-то их выводами наверное, не согласятся специалисты в области космической деятельности, но с целью привлечь внимание к проблеме, дают материал для размышления.

Микробиология

КЛЕТочНЫЕ СООБЩЕСТВА / Под ред. В.В.Теща. СПб.: СПбГМУ, 1998. 221 с.

Предлагаемая книга — результат научного поиска коллектива кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. академика И.П.Павлова. Поводом для написания послужил 100-летний юбилей кафедры, отмечавшийся в 1998 г.

Авторы попытались суммировать большой фактический материал по медицинской микробиологии и иммунологии.

Особый интерес представляют разделы, посвященные фундаментальным проблемам организации многоклеточных систем и регуляции их функций.

Охрана природы

ГИС АСТРАХАНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА. ГЕОГРАФИЯ ЛАНДШАФТОВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ / Отв. ред. И.А.Лабутина, М.Ю.Леччагин. М.: Геогр. фак. МГУ, 1999. 228 с.

Астраханский заповедник создан в 1919 г. — это один из старейших заповедников в России. В 1985 г. решением ЮНЕСКО ему был присвоен статус биосферного. Заповедник состоит из трех участков общей площадью 66816 га, расположенных в западной (Дашкинский), центральной (Трихизбинский) и восточной (Обшоровский) частях дельты Волги.

В 1993—1995 гг. при поддержке Фонда научных исследований Нидерландов был осуществлен совместный проект «Применение геоинформационной системы технологий для управления Астраханским биосферным заповедником».

В книге дан геохимический анализ наземных и акваландафтов заповедника, анализ распределения тяжелых металлов в донных отложениях основных рукавов дельты, а также особенности концентрирования микроэлементов различными видами макрофитов и ихтиофауны. Рассмотрены геохимические изменения аквасистем в связи с подъемом уровня моря.

Геология

КРАТКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ / Под ред. Р.И.Вяхирева. М.: Академия горных наук, 1998. 576 с.

Сборник статей по нефтегазовой геологии издан в виде компактного справочника.

Статьи сгруппированы в пять разделов. В первом — по общей проблеме нефтяной и газовой геологии, включая вопросы геохимии и генезиса нефти и газа, миграции углеводородов в земной коре, физико-химических процессов, геогеологии. Во втором — по геологическим аспектам разработки нефтяных и газовых месторождений, включая режим залежей, физику пласта. В третьем — по методам геологоразведочных работ, включая геофизические. В четвертом — по нефтегазоносным провинциям. И, наконец, в пятом — по уникальным, в том или ином отношении российским месторождениям.

Таким образом, статьи размещены по тематическим разделам, а внутри них — в обычном для словарей и энциклопедий алфавитном порядке.

В конце дан сквозной алфавитный список всех терминов и статей с указанием страниц.

АТЛАС ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПРИРОДНЫХ, АНТРОПОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. М.: Научный мир, 1998. Т.2: Циклическая динамика в природе и обществе. 432 с.

Атласы временных вариаций — это сборники, где помещены фактические данные о протекании различных природных и социальных процессов, приводятся результаты обработки имеющихся временных рядов, дается их интерпретация.

Атлас создавался в рамках Государственной научно-технической программы «Глобальные изменения природной среды и климата», содержит новые фактические данные о причинно-следственных связях современных процессов, протекающих в земной коре и в ближнем космосе, с важными событиями в жизни общества и социальными явлениями.

Несколько лет назад вышел первый том атласа. В нем были представлены в основ-

ном данные о процессах, происходящих в земной коре. Вторым том отличается от первого тем, что в нем существенно расширен круг исследуемых явлений, включены антропогенные, социальные, культурные, медицинские процессы. Исследуемый временной интервал - от миллисекунд до сотен миллионов лет. Представлены новые сведения о лунной сейсмичности. Рассмотрены свойства открытых систем. Предложены методы обработки, пригодные для описания нестационарных процессов и показывающие их стремление к порядку или хаосу.

#### Почвоведение

**ПОЧВЫ БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ.** Т.1. Генезис, география и классификация каштановых почв / Отв. ред. В.М.Корсунов. Новосибирск: Наука СО РАН, 1999. 128 с.

Своеобразие природы степей постоянно привлекало внимание исследователей различного профиля, в том числе и почвоведов. Несмотря на это, почвы и почвенный покров сухих степей всего бассейна оз.Байкал изучены слабо.

Исследования проводились в межгорных котловинах бассейна оз. Байкал, включая Монголию. Дана классификация каштановых почв на уровне подтипа, рода, вида: типичные, литогенные, зоологенные, темно-каштановые, лугово-каштановые. Выделены как класс степные безгипсовые почвы.

Впервые изучены генезис и география каштановых почв,

проведено их картографирование на всей водосборной площади бассейна оз.Байкал.

#### История науки

**И.М.ФРАНК** / Под общ. ред. В.Л.Аксенова; Ред.-сост. А.С.Гиршева. Дубна: ОИЯИ, 1998. 200 с.

Сборник посвящен 90-летию со дня рождения выдающегося физика, лауреата Нобелевской премии академика Ильи Михайловича Франка (1908—1990).

Франк широко известен как автор теории излучения Вавилова—Черенкова, созданной им совместно с И.Е.Таммом в 1936—1937 гг. Илья Михайлович внес огромный вклад в становление и развитие ядерной и нейтронной физики в нашей стране. В 1946 г. в Физическом институте АН СССР им была организована лаборатория атомного ядра, а в 1957 г — лаборатория нейтронной физики в Дубне, в Объединенном институте ядерных исследований.

Первый раздел сборника содержит статьи Франка, относящиеся к разным периодам его жизни. Во втором собраны воспоминания учеников, друзей и коллег, работавших с ним с основным в Дубне.

Особую ценность представляют материалы бесед с Франком, частично опубликованные в газете ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс».

**Б.А.Розенфельд, Н.Д.Сергеева.** АХМАД АЛ-ФЕРГАНИ. IX ВЕК / Под ред. М.М.Рожанской. М.: Наука, 1998. 86 с. (Научно-биографическая литература)

Средневековый арабский математик и астроном Ахмад ал-Фергани родился в г.Фергане около 790 г. предположительно в семье христиан, служил при дворе ал-Мамуна в Мерве (810—819) и Багдаде (819—833), в 830 г., возможно, участвовал в измерении градуса меридиана в Сиджарской пустыне. Вторую половину жизни (833—861) он работал в Багдаде и новой столице Самарре при дворе халифов ал-Мутасима, ал-Васика и ал-Мутаваккиля. Ал-Фергани был поручен расчет и руководство постройкой Джафарийского канала (847), затем — ремонт прибора для определения уровня воды в Ниле (861). В Каире он, по-видимому, вступил в контакт с местными христианами-коптами, за что был обезглавлен по приказу ал-Мутаваккиля, яростно преследовавшего иноверцев.

Основной труд ал-Фергани — «Элементы астрономии» — был настольной книгой у астрономов мусульманского Востока, а в латинском переводе — у ученых средневековой Европы. Определяя диаметры Луны и пяти планет через радиусы планетных сфер, ал-Фергани получил величины, отличающиеся от современных менее чем на порядок величины, правда, диаметр Солнца и расстояние до него от Земли занижены в 20 раз. Его теория стереографической проекции легла в основу конструирования всех астролябий — главных астрономических инструментов средневековья.

Книга — по сути дела первое детальное исследование научного творчества ал-Фергани.

# Григорий Соболевский и его «*Flora Petropolitana*»

(К 200-летию со дня публикации)

**А.К.Сытин,**

кандидат биологических наук

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН  
Санкт-Петербург

...берег дикой

Усеян зимнею брусничкой,  
Увядшей тундрой покрыт.

А.С. Пушкин

**В** ПОСЛЕДНЕЙ трети XVIII в. образованное общество интересовалось ботаникой, как ни одной другой наукой. Система органического мира Карла Линнея была признана в ученых кругах. Простота фундаментального принципа, положенного им в основу классификации растений, сделала их определение доступным не только профессионалам, но и натуралистам-любителям. Дабы облегчить труд гербаризации, в Европе составляли каталоги местных дикорастущих растений — «*Florulae*» («Флорки»).

Увлечение ботаникой стало особенно популярным в эпоху екатерининского царствования. Тогда в русских усадьбах начинали выращивать не только диковинные иноземные редкости, защищенные стеклами оранжерей от стужи, но и растения природной флоры — сибирские сосны и лиственницы, карагану, рябинник и таволгу. Среди коллекций минералов, насекомых и раковин моллюсков в натуральных кабинетах состоятельных и просвещенных людей хранились связки засушенных растений — травники, или гербарииумы. В то время

их обычно переплетали, наподобие книг.

Богатым собранием натуралий владел и петербургский медик, профессор Григорий Федорович Соболевский (1741—1807). Изучая растения окраин северной столицы, он часто бывал на Островах, Выборгской стороне и в Екатерингофе, посещал и более отдаленные окрестности — Пулковскую и Дудерову горы, Гатчину и Красное Село, где летом квартировали гвардейские войска, главным полковым доктором которых он был. Это звание было пожаловано ему указом Екатерины Второй 15 марта 1782 г. Мало-помалу любознательный врач стал не только знатоком растений, но и автором написанной на латыни книги «*Flora Petropolitana*» (FP)<sup>1</sup>. Дополненное издание этого сочинения стало первой «флоролой» на русском языке — Санкт-Петербургская флора (СФ)<sup>2</sup>. Это был итог ботанических изысканий Соболевского.

Григорий Соболевский родился на Украине, в городе Глухове. Певчий придворной Капеллы в Петербурге, затем семинарист Троице-Сергиевой лавры, он дошел лишь до средних классов — «пиитики», но затем оставил духовное поприще ради медицины. 3 июля 1757 г. Соболевский стал студентом училища при Санкт-Петербургском генеральном сухопутном госпитале и окончил его в 1761 г. со званием лекаря. Четырнадцать лет он прожил в Европе, продолжая образование в Париже, а затем — Лейдене, где в 1775 г. защитил диссертацию и получил диплом доктора. Вернувшись в Петербург и сдав экзамен Медицинской коллегии, он смог заниматься врачебной практикой, особое внимание уделяя траволечению. Соболевский читал курс ботаники и «*materia medica*» сразу в двух госпиталях. Преподавая в Медицинском саду на Карповке, он изучил имевшиеся там ботанические коллекции. Пос-

<sup>1</sup> Sobolewskij G.F. *Flora Petropolitana, sistens plantas in gubernio Petropolitano...* Petropoli, 1799. 355 с.

<sup>2</sup> Соболевский Г.Ф. Санкт-петербургская флора, или Описание находящихся в Санкт-Петербургской губернии природных растений, с приложением некоторых иностранных, кои на открытом воздухе в здешнем страноположении удобно произрастают, и с показанием оных силы, действия и употребления, в пользу для сельских жителей и любителей травознания. СПб., 1801. Ч.1.; 1802. Ч.2.

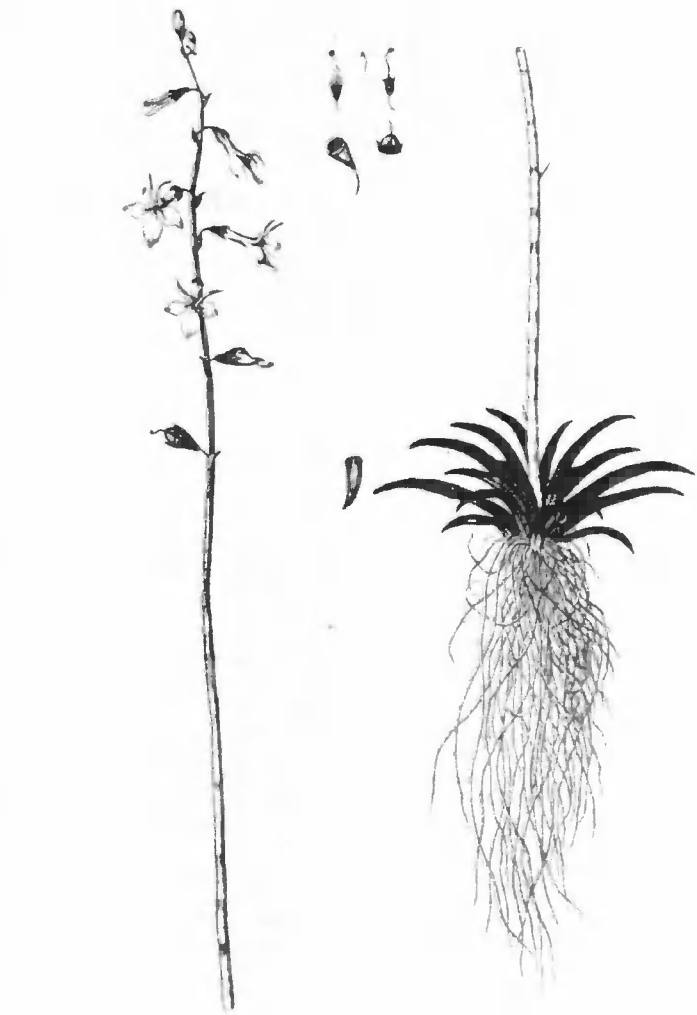
ле смерти директора Соболевский занял открывшуюся вакансию с прибавкой жалования на 500 рублей<sup>3</sup>.

Соответствуя уровню «Флор» своего времени, «*Flora Petropolitana*» Соболевского отличалась от суховатых европейских сводок чувством живой связи растений с пейзажем. В этом сочинении был введен в науку единственный новый вид — лисохвост равный (*Alopecurus aequalis* Sobol.). Этот злак, широко распространенный по всей умеренной зоне Северного полушария, ранее не отличали от близкородственного лисохвоста коленчатого (*A. geniculatus* L.). Отметив морфологические различия, автор указал на их экологическую близость — оба вида обитают на влажных лугах.

Две «Флоры» Соболевского существенно различались: ФР была изданием научным, СФ — популярным. Одно сочинение дополняет другое, и их легче анализировать в сравнении. Соболевский приводит в своей ФР 656 видов цветковых (в СФ их уже 673) и 344 тайнобрачных (криптогамных) растений.

Нередкие у старых авторов обозначения места сбора образцов — Сибирь или Кавказ, приводящие в отчаяние современных систематиков, у Соболевского достаточно конкретизированы. Мы узнаем, например, что орхидея «тайник сердцелистный» (*Listera cordata*) была обнаружена натуралистом и пастором Э. Лаксманом в болотистых лесах в округе Красного Кабака<sup>4</sup>.

Соболевский ощущал растение как живой организм, изменяющийся в соответствии с условиями существования, но как человек своего времени, Григорий Федорович следовал афоризму: «*Quid libet*



*Лобелия Дортманская (Lobelia dortmanna) // Flora Danica. 1761. V. I. Fasc. I. Tab. 39.*

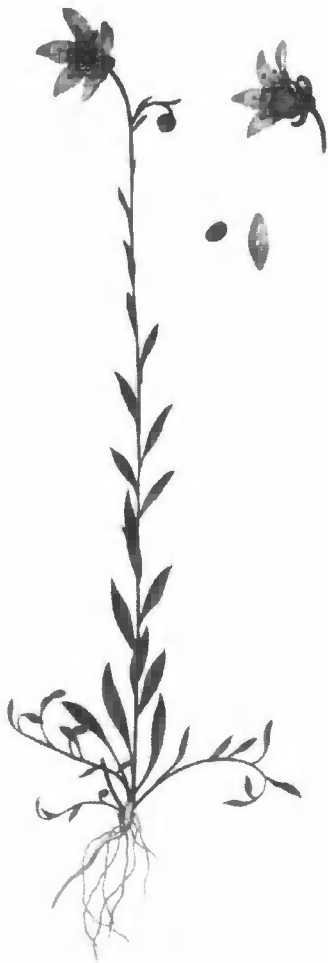
*natura est conservatrix sui*» («Любая природа хранит саму себя»), а потому признавал вид неизменным.

Наставляя читателей в познании морфологии расте-

ний, Соболевский обращал внимание на пластичность модификаций жизненных форм трав. Смена фенологических фаз, меняющая облик растений, даже побудила его ввес-

<sup>3</sup> Липский В.И. Биографии и литературная деятельность ботаников и лиц, соприкасавшихся с Императорским Санкт-Петербургским ботаническим садом // Императорский Санкт-Петербургский ботанический сад за 200 лет его существования (1713—1913). Петроград, 1913—1915. С. 437.

<sup>4</sup> Красный Кабак находился на седьмой версте Петергофского шоссе, на окраине д. Автово, почти у самых ворот Красненского кладбища. Теперь это участок просп. Стачек от Комсомольской площади до ул. Червоного Казачества. Можно предположить, что на месте современной городской застройки стояли березняки или елово-мелколиственные мшистые заболоченные леса, где обычно встречается эта орхидея.



**Каменелюбка болотная**  
(*Saxifraga hirculus*) // *Flora Danica*. 1765. V.2. Fasc. 4. Tab. 200.

ти особое понятие — *momentum botanicum*, или время ботаническое.

Однако, несмотря на методические достоинства, труд Соболевского подвергся суровой критике. Основоположник петербургской ботанической школы профессор А.Н. Бекетов упрекал автора за несовершенство языка и терминологии. По его мнению, «Флора» Соболевского «должна была иметь на распространение ботаники в России такое

же пагубное влияние, как и тяжелые его описания»<sup>5</sup>.

Действительно, изобретенные Соболевским термины не вошли в лексику русской ботаники. Заимствовав, например, из украинского языка слово «брунька» (почка), он называл им соцветия не только сержкоцветных (ив, берез, орешника), но и осок. Однако небезупречные описания растений не лишены образности, а время добавило им терпкий аромат старины.

Соболевский особенно интересовался водными и прибрежными растениями и тонко чувствовал своеобразие обитателей невской дельты: «Лобелия Дортманская (*Lobelia dortmanna*) живет по берегам Невы-реки в воде, а стебло с цветами из воды выводит. На Крестовском острове и в других меньших протоках Невы-реки»<sup>6</sup>.

В начале XX в. она чаще встречалась в чистых холодных озерах Карельского перешейка. Теперь численность популяций лобелии сокращается. Этот редкий реликтовый вид весьма уязвим, а потому занесен во все издания Красной книги. Редкая в окрестностях Петербурга камнеломка болотная (*Saxifraga hirculus*), обитающая в сообществах гипоарктических кустарников, по сведениям Соболевского, прежде встречалась в черте города: «Каменосек козлий. Находится изредка по мокрым лугам и лесам около Катеринофа, у Красного Кабака и у Лигова»<sup>7</sup>.

Дудергофские высоты в окрестностях Красного Села близ Гатчины, как и теперь, были излюбленным местом паломничества любителей ботаники Санкт-Петербурга. Соболевский отметил здесь копытень европейский (*Asarum europaeum*), пролесник одно-

летний (*Mercurialis perennis*), фиалку удивительную (*Viola mirabilis*), медуницу (*Pulmonaria obscura*), первоцвет весенний (*Primula veris*), синюху голубую (*Polemonium coeruleum*), а также чину лесную (*Vicia sylvatica*), воронец колосистый (*Actaea spicata*), пахучку обыкновенную (*Clinopodium vulgare*), ветреницу лютиковую (*Anemone ranunculoides*), бровник одно-клубневый (*Herminium monorchis*), венерин башмачок желтый (*Cypripedium calceolus*), а также Петров крест, или по-таенницу (*Lathraea squamaria*).

Соболевский сомневался, надо ли вносить названия культивируемых растений в региональные флористические списки аборигенных видов. В своей «Флоре» он привел лишь немногие из натурализовавшихся видов, рассудив, что перечисление редчайших экзотов из садов императорских резиденций или знатных любителей ботаники, таких как князь Н.Б. Юсупов или сенатор П.Соймонов, лишь непомерно увеличило бы список.

Замечательный папоротник — осмунда царственная (*Osmunda regalis*), реликтовый обитатель болотистых ольшаников — имеет широкий ареал (Западная Европа, Черноморское побережье Кавказа, Северная и Южная Америка, Юго-Западная Индия). Соболевский свидетельствует о нахождении *Osmunda* на Карельском перешейке: «По мокрым лесам около деревни Лембаловой, в Осиновой роще и других местах»<sup>8</sup>.

Возможно, двести лет назад осмунда еще встречалась в окрестностях Санкт-Петербурга. Не найденный в Финляндии, этот папоротник тяготеет к областям мягкого океанического климата Европы, но проникает в северные широты Скандинавии до 61° с.ш., где это редчайшее растение отмечено на западном побережье Ботнического залива и на юго-западном побережье Норвегии.

<sup>5</sup> Бекетов А.Н. Взгляд на состояние исследования петербургской растительности // Тр. Санкт-Петербургского об-ва естествоиспытателей, 1870. Т. 1. Ч. 1. С. 192.

<sup>6</sup> Сф. Ч.2. С.180.

<sup>7</sup> Сф. Ч.1. С.294.

<sup>8</sup> Сф. Ч.2. С.274.



Вероятно, топкие болотистые леса в окрестностях Петербурга еще скрывают удивительный папоротник и он будет найден, как сравнительно недавно *Osmunda regalis* была обнаружена на юго-западе Белоруссии, в болотистом ольшанике близ оз.Селяки<sup>9</sup>. Естественным или культивируемым видом в Ижорской земле была осмунда, сказать трудно. Посвященное громовнику Тору — верховному божеству скандинавского пантеона, — священное растение могло сохраняться вблизи оставленных языческих капищ.

Таковы некоторые замечания на полях книги Соболевского. Замечательные коллекции, проданные после его смерти Медико-хирургической академии, до нас не дошли.

Наконец, обе «Флоры» являются памятником книжной культуры России. Напечатанные в типографии медицинс-

кой коллегии, они посвящены правящим монархам. Смысл посвящения раскрывала аллегорическая картина, названная автором «Твоя от твоих» и толкуемая им как жертвенное приношение даров природы, «произрастающих в окрестностях престольного града на разные употребления, а особливо на пользу врачевания». Мы видим здесь саму богиню Флору, одну рукою воскуряющую фимиам на жертвеннике, другою — возносящую корзину, полную цветов для подношения Орлу, несущему царский вензель и лавровую ветвь к сияющему солнцу. Гений Места, в облике крылатого ангела, протягивает Флоре травы, собранные у подножия статуи Изиды — самой Природы, пухлым локотком опираясь на плиту, которая украшена Санкт-Петербургским гербом. Изображение Эскулапа, языческого бога-врачевателя, ведавшего исцеляющие свойства растений, напоминает о том, что травознание неразлучно с медициной.

В то время фронтиспис, как и титульный лист, был легко заменяемым элементом

*Осмунда царственная*  
(*Osmunda regalis*) // *Flora Danica*. 1765. V. 2. Fasc. 4. Tab. 217.

книги, а потому та же аллегорическая картина украшала и русскую «Флору». Лишь литера «П» на царском вензеле сменилась на «А». Новое сочинение повергалось к стопам молодого государя Александра I с надеждой на грядущее процветание наук, которое ждали от его царствования.

Надо полагать, что труд Соболевского не остался без награды. Однако издание книги было осуществлено на средства подписчиков. Прилагавшийся в конце «Список особ, благоволивших взять билет на приобретение книги» позволяет представить круг любителей ботаники того времени. Среди 83 подписчиков — представители разных слоев образованного общества России. Здесь обер-гофмейстер А.А.Торсуков, управлявший гоф-интенданской конторой, сенатор П.И.Новосильцов,

<sup>9</sup> Бурдин А.Г., Шокало С.И., Шокало Б.И. Новое местонахождение *Osmunda regalis* (*Osmundaceae*) в СССР // Ботан. журн. 1986. Т.71. №3. С.390—391.



Гравированный фронтиспис  
«Твоя от твоих» // Соболевский Г.Ф. Санкт-петербургская  
флора. СПб., 1801. Ч. I.



князя П.Я. и С.Н. Долгоруковы, командор П. Бутурлин. Среди военных — 10 офицеров высшего командного состава, причем генерал-майор И.П. Христовский пожелал приобрести экземпляр не только для себя, но и «для своих соседей». Много было любителей ботаники среди гражданских чиновников. Число подписчиков разных классов в

соответствии с «Табелью о рангах» распределялось следующим образом. Среди действительных тайных советников — наиболее высокопоставленных лиц государства — таковых не оказалось, но среди тайных советников их было двое, действительных статских советников — 6. Столько же и статских советников, коллежских советников — 11, надвор-

ных советников — 8, коллежских ассессоров — 1, титулярных советников — 2, коллежских секретарей — 1. И так, коллежские советники (чин VI класса, равный полковничьему) больше других интересовались ботаникой, а один из них, М.И. Савинский, пожелал приобрести 10 экз. «Флоры». Среди этого класса чиновников встречаются фамилии:

Добржанский, Крыжановский, Карпинский. Однофамильцы или потомки их станут впоследствии прославленными естествоиспытателями?

Плодотворен был интерес к ботанике и в среде православных духовных лиц. Это со словие также впоследствии дало России многих замечательных ученых. Среди подписчиков были 13 архиереев, 10 экз. заказал епископ Вятский и Слободской Амвросий, а пять — епископ Белорусский и Могилевский Анастасий. Здесь были и три приходских священника. Духовные семинарии также хотели иметь книгу в своих библиотеках: саратовская — 1, а воронежская — 3 экз. Среди купцов ботаникой интересовались только три человека. Имелся единственный аптекарь

Д.Р.Гродницкий, а врачей и учителей не было совсем. Среди подписчиков немало лиц незаурядных, оставивших свои имена в истории России. Это А.Н. Оленин, тогда преуспевающий в служебной карьере сановник, а впоследствии — директор Публичной библиотеки, писатель М.Н.Муравьев, владелец типографии В.А.Плавильщиков, адъюнкт-профессор Медико-хирургической академии Т.А.Смеловский, переводчик «Философии ботаники» К.Линнея (1800), Н.П.Резанов, главный начальник первой русской кругосветной экспедиции И.Ф.Крузенштерна и Ю.Ф.Лисянского в 1803—1806 гг. Единственная дама — г-жа надворная советница Е.И.Любимова. Завершает список подмастеров Ботанического сада Николай Иванов.

Как известно, высшее признание достоинств ботаника — присвоение его имени роду растения. Назвав род из семейства крестоцветных именем *Sobolewskia Bieb.*, его знаменитый современник, автор «Крымско-кавказской флоры» Ф.К.Биберштейн увековечил автора «Санкт-Петербургской флоры».

Заслуживает ли внимания сегодняшних ботаников труд двухсотлетней давности, признанный несовершенно, неполным, написанным грубым слогом, или удел книги Соболевского — радовать немногих библиофилов?

**Работа выполнена при финансовой поддержке института «Открытое общество» Дж. Сороса.**

Над номером работали  
Ответственный секретарь  
Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы  
О.О.АСТАХОВА  
Л.П.БЕЛЯНОВА  
Е.Е.БУШУЕВА  
М.Ю.ЗУБРЕВА  
Г.В.КОРОТКЕВИЧ  
К.Л.СОРОКИНА  
Н.В.УЛЬЯНОВА  
Н.В.УСПЕНСКАЯ  
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор  
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор  
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией  
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор  
Г.С.ДОРОХОВА

Компьютерный набор  
Е.Е.ЖУКОВА

Компьютерная графика  
О.Г.ЧЕКИНА

Компьютерная верстка  
Д.А.БРАГИН

Перевод  
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры  
В.А.ЕРМОЛАЕВА  
Л.М.ФЕДОРОВА

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:  
117810, Москва, ГСП-1  
Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 20.08.99  
Бумага типографская №1  
Офсетная печать  
Усл. печ. л. 7,74  
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.  
Уч.-изд. л. 11,9  
Заказ 2887

Отпечатано в типографии  
«Наука», 121099, Москва,  
Шубинский пер., 6

# ПРИРОДА

# 10<sup>99</sup>



В середине нашего века новые, ранее не известные типы алмазоносных пород были обнаружены в отдельных круговых структурах. Оказалось, что их возникновение связано с падением на Землю крупных метеоритов, астероидов и комет. Такие импактные структуры, уже мало напоминающие кратеры, называют астроблемами — звездными ранами. Залегающие в них породы образовались при чудовищных по своей мощности ударных взрывах.

**Масайтис В.Л. СОТВОРЕНЫ СИЛАМИ НЕБЕСНЫМИ**

