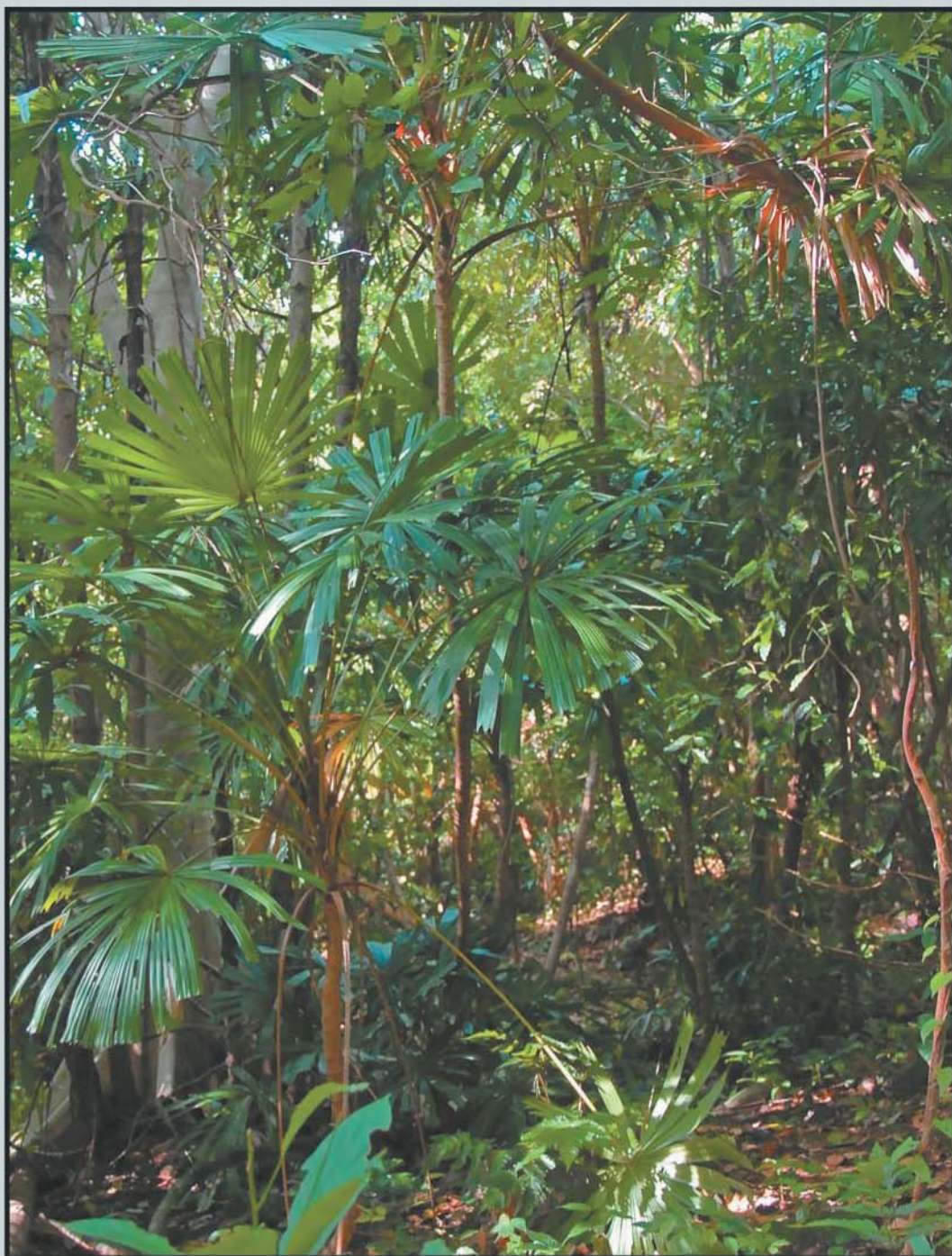


# ПРИРОДА

8 11



**В НОМЕРЕ:**

**3 Барабаш А.С.**  
**Двойной бета-распад: события и люди**  
*Прошло 75 лет с момента предсказания процесса двойного бета-распада. Что стало известно об этом явлении благодаря экспериментам? И что еще предстоит сделать?*

**14 Суворов А.Н.**  
**Микробиота детей**  
*От своевременного формирования и полноценности микробиоты ребенка зависит его развитие, начиная со скорости роста и заканчивая особенностями метаболизма, иммунитета и даже интеллекта.*

**22 Леонов М.Г.**  
**Вечно живая кора**  
*Горные породы кристаллического фундамента стабильных областей Земли в определенных геодинамических обстановках приобретают свойства вязкой жидкости и ведут себя по законам течения жидких тел.*

**34 Шилова С.А., Сунцов В.В.**  
**Удары по природе: нокаут или нокаун?**  
*Не одно тысячелетие человечество использует богатства природы, и результаты хозяйствования стали для нее губительными. Причины тяжелых последствий — ошибки, допущенные при освоении естественных ландшафтов из-за того, что не были разработаны основы природопользования или «хозяйства» жизни пренебрегли научными рекомендациями.*

**43 Черных Е.Н.**  
**Структура Евразийского мира на фоне геоэкологии после открытия металлов**  
 Запад—Восток (Окончание)

**55 УЧЕНЫЙ, УЧИТЕЛЬ, ЧЕЛОВЕК**

К 100-летию Я.А.Бирштейна

**Бирштейн В.Я.****Мой отец (56)****Гиляров А.М.****Общение с ним было счастьем (66)****О чем писала «Природа»****70 Скрыбин К.И.****Паразитирование клещей во внутренних органах человека и высших позвоночных****Бочков А.В., Медведев С.Г.****Все оказалось не так страшно (75)****81****Новости науки**

Прямые наблюдения эволюции молодой сверхновой (81). Огненные муравьи образуют плоты (81). Быть активным или лучше питаться. Михайлов К.Г. (82). Симбиотические микроорганизмы изменяют цвет тела тлей (83). Динамика ледового покрова Арктики (83). Жемчужница в реках северо-запада России. Булахова Н.А. (84).

**Рецензии****85 Аксенов Г.П.****Болдинская осень в Боровом**  
(на кн.: В.И.Вернадский. Дневники. Июль 1941 — август 1943)**90****Новые книги****Встречи с забытым****91 Томилин М.Г.****По Гринвичу****96****Объявление**

## CONTENTS:

### 3 **Barabash A.S.**

#### **Double Beta decay: Events and People**

*75 years had passed since the process of double beta decay was predicted. What has become known about this phenomenon from experiments? And what still needs to be done?*

### 14 **Suvorov A.N.**

#### **Infant Microbiota**

*Child's development depends on timely formation and completeness of its microbiota, and this includes many aspects — from rate of body growth to characters of metabolism, immunity and even intellect.*

### 22 **Leonov M.G.**

#### **Eternally Live Crust**

*Crystalline fundament rocks of the Earth stable regions in certain geodynamic settings acquire properties of viscous fluids and behave according the laws of fluid flows.*

### 34 **Shilova S.A., Suntzov V.V.**

#### **Punches at Nature: Knockout or Knockdown?**

*Mankind has been using natural treasures for millennia, and the results of this usage became pernicious for environment. The causes of such grave consequences were mistakes made during developing of natural landscapes, since the principles of rational land use were not formulated or the «masters» of life had neglected scientific recommendations.*

### 43 **Chernykh E.N.**

#### **Structure of Eurasian World on the Background of Geocology after Discovery of Metals**

West—East (Part Two)

### 55 **SCIENTIST, TEACHER, PERSON**

To Centenary of Ya.A.Birshtein

**Birshtein V.Ya.**

**My Father (56)**

**Ghilarov A.M.**

**To Associate with Him  
Was a Fortune (66)**

### **What «Priroda» Wrote About**

### 70 **Skryabin K.I.**

#### **Parasitism of Mites in Viscera of Humans and Higher Vertebrates**

**Bochkov A.V., Medvedev S.G.**

**It Turned out  
to Be Not So Horrible (75)**

### 81

### **Science News**

Direct Observations of Young Supernova Evolution (81). Fire Ants Form Rafts (81). Be Active or to Eat Well. **Mikhailov K.G.** (82). Symbiotic Microbes Change Coloration of Greenflies (83). Dynamics of Arctic Ice Cover (83). Pearl-Oysters in Rivers of Russian Northwest. **Bulakhova N.A.** (84).

### **Book Reviews**

### 85 **Aksenov G.P.**

#### **Boldino Autumn in Borovoje**

(on book: V.I.Vernadsky. Diary.  
July 1940—August 1943)

### 90

### **New Books**

### **Encounters With Forgotten**

### 91 **Tomilin M.G.**

#### **Greenwich Time**

### 96

### **Advertisement**

# Двойной бета-распад: события и люди

А.С.Барабаш

Прошло 75 лет с тех пор, как в научный обиход было введено понятие «двойной бета-распад». В связи с недавней «круглой» датой хочется напомнить об основных этапах истории исследования двойного бета-распада ( $2\beta$ ) и рассказать об основных достижениях в хронологическом порядке. С течением времени многие детали (в том числе и достаточно важные и интересные) часто забываются, по-другому расставляются акценты, меняется оценка вклада отдельных исследователей и т.д. Поэтому даже специалисты, начинающие изучать  $2\beta$ -распад, не всегда хорошо ориентируются в том, что было сделано до них, какая была мотивация работ и кто конкретно «ответствен» за то или иное достижение. Автор занимается двойным бета-распадом с 1982 г. и является одним из «старейших» (не в смысле возраста!) « $2\beta$ -распадчиков», продолжающих активную работу в этой области. К тому же автору посчастливилось не только встречаться, но и сотрудничать практически со всеми ведущими учеными, представляющими данное направление. Это дает повод и основание для написания настоящего обзора — попытку дать оценку полученным результатам, хотя и авторскую, но максимально объективную и взвешенную (с учетом мнения других участников исследований).



**Александр Степанович Барабаш**, доктор физико-математических наук, начальник лаборатории физики слабых взаимодействий Государственного научного центра РФ «Институт теоретической и экспериментальной физики». Область научных интересов — нейтринная физика, двойной бета-распад, методы регистрации частиц.

## Рождение идеи

Проблема двойного бета-распада возникла практически сразу же после выдвижения в 1930 г. гипотезы о существовании нейтрино (В.Паули) и создания в 1933 г. теории бета-распада (Э.Ферми). Теория была развита по аналогии с квантовой электродинамикой, однако для описания  $\beta$ -распада Ферми ввел силы нового типа — слабое взаимодействие. В рамках этого подхода удалось хорошо описать процессы распада атомных ядер с рождением электрона или позитрона и новой, тогда еще гипотетической, частицы\*:

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z + 1) + e^- + \bar{\nu}, \quad (1)$$

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z - 1) + e^+ + \nu. \quad (2)$$

Здесь, как обычно,  $A$  — атомный номер,  $Z$  — заряд ядра,  $e^-$  — электрон,  $e^+$  — позитрон,  $\nu$  — нейтрино и  $\bar{\nu}$  — антинейтрино.

А уже в 1935 г. М.Гепперт-Майер в работе [1] впервые указала на возможность процесса двухнейтринного двойного бета-распада ( $2\beta(2\nu)$ ), рис.1, т.е. процесса, когда ядро меняет заряд на 2 единицы и это превращение сопровождается испусканием сразу двух электронов и двух (анти)нейтрино:

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z + 2) + 2e^- + 2\bar{\nu}. \quad (3)$$

Интересно, что рассмотреть такую возможность предложил Е.Вигнер (так пишет сама Гепперт-Майер [1]). В 1937 г. Э.Майорана теоретически показал, что если допустить существование лишь од-

\* Как известно, «изобретение» нейтрино, вызванное к жизни особенностями бета-распада, «спасло» законы сохранения в квантовой механике.

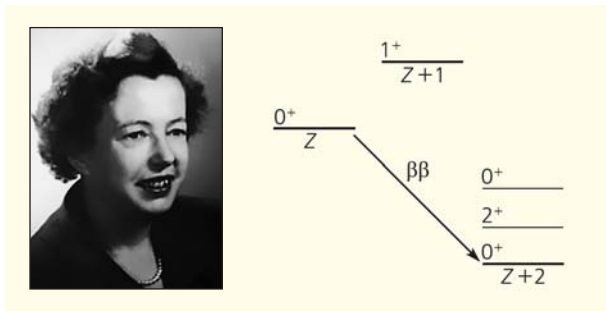
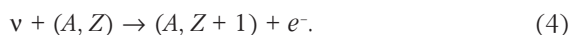


Рис.1. Мария Гепперт-Майер — лауреат Нобелевской премии за 1963 г. В 1935 г. впервые указала на возможность существования процесса двухнейтринного двойного бета-распада, схема которого приведена справа (распад может идти как на основное, так и на возбужденные состояния дочернего ядра).

ного типа нейтрино, не имеющего античастицы (т.е. считать  $\nu \equiv \bar{\nu}$ ), то выводы теории бета-распада не меняются [2]. Так было введено понятие «майорановского» нейтрино (в отличие от «дираковского», существующего в двух ипостасях), рис.2, хотя сам термин появится позже.

В том же году Г.Рака [3] первым обратил внимание на то, что в этом случае нейтрино, испущенное, например, в процессе (1), может привести к реакции



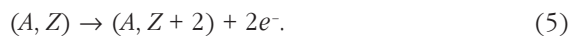
Если же нейтрино дираковское (т.е.  $\nu \neq \bar{\nu}$ ), такая реакция невозможна, поскольку в реакции (1) испускается антинейтрино, а в реакции (4) поглощается нейтрино. И я согласен с Б.М.Понтекорво [4], что в работе [3] речь о безнейтринном двойном бета-распаде ( $2\beta(0\nu)$ ) не идет, а рассматривается именно возможность различить майорановские и дираковские нейтрино с помощью процессов обратного бета-распада с использованием потоков свободных нейтрино (виртуальное промежуточное состояние ядра и виртуальное нейтрино не рассматривались!)\*. В 1938 г. В.Фарри [5] проанализировал идеи Майораны и Рака и пришел к достаточно пессимистическим выводам о шансах выбрать между майорановской и дираковской моделями нейтрино на основе эксперимента. Это в первую очередь было связано с отсутствием в то время интенсивных источников нейтрино (реакторов еще не было!). Но уже в 1939 г. Фарри [6] впервые обратился к процессу безнейтринного двойного бета-распада, т.е. процессу, когда превращение ядра  $(A, Z)$  в ядро  $(A, Z + 2)$  сопровождается испусканием только двух электронов. Фарри ввел следующую схему описания  $2\beta(0\nu)$ -распада: процесс идет как бы в два этапа. Сначала исходное ядро  $(A, Z)$ , испуская один

\* Довольно часто в литературе встречается неверное утверждение, что в работе [3] впервые была предложена идея  $2\beta(0\nu)$ -распада.



Рис.2. Поль Дирак — лауреат Нобелевской премии за 1933 г. (слева) и Этторе Майорана (справа). В теории Дирака нейтрино и антинейтрино — это разные частицы ( $\nu \neq \bar{\nu}$ ), а в теории Майорана — это одна и та же частица ( $\nu \equiv \bar{\nu}$ ). Регистрация  $2\beta(0\nu)$ -распада будет однозначно свидетельствовать о майорановской природе нейтрино.

электрон, переходит в виртуальное промежуточное состояние плюс виртуальное  $\bar{\nu}$ . Затем это виртуальное  $\bar{\nu}$  уже в качестве  $\nu$  (поскольку  $\nu \equiv \bar{\nu}$ ) поглощается промежуточным ядром и вызывает его распад с излучением второго электрона. Результат такого превращения записывается следующим образом:



Итак, в течение пяти лет (1935—1939) были предложены основные  $2\beta$ -процессы, тогда же были сделаны первые оценки времени жизни ядер относительно как  $2\nu$ -, так и  $0\nu$ -распада. Стало понятно, что изучение этих процессов позволит получить ценную информацию о свойствах нейтрино. Главный вклад на данном этапе внесли М.Гепперт-Майер и В.Фарри.

### Архаика (40—50-е годы XX века)

Сначала основной мотивацией для экспериментов по поиску  $2\beta$ -распада была возможность определить природу нейтрино (кто прав — Дирак или Майорана?). Теоретические оценки тех лет давали совершенно разные значения времени жизни ядер для двух вариантов. Для майорановского нейтрино ( $0\nu$ -распад) это  $\sim 10^{15} - 10^{16}$  лет, а для дираковского ( $2\nu$ -распад) это  $\sim 10^{21} - 10^{22}$  лет. И было ясно, что, если нейтрино имеет майорановскую природу,  $2\beta(0\nu)$ -распад может быть зарегистрирован существовавшими в то время детекторами.

Из-за Второй мировой войны активные научные исследования возобновились только во второй половине 40-х годов. Первый эксперимент по поиску  $2\beta$ -распада был проведен в 1948 г. Е.Файермэнном [7]. Он искал  $2\beta$ -распад изотопа  $^{124}\text{Sn}$  с помощью гейгеровских счетчиков и установил предел на период его полураспада  $T_{1/2} > 3 \cdot 10^{15}$  лет. В этом эксперименте число событий с двумя электронами

измерялось на основе совпадения сигналов от гейгеровских счетчиков в фольге, изготовленной из  $^{124}\text{Sn}$ , а затем сравнивалось с числом таких событий в фольге из материала, не содержащего ядер  $^{124}\text{Sn}$ . По отсутствию превышения в скорости счета для образца из  $^{124}\text{Sn}$  был сделан вывод о ненаблюдении двойного бета-распада и вычислен предел на период полураспада. В 1949 г. Файермэн осуществил новый эксперимент со  $^{124}\text{Sn}$  и получил положительный результат  $T_{1/2} = (4-9) \cdot 10^{15}$  лет. Уже в этом пионерском эксперименте был использован обогащенный радиоактивным изотопом образец олова (25 г, степень обогащения 54%). К сожалению, результат не был подтвержден последующими, более чувствительными экспериментами, выполненными в 1951–1953 гг. Лучшее ограничение для  $^{124}\text{Sn}$  составило  $T_{1/2} > 2 \cdot 10^{17}$  лет. В те годы довольно часто появлялись «положительные» результаты, которые потом закрывались последующими экспериментами. Так, «положительный» эффект наблюдался также в  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{96}\text{Zr}$ . Тогда же впервые были проведены поиски  $2\beta^+$ - и  $\text{ECS}^+$ -процессов (последнее сокращение обозначает двойной позитронный распад и электронный захват с одновременным испусканием позитрона). Для обнаружения  $2\beta$ -процессов применялись самые современные по тем временам методики и детекторы: гейгеровские, пропорциональные и сцинтилляционные счетчики, камера Вильсона, ядерная фотоэмульсия. В качестве испытуемых образцов сразу же стали широко использовать обогащенные изотопами образцы ( $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{94}\text{Zr}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{124}\text{Sn}$ ). Установки начали помещать глубоко под землей (для подавления фона от космических лучей), организовывали пассивную и активную защиту. Тем не менее чувствительность счетчиковых экспериментов в то время не превышала по периоду полураспада  $\sim 10^{17} - 10^{18}$  лет. Заметим, что в 1956 г. первый эксперимент по поиску  $2\beta$ -распада был проведен и в СССР [8].

В 1949 г. впервые был выполнен геохимический эксперимент для  $^{130}\text{Te}$ , превращающегося в результате  $2\beta$ -распада в  $^{130}\text{Xe}$ . Эта методика основана на выделении ксенона из древних минералов (возрастом до нескольких миллиардов лет) с их последующим изотопным анализом. Обнаружение избыточного количества  $^{130}\text{Xe}$  (с учетом возможного вклада в эффект различных ядерных реакций — под действием нейтронов, космических лучей и т.д.) свидетельствует о существовании  $2\beta$ -распада исходного ядра и позволяет определять период его полураспада. Таким образом, подобные эксперименты — это эксперименты со временем экспозиции до нескольких миллиардов лет! Чувствительность первого же геохимического эксперимента существенно превысила возможности счетчикового; полученный предел составил  $> 8 \cdot 10^{19}$  лет. И уже в 1950 г. М.Ингрэм и Дж.Рейнольдс зарегистрировали  $2\beta$ -распад  $^{130}\text{Te}$ ,  $T_{1/2} = 1.4 \cdot 10^{21}$  лет [9]. Поначалу к этому результату отнеслись достаточно скептически и всерьез не вос-

принимали, но по прошествии 15–20 лет стало ясно, что тогда действительно впервые наблюдался  $2\beta(2\nu)$ -распад. И это было еще в 1950 г.!

В том же году был проведен и первый радиохимический эксперимент с  $^{238}\text{U}$ . Сущность работы состояла в поисках  $^{238}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 87.7$  года), который должен был образоваться в результате  $2\beta$ -распада  $^{238}\text{U}$ . С этой целью из 14 кг очищенной окиси урана, хранившейся в течение шести лет, выделялся плутоний и по счету  $\alpha$ -частиц определялось присутствие  $^{238}\text{Pu}$ . Эффект обнаружен не был, и в итоге был получен лишь предел  $T_{1/2} > 6 \cdot 10^{18}$  лет.

Основное достижение этого периода (как выяснилось много лет спустя): первое наблюдение  $2\beta(2\nu)$ -распада (геохимический эксперимент с  $^{130}\text{Te}$ ); оно на счету М.Ингрэма и Дж.Рейнольдса.

### Средние века (60—70-е годы XX века)

После открытия в 1957 г. нарушения пространственной четности и установления  $V-A$ -природы слабого взаимодействия (что означало наличие дополнительного «кирального» запрета) шансы на наблюдение  $2\beta(0\nu)$ -распада сильно упали — стало ясно, что вероятность такого процесса может быть много меньше, чем для  $2\beta(2\nu)$ -перехода. Напомним, что в 1956 г. было теоретически предсказано (Ц.Ли и Ч.Янг), а в 1957 г. экспериментально подтверждено (Ц.Ву) нарушение зеркальной симметрии в слабых взаимодействиях. Подробно о развитии физических представлений, связанных с процессом бета-распада, можно прочитать в прекрасном историческом обзоре С.С.Герштейна [10], здесь только приведем самую необходимую для понимания настоящей статьи формулировку из него: «Л.Д.Ландау, а также независимо А.Салам и сами Ц.Ли с Ч.Янгом указали на возможность существования так называемого двухкомпонентного, или спирального, нейтрино, у которого спин направлен всегда строго по импульсу (или против импульса) частицы. Проведенные вскоре эксперименты подтвердили вторую возможность: спин нейтрино направлен против его импульса, т.е. нейтрино представляет собой левый «винт», в то время как антинейтрино — правый. Такая спиральная структура возможна только для частиц с нулевой массой покоя, движущихся со скоростью света. Для частиц, обладающих массой покоя, всегда существует система координат, где эта частица покоится, и спин ее может иметь произвольное направление. Однако состояние подобных частиц можно представить как суперпозицию левых и правых спиральных состояний. В отличие от безмассовых, массивная частица в левом спиральном состоянии может с некоторой вероятностью обладать спином, направленным по импульсу, а в правоспиральном — спином, направленным против него. Вероятность таких состояний при высокой энергии мала. Она

равна приблизительно  $(mc^2/\epsilon)^2$ , где  $m$  — масса покоя частицы, а  $\epsilon$  — ее энергия, т.е. в левоспиральном состоянии спин частицы при  $\epsilon \gg mc^2$  направлен в основном против импульса частицы, а в правоспиральном — по нему». Поэтому даже если нейтрино — майорановская частица с массой, отличной от нуля, вероятность  $2\beta(0\nu)$ -распада умножается на фактор  $(m_n c^2/\epsilon)^2$ . Например, при массе нейтрино 1 эВ и энергии  $\sim 1$  МэВ данный фактор равен  $\sim 10^{-12}$ .

Несмотря на пессимистические прогнозы, определенный интерес к  $2\beta$ -процессам сохранялся и в те годы. Вероятность  $2\beta(0\nu)$ -распада в предположении о существовании у нейтрино майорановской массы была впервые вычислена в 1960 г. Одновременно стала рассматриваться и другая возможность: примесь правых токов при дополнительном предположении о тождественности нейтрино и антинейтрино. Тогда же стало понятно, что поиски  $2\beta(0\nu)$ -распада могут быть хорошим подспорьем в проверке закона сохранения лептонного числа.

Экспериментальные исследования в этот период были немногочисленны, но отличались очень высоким уровнем. Для  $^{48}\text{Ca}$  чувствительность была доведена Е.Матеосьяном и М.Гольдхабером до  $2 \cdot 10^{20}$  лет, т.е. впервые в счетчиковых экспериментах был преодолен уровень в  $10^{20}$  лет. Причем рабочее вещество детектора было изготовлено из обогащенного исследуемого материала (кристалла фтористого кальция, содержащего 11.4 г  $^{48}\text{Ca}$  с обогащением 96.6%). Так впервые была осуществлена схема «детектор  $\equiv$  исследуемое вещество». В 1967 г. Э.Фиорини (которого можно увидеть на фотографии рис.3) с соавторами впервые использовал для поиска  $2\beta$ -распада Ge(Li)-детектор и сразу же получил ограничение на время  $2\beta(0\nu)$ -распада  $^{76}\text{Ge}$  —  $T_{1/2} > 3 \cdot 10^{20}$  лет, т.е. абсолютно лучший в то время результат для счетчиковых экспериментов. В конце концов ограничение было доведено до фантастического по тем временам значения  $T_{1/2} > 5 \cdot 10^{21}$  лет [11]. Тем самым были продемонстрированы прекрасные перспективы германиевых полупроводниковых детекторов для поиска  $2\beta$ -распада.

Практически в то же время группа Ц.Ву провела два замечательных эксперимента на установке, состоящей из стримерной камеры в магнитном поле (осуществлялась визуализация треков и измерялась энергия частиц) и пластических сцин-



Рис.3. Этторе Фиорини — итальянский физик (Миланский университет), впервые использовавший германиевый полупроводниковый детектор и низкотемпературный боллометр для поиска  $2\beta$ -распада, лидер коллабораций CUORICINO и CUORE.

тилляторов (определялась одновременность вылета электронов и измерялась энергия электронов). На этой установке были получены очень жесткие ограничения на  $2\beta(0\nu)$ -распад для изотопов с высокой энергией  $2\beta$ -перехода:  $^{48}\text{Ca}$  (4.272 МэВ) —  $T_{1/2} > 2 \cdot 10^{21}$  лет [12] и  $^{82}\text{Se}$  (2.995 МэВ) —  $T_{1/2} > 3.1 \cdot 10^{21}$  лет [13]. Подчеркнем, что в 1967 г. именно при работе группы Ву с  $^{48}\text{Ca}$  чувствительность счетчиковых экспериментов впервые превысила значение  $10^{21}$  лет.

Нужно отметить, что в начале 80-х эти результаты для  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{82}\text{Se}$  и  $^{76}\text{Ge}$  служили некой путеводной звездой. Все, кто тогда начинал заниматься  $2\beta$ -распадом, сверяли свои планы и мечты именно с ними. И потребовались значительные усилия, чтобы достичь такой чувствительности для новых экспериментов. Даже сейчас (спустя 35—40 лет!) они продолжают вызывать восхищение.

Во второй половине 60-х несколько групп выполнили геохимические эксперименты для

$^{130}\text{Te}$  и  $^{82}\text{Se}$ . В итоге группами Н.Такаоки и Т.Кирстена был подтвержден результат 1950 г. для  $^{130}\text{Te}$  и группой Кирстена впервые наблюдался  $2\beta(2\nu)$  распад  $^{82}\text{Se}$ . В 1975 г. в геохимическом эксперименте группой О.Мануэля впервые был зарегистрирован  $2\beta$ -распад  $^{128}\text{Te}$  и было определено отношение  $T_{1/2}(^{130}\text{Te})/T_{1/2}(^{128}\text{Te})$ .

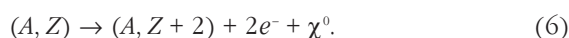
Основные достижения этого периода: получение чувствительности к  $2\beta(0\nu)$ -распаду выше  $10^{21}$  лет в экспериментах с  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{76}\text{Ge}$  и  $^{82}\text{Se}$ , регистрация  $2\beta(2\nu)$ -распада в геохимических экспериментах с  $^{130}\text{Te}$ ,  $^{128}\text{Te}$  и  $^{82}\text{Se}$ . Главные роли сыграли Э.Фиорини, Ц.Ву, Т.Кирстен, О.Мануэль.

### Эпоха Возрождения (80—90-е годы XX века)

В начале 80-х годов интерес к процессам  $2\beta$ -распада возродился, что было связано сразу с несколькими обстоятельствами. Во-первых, в эксперименте Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) по измерению  $\beta$ -спектра трития были обнаружены признаки наличия у нейтрино массы на уровне  $\sim 30$  эВ (что, однако, не было подтверждено последующими экспериментами). Во-вторых, нейтрино с массой в несколько десятков электронвольт стало рассматриваться кандидатом на роль темной ма-

теории в космологии. И, в-третьих, появились теории Великого объединения, в которых масса нейтрино естественным образом интерпретировалась как майорановская. А возникновение майорановской массы означает нарушение симметрии, с которой ассоциируется сохранение лептонного заряда. Поэтому интерес к поиску  $2\beta$ -распада вновь усилился, что привело к всплеску активности как теоретиков, так и экспериментаторов.

В 1981 г. был рассмотрен новый тип  $2\beta$ -распада — распад с испусканием майорона:



Майорон ( $\chi^0$ ) — это гипотетический безмассовый голдстоуновский бозон, возникающий при глобальном нарушении  $(B-L)$ -симметрии, где  $B$  — барионное квантовое число, а  $L$  — лептонное. Майорон, если он существует, может играть достаточно серьезную роль в истории ранней Вселенной и в эволюции звезд. Спектр суммарной энергии двух электронов реакции (6) отличается от случаев  $0\nu$ - и  $2\nu$ -распада (рис.4), поэтому распад с испусканием майорона можно легко отличить от других типов  $2\beta$ -распада.

В 1982 г. была сформулирована теорема Шехтера—Валле, из которой следует, что в рамках калибровочных теорий сам факт наблюдения  $2\beta(0\nu)$ -распада будет означать наличие у нейтрино майорановской массы [14]. Это стало серьезным теоретическим обоснованием для экспериментаторов продолжать и совершенствовать свои опыты.

В 1985 г. появилась фундаментальная теоретическая работа М.Дои, Т.Котани и Е.Такасуги, которая и по сегодняшний день может служить настоящей энциклопедией по теории  $2\beta$ -распада [15]. В этой работе впервые с хорошей точностью были рассчитаны энергетические и угловые распределения электронов для массового механизма и для механизма правых токов и продемонстрирована возможность различить эти механизмы в эксперименте, используя особенности соответствующих распределений.

Долгое время серьезной проблемой было расхождение теоретических предсказаний и экспериментальных пределов для времени жизни относительно двухнейтринного двойного бета-распада. Как правило, теория предсказывала на один-два порядка большую скорость распада, чем уже имевшиеся экспериментальные ограничения. Но в 1986 г. П.Фогель и М.Цирнбауэр показали, что учет взаимодействия частица—частица в яд-

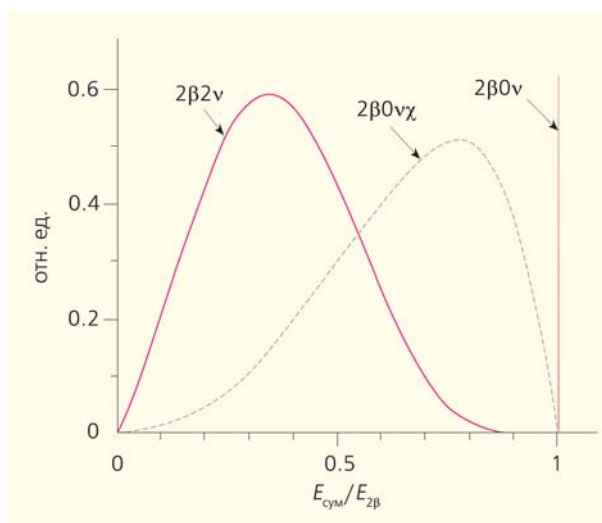


Рис.4. Спектры суммарной энергии электронов для трех основных типов  $2\beta$ -распада: безнейтринного  $2\beta(0\nu)$  (вертикальная прямая), с испусканием двух нейтрино  $2\beta(2\nu)$  (сплошная кривая) и с испусканием майорона (штриховая кривая).

ре позволяет в рамках QRPA-моделей (QRPA — Quasiparticle Random Phase Approximation) достаточно хорошо рассчитывать скорость  $2\nu$ -распада. Это привело к широкому использованию QRPA-моделей при расчетах ядерных матричных элементов как для  $2\nu$ -, так и для  $0\nu$ -распада.

Про экспериментальные исследования можно сказать, что активность экспериментаторов возросла чрезвычайно. Несколько десятков групп начали искать  $2\beta$ -распад. В 80-х годах большое число измерений было выполнено для  $^{76}\text{Ge}$  с использованием детекторов на основе сверхчистого германия HPGe (High Purity Germanium). Во многом это было связано с тем, что HPGe-детекторы большого объема стали доступным и относительно дешевым инструментом. С другой стороны, выбор низкофонных конструкционных материалов, размещение детекторов, окруженных пассивной и активной защитой, глубоко под землей, позволили добиться радикального снижения уровня фона (большой вклад здесь внесли Ф.Авиньоне, Р.Бродзинский, Э.Фиорини; см. фотографии на рис.3 и 5). Все это привело к повышению чувствительности измерений на несколько порядков. Лучшее ограничение на время  $2\beta(0\nu)$ -распада  $^{76}\text{Ge}$  с использованием HPGe-детекторов из природного германия было получено в эксперименте Д.Колдуэла с соавторами (~7.2 кг при-



Рис.5. Франк Авиньоне — физик из США (Университет штата Южная Каролина). Внес большой вклад в исследование  $2\beta$ -распада, один из лидеров коллабораций IGEX, COURE, MAJORANA.



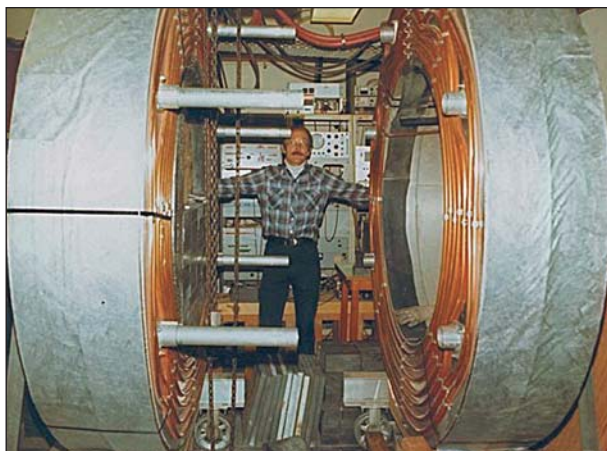


Рис.6. Майкл Моу — физик из США (Калифорнийский университет, г. Ирвайн), лидер группы, впервые наблюдавшей двухнейтринный двойной бета-распад в прямом (счетчиковом) эксперименте. Он стоит между двумя магнитами времяпроекционной камеры пионерского эксперимента.

родного Ge,  $T_{1/2} > 1.2 \cdot 10^{24}$  лет). В 1987 г. впервые были использованы полупроводниковые Ge(Li)-детекторы, выращенные из обогащенного Ge (эксперимент ИТЭФ—ЕрФИ; ЕрФИ — Ереванский физический институт). Все эти достижения привели, в конце концов, к двум большим экспериментам с обогащенным Ge (коллаборации Гейдельберг—Москва и IGEX), в которых чувствительность к времени  $2\beta(0\nu)$ -распада была доведена до  $\sim 10^{25}$  лет. Достаточно высокое ограничение на период полураспада  $2\beta(0\nu)$  было получено и для  $^{136}\text{Xe}$  в эксперименте с использованием прибора ТРС (Time Projection Chamber) на ксеноне. Здесь также использовался обогащенный материал — 3.3 кг обогащенного ксенона (содержание  $^{136}\text{Xe}$  — 62%). Помимо измерения суммарной энергии электронов в этом эксперименте отбирались события с одновременным вылетом двух электронов из одной точки, восстанавливались треки электронов и измерялась энергия каждого отдельного электрона. После почти года измерений был получен предел  $T_{1/2} > 3.4 \cdot 10^{23}$  лет. В 1984 г. Э.Фиорини и Т.Ниниковски опубликовали статью, в которой обосновали перспективность использования для поиска процессов двойного бета-распада низкотемпературных детекторов, и эта методика затем успешно развивалась усилиями миланской группы под руководством Фиорини\*.

Все же основным экспериментальным достижением рассматриваемого периода стало первое наблюдение  $2\beta(2\nu)$ -распада в прямом счетчиковом эксперименте. Это было сделано М.Моу с сотрудниками в 1987 г. для  $^{82}\text{Se}$  в эксперименте с ис-

\* Справедливости ради надо отметить, что впервые на такую возможность двумя годами ранее указали сотрудники ОИЯИ (г.Дубна) Г.В.Мицельмахер, Б.С.Неганов и В.Н.Трофимов. Однако в ОИЯИ это предложение развития не получило.

пользованием ТРС (рис.6) [16]. Было зарегистрировано всего 36  $2\beta$ -событий и получено значение  $T_{1/2} = 1.1^{+0.8}_{-0.3} \cdot 10^{20}$  лет — важнейший результат, особенно с психологической точки зрения. Он как бы снял некий невидимый барьер. Положительные результаты по  $2\nu$ -распаду посыпались как из рога изобилия.  $2\beta(2\nu)$ -распад вскоре был обнаружен в  $^{76}\text{Ge}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$  и других ядрах (всего  $2\beta(2\nu)$ -распад был найден в то время в прямых экспериментах для семи ядер). Причем для большинства ядер его удалось наблюдать в нескольких независимых экспериментах. Наибольший вклад здесь внесли группа М.Моу ( $^{82}\text{Se}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{150}\text{Nd}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ), группа Х.Иджири ( $^{100}\text{Mo}$  и  $^{116}\text{Cd}$ ) и коллектив серии экспериментов на установке NEMO-2 ( $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ). Кроме того, в эксперименте NEMO-2 были изучены энергетические спектры и угловые распределения электронов для всех исследованных изотопов. В 1991 г. в радиохимическом эксперименте наблюдался  $2\beta(2\nu)$ -распад в  $^{238}\text{U}$ . В том же году А.С.Барабашом, Ф.Авиньоне и др. впервые был зарегистрирован  $2\beta(2\nu)$ -распад на возбужденное состояние дочернего ядра [17].

Что касается геохимических экспериментов, то они интенсивно проводились в 80-х годах и практически прекратились к концу 90-х. В начале 80-х проходили жаркие дебаты вокруг значений периода полураспада для  $^{130}\text{Te}$  и  $^{128}\text{Te}$ . Несколько групп авторов настаивали на больших значениях периода полураспада ( $\sim 2.7 \cdot 10^{21}$  и  $\sim 7.7 \cdot 10^{24}$  лет соответственно), а другие коллективы получали существенно меньшие значения ( $\sim 0.8 \cdot 10^{21}$  и  $\sim 2 \cdot 10^{24}$  лет). Результаты различались в три с половиной раза, хотя заявленная точность измерений была достаточно хорошей (в отдельных экспериментах она доходила до 3%). Эта проблема тогда так и не была решена. Было даже высказано предположение, что расхождение может быть связано с зависимостью скорости  $2\beta$ -распада от времени (что может быть вызвано, например, вариациями константы слабого взаимодействия со временем), поскольку малые значения  $T_{1/2}$  были получены для «молодых» минералов (возраст  $\sim 10^7$ – $10^8$  лет), а большие значения — для «старых» ( $\sim 10^9$  лет и больше).

Основные достижения этого периода: первое наблюдение  $2\nu$ -распада в прямом (счетчиковом) эксперименте, превышение чувствительности к  $2\beta(0\nu)$ -распаду в  $^{76}\text{Ge}$  значения  $10^{25}$  лет, измерение  $T_{1/2}(2\nu)$  для 10 изотопов (в прямых и геохимических экспериментах), первое наблюдение  $2\beta(2\nu)$ -распада на возбужденное состояние дочернего ядра. Главные действующие лица / коллаборации: М.Моу, Ф.Авиньоне, А.С.Барабаш, С.Джулиан, Х.Иджири, Ю.Г.Здесенко, Г.Клапдор-Клайнротхаус, Э.Фиорини / Гейдельберг—Москва, IGEX, NEMO-2. Среди теоретиков следует отметить (вдобавок к уже упомянутым в этой главе именам) С.Петкова, О.Сивитарезе, Й.Сухонена, А.Феслера и Ф.Шимковича.

## Новейшая история (первое десятилетие XXI века)

В 1998 г. на международной конференции «Нейтрино-98» (Такаяма, Япония) было объявлено о наблюдении нейтринных осцилляций в эксперименте с атмосферными нейтрино. Затем нейтринные осцилляции были обнаружены в экспериментах с солнечными, реакторными и ускорительными нейтрино. А это означало, что нейтрино имеет массу! Неудивительно, что интерес к безнейтринному двойному распаду в начале XXI в. резко возрос. Стало ясно, что регистрация и изучение  $2\beta(0\nu)$ -распада способны прояснить многие вопросы физики нейтрино:

- природу массы нейтрино (дираковская или майорановская);
- абсолютную шкалу массы нейтрино (измерение или предел на массу самого легкого нейтрино);
- тип иерархии в нейтринном секторе (нормальная, обратная или квазивырожденная)\*;
- $CP$ -нарушение (измерение майорановской  $CP$ -нечетной фазы).

В самом начале этого периода коллаборацией Гейдельберг—Москва были завершены измерения с  $^{76}\text{Ge}$  (установка показана на рис.7). Интерпретация экспериментальных результатов оказалась неоднозначной. Сначала авторы совместно опубликовали ограничение  $T_{1/2} > 1.9 \cdot 10^{25}$  лет. Но затем Клапдор-Клайнротхаус с несколькими соавторами заявили о наблюдении  $2\beta(0\nu)$ -распада  $^{76}\text{Ge}$  с периодом полураспада  $1.5 \cdot 10^{25}$  лет. С этим выводом не согласилась московская часть коллаборации. Через несколько лет Клапдор-Клайнротхаус сменил значение периода полураспада на  $1.19 \cdot 10^{25}$  лет, а еще через два года — на  $2.23_{-0.31}^{+0.44} \cdot 10^{25}$  лет. Это «наблюдение» вызвало жаркие дебаты и довольно жесткую критику многих физиков, и сегодня ясно, что только новые эксперименты с  $^{76}\text{Ge}$  способны прояснить ситуацию.

Важные результаты по поиску  $2\beta(0\nu)$ -распада были получены в экспериментах CUORICINO (окончен в 2008 г.) и NEMO-3 (окончен в начале 2011 г.). В них работали крупномасштабные детекторы с массой исследуемого вещества 40 и 10 кг соответственно и была достигнута чувствительность к времени  $2\beta(0\nu)$ -распада, превышающая  $10^{24}$  лет ( $> 2.8 \cdot 10^{24}$  лет для  $^{130}\text{Te}$  и  $> 1.1 \cdot 10^{24}$  лет для  $^{100}\text{Mo}$ ). А за счет существенно большего значения

\* Поясним, что анализ имеющихся экспериментальных данных по осцилляциям нейтрино приводит к трем возможным соотношениям масс основных состояний нейтрино, называемым иерархиями:

- нормальная:  $m_1 \ll m_2 \ll m_3$ ;
- обратная:  $m_3 \ll m_1 < m_2$ ;
- квазивырожденная:  $m_1 \cong m_2 \cong m_3$ .

Однако в рамках осцилляционных экспериментов очень трудно установить тип иерархии, поскольку измеряется величина разности масс  $\Delta m^2$ . Эксперименты по  $2\beta(0\nu)$ -распаду могут разрешить эту проблему.



Рис.7. Эксперимент Гейдельберг—Москва в подземной лаборатории Гран Сассо (Италия). Четыре HPGe-детектора из обогащенного германия в процессе сборки (слева) и пятый детектор из обогащенного германия, размещенный в отдельной защите (справа).

фазового объема у исследуемых ядер ( $^{130}\text{Te}$  и  $^{100}\text{Mo}$ ) чувствительность к эффективной массе нейтрино оказалась сравнимой с чувствительностью экспериментов на  $^{76}\text{Ge}$ . В эксперименте NEMO-3 (рис.8, 9) одновременно изучается семь изотопов, и для всех зарегистрирован  $2\beta(2\nu)$ -распад (!). Причем помимо прецизионного измерения  $T_{1/2}(2\nu)$  фиксируются все основные характеристики  $2\nu$ -распада: спектр суммарной энергии, энергетический спектр одиночных электронов и их угловое распределение. Для  $^{100}\text{Mo}$  зарегистрировано около миллиона (!)  $2\nu$ -событий при практически

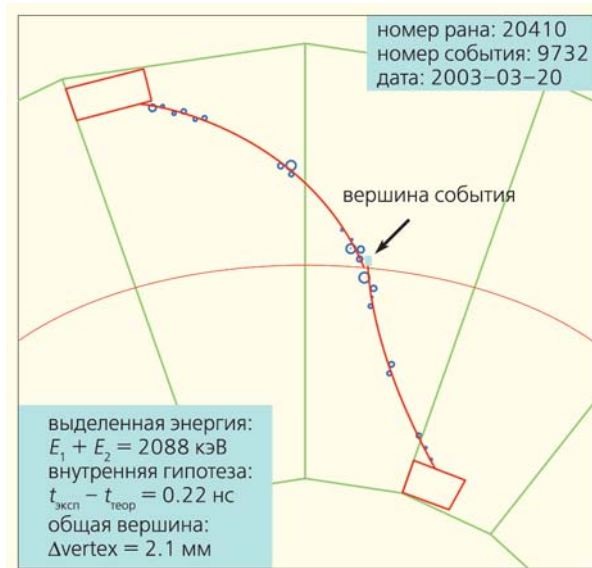


Рис.8. Типичное  $2\beta(2\nu)$ -событие в детекторе NEMO-3 (вид сверху). Видно, как два электрона вылетают из общей точки в источнике (красная линия) и останавливаются в пластиковых сцинтилляционных счетчиках, расположенных на внутренней и внешней стенках детектора. В результате измеряются энергия отдельных электронов и угол между ними. Синие кружочки — это сработавшие гейгеровские счетчики. Треки имеют характерную для электронов кривизну, поскольку электроны движутся в магнитном поле.



Рис.9. Детектор NEMO-3 (слева) в процессе сборки (подземная лаборатория в Модане, Франция). Детектор состоит из 20 секторов и после сборки будет окружен многослойной пассивной защитой. Один из секторов перед установкой в детектор (справа). В центре расположен источник с исследуемым материалом. Хорошо видны сцинтилляционные счетчики (обмотанные алюминизированным майларом) и электронные фотоумножители (слева).

нулевом фоне. Впервые надежно измерена величина  $T_{1/2}(2\nu)$  для  $^{130}\text{Te}$ , и тем самым разрешен давний спор геохимиков — подтверждено «малое» современное значение периода полураспада. Повысился интерес к  $2\beta^-$ ,  $\text{ECS}\beta^+$  и  $\text{ESEC}$ -процессам, впервые были выполнены специальные эксперименты по поиску резонансного  $\text{ESEC}$ -перехода на возбужденное состояние дочернего ядра.

Неожиданно в этот период «возродились» геохимические эксперименты. Были выполнены эксперименты с  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{130}\text{Ba}$ ,  $^{130}\text{Te}$ , итогом которых стали наблюдения  $\text{ESEC}(2\nu)$ -процесса в  $^{130}\text{Ba}$  [18] и серьезная попытка объяснить имевшиеся разногласия в геохимических экспериментах с  $^{130}\text{Te}$ . А вот результаты для  $^{96}\text{Zr}$  и  $^{100}\text{Mo}$  не согласуются с результатами счетчиковых экспериментов.

Основные достижения этого периода: спорная ситуация с положительным результатом для  $^{76}\text{Ge}$  (достижение ли это?), новые результаты по  $2\beta(0\nu)$ -распаду для  $^{130}\text{Te}$  и  $^{100}\text{Mo}$ , прецизионное изучение процессов  $2\beta(2\nu)$ -распада для многих ядер, первое наблюдение  $\text{ESEC}(2\nu)$ -процесса. На первый план выходят коллаборации Гейдельберг—Москва, CUORICINO, NEMO-3 и, конечно, «возмутитель спокойствия» Г.Клапдор-Клайнгротхаус.

### Современное состояние и перспективы

В табл.1 и 2 приведены лучшие современные данные по  $2\beta(2\nu)$ - и  $2\beta(0\nu)$ -распаду (по состоянию на конец 2010 г.). В табл.3 показаны основные исторические «вехи» 75-летнего изучения этих процессов.

Итак, в настоящее время  $2\beta(2\nu)$ -распад обнаружен уже для 10 ядер ( $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{76}\text{Ge}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{128}\text{Te}$ ,  $^{130}\text{Te}$ ,  $^{150}\text{Nd}$ ,  $^{238}\text{U}$ ). Кроме того, зарегистрирован  $2\beta(2\nu)$ -распад  $^{100}\text{Mo}$  и  $^{150}\text{Nd}$  на  $0^+$  возбужденное состояние дочерних ядер и  $\text{ESEC}(2\nu)$ -процесс в  $^{130}\text{Ba}$ . Эксперименты по  $2\beta(2\nu)$ -распаду вышли на качественно новый уровень, когда с высокой точностью измеряются не только период полураспада, но и все остальные параметры процесса (эксперимент NEMO-3). В то же время непрерывно повышается чувствительность экспериментов по поиску  $2\beta$ -распада на возбужденные состояния дочерних ядер, а также  $2\beta^+$ ,  $\text{ECS}\beta^+$  и  $\text{ESEC}$ -процессов. В результате наметился переход к тщательному и всестороннему исследованию  $2\nu$ -процессов, что дает очень важную информацию о значениях ядерных матричных элементов, параметрах различных теоретических моделей и т.д. Наблюдается определенный прогресс в расчетах ядерных матричных элементов (хотя их точность все еще невысока) и в понимании ядерно-физических аспектов  $2\beta$ -распада.

$2\beta(0\nu)$ -распад в настоящее время не зарегистрирован, а из табл.2 ясно, что консервативное ограничение на эффективное значение массы майорановского нейтрино  $\langle m_\nu \rangle$  составляет 0.7 эВ.

**Таблица 1**  
Современные значения для  $T_{1/2}(2\nu)$  различных изотопов

Изотоп	$T_{1/2}(2\nu)$ , лет
$^{48}\text{Ca}$	$4.4^{+0.6}_{-0.5} \cdot 10^{19}$
$^{76}\text{Ge}$	$(1.5 \pm 0.1) \cdot 10^{21}$
$^{82}\text{Se}$	$(0.92 \pm 0.07) \cdot 10^{20}$
$^{96}\text{Zr}$	$(2.3 \pm 0.2) \cdot 10^{19}$
$^{100}\text{Mo}$	$(7.1 \pm 0.4) \cdot 10^{18}$
$^{100}\text{Mo} - ^{100}\text{Ru}(0^+)$	$5.9^{+0.8}_{-0.6} \cdot 10^{20}$
$^{116}\text{Cd}$	$(2.8 \pm 0.2) \cdot 10^{19}$
$^{128}\text{Te}$	$(2.0 \pm 0.3) \cdot 10^{24}$
$^{130}\text{Te}$	$(6.8 \pm 1.2) \cdot 10^{20}$
$^{150}\text{Nd}$	$(8.2 \pm 0.9) \cdot 10^{18}$
$^{150}\text{Nd} - ^{150}\text{Sm}(0^+)$	$1.33^{+0.45}_{-0.26} \cdot 10^{20}$
$^{238}\text{U}$	$(2.0 \pm 0.6) \cdot 10^{21}$
$^{130}\text{Ba}$ , $\text{ESEC}(2\nu)$	$(2.2 \pm 0.5) \cdot 10^{21}$

**Таблица 2**  
Сводка лучших современных результатов по поиску  $2\beta(0\nu)$ -распада

Изотоп	$E_\beta$ , кэВ	$T_{1/2}$ , лет	$\langle m_\nu \rangle$ , эВ
$^{48}\text{Ca}$	4272	$> 5.8 \cdot 10^{22}$	$< 14$
$^{76}\text{Ge}$	2039.0	$> 1.9 \cdot 10^{25}$	$< 0.22 - 0.69$
$^{82}\text{Se}$	2996	$> 3.6 \cdot 10^{23}$	$< 0.89 - 2.4$
$^{96}\text{Zr}$	3350	$> 9.2 \cdot 10^{21}$	$< 6.4 - 19.5$
$^{100}\text{Mo}$	3034.4	$> 1.1 \cdot 10^{24}$	$< 0.29 - 0.93$
$^{116}\text{Cd}$	2805	$> 1.7 \cdot 10^{23}$	$< 1.2 - 2.7$
$^{128}\text{Te}$	867	$> 1.6 \cdot 10^{24}$ (геохимия)	$< 1.8 - 4.2$
$^{130}\text{Te}$	2527.5	$> 2.8 \cdot 10^{24}$	$< 0.29 - 0.77$
$^{136}\text{Xe}$	2458.7	$> 4.5 \cdot 10^{23}$	$< 1.1 - 2.7$
$^{150}\text{Nd}$	3367	$> 1.8 \cdot 10^{22}$	$< 2.3 - 7.6$

Эксперименты следующего поколения, с общей массой исследуемых изотопов  $\sim 100 - 1000$  кг, будут запущены через несколько лет и позволят достичь чувствительности к эффективной массе майорановского нейтрино на уровне 0.1—0.01 эВ, т.е. проникнуть в область предсказаний схемы с обратной иерархией нейтринных масс. В табл.4 приведены параметры нескольких наиболее перспективных планируемых экспериментов. Видимо, в 2011—2012 гг. начнутся измерения в экспериментах EXO-200 (200 кг  $^{136}\text{Xe}$ ), GERDA-I (первый этап с 18 кг  $^{76}\text{Ge}$ ) и KamLAND-Xe с 400 кг  $^{136}\text{Xe}$ . Это будет означать начало нового этапа в исследованиях двойного бета-распада.

В заключение отметим, что существенный вклад в изучение процессов  $2\beta$ -распада был внесен советскими/российскими физиками. Первая советская теоретическая работа была опубликована в 1950 г. Л.А.Сливом, который провел вычисления вероятности  $2\beta$ -распада. В 1954 г. в УФН появился первый в мире (и очень качественный!) обзор по двойному бета-распаду, написанный Я.Б.Зельдовичем, С.Ю.Лукияновым и Я.А.Смор-

**Таблица 3**  
**Основные «вехи» в истории 2β-распада**

Дата	Событие	Примечание
1935	Сформулирована идея 2ν-распада	М.Гепперт-Майер
1939	Сформулирована идея 0ν-распада	В.Фарри
1948	Первый эксперимент по поиску 2β-распада	Е.Файермэн; использовались счетчики Гейгера и 25 г обогащенного <sup>124</sup> Sn
1950	Первое наблюдение 2ν-распада	М.Ингрэм и Дж.Рейнгольдс; геохимический эксперимент с <sup>130</sup> Te, $T_{1/2} = 1.4 \cdot 10^{21}$ лет
1966	Первый счетчиковый эксперимент с чувствительностью выше 10 <sup>20</sup> лет	Е.Матеосян и М.Гольдхабер; «детектор = источник», 11.4 г обогащенного <sup>48</sup> Ca; $T_{1/2}(0\nu) > 2 \cdot 10^{20}$ лет
1967	Первый эксперимент с полупроводниковым Ge-детектором	Э.Фиорини и др.; Ge(Li) детектор объемом 17 см <sup>3</sup> на ур.м., $T_{1/2}(0\nu) > 3 \cdot 10^{20}$ лет
1967	Наблюдение 2β-распада в <sup>82</sup> Se	Т.Кирстен и др.; геохимический эксперимент, $T_{1/2} \approx 0.6 \cdot 10^{20}$ лет
1967–1970	Первый счетчиковый эксперимент с чувствительностью выше 10 <sup>21</sup> лет	Р.Бардин, П.Голлон, Дж.Уллман, Ц.Ву; стримерная камера + сцинтилляционные счетчики; $T_{1/2}(0\nu; ^{48}\text{Ca}) > 2 \cdot 10^{21}$ лет, $T_{1/2}(2\nu; ^{48}\text{Ca}) > 3.6 \cdot 10^{19}$ лет
1973	Чувствительный счетчиковый эксперимент с <sup>76</sup> Ge	Э.Фиорини и др.; Ge(Li) детектор объемом 68 см <sup>3</sup> на глубине 4200 м в.э., $T_{1/2}(0\nu) > 5 \cdot 10^{21}$ лет
1975	Чувствительный счетчиковый эксперимент с <sup>82</sup> Se	Б.Кливленд, Лео, Ц.Ву и др.; стримерная камера + сцинтилляционные счетчики, $T_{1/2}(0\nu; ^{82}\text{Se}) > 3.1 \cdot 10^{21}$ лет
1980–1981	Сформулирована идея 2β-распада с испусканием майорона	Рассмотрены модели с синглетным, дублетным и триплетным майороном
1982	Теорема Шехтера–Валле	Дж.Шехтер и Дж.Валле; в рамках калибровочных теорий обнаружение 2β(0ν)-распада означает, что нейтрино имеет массу и эта масса майорановского типа
1984	Предложение низкотемпературного детектора для поиска 2β-распада	Э.Фиорини и Т.Ниникоски
1985	Фундаментальное теоретическое исследование двойного бета-распада	М.Дои, Т.Котани, Е.Такасуги; получены основные формулы для вероятности распада, энергетических и угловых спектров электронов (0ν- и 2ν-моды)
1986	Введение параметра $g_{pp}$ (учет взаимодействия частица-частица в ядре) в QRPA-модели	П.Фогель и М.Цирнбауэр; в рамках QRPA-моделей впервые получено удовлетворительное согласие расчетных и экспериментальных значений $T_{1/2}$ для 2ν-моды
1987	Первое наблюдение 2ν-распада в счетчиковом эксперименте	М.Моу и др.; TPC с <sup>82</sup> Se, 36 событий, $T_{1/2} = 1.1^{+0.8}_{-0.3} \cdot 10^{20}$ лет
1987–1989	Первый счетчиковый эксперимент с чувствительностью выше 10 <sup>24</sup> лет	Д.Колдуэл и др.; восемь детекторов из натурального Ge общим весом 7.2 кг; $T_{1/2}(0\nu) > 1.2 \cdot 10^{24}$ лет
1987–1990	Эксперимент на первом полупроводниковом детекторе, изготовленном из обогащенного германия (86% <sup>76</sup> Ge)	Коллаборация ИТЭФ–ЕрФИ; два детектора из обогащенного Ge общим весом ~1.1 кг. В 1990 г. для <sup>76</sup> Ge получено: $T_{1/2}(0\nu) > 1.3 \cdot 10^{24}$ лет, $T_{1/2}(2\nu) = (0.9 \pm 0.1) \cdot 10^{21}$ лет
1991	Первое наблюдение 2ν-распада на возбужденное состояние дочернего ядра	А.С.Барабаш и др.; низкофононовый HPGe детектор, 1 кг <sup>100</sup> Mo, переход <sup>100</sup> Mo– <sup>100</sup> Ru(0 <sup>+</sup> ); 1130.3 кэВ), $T_{1/2} = 6.1^{+1.8}_{-1.1} \cdot 10^{20}$ лет
1990–1998	Эксперименты на детекторе ELEGANT-V	Х.Иджири и др. Наблюдение 2β(2ν)-распада <sup>100</sup> Mo и <sup>116</sup> Cd
1991–1997	Эксперименты на детекторе NEMO-2	Коллаборация NEMO-2. Систематическое изучения 2β(2ν)-распада ( <sup>100</sup> Mo, <sup>116</sup> Cd, <sup>82</sup> Se, <sup>96</sup> Zr) с регистрацией всех параметров процесса
1991–1999	Эксперимент IGEX	Измерения с 6.5 кг обогащенного <sup>76</sup> Ge с 1991 по 1999 г.; $T_{1/2}(0\nu) > 1.57 \cdot 10^{25}$ лет
1990–2003	Эксперимент Гейдельберг–Москва	Измерения с 11 кг обогащенного <sup>76</sup> Ge с 1990 по 2003 г.; $T_{1/2}(0\nu) > 1.9 \cdot 10^{25}$ лет, $T_{1/2}(2\nu) = [1.74 \pm 0.01(\text{стат})^{+0.18}_{-0.16}(\text{сист})] \cdot 10^{21}$ лет
2001	Первое наблюдение ESEC(2ν)-процесса	Геохимический эксперимент с <sup>130</sup> Ba, $T_{1/2} = (2.2 \pm 0.5) \cdot 10^{21}$ лет
2002–2010	Эксперимент NEMO-3	Коллаборация NEMO-3; $T_{1/2}(0\nu; ^{100}\text{Mo}) > 1.1 \cdot 10^{24}$ лет; наблюдение и прецизионное изучение 2β(2ν)-распада для семи ядер ( <sup>48</sup> Ca, <sup>82</sup> Se, <sup>96</sup> Zr, <sup>100</sup> Mo, <sup>116</sup> Cd, <sup>130</sup> Te, <sup>150</sup> Nd)
2003–2008	Эксперимент CUORICINO	Коллаборация CUORICINO; $T_{1/2}(0\nu; ^{130}\text{Te}) > 2.8 \cdot 10^{24}$ лет

**Таблица 4**  
**Наиболее перспективные планируемые эксперименты по 2β-распаду**

Эксперимент	Исследуемый изотоп	Масса изотопа, кг	Чувствительность,		Статус
			$T_{1/2}$ , лет	$\langle m_\nu \rangle$ , эВ	
CUORE	$^{130}\text{Te}$	200	$6.5 \cdot 10^{26}$	0.02–0.05	Принят
			$2.1 \cdot 10^{26}$	0.035–0.09	
GERDA	$^{76}\text{Ge}$	40	$2 \cdot 10^{26}$	0.07–0.2	Принят R&D*
		1000	$6 \cdot 10^{27}$	0.01–0.04	
MAJORANA	$^{76}\text{Ge}$	30–60	$2 \cdot 10^{26}$	0.07–0.2	Принят R&D
		1000	$6 \cdot 10^{27}$	0.01–0.04	
EXO	$^{136}\text{Xe}$	200	$6.4 \cdot 10^{25}$	0.1–0.2	Принят R&D
		1000	$8 \cdot 10^{26}$	0.03–0.06	
SuperNEMO	$^{82}\text{Se}$	100–200	$(1-2) \cdot 10^{26}$	0.04–0.1	R&D
KamLAND-Xe	$^{136}\text{Xe}$	400	$4.5 \cdot 10^{26}$	0.04–0.08	Принят
SNO +	$^{150}\text{Nd}$	56	$4.5 \cdot 10^{24}$	0.1–0.3	Принят R&D
		500	$3 \cdot 10^{25}$	0.04–0.12	

\* R&D (Research and Development) означает, что проект находится на стадии разработки.

динским. А с 1956 по 1965 г. Е.Н.Доброхотов, В.Р.Лазаренко и С.Ю.Лукьянов выполнили несколько экспериментов с  $^{48}\text{Ca}$  на самом высоком по тем временам уровне. В 80-х годах в СССР различными группами было проведено большое количество экспериментов и получены результаты мирового класса (Баксан, Ереван, Киев, Москва, Солотвино). В конце 80-х — начале 90-х началось интенсивное сотрудничество с зарубежными физиками, и в результате совместные эксперименты с участием российских ученых стали проводиться практически во всех лучших подземных лабораториях мира. Один из значительных вкладов российской стороны — использование обогащенных изотопами материалов, произведенных в СССР/России. Реализация таких крупнейших экспериментов, как Гей-

дельберг—Москва, IGEX, NEMO-2 и NEMO-3, была бы невозможна без участия наших ученых. Отечественные физики участвуют сегодня практически во всех крупных проектах будущих экспериментов. Планируется, что обогащенные образцы для этих экспериментов (до 1000 кг!) будут произведены в нашей стране. Что касается имен, то назовем здесь (помимо указанных выше) лишь руководителей советских/российских групп, внесших заметный вклад в исследование 2β-распада: А.С.Барабаш, И.В.Кирпичников и О.Я.Зельдович (ИТЭФ, Москва), В.Б.Бруданин (ОИЯИ, Дубна), В.И.Лебедев (Институт атомной энергии, Москва), Ю.Г.Здесенко (Институт ядерных исследований, Киев), В.В.Кузьминов, А.А.Поманский, А.А.Смольников (Институт ядерных исследований, Москва). ■

## Литература

1. *Goeppert-Mayer M.* // Phys. Rev. 1935. V.48. P.512—516.
2. *Majorana E.* // Nuovo Cimento. 1937. V.14. P.171—184.
3. *Racah G.* // Nuovo Cimento. 1937. V.14. P.322—328.
4. *Понтекорво Б.М.* // Природа. 1983. №1. С.43—57.
5. *Furry W.H.* // Phys. Rev. 1938. V.54. P.56—67.
6. *Furry W.H.* // Phys. Rev. 1939. V.56. P.1184—1193.
7. *Fireman E.L.* // Phys. Rev. 1948. V.74. P.1238.
8. *Доброхотов Е.Н., Лазаренко В.Р., Лукьянов С.Ю.* // ДАН СССР. 1956. Т.110. С.966—969.
9. *Inghram M.G., Reynolds J.H.* // Phys. Rev. 1950. V.78. P.822—823.
10. *Герштейн С.С.* От бета-сил к универсальному взаимодействию // Природа. 2010. №1. С.3—14.
11. *Fiorini E. et al.* // Nuovo Cimento A. 1973. V.13. P.747—763.
12. *Bardin R.K., Gollon P.J., Ullman J.D., Wu C.S.* // Nucl. Phys. A. 1970. V.158. P.337—363.
13. *Cleveland B.T. et al.* // Phys. Rev. Lett. 1975. V.35. P.757—760.
14. *Schechter J., Valle J.W.F.* // Phys. Rev. D. 1982. V.25. P.2951—2954.
15. *Doi M., Kotani T., Takasugi E.* // Prog. Theor. Phys. Suppl. 1985. V.83. P.1—175.
16. *Elliott S.R., Hahn A.A., Moe M.K.* // Phys. Rev. Lett. 1987. V.59. P.2020—2023.
17. *Barabash A.S. et al.* // Phys. Lett. B. 1995. V.345. P.408—413.
18. *Mesbik A.P. et al.* // Phys. Rev. C. 2001. V.64. P.035205\_1—035205\_6.

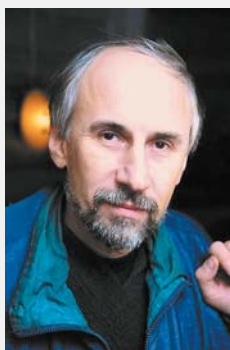
# Микробиота детей

А.Н.Суворов

**В**идовая организация микробиоты детей (в первую очередь, новорожденных) до сих пор изучена плохо. Даже в медицинской профессиональной среде бытует множество недоказанных концепций, а порой и легенд. Считается, что здоровье и состояние иммунитета младенца зависят от наличия в его организме лакто- и бифидобактерий. Если ребенок не получит их в должном количестве, то микробиота не сформируется в том виде, как ей положено, возникнет дисбиоз и не разовьется иммунитет. Однако при всей привлекательности и простоте устоявшихся представлений прямых доказательств их справедливости немного, а пока нет доказательств, научные построения остаются лишь гипотезами или даже научными мифами. Оставив в покое мифы, попытаемся разобраться, насколько современная наука продвинулась в понимании процесса формирования детской микробиоты и ее изменений с возрастом. Но для начала уточним, что считается нормальной микрофлорой человека, какие существуют подходы к оценке ее состава и функционального состояния.

## Состав микробиоты и дисбиоз

Организм среднего взрослого человека — естественный резервуар и источник пропитания для 3 кг бактерий. Их число,



*Александр Николаевич Суворов, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией НИИ экспериментальной медицины СЗО РАМН (Санкт-Петербург). Занимается исследованием молекулярных механизмов патогенности бактерий (в частности стрептококков) и изучением свойств пробиотиков. Лауреат премии РАМН за цикл работ по генетике стрептококков (в соавторстве с А.В.Дмитриевым, 1998).*

по современным представлениям, в сотни раз превосходит число наших собственных клеток, при этом знаем мы о микрорганнзмах и их роли в физиологии человека постыдно мало. До самого последнего времени в сообществе врачей была распространена следующая информация: в кишечнике присутствует индигенная (резидентная) и транзиторная (случайная) микрофлора. Индигенных микроорганизмов разделяют на облигатных (главных) и факультативных, которых меньшинство. К облигатным относят бифидобактерий, бактероидов, пептострептококков, а к факультативным — лактобацилл, кишечных палочек и энтерококков. «Случайными» считаются клебсиеллы, клостридии, протеи, стафилококки, грибы рода *Candida*, многие из которых попадают в разряд так называемых условно патогенных микроорганизмов. У здорового человека их должно быть не более 1% от

общего количества бактерий кишечника.

На этих представлениях основаны руководства и стандарты для практикующих врачей. В частности, в ОСТ 91500.11.0004-2003 определены границы нормальных концентраций бактерий в образцах кала взрослых и детей (табл.1). Нетрудно заметить, что в стандарте предлагается оценивать количества наиболее жизнеспособных и легко культивируемых видов микроорганизмов. Объясняется это просто: только этих микроорганизмов позволяет выявлять бактериологический метод анализа, до сих пор используемый в нашей стране. Его результаты драматически расходятся с данными, получаемыми с помощью современных методов. Уже не секрет, что подавляющее большинство бактерий кишечника относятся к строгим анаэробам (они живут при полном отсутствии кислорода), поэтому образец, содержащий бактериальную

биомассу, должен моментально попадать в особые, анаэробные, условия культивирования, которые непросто создать в лаборатории. Таким образом, обычно определяют лишь те виды бактерий, которые удалось вырастить, сознательно или бессознательно отмечая остальные, трудно культивируемые.

Совсем непонятный критерий диагностики, указанный в стандарте, — «лактобактерии». Если предположить, что этот термин равноценен английскому «lactic acids bacteria» — широкой группе молочнокислых бактерий, куда, по международной номенклатуре, входит 11 родов, в том числе стафилококки и энтерококки, тогда неясно, почему они отмечены отдельно в других графах. Если же к лактобактериям относить только лактобацилл, то почему бы не использовать это общепринятое родовое название? Правда, в таком случае из категории лактобактерий выпадут термофильные стрептококки или лактококки, столь часто используемые при изготовлении молочных продуктов.

При всех несоответствиях и несоответствиях современным данным бактериологический анализ — по-прежнему основной инструмент российских клиницистов, который они ис-

**Таблица 1**

**Стандарт, определяющий количественные показатели микроорганизмов в кале**

Группы микроорганизмов	Возраст, годы		
	<1	1–60	>60
Бифидобактерии	10 <sup>10</sup> –10 <sup>11</sup>	10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup>	10 <sup>8</sup> –10 <sup>9</sup>
Лактобактерии	10 <sup>6</sup> –10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> –10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> –10 <sup>7</sup>
Бактероиды	10 <sup>7</sup> –10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup> –10 <sup>11</sup>
Энтерококки	10 <sup>5</sup> –10 <sup>7</sup>	10 <sup>5</sup> –10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> –10 <sup>7</sup>
Фузобактерии	<10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup> –10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup> –10 <sup>9</sup>
Эубактерии	10 <sup>6</sup> –10 <sup>7</sup>	10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup>
Пептострептококки	<10 <sup>5</sup>	10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>
Клостридии	≤10 <sup>3</sup>	≤10 <sup>5</sup>	≤10 <sup>6</sup>
<i>E.coli</i> типичные	10 <sup>7</sup> –10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> –10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> –10 <sup>8</sup>
<i>E.coli</i> лактозонегативные	<10 <sup>5</sup>	<10 <sup>5</sup>	<10 <sup>5</sup>
<i>E.coli</i> гемолитические	0	0	0
Другие условно патогенные энтеробактерии	<10 <sup>4</sup>	<10 <sup>4</sup>	<10 <sup>4</sup>
Стафилококк золотистый	0	0	0
Стафилококки (сапрофитный, эпидермальный)	≤10 <sup>4</sup>	≤10 <sup>4</sup>	≤10 <sup>4</sup>
Дрожжеподобные грибы рода <i>Candida</i>	≤10 <sup>3</sup>	≤10 <sup>4</sup>	≤10 <sup>4</sup>
Неферментирующие бактерии	≤10 <sup>3</sup>	≤10 <sup>4</sup>	≤10 <sup>4</sup>

пользуют для оценки состояния микробиоты и выявления патологий — дисбактериоза, или дисбиоза, кишечника. Это состояние характеризуется нарушением количественных и качественных показателей микробиоценоза, приводящее к негативным последствиям для здоровья. Диагностику дисбиоза в настоящее время проводят в соответствии с методическими рекомендациями Министерства здравоо-

хранения СССР, разработанными еще в 1986 г. (табл.2). Неудивительно, что критерии определения дисбиоза вызывают много критики и в научной печати, и в Интернете: стандарты, на которые опираются врачи при постановке диагноза, устарели и не отражают в полной мере реального состояния микрофлоры кишечника и ее биоразнообразия. Связано это с ограниченными методическими возмож-

**Таблица 2**

**Критерии бактериологической диагностики дисбактериоза согласно методическим рекомендациям Министерства здравоохранения СССР от 14.04.86. 10-11/31**

Дисбактериоз	Характеристика
I степень (латентная, компенсированная форма)	Незначительные изменения в аэробной части микробиоценоза (увеличение или уменьшение количества кишечной палочки), бифидо- и лактофлора не изменены. Кишечные дисфункции, как правило, не регистрируются
II степень (субкомпенсированная форма)	Незначительное снижение количественного содержания бифидобактерий, количественные и качественные изменения кишечной палочки или других условно патогенных микроорганизмов
III степень	Значительное снижение уровня бифидофлоры (10 <sup>5</sup> –10 <sup>7</sup> КОЕ/г) в сочетании со снижением лактофлоры и резким изменением уровня кишечных палочек. Вслед за снижением бифидофлоры нарушаются соотношения в составе кишечной микрофлоры, создаются условия для проявления патогенных свойств условно патогенных микроорганизмов. Как правило, возникают кишечные дисфункции
IV степень	Отсутствие бифидофлоры, значительное уменьшение лактофлоры и изменение количества кишечной палочки (снижение или увеличение), возрастание как облигатных, так и факультативных и нехарактерных для здорового человека видов условно патогенных микроорганизмов в ассоциациях



ностями бактериологической лаборатории в России.

Мировая наука в настоящее время переживает необычайный всплеск интереса к нормальной микрофлоре человека. Для ее изучения созданы новые технологии, главное преимущество которых в том, что теперь нет необходимости культивировать анализируемые микроорганизмы. В отличие от бактериологического анализа методы молекулярной генетики не зависят ни от среды, ни от условий культивирования, ни от степени жизнеспособности микрофлоры. Идентифицировать вид бактерий теперь можно по специфичным нуклеотидным последовательностям. Более того, появилась возможность определять не только качественный состав и количественное соотношение микробных сообществ, но и функциональные особенности каждого вида. В будущем с диагностическим потенциалом молекулярной генетики, пожалуй, сможет поспорить лишь масс-спектрометрия, однако весьма перспективный и активно развивающийся метод «MALDI-TOF» (Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight) только в начале пути и все возможности этого метода до конца не исследованы [1].

При всем разнообразии молекулярно-генетических методов для дифференцировки штаммов особую ценность представляют два подхода. Первый — анализ уникальной последовательности рибосомной РНК: обычно расшифровывают (секвенируют) ДНК-фрагмент между генами 16S и 23S РНК или просто область, кодирующую 16S, которую затем сопоставляют с последовательностями ДНК, представленными в базе данных «GenBank» на сервере Национального центра биотехнологической информации США. При втором подходе проводится анализ полного генома, основанный либо на микрочиповой гибридизации, либо на субтрактивной гибридиза-

ции, либо на реакции ПЦР в реальном времени, либо на полногеномном секвенировании [2]. Очевидно, что вторая группа исследований дает более детальную и более полную картину — она характеризует микроорганизмы, входящие в состав микробиоты, как качественно, так и количественно, однако и анализа области 16S РНК обычно достаточно для точной видовой идентификации.

К настоящему времени достоверно установлено, что истинный состав микрофлоры кишечника существенно отличается от указанного в стандартах. Больше всего в кишечнике здорового человека микроорганизмов, относящихся к двум крупным сообществам — бактероидов (Bacteroidetes) и фирмикутов (Firmicutes), каждое из которых состоит из множества родов. Бактероиды — группа анаэробных грамотрицательных бактерий трех классов (Bacteroidetes, Flavobacteria и Sphingobacteria), объединяющих множество родов и видов. Фирмикуты — преимущественно грамположительные бактерии двух основных классов (бацилл и клебсиелл). К ним относятся и хорошо знакомые бактериологам стрептококки, стафилококки, лактобациллы, энтерококки, и менее известные, но более многочисленные вейлонеллы, руминококки, зубактерии, пептострептококки (табл.3). Самые же распространенные фирмикуты — клостридии, что вступает в противоречие с показателями ОСТа (см. табл.1).

Любопытно, что общее количество всех бифидобактерий, которые входят в семейство актиномицетов, обычно не превышает 5% от общего количества бактерий толстого кишечника, а лактобацилл — не более 1%. (Правда, надо учитывать, что состав микробиоты индивидуален, а приведенные значения усреднены.) Получается, существующие представления о «главных» и «сопутствующих» видах бактерий кишечника очень далеки от

Таблица 3

Основные подразделения бактерий и архибактерий, обнаруживаемые в кишечнике человека

Бактерии	
Firmicutes	<i>Peptostreptococcus</i> <i>Ruminococcus</i> <i>Clostridium</i> <i>Enterococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Eubacterium</i> <i>Veilonella</i>
Bacteroidetes	Bacteroidetes Flavobacteria Sphingobacteria
Actinobacteria	<i>Bifidobacterium</i>
Proteobacteria	<i>Desulfovibrio</i> <i>Helicobacter</i> <i>Escherichia</i>
Cyanobacteria	
Synergistes	
Verrucomicrobia	
Архибактерии	
Euryarcheota	<i>Methanobrevibacter</i>

реальной ситуации, что привело к искаженному пониманию роли отдельных видов бактерий в работе организма в целом.

Знания о микробном населении человека продолжают накапливаться. Лучше всего изучены бифидобактерии и лактобациллы, а вот о роли в физиологии человека энтерококков и кишечной палочки известно много меньше (как впрочем, и о других видах бактерий, которые, как оказалось, весьма многочисленны в кишечнике человека). Между тем состояние нашего организма всецело зависит от функциональной активности доминирующих в кишечнике видов — бактероидов, фирмикутов и протеобактерий.

### Микробиом взрослых и детей

Задача международного проекта «Микробиом человека» (Human Microbiome Project, HMP\*) — расшифровать геномы микроорганизмов из различных, наиболее

\* <https://commonfund.nih.gov/hmp/>

часто колонизируемых ими областей человеческого тела — желудочно-кишечной и мочеполовой систем, кожи, носовой и ротовой полостей [3]. Хотя работа еще далека от завершения, уже можно сделать основной вывод: микробное население человека значительно разнообразнее, чем предполагалось. В ротовой полости обнаружены бактерии более 500 видов 16 родов (*Streptococcus*, *Actinomyces*, *Veillonella*, *Fusobacterium*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Treponema*, *Neisseria*, *Haemophilus*, *Eubacteria*, *Lactobacillus*, *Capnocytophaga*, *Eikenella*, *Leptotrichia*, *Peptostreptococcus*, *Staphylococcus*). В желудке найдены бактерии шести родов (*Helicobacter*, *Prevotella*, *Lactobacillus*, *Veillonella*, *Streptococcus*, *Clostridium*), в верхних отделах тонкой кишки — трех родов (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Veillonella*) и в нижних отделах — пяти (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacteriaceae*, *Bacteroides*, *Clostridium*). В толстой кишке наиболее распространены анаэробные бактерии, в общей сложности здесь обитает около 1000 видов 18 родов (*Bacteroides*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Fusobacterium*, *Clostridium*, *Peptococcus*, *Peptostreptococcus*, *Ruminococcus*, *Actinomyces*, *Lactobacillus*, *Coprococcus*, *Faecalibacterium*, *Megasphaera*, *Veillonella*, *Collinsella*, *Eggertella*, *Enterobacteriaceae* и *Enterococcus*). Интересно, что по мере перехода от ротовой полости к нижним отделам кишечника происходит смена видового состава бактерий даже в пределах одного рода. Например, в ротовой полости чаще обнаруживают лактобациллу *L.salivarius*, в желудке — *L.gasseri*, а в толстом отделе кишечника — *L.plantarum* (табл.4). Судя по всему, некоторые виды бактерий испытывают привязанность (тропность) к определенным типам эпителиальных тканей хозяина.

По ходу пищеварительного тракта, начиная с желудка, где преобладают фирмикуты и протеобактерии, постепенно меняется не только состав микробио-

**Таблица 4**

**Основные виды лактобацилл в различных отделах желудочно-кишечного тракта и фекалиях человека [5–7].**

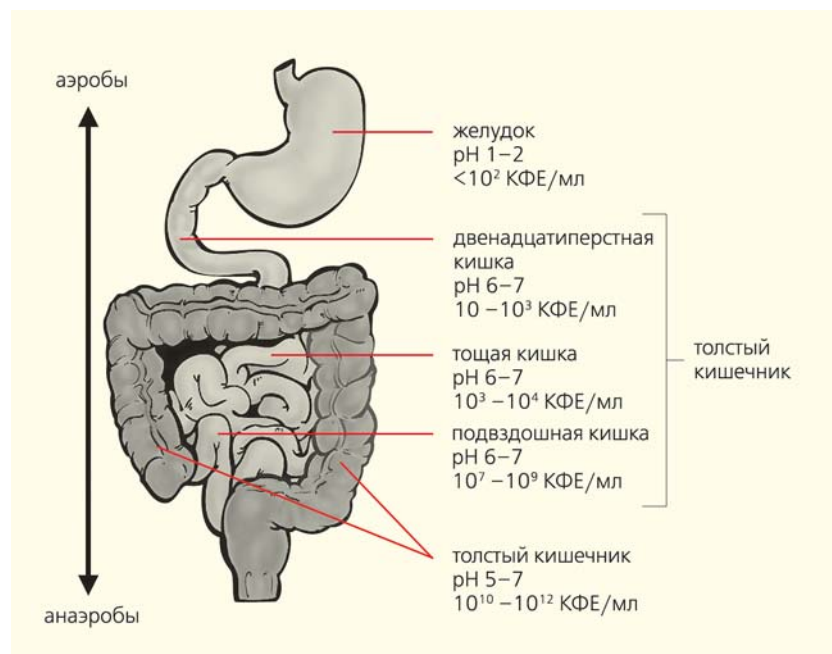
Ротовая полость	Желудок	Кишечник		Фекалии
		тонкий	толстый	
<i>L.paracasei</i>	<i>L.gasseri</i>	<i>L.gasseri</i>	<i>L.gasseri</i>	<i>L.plantarum</i>
<i>L.rhamnosus</i>	<i>L.reuteri</i>	<i>L.reuteri</i>	<i>L.plantarum</i>	<i>L.rhamnosus</i>
<i>L.fermentum</i>	<i>L.ruminis</i>	<i>L.rhamnosus</i>	<i>L.reuteri</i>	<i>L.sakei</i>
<i>L.gasseri</i>			<i>L.ruminis</i>	<i>L.salivarius</i>
<i>L.plantarum</i>			<i>L.rhamnosus</i>	<i>L.reuteri</i>
<i>L.salivarius</i>			<i>L.paracasei</i>	<i>L.paracasei</i>

ты, но и количество микроорганизмов. Снижение кислотности и содержания кислорода в желудочно-кишечном тракте сопровождается возрастанием концентрации бактериальной биомассы [4].

Изучение состава микробиоты, ее изменений и взаимодействия с организмом человека необходимы прежде всего для клинической практики. Относительно недавно в медицинской литературе появился термин «синдром избыточного бактериального роста» (СИБР), который часто противопоставляется дисбиозу кишечника. Под СИБРом понимается патологическое состояние, при котором

в тонкой кишке повышается концентрация бактерий до  $10^5$ – $10^6$  КФЕ/мл. Однако известно, что  $10^8$  КФЕ/мл — нормальная концентрация бактерий в нижних отделах тонкой кишки. Очевидно, что в данном случае количественный (без видовой идентификации бактерий) подход не позволяет адекватно оценить клиническое состояние пациента, особенно если им оказывается новорожденный.

Пищеварительный тракт ребенка при рождении почти стерилен, но год спустя у него должна сформироваться микробиота, как у взрослого человека. Первый значимый контакт с миром микроорганизмов ново-



Распределение микробных видов в различных отделах желудочно-кишечного тракта человека [4].

**Таблица 5**

**Бактерии, обнаруженные в материнском молоке и фекалиях детей, находящихся на искусственном или грудном вскармливании (указан % положительных проб) [14]**

Бактерии	Молоко	Фекалии детей при кормлении	
		грудным молоком	искусственными смесями
<b>Стафилококки</b>			
<i>S.epidermidis</i>	100	86.05	13.33
<i>S.aureus</i>	16.28	16.28	13.33
Другие ( <i>Staphylococcus</i> spp.)	16.28	6.98	6.67
<b>Энтерококки</b>			
<i>E.faecalis</i>	20.93	53.49	100
<i>E.faecium</i>	—	2.33	13.33
Другие ( <i>Enterococcus</i> spp.)	4.65	9.3	26.67
Стрептококки ( <i>Streptococcus</i> spp.)	27.91	13.95	—
Другие грамположительные бактерии	20.93	69.77	33.33
Грамотрицательные бактерии	46.51	97.62	66.67

рожденный испытывает при прохождении по родовым путям: проверено, что в таком случае ребенок получает микрофлору матери [8]. Кроме того, обнаружены отличия в составе, разнообразии и времени формирования постоянной кишечной микрофлоры у детей, появившихся на свет в результате кесарева сечения и родившихся

естественным путем [9—11]. И все же важность того, какими были роды (естественными или искусственными), не очевидна. Например, установлено, что на составе микробиоты сказываются патологии беременности и родов [12]. Предполагают, что недоношенные и родившиеся с родовыми травмами дети, у которых, как выяснилось, снижено

**Таблица 6**

**Динамика выявления бифидобактерий различных видов у детей грудного возраста, % [14]**

Вид бифидобактерий	Возраст ребенка			
	1 мес	2 мес	3 мес	4 мес
Общее количество	27	35	42	43
<i>B.adolescentis</i>	14.3	9.5	9.5	14.3
<i>B.angulatum</i>	0	0	0	9.5
<i>B.bifidum</i>	57.1	66.7	85.7	66.7
<i>B.breve</i>	57.1	57.1	33.3	33.3
<i>B.catenulatum/pseudocatenulatum</i>	4.8	4.8	14.3	14.3
<i>B.dentium</i>	0	0	4.8	0
<i>B.longum-B.infantis</i>	52.4	57.2	47.6	57.1

**Таблица 7**

**Содержание бифидобактерий в фекалиях взрослых и детей грудного возраста, % [14]**

Вид бифидобактерий	Взрослые	Дети
<i>B.adolescentis</i>	45.4	14.3
<i>B.angulatum</i>	0	9
<i>B.bifidum</i>	18.2	66.7
<i>B.breve</i>	0	38.1
<i>B.catenulatum/pseudocatenulatum</i>	36.4	14.3
<i>B.dentium</i>	9.1	4.8
<i>B.longum-B.infantis</i>	18.2	47.6

разнообразие бактерий, более подвержены энтероколитам. Однако прямых доказательств, указывающих на связь этого недуга с дисбактериозом кишечника у таких новорожденных, не получено.

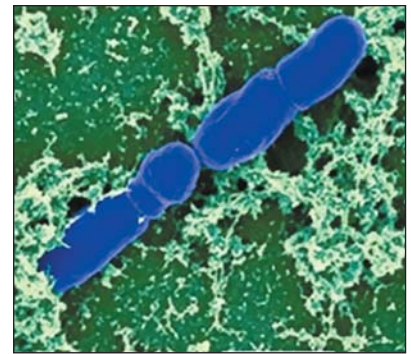
Возможно, более существенное значение для формирования микрофлоры ребенка в начале жизни имеет питание. Грудное молоко, как оказалось, нестерильно, оно содержит значительное количество микроорганизмов (стафилококков, энтерококков, энтеробактерий и др.), которые и попадают в кишечник новорожденных (табл.5) [13]. Однако влияние диеты на состав микробиоты ребенка до сих пор вызывает дискуссии, а полученные результаты порой противоречат друг другу. Одни исследователи утверждают, что при грудном вскармливании в желудочно-кишечном тракте новорожденного довольно быстро начинают доминировать бифидобактерии, а другие их либо вовсе не обнаруживают, либо находят в малых количествах. По данным одних авторов, грудное вскармливание обеспечивает не только превалирование бифидобактерий, но и понижение количества аэробных бактерий, а по данным других исследователей, такой динамики нет.

И все же наиболее убедительны результаты исследований, свидетельствующие, что материнское молоко влияет на развитие детской микрофлоры: с возрастом ребенка в его кишечнике постепенно нарастает количество и меняется видовой состав бифидобактерий (табл.6) [14]. О возрастной динамике других компонентов микробиоты ребенка почти ничего не известно.

При сравнении видового состава бифидобактерий у взрослых и детей выяснилось, что у взрослых доминирует *B.adolescentis*, а у новорожденных преобладают виды *B.longum.spp.infantis* и *B.longum.spp.longum* (табл.7) [14]. Объяснение тому нашлось после секвенирования



Микрофотография бифидобактерии *B. longum.spp.infantis* и участок ее генома, ответственный за гидролиз олигосахаридов грудного молока [15]. Гены гликозидаз (сиалидазы, фукозидазы, N-ацетил-β-гексозаминидазы и β-галактозидазы) отмечены голубым цветом, транспортных белков — зеленым, участок инвертированного повтора — красным.



генома некоторых видов бифидобактерий. Оказалось, что *B. longum.spp.infantis* отличается от других видов бифидобактерий наличием в его геноме участка (кластера) размером в 43 тыс. пар оснований [15]. Четыре из 30 расположенных на нем генов кодируют синтез ферментов (сиалидазы, фукозидазы, N-ацетил-β-гексозаминидазы и β-галактозидазы), которые способны расщеплять олигосахариды молока до моносахаридов [16]. Вероятно, данный кластер с четырьмя дополнительными генами гликозидаз был получен в результате горизонтального переноса из другой микробной системы. Появление дополнительных ферментатив-

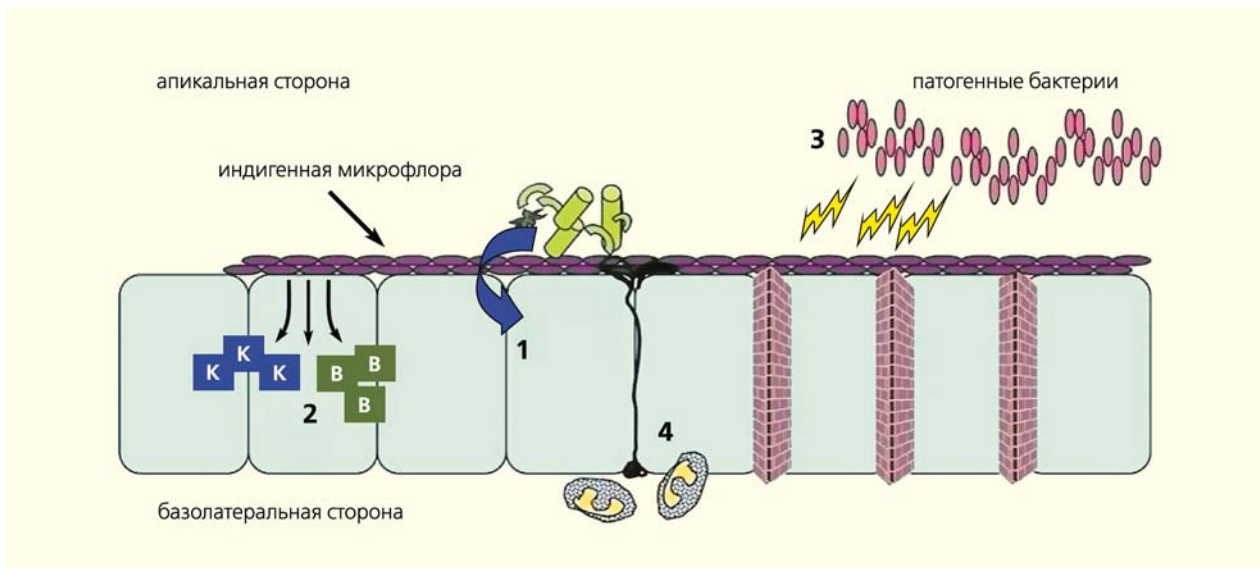
ных свойств у *B. longum.spp.infantis* сделало ее необходимым компонентом микробиома новорожденных, и неудивительно, что эта бактерия доминирует в микробной популяции бифидобактерий.

Этот пример — свидетельство, с одной стороны, сложности проблемы становления микробиоты новорожденных, а с другой — отсутствия достаточной информации о значении даже отдельных ее составляющих. К настоящему моменту мы можем оперировать лишь современным объемом экспериментальных данных, стараясь критически относиться в первую очередь к методам их получения, так как даже молекулярно-

генетический подход, не говоря уж о бактериологическом, не гарантирует от ошибки.

### Микрофлора и человек

Микробиота — неотъемлемая часть жизни и здоровья современного человека, поскольку задействована во многих процессах организма. Однако надо осознавать, что бактериям, живущим вместе с нами, надо питаться и размножаться, а не выполнять какие-то полезные для нас функции. В организме млекопитающих они получают оптимальные условия существования, доступ к широкому спектру питательных веществ и даже,



Основные функции индигенной микрофлоры в организме человека. 1 — переваривание белков, жиров и углеводов пищи и синтез летучих жирных кислот, 2 — синтез витаминов (К и В), 3 — устойчивость к колонизации патогенными бактериями, 4 — стимуляция иммунной системы.

что немаловажно, возможность расселяться. В ходе эволюции происходил постепенный отбор наиболее адекватных и важных для макроорганизма штаммов. Установлено, что микроорганизмы поставляют витамины, влияют на утилизацию различных сахаров, полипептидов, холестерина, минералов, а также на дезинтоксикационную и антиоксидантную функции печени и почек.

При всей сложности и многообразии обменных механизмов, с которыми связана микробиота, следует выделить способность бактерий расщеплять те вещества, которые наш организм гидролизовать не в состоянии, и синтезировать те, которые мы сами продуцировать не можем. Так, бактерии обеспечивают питанием клетки слизистого эпителия толстого кишечника (колоноциты), вырабатывая короткоцепочечные (летучие) жирные кислоты, из которых наиболее важен бутират [17]. Кишечная микрофлора способна также синтезировать весь спектр витаминов, но, что особенно важно, производит незаменимые витамины. К примеру, только бифидобактерии могут синтезировать  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_6$ ,  $V_{12}$ ,  $C$ , никотиновую, фолиевую кислоты и биотин.

Вполне вероятно, что эволюция микробиоты происходила в соответствии с пищевыми потребностями и особенностями диеты человека. Так, у людей из разных регионов обнаружены довольно четкие отличия в микробном составе. Например, у европейских детей доминировали фирмикуты, а разнообразие микробиоты существенно ниже, чем у африканцев, у которых преобладали бактероиды [18]. Поскольку бактероиды способны ферментировать растительные полисахариды с образованием летучих жирных кислот, которые легко усваиваются организмом человека, нетрудно предположить, что дополнительные метаболические возможности стали эволюционно

важным фактором выживания человека в Африке.

Любопытно, что по сравнению с европейскими сверстниками дети из Африки в меньшей степени страдают от ожирения. Их исследовали и выяснили, что с ожирением коррелирует уменьшение биоразнообразия микробиоты. У таких детей преобладают бифидобактерии и снижено содержание бактероидов. Та же зависимость прослежена при изучении микробиоты близнецов с избыточным весом, причем по составу детская микрофлора оказалась сходной с материнской, что наводит на мысль о наличии генетической составляющей, определяющей особенности видового состава индигенных бактерий [19].

Наиболее достоверную информацию о вкладе бактерий в процессы пищеварения предоставляют исследования с безмикробными организмами (гнотобионтами). Оказалось, что такие животные не только отстают в развитии и подвержены опасности погибнуть от любой сравнительно безобидной для обычных животных инфекции. У гнотобионтов не формируются ни нормальная система пищеварения, ни иммунитет, ни даже характерное для конкретного вида животных поведение, да и сама центральная нервная система. Так, у гнотобионтных мышей наблюдается гиперактивность, отсутствует чувство страха, сбивты ритмы день—ночь [20].

Бактерии играют еще и защитную роль, причем как самостоятельно, продуцируя уксусную, пропионовую и молочную кислоты (ингибиторы развития многих патогенных микроорганизмов, способных вызывать кишечные инфекции), так и взаимодействуя с системой иммунитета человека. О неполноценности иммунитета безмикробных животных хорошо известно, как и о том, что они обычно погибают от инфекций, попадая в естественную среду обитания. Установлено, что дети, выросшие в условиях с высоким уровнем

гигиены, значительно чаще страдают аллергическими заболеваниями по сравнению со сверстниками, выросшими в странах, которые высоким уровнем гигиены не могут похвастаться.

Согласно «гигиенической теории», широко обсуждаемой в настоящее время, для нормального становления иммунной системы ребенку необходимо в первые годы жизни контактировать с максимальным количеством микроорганизмов, включая те, которые относят к условно патогенным. В этом могут быть полезны пробиотики, которые способствуют поляризации Т-хелперов, стимулируя про- или противовоспалительные иммунные реакции [21]. Наблюдаемые иммуномодулирующие эффекты пробиотиков, вероятно, отражают тип организации микробиоты, необходимый конкретному организму-хозяину, что обусловлено его генетическими особенностями. Иными словами, иммунитет по мере его становления «обучается» оптимальным образом взаимодействовать с микрофлорой, что позволяет макроорганизму и его микроокружению совместно решать необходимые задачи метаболизма.

Формирование иммунной системы начинается еще на седьмой неделе развития плода, однако при рождении она все еще недоразвита — в первую очередь из-за отсутствия контакта с необходимым количеством микробных антигенов. Система иммунитета (и врожденного, и приобретенного) у ребенка развивается постепенно, что проявляется в изменении соотношения так называемых про- и противовоспалительных Т-лимфоцитов. При нормальном развитии ребенка это происходит параллельно с формированием микробиоты. Своевременное установление баланса Т-лимфоцитов в организме ребенка — залог нормального развития и отсутствия аллергозов в более позднем возрасте.

\* \* \*

В заключение, думаю, не лишним будет повторить, что от того, какой станет микрофлора, насколько разнообразны ее видовой состав и функциональные возможности ее компонентов, зависит развитие ребенка, начи-

мая от скорости прибавки веса и роста и заканчивая особенностями его метаболизма, иммунитета и даже интеллекта. Очевидно, что старые представления о возрастном становлении микрофлоры и полезности или вредности для макроорганизма тех или иных бактерий меняют-

ся и будут претерпевать изменения по мере накопления знаний. Очевидно и то, что в недалеком будущем будут обнаружены новые механизмы участия микрофлоры в функционировании целостного надорганизменного консорциума, имя которому — человек. ■

## Литература

1. *Klaassens E.S., Vos W.M.de, Vaughan E.E.* Metaproteomics approach to study the functionality of the microbiota in the human infant gastrointestinal tract // *Applied and environmental microbiology*. 2007. V.73. №4. P.1388—1392.
2. *Zoetendal E., Vaughan E.E., Vos W.M.de.* A microbial world within us // *Molecular Microbiology*. 2006. V.59. №6. P.1639—1650.
3. *Nelson K.E., Weinstock G.M., Highlander S.K. et al.* A Catalog of Reference Genomes from the Human Microbiome // *Science*. 2010. V.328. №5981. P.994—999.
4. *DiBaise J. K., Zhang H., Crowell M.D. et al.* Gut microbiota and its possible relationship with obesity // *Mayo Clin Proc*. 2008. V.83. №4. P.460—469.
5. *Lunnermark E., Friman V., Lappas G. et al.* Intake of *Lactobacillus plantarum* reduces certain gastrointestinal symptoms during treatment with antibiotics // *J. Clin. Gastroenterol*. 2010. V.44. №2. P.106—112.
6. *Matsuda K., Tsuji H., Asabara T. et al.* Establishment of an analytical system for the human fecal microbiota, based on reverse transcriptionquantitative PCR targeting of multicopy rRNA molecules // *Appl. Environ. Microbiol*. 2009. V.75. №7. P.1961—1969.
7. *Abrne S., Nobaek S., Jeppsson B. et al.* The normal *Lactobacillus* flora of healthy human rectal and oral mucosa // *J. Appl. Microbiol*. 1998. V.85. №1. P.88—94.
8. *Mandar R., Mikelsaar M.* Transmission of mother's microflora to the newborn at birth // *Biol. Neonate*. 1996. V.69. P.30—35.
9. *Penders J., Thijs C., Vink C. et al.* Factors influencing the composition of the intestinal microbiota in early infancy // *Pediatrics*. 2006. V.118. P.511—521.
10. *Neut C., Bezirtzoglou E., Romond C. et al.* Bacterial colonization of the large intestine in newborns delivered by cesarean section // *Zentralbl. Bakteriolog. Mikrobiol. Hyg.* 1987. V.266. P.330—337.
11. *Hallstrom M., Eerola E., Vuento R. et al.* Effects of mode of delivery and necrotising enterocolitis on the intestinal microflora in preterm infants // *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis*. 2004. V.23. P.463—470.
12. *Schwiertz A., Grubl B., Lobnitz M. et al.* Development of the intestinal bacterial composition in hospitalized preterm infants in comparison with breast-fed, full-term infants // *Pediatr. Res*. 2003. V.54. P.393—399.
13. *Jiménez E., Delgado S., Maldonado A. et al.* *Staphylococcus epidermidis*: a differential trait of the fecal microbiota of breast-fed infants // *BMC Microbiol*. 2008. V.10. №8. P.143.
14. *Lüke A., Romond M.B., Mulliü C.* Insights in the human bifidobacterial flora through culture-dependent and independent techniques communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology / Ed. A.Mendez-Vilas. Formatex, 2007. P.758—765.
15. *Sela D.A., Chapman J., Adeuya A. et al.* The genome sequence of *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* reveals adaptations for milk utilization within the infant microbiome // *PNAS*. 2008. V.105. №48. P.18964—18969.
16. *Sela D.A., Mills D.A.* Nursing our microbiota: molecular linkages between bifidobacteria and milk oligosaccharides // *Trends Microbiol*. 2010. V.18. №7. P.298—307.
17. *Mathew A.J., Wann V.C., Abraham D.T. et al.* The effect of butyrate on the healing of colonic anastomoses in rats. // *J. Invest. Surg*. 2010. V.23. №2. P.101—104.
18. *Filippa C., Cavalieria D., Paolab M. et al.* Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from European and rural Africa // *PNAS*. 2010. V.107. №33. P.14691—14696.
19. *Turnbaugh P.J., Hamady M., Yatsunenka T. et al.* A core gut microbiome in obese and lean twins // *Nature*. 2009. V.457. №7228. P.480—484.
20. *Pettersson S.* The indigenous gut microbiota modulates brain development and behaviour // *Proceedings of the Conference on Gut Microecology*. Kosice, 9—11 November 2010. P.30.
21. *Dicks L.M., Botes M.* Probiotics in gastro-intestinal tract: health benefits, safety and mode of action // *Beneficial. Microbes*. 2010. V.1. №1. P.11—29.

# Вечно живая кора

*Вы не можете видеть движение так, как вы видите структуру, т.е. в виде осязаемого со всех сторон трехмерного явления. Это движение надо воссоздать мысленно, воссоздать так, чтобы исторически связать сохранившиеся доказательства процесса и, наконец, подсказать его образом.*

Эмиль Арган

М.Г.Леонов

## Пляшущий мост

В двадцатых числах мая 2010 г. мир облетела сенсационная новость: огромный железобетонный мост через Волгу в городе Волгограде «заплясал» (рис.1). По всей его длине прошли волны с вертикальным размахом колебаний в 1–1.5 м, которые были видны невооруженным глазом. Волна шла от одного конца моста до другого, машины и пешеходов подбрасывало в воздух. Через некоторое время колебания прекратились. Мост пришел в свое естественное состояние, и специалисты приступили к изучению феномена. Каково же было их удивление, когда не удалось обнаружить ни малейших поврежденных конструкций — ни трещин, ни разрывов, ни каких-либо других следов деформации. Чудо, да и только!

При этом все дружно стали говорить об ошибках в проектировании, о нарушении технологий... Но! Если в «теле» моста при столь масштабной общей деформации не возникло никаких нарушений, то, значит, он спроектирован если не безусловно, то по крайней мере технически грамотно. И если, как это сейчас предлагается многими, ввести в конструкцию какие-либо дополнительные элементы, якобы ее укрепляющие, то не нарушится ли единство всего сооружения, не снизится ли его сопротивляемость внешним воздействиям?



**Михаил Георгиевич Леонов**, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией тектоники консолидированной коры Геологического института РАН. В 2005–2009 гг. — директор института. Область научных интересов — структура и тектоническая эволюция земной коры континентов, от ранних этапов ее становления до новейшей тектоники. Неоднократно публиковался в «Природе».

Вопрос нуждается в серьезном анализе, и задача эта для инженеров. Здесь же, не вдаваясь в рассмотрение причин явления, подчеркнем главное: *произошла деформация твердого тела без нарушения внутреннего единства объема, монолитности, или, как принято говорить, без нарушения сплошности.*

А теперь попробуем представить себе земную поверхность, образованную твердыми горными породами, которая вдруг, как морская гладь, пойдет волнами. Кажется невероятным? Однако ничего невероятного в этом нет. Хорошо известны так называемые приливные волны, возникающие в земной коре и мантии под влиянием взаимодействий в системе Земля—Луна. Такие изгибы поверхности фиксируются приборами, но простым глазом не видны — деформация идет очень медленно на огромных пространствах. Амплитуда же волн невелика (30–60 см). А можно ли увидеть короткопериодные волны, пластически деформирующие поверхность земли или объемные монолитные объекты?

Оказалось, что можно, но очень редко. Во всяком случае, мне известны только два подобных примера. Задолго до феномена Волгоградского моста, в 80-х годах прошлого столетия, в горах Тянь-Шаня я наблюдал необычное явление. Выходя после маршрута в одну из речных долин, пересекающих Гиссарский хребет, наш небольшой отряд расположился на доковой (сложной коренными кристаллическими породами) речной террасе. Вдруг раздался глухой рокот, в глубине ущелья посыпались камни, и на мгновение мы потеряли ориентировку в пространстве, а когда все стихло, стало ясно — землетрясение! Мы замерли в ожидании афтершоков, но произошло удивительное: по поверхности террасы прошла волна высотой 20–30 см, совершенно бесшумно, и земная твердь на мгновение превратилась в пластичную субстанцию. Иначе как бы она могла



Рис.1. «Пляшущий» мост (фото с телеэкрана).

образовать волнообразные изгибы? А еще через мгновение поверхность террасы опять стала плоской и абсолютно ровной. И никаких следов деформации! Несколькими годами позже я наткнулся на описание аналогичного события в одной из книг знаменитого французского вулканолога Гаруна Тазиева. На территории США, в подземном бункере сейсмической станции, кинокамера, работавшая в автоматическом режиме, во время землетрясения зафиксировала волнообразное движение поверхности бетонного пола.

Последующее изучение бетона не показало никаких видимых нарушений монолитности. Движения были спровоцированы сейсмическими процессами. Они фиксировали землетрясение, но также не привели к образованию хрупких деформаций — ни трещин, ни разрывов. Как волны в воде не оставляют никаких следов, так и тут — никакого внешнего эффекта. Подобные явления теперь, после случая в Волгограде, можно называть *феноменом пляшущего моста*.

Но какое отношение эти несомненно интересные события имеют к геологии и к той проблеме, которая обозначена в заглавии статьи? Оказалось, самое непосредственное. Сопоставление вышеупомянутых наблюдений заставило задуматься о существовании объемной, или 3D (от англ. Three Dimensional), подвижности массивных и твердых кристаллических пород земной коры. Анализ опубликованных данных показал, что для такого вывода имеются реальные предпосылки, и когда мы стали изучать горные породы стабильных областей Земли (в пределах так называемых континентальных плит), то, вопреки распространенному мнению об их жесткости и хрупкости, оказалось, что их кристаллический фундамент (консолидированная кора) — очень подвижная субстанция [1]. В определенных геодинамических обстановках и некотором агрегатном состоянии вещества она приобретает свойства вязкой жидкости и ведет себя по законам течения жидких тел.

## Что такое консолидированная кора

Земля имеет оболочечно-концентрическое строение. Выделяются земное ядро, мантия, кора, гидросфера и атмосфера. Понятие «земная кора» в 1835 г. ввел шотландский геолог Ч.Ляйель, который определил кору как поверхностные, доступные прямому наблюдению части нашей планеты. Позднее (например, в работах Дж.Дена и А.Гейке) кора рассматривалась как совокупность горных масс, охлажденных в процессе эволюции Земли. Определенность понятие приобрело в 1909 г., когда югославский геофизик А.Мохоровичич в недрах Земли, примерно в 20—60 км от поверхности, обнаружил раздел (впоследствии названный его именем), характеризующийся резким, скачкообразным изменением скорости распространения сейсмических волн. Раздел отделяет породы корового слоя от вещества верхней мантии. С этого момента принято считать, что земная кора включает совокупность осадочных и кристаллических пород, расположенных выше границы Мохоровичича.

В начале прошлого столетия появилось представление о консолидированной коре как о самостоятельной геологической оболочке. Классик геологии Э.Арган назвал породы фундамента «отвердевшими». Другой классик геологической науки, немецкий ученый Г.Штилле, определял консолидированную кору как верхнюю часть литосферы, утратившую способность к пластическим деформациям. В то же время он указал на наличие особого механизма образования структур в ее пределах и назвал его «тектоникой разрыхления». Это, как мы увидим впоследствии, очень важный тезис. Французский геолог Ж.Гогель предложил выделить тектонику чехла и тектонику фундамента, различающиеся формами деформационного процесса.

Сейчас консолидированная кора рассматривается как совокупность горных пород, формирующих оболочку, отличающуюся по составу, строению и физическим свойствам от перекрывающих (плитный чехол) и подстилающих (породы нижней коры и верхней мантии) образований литосферы. Породы верхней коры претерпели складчатость, метаморфизм и гранитизацию, и эти процессы в совокупности привели к консолидации, или, как часто говорят геологи, к кратонизации (от др. греч. *κρatos* — «сила, крепость») горных масс. Зачастую консолидированную кору отождествляют с гранитно-метаморфическим слоем, который слагает фундамент различных геологических провинций в пределах континентов (рис.2). Океаническая кора в состав этого слоя, согласно приведенным понятиям, не входит.

Как видно из перечисленных выше определений, главными свойствами консолидированной коры (верхняя, доступная для наблюдения ее часть названа фундаментом) считаются ее жесткость, хрупкость и неподатливость пластическим деформациям. Континентальная земная кора



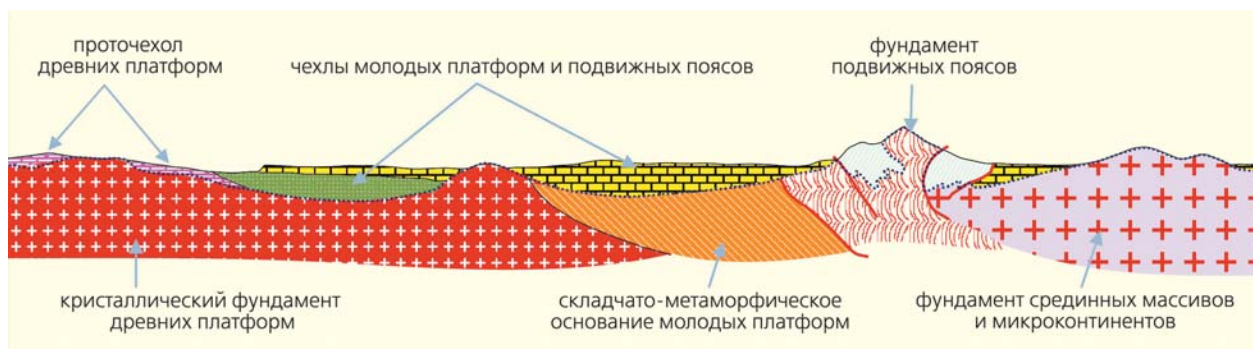


Рис.2. Различные типы фундамента континентов.

(в отличие от океанической, более тонкой и подвижной) всегда считалась оболочкой склеротизированной, способной ломаться или образовывать изгибы большого радиуса кривизны. Ее структура представлялась преимущественно разломно-блоковой, а механические свойства — отвечающими свойствам хрупко-упругого тела. Другими словами, породам консолидированного слоя процесс течения строго противопоказан, что и подчеркивалось приведенными выше высказываниями Лайеля, Штилле, Гогеля.

Впрочем, деформации, свидетельствующие о течении горных пород, геологам давно и хорошо известны. Но они обычно проявлялись в породах глубоких, разогретых зон Земли и, следовательно, расплавленных или термально пластифицированных (рис.3). Здесь же речь пойдет о деформациях, произошедших в «холодной», верхней части корового слоя и на «холодной» стадии эволюции, при температурах, не превышающих 100—200°C. В таких условиях горные породы не могут быть пластифицированы термически в сколько-нибудь заметной степени.

Почему же важно изучать именно земную кору, особенно кору континентов? Прежде всего

потому, что мы на ней живем, потому, что в ее строении и составе законсервированы процессы, некогда происходившие в глубинах нашей планеты, в более глубоких слоях и оболочках, недоступных в настоящее время для прямого наблюдения. Внутрь Земли мы особенно углубиться не можем. Самая глубокая скважина, пробуренная на Кольском п-ове, чуть более 12 км. Никто и никогда кору целиком не проходил и в мантию не заглядывал.

О глубинных оболочках Земли (мантии и ядра) существуют определенные представления, основанные на изучении магматического материала, вынесенного во время вулканических извержений, на данных дистанционных методов (сейсмической томографии и др.), на интерпретации результатов физического и расчетного моделирования. А верхнекоровый слой можно изучать непосредственно геологическими методами. Кроме того, в земной коре сосредоточены основные полезные ископаемые, так же, как в яблочной кожуре сосредоточены витамины. Если продолжать аналогию, можно сказать, что наша планета вообще похожа на яблоко. Внутри все сочное, мягкое, а сверху подсыхая кожа.



Рис.3. Складки течения. Слева — в гнейсах Центрального Французского массива; справа — в мигматитах Шаражилгайского массива (Прибайкалье).

## Объемная подвижность и течение кристаллических пород

Одним из первых о масштабном пластическом течении горных масс консолидированного слоя заговорил уже упоминавшийся швейцарский ученый Арган. В 1922 г. на 13-м Международном геологическом конгрессе он изложил концепцию тектонического течения гигантских объемов земной коры на Азиатском континенте и нарисовал его траектории [2]. Доклад вызвал огромный интерес, но со временем поднятая Арганом проблема как-то позабылась. Снова интерес к ней возник в 60—70-х годах прошлого столетия. Появилась череда публикаций, касающихся пластической деформации кристаллических пород. У нас в стране на это явление, по-видимому, впервые обратил внимание Г.Д.Ажгирей, который показал, что поверхность гранитных массивов центрального ядра Большого Кавказа смята в складки, т.е. деформирована пластически [3]. Среди геологов возникла бурная дискуссия, может или не может такое быть? Чтобы в складки сминались массивы жестких кристаллических пород? Мнения разделились — от восхищения сделанным открытием до полного его неприятия. Примерно в то же время английский ученый, профессор Натальского университета (ЮАР) Л.Ч.Кинг объяснил формирование современного рельефа материков за счет объемного течения кристаллического фундамента, или реидной (от греч. реос — «течение, поток») деформации [4]. Было много и других работ на эту тему, но всплеск интереса вновь оказался недолговечным, и отдельные (хотя и очень интересные) наблюдения не вышли на уровень общей парадигмы и остались как бы «за кадром» общего внимания.

В 70—80-х годах прошлого столетия разработку методических проблем пластического течения горных масс в нашей стране возглавил сотрудник Геологического института РАН (ГИН) А.В.Лукьянов, который обобщил сделанные им натурные наблюдения и данные физических экспериментов [5]. Он возглавлял Секцию структурной и экспериментальной геологии Межведомственного тектонического комитета, в работе которой участвовали многие известные российские ученые — специалисты в области тектоники, структурной геологии и моделирования.

В начале 90-х годов в ГИН РАН была создана специализированная лаборатория. В ее задачу входило изучение тектоники консолидированной коры в различных регионах Евразии: в Карелии и на Тянь-Шане, в Забайкалье и Монголии. Был обобщен и мировой опыт исследований. В течение теперь уже двух десятилетий получен богатый фактический материал, который непреложно свидетельствует: кристаллические горные породы могут вести себя как вязкая жидкость и могут течь в холодном твердом состоянии. Течение зачастую захватывает гигантские объемы горных масс са-

мого различного возраста, и при этом формируются специфические структурно-тектонические ансамбли. Благодаря им мы можем реконструировать процесс тектонического течения.

Появление таких данных вызвало удивление и споры, несмотря на наличие убедительных аргументов, не прекращающиеся до сих пор. Большую роль в этом играет вполне естественная (иногда даже полезная) косность человеческого мышления: «Я не видел — значит, этого нет. Где-нибудь, может, и есть, но только не у нас...». Был такой случай. Я делал доклад о тектонике консолидированной коры в одном из институтов. Говорил о течении кристаллических пород, о формировании соответствующих структур в земной коре, приводил примеры из разных регионов Земли, в том числе и по региону, который изучался геологами данного института.

Один из выступающих в прениях высказал сомнение в достаточной обоснованности моих выводов. Я решил сослаться на мнение авторитетов и сказал:

— Но Л.Кинг на ряде континентов — в Южной Африке, Австралии и в других регионах — установил подобное явление.

— В Австралии?.. Почему бы и нет..

— И на Кавказе Г.Д.Ажгирей описал соответствующие структуры..

— На Кавказе... возможно..

— И мы установили в вашем регионе..

— Нет, нет! Здесь такое явление, безусловно, отсутствует..

Значительная часть жизни континентов со сформированной консолидированной корой (молодых и древних платформ, срединных массивов) приходится на стадии формирования чехла (плитную) и постчехольную (время спокойного тектонического режима). Поведение кристаллического фундамента в периоды формирования чехла и внутриплатформенного тектогенеза долгое время оставалось недостаточно изученным, так же как и механизмы структурно-вещественной переработки пород, обеспечивающие внутреннюю подвижность фундамента на условно жесткой стадии их существования. Тем не менее имеются факты, показывающие, что фундамент платформ не абсолютно жесткий. И на платформенном этапе он обладает значительной подвижностью, а породы основания в процессе активизации испытывают структурные и структурно-вещественные преобразования. Но как это можно доказать?

Один из признаков, позволяющий нам говорить о том, что порода становится пластичной, — изгибание поверхности пенеплена (от лат. раене — «почти» и англ. plain — «равнина»), слегка волнистой денудационной равнины, срезающей дислоцированные породы различного состава и генезиса под один общий уровень. В результате деформации пенеплен изгибается, образуя иногда очень сложные складчатые формы (рис.4, 5).

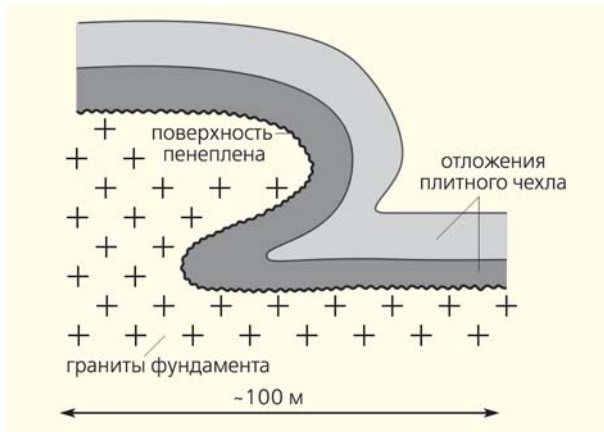


Рис.4. Изгиб поверхности пенеплена и перекрывающих слоев в Скалистых горах [6].

Исходя из определения пластической деформации (изменение объема или формы без разрыва сплошности), для того чтобы породы фундамента изменили форму залегания и чтобы их верхняя, первоначально субгоризонтальная, поверхность изогнулась (образовала складку или купол), или возникли иные формы, отражающие объем-

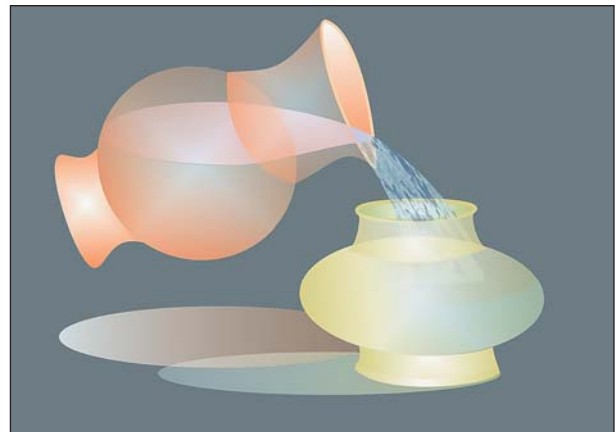


Рис.6. Чтобы изменить форму тела, надо придать ему объемную подвижность.

ную подвижность пород консолидированной коры, должно произойти внутреннее перераспределение вещества, связанное с перемещением в пространстве отдельных его составляющих — деформируемых пород на макро- мезо- или микроуровне. Или сами эти составляющие должны изменить форму. Но, как бы то ни было, для того чтобы «перелить» некое вещество из одного сосуда в другой, ему необходимо придать объемную подвижность (рис.6).

Каковы же механизмы деформации, обеспечивающие объемную (3D) подвижность горных масс? В настоящее время можно уверенно говорить по крайней мере о шести способах структурно-вещественной переработки горных пород (рис.5). Примечательно, что все эти механизмы приводят к *грануляции* вещества, т.е. к состоянию, когда оно перестает быть монолитным и превращается в скопление отдельных кусков, обломков, зерен, связи между которыми ослаблены и становятся меньше, чем связь внутри гранул.

Гранулированные среды могут вести себя как твердые или как жидкие тела, или даже как газобразные. Они обладают отличными от нефрагментированных объектов электро- и теплопроводностью, характером прохождения сейсмических волн, особенностями передачи напряжений и др. Изучением поведения подобных субстанций занимаются специальные направления науки — механика гранулированных сред и мезомеханика. Не вдаваясь в детали, отмечу, что для рассматриваемой здесь темы важны прежде всего две вещи. Во-первых, фрагментированные вещества могут приобретать свойство сверхтекучести. Во-вторых, переход пород в гранулированное состояние в условиях деформации сдвига приводит к увеличению объема материала (дилатансии\*), что также способствует перемещению вещества и созданию новых структурных форм.

\* Явление дилатансии открыто в 1885 г. ирландским инженером-физиком О.Рейнольдсом.

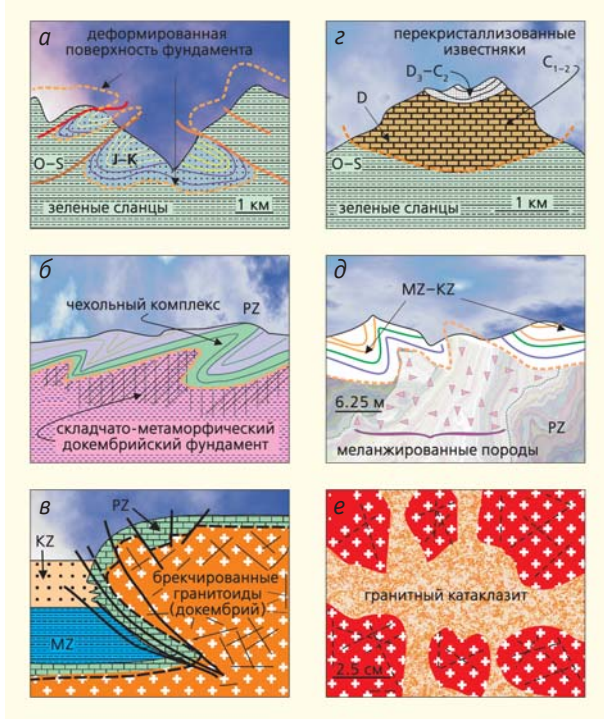


Рис.5. Деформация поверхности пенеплена и механизмы структурно-вещественной переработки горных пород, обеспечивающие их грануляцию и объемную подвижность. а — пластическая деформация; б — хрупкая микросколовая деформация; в — хрупкая макросколовая (блоковая) деформация; г — динамическая рекристаллизация; д — меланжирование; е — брекчирование и катаклаз.

Процессы течения, которые проявлялись в геологическом прошлом или идут в настоящее время, непосредственно наблюдать мы не можем. Они чрезвычайно медленны. Но признаки, по которым можно установить тектонические современные или палеопотоки, существуют. Во-первых, это изгибы поверхности пенепленов. Во-вторых — наличие определенных маркеров, указывающих на относительное перемещение элементарных частиц тела. Обнаружение таких маркеров, к сожалению, задача очень непростая.

Рассмотрим пример. Пересыпем сахарный песок из одной емкости в другую. Песок ведет себя как жидкость — он течет. Но мы не видим следов течения, так же, как не видим их и в первой емкости. А ведь песок туда тоже кто-то насыпал. Однако когда осуществляется течение, в веществе происходит сепарация по составу, крупности зерна и др. Примеси «отжимаются» и локализируются в виде полос, линз и скоплений различной формы. Порода может обесцветиться за счет выноса ряда компонентов либо, напротив, приобрести окраску (например, красноватую за счет выделения окислов железа). По относительному расположению частиц можно реконструировать процесс тектонического течения горных пород (рис.7).

Интересно отметить, что течение и в древних кварцито-песчаниках возрастом около 1.7 млрд лет, и в молодых толщах ледниковой морены возрастом 10—12 тыс. лет осуществлялось по сходному сценарию, так как и те и другие принадлежат к категории гранулированных сред.

Но существуют и иные признаки некогда проявившегося или проявляющегося в настоящее время течения горных масс — например, деформация отдельных составляющих породы (галек, обломков, остатков ископаемой фауны, прослоев и др.), а также специфические структурные формы и формы рельефа (рис.8). Эти структуры изучались в толщах пород различного возраста — от 1.5—2 млрд лет до практически современных; от древних метаморфических комплексов Балтийского щита до отложений четвертичного оледенения в Центральном Поволжье (рис.9).

Один из впечатляющих примеров тектонического течения — постледниковая (моложе 10 тыс. лет) деформация сложенных древними докембрийскими породами бараньих лбов — заглаженных округлых выступов рельефа, которые сформировались под действием ледового покрова (рис.10). Узкая (1—7 км) и протяженная (до 200 км) одна из зон Балтийского щита зажата между двумя крупными блоками (Карельским на юге и Беломорским на севере) и характеризуется чрезвычайно напряженными деформациями пластического течения. Бараньи лбы образованы крепкими кристаллическими породами, одновременно представляющими собой и тектонические будины (части разорванных пластов). Они имеют каплевидную форму с длинной осью, вытянутой по направле-

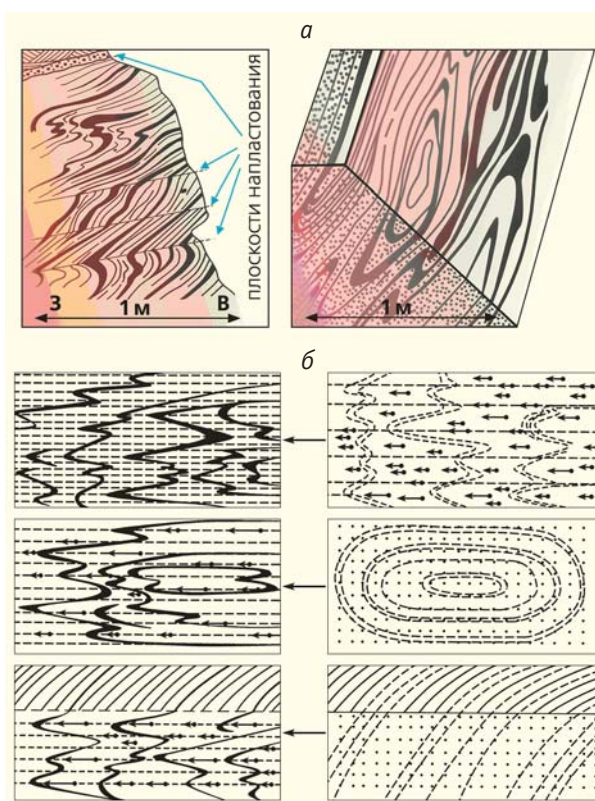


Рис.7. Выделения гематита в кварцито-песчаниках прото-платформенного чехла Карельского массива (возраст ~1700 млн лет), фиксирующие перемещение частиц породы в пространстве, и образование колчановидных «складок» (а) и различные варианты фиксации тектонического течения (сверху вниз): изгибание плоскостей кливажа, деформация колец Лизиганга, фиксация субслоистого течения (б).

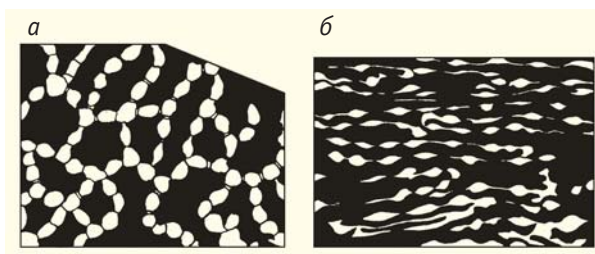


Рис.8. Пластическое растекание колонии кораллитов: а — недеформированный объем; б — деформированный объем. Рисунок по фото В.Л.Лелешуса.

нию зоны, и разорваны системой разломов и трещин. Поперечные рвы — миниграбены — еще не успели заполниться обломочным материалом.

Все наблюдения указывают на то, что деформации фиксируют общее пластическое течение. Оно проявляется в результате растягивающих усилий, направленных вдоль зоны, и имеющих очень молодой возраст. Изучение структуры и форм рельефа также указывает на практически

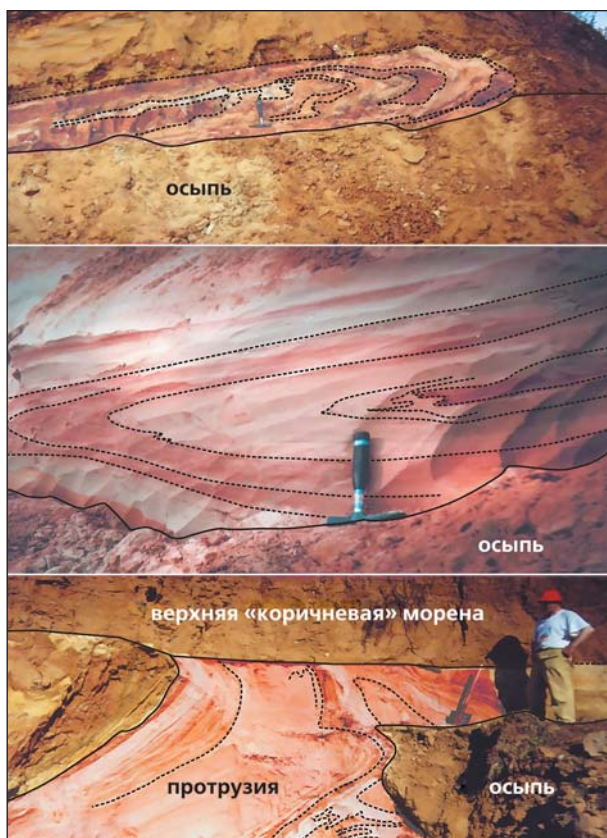


Рис.9. Деформации тектонического течения в моренном комплексе Центрального Поволжья.

современные движения земной коры региона. Небольшие грабены, пересекающие гигантские будины горных пород в зоне пластического сдвигового течения, наблюдались и на Тянь-Шане (рис.11).

Получается, что породы древнего фундамента и ледниковые отложения ведут себя одинаково? В известной степени да, если речь идет о гранулированной структуре.

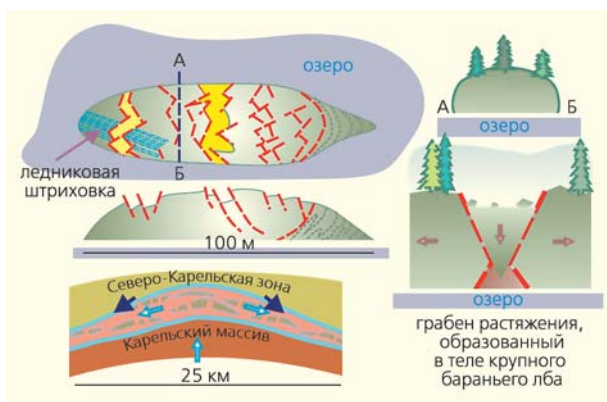


Рис.10. Деформация бараньих лбов — признак постледникового продольного тектонического течения докембрийских масс в северной Карелии.

## Структуры протыкания и тектонические потоки

Если породы кристаллического фундамента, как было показано, обладают объемной подвижностью, то, очевидно, эта подвижность должна отражаться в специфических структурных формах, доступных для изучения. И действительно, такие природные тектонические ансамбли существуют. Они представляют собой геологические тела, во внутреннем строении которых и в их взаимоотношениях с окружающими породами сохранены признаки их связанного перемещения в пространстве в виде вертикальных (диapiroв, вертикальных протрузий) и субгоризонтальных (горизонтальных протрузий) тектонических потоков, как бы «вмороженных» в земную кору.

**Диapiroны.** Термины «диapiro» и «диapiroизм» (от греческого *diapirein* — «протыкать») ввел румынский геолог Л.Мразек в 1926 г. для обозначения соляных штоков, которые развиваются в сводах антиклиналей и протыкают перекрывающие соль осадочные отложения. Но диapiroвая тектоника свойственна и более глубоким горизонтам земной коры и тектоносферы в целом. Диapiroизм — яркий и показательный пример пластичности и подвижности огромных объемов вещества на различных глубинах тектоносферы. С ним связаны процессы тектогенеза различного масштаба — от формирования гигантских геотуморов (вздутий — результата изменения объемов и перемещений масс в верхней мантии вблизи поверхности Мохоровичича) до образования частных региональных структур. На основании геофизических данных построены модели астеносферного, мантийного и корового диapiroизма и представлено физическое и численное обоснование реальной возможности этого процесса в тектоносфере Земли (рис.12). Диapiroизм служит отражением плотностной инверсии, при ко-

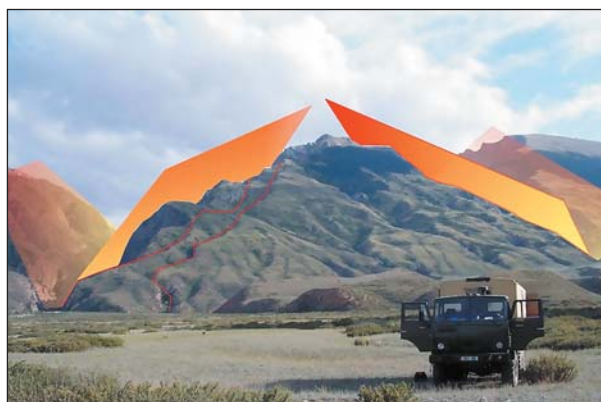


Рис.11. Современные грабены, возникшие при растяжении мегабудин PZ фундамента (хр. Байбичетоо, Тянь-Шань). Линии — разрывы, ограничивающие бортовые уступы.

торой относительно легкие породы «всплывают» к поверхности земли. В нем зафиксирована реальная объемная подвижность горных масс.

Тем не менее многие тела протыкания не являются диапировыми структурами в прямом смысле этого понятия, так как не связаны напрямую с плотностной инверсией. В частности, много написано о гранитных диапирах. Разновидностей гранитов великое множество. Они очень широко распространены в континентальной земной коре, особенно так называемые «нормальные» граниты, состоящие в примерно равных пропорциях из зерен кварца ( $\approx 30\%$ ), полевого шпата ( $\approx 30\%$ ) и слюды ( $\approx 30\%$ ) с незначительной примесью других минералов, не играющих заметной роли в формировании физических свойств породы. Считается, что подобные гранитные купола образуются в результате внедрения в земную кору расплавленных гранитных масс или по мере их всплывания за счет разницы в плотности гранита и окружающих пород, т.е. в результате плотностной инверсии. Это классическое представление о формировании гранитных массивов. Оно верно в том случае, когда внедрение осуществляется в горячем состоянии и образуется гранитная интрузия или когда происходит общий прогрев недр и возникают термальные гранитно-метаморфические купола. Но нас интересует поведение гранитных тел уже после их остывания и общей консолидации, их движение в холодном состоянии, уже после того как породы подвергнутся размыву и пенепленезации.

**Вертикальные протрузии.** Всплывание и протыкание вышележащих толщ раскристаллизованными монокристаллическими гранитами за счет разности плотностей представляется маловероятным, так как плотностная инверсия не может привести к эксгумации гранитов и их внедрению «en bloc» в перекрывающие слои из-за сил трения, возникающих на границе массива и контактирующих с ними пород. Необходимы какие-то дополнительные факторы, обеспечивающие объемную подвижность пород. Такой фактор, прежде всего, — тектоническая переработка, придающая гранитам облик гранулированной среды и, как следствие, — тектоническое течение.

Классический гранит — символ монолитности, прочности и незыблемости — самой природой предрасположен к потере связности и к переходу в типично гранулированное состояние даже при очень незначительных напряжениях. Граниты гранулированы изначально, что отражено и в самом названии породы (от лат. granum — «зерно»). Сцепление еще более ослабевает при остывании и термической усадке. Растрескивание, брекчирование начинается на глубине в несколько километров. Граниты превращаются в рассыпчатую (гранулированную) породу — какериты, брекчии, катаклазиты. Они могут быть дезинтегрированы до песка или алевролита. И эта новая по своим физическим свойствам порода под влиянием внешних

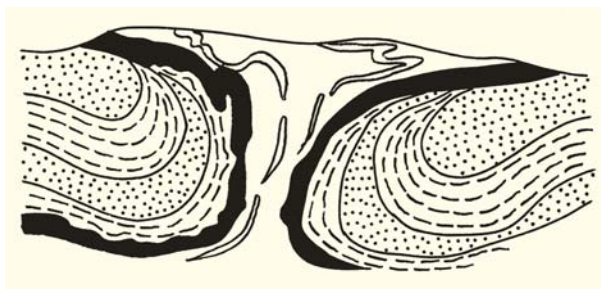


Рис.12. Модель структуры протыкания (диапира) в условиях плотностной инверсии и градиента силы тяжести (по Х.Рамбергу).

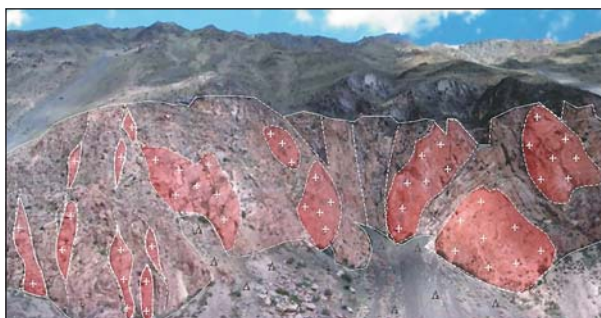


Рис.13. Куполообразная структура (протрузия), образованная раздробленными и катаклазированными гранитами. В массе катаклазитов «плавают» отдельные фрагменты менее раздробленных пород. Тянь-Шань.

тектонических сил и (или) реализации внутренней (латентной — по В.С.Понамареву [7]) энергии начинает перемещаться (течь) в пространстве и изменять свою первоначальную форму (рис.13). Парадокс? Гранит и вдруг течет. Но это так, и здесь проявляется так называемое катакластическое течение, т.е. дифференциальное перемещение частиц (гранул) вещества относительно друг друга — и в то же время совокупное перемещение всей массы гранитов как единого целого. Из-за потери гранитами внутренней связности и превращения в гранулированную среду их вязкость уменьшается. Они формируют сложные структуры, протыкая фундамент и перекрывающий его осадочный чехол, выходят на поверхность и создают горный рельеф. Наиболее приподнятые участки рельефа сложены самыми податливыми к выветриванию породами — раздробленными и катаклазированными, — которые прорывают более молодые отложения. Образуются так называемые геоморфологические аномалии (рис.14, 15). Такие морфоструктуры (тектонические структуры, имеющие морфологическое выражение) отмечены на Тянь-Шане, в Казахстане, Читинской обл., Забайкалье. Они известны в Скалистых горах Северной Америки и других регионах.

Учитывая все эти закономерности, логичнее предположить, что применительно к подобным



Рис.14. Гранитная протрузия, сложенная палеозойскими катаклазированными гранитами (показано красным) и прорывающая мезозойский осадочный чехол (показано зеленым) Несмотря на полную дезинтеграцию пород, граниты образуют наиболее высокие участки рельефа — геоморфологическую аномалию. Гобийский Алтай.

тектоническим структурам главенствующую роль играет механизм вязкостной инверсии. В частности, Е.И.Паталаха писал, что система «деформируемая среда горных пород — включенное в нее менее вязкое тело не является равновесной. В более текучем (менее вязком) теле возникают избыточные напряжения, действие которых направлено на прорыв среды. В результате вязкостной инверсии более текучие тела выжимаются по направлению к областям с меньшим литостатическим давлением, т.е., в конечном итоге, по направлению к поверхности» [8].

Механизм вязкостной инверсии более универсален, чем механизм плотностной инверсии, так как позволяет объяснить внедрение в высокие горизонты земной коры не только легких, но и тяжелых горных масс типа гипербазитов. Такие тела протыкания в геологической литературе называют протрузиями. Этот термин предложил Ч.Лайель в 1871 г. для обозначения первично интрузивных пород, которые затем (уже в твердом состоянии) были выдвинуты (выжаты) в вышележащие слои в результате «многочисленных шоков земной коры» [9].

Возникновение холодных кристаллических протрузий фундамента обусловлено прежде всего неоднородностью вязкостных свойств различных слоев земной коры, т.е. ее тектонической и вещественной расслоенностью. Происходит также и крупномасштабное латеральное перераспределение вещества, отток его из зон повышенной компрессии и нагнетания в зоны геодинамических убежищ. Реальность таких процессов подтверждена многочисленными тектонофизическими экспериментами и расчетными моделями (работы П.М.Бондаренко, А.В.Лукьянова, И.В.Луцицкого, Ю.В.Миллера, Ю.А.Морозова, Х.Рамберга, А.Ф.Ревуженко и др.). Однако систематическое описание структурных механизмов, объясняющих объемное течение холодных кристаллических масс и формирование гранитных протрузий, — в значительной степени достижение лаборатории тектоники консолидированной коры ГИН РАН.

**Горизонтальные протрузии и плито-потоки.** В последние годы появились данные не только

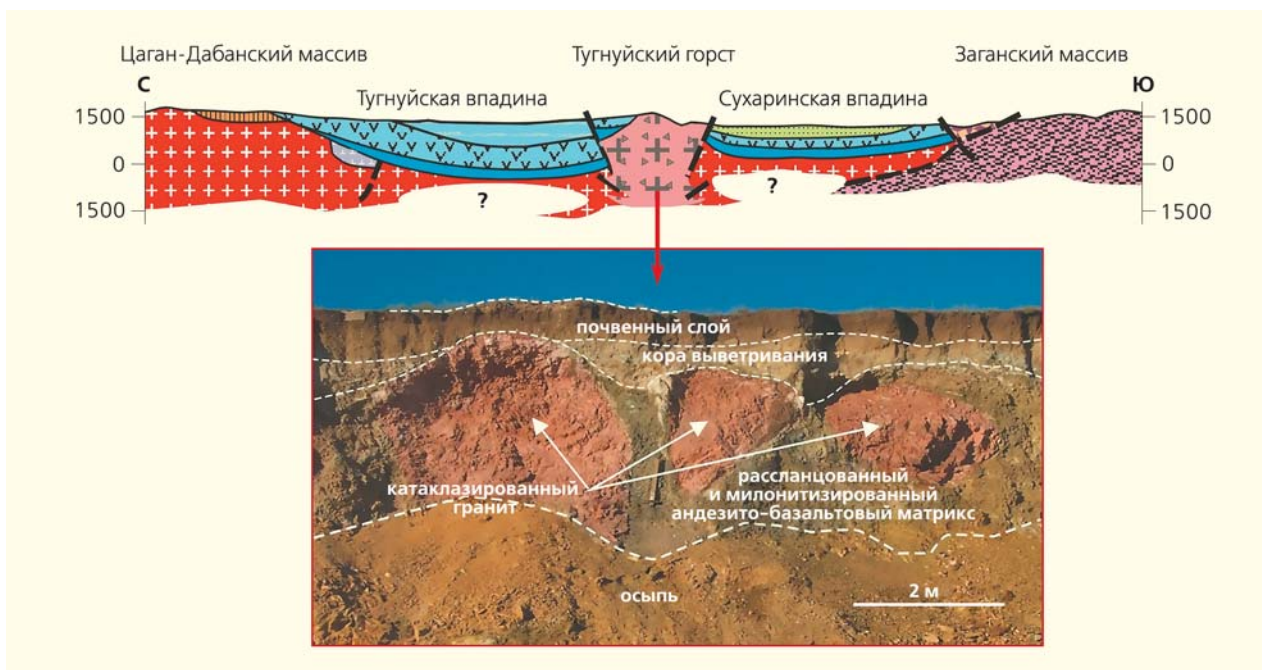


Рис.15. Тугуйский «горст» — гранитная протрузия, протыкающая молодые платформенные отложения. Западное Забайкалье.

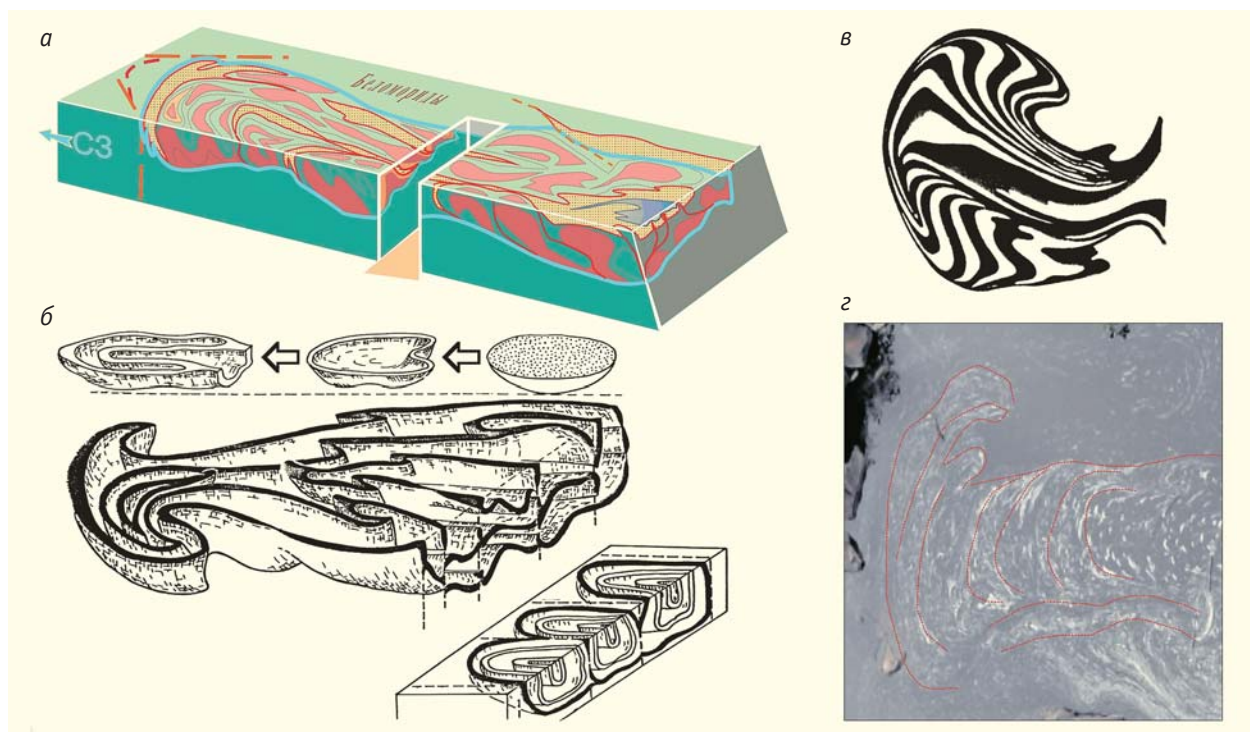


Рис.16. Плито-поток Карельского массива. *а* — структурно-геологическая модель; *б* — схематическая объемная интерпретация строения (в центре); один из механизмов образования структуры «матрешка» (вверху) и структуры «близнецы» (внизу); *в* — модель протрузии, полученная на центрифуге (по: Jackson, Talbot, 1989); *г* — природная модель (медленный водяной поток с пеной).

о вертикальном течении горных масс, но и о латеральных тектонических потоках.

Горизонтальные тектонические потоки, «вмороженные» в структуру коры, отражены в трещинно-разломной тектонике чехольных комплексов (работы М.Л.Коппа), но наши исследования позволили на новом фактическом материале обосновать существование субгоризонтальных потоков и в кристаллическом цоколе структур, формирующихся на континентальной и океанической коре.

Латеральное течение захватывает как ограниченные массы горных пород с образованием небольших горизонтальных протрузий, так и гигантские объемы, формирующие тектонические структуры регионального значения. Таковы, например, латеральные тектонические потоки Анатолии, Карельского массива (рис.16), пояса Лимпопо (рис.17), дуги Скоша и др.

Карельский массив (Балтийский щит) — крупный (500×1000 км) тектонический элемент, фундамент которого сложен архейскими гранитогнейсами и гранит-зеленокаменными породами, а прото-платформенный чехол — нижнепротерозойскими вулканогенно-осадочными отложениями. Структура массива резко отлична от соседних блоков (Беломорского и Свекофеннского) и представляет собой сложно построенные и вложенные друг в друга структурные дуги. Набор структурных ансамблей — зоны нагнетания по фронту, продольные

сдвиговые зоны, области оттока и диффузного сдвига — свидетельствует о перманентном (от раннего протерозоя до наших дней) латеральном объемном течении, которое проявляется на протяжении почти 2 млрд лет. Движение осуществляется на уровне верхне- и нижнекорового слоев. По косвенным данным можно предположить участие в горизонтальном течении и астеносферной мантии. И надо же было случиться, что именно в Карелии, на р.Суне, я увидел природную «действующую модель» процесса объемного течения, которая практически полностью соответствовала реконструкции древнего Карельского плито-потока (рис.16).

Пояс Лимпопо (Южная Африка) представляет собой структуру (130×450 км), разделяющую Зимбабвийский и Каапваальский кратоны (рис.17). Он сложен высокометаморфизованными породами архея, перекрытыми протерозойским прото-платформенным чехлом. Структура массива, характер его ограничений, особенности метаморфизма показывают, что это гигантский плито-поток, внедрившийся между двумя кратонизированными массивами. Формирование его структурного плана растянуто более чем на 200 млн лет. Движение осуществляется в пределах всей коры и, по видимому, подкоровой астеносферы.

Горизонтальным плито-потокам свойственны общая корытообразная чешуйчато-покровная структура и подковообразный изгиб структурных



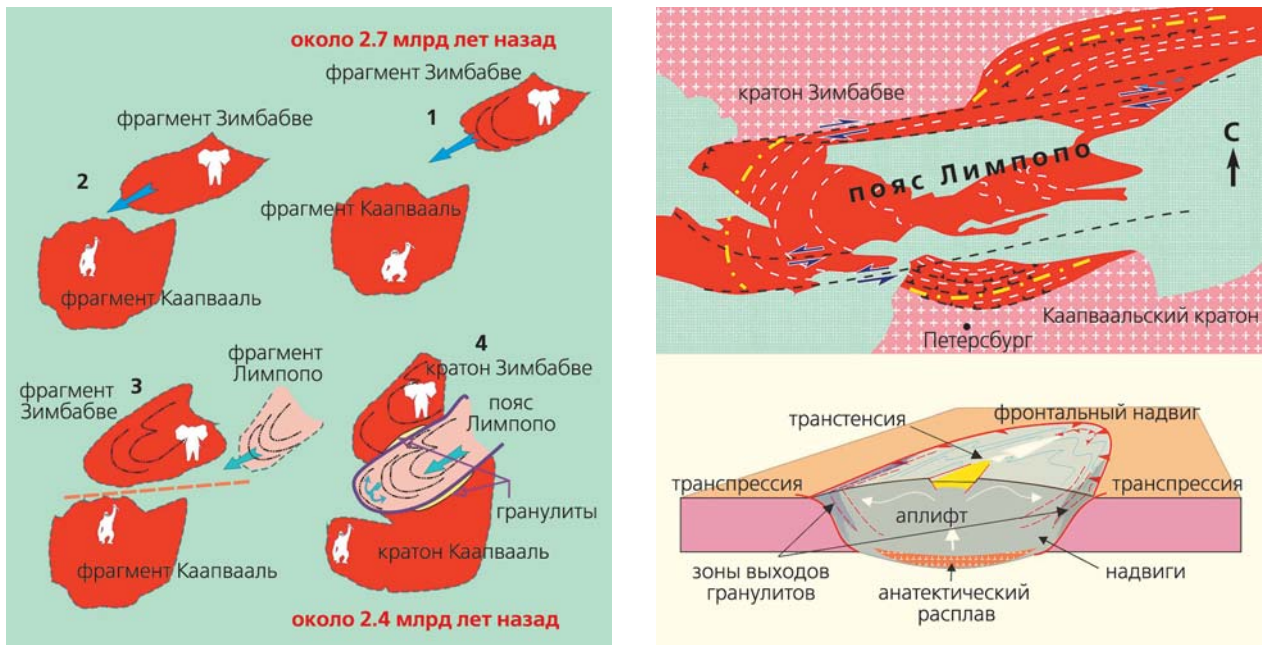


Рис.17. Плито-поток Лимпопо. Слева — основные этапы становления плито-потока (по: Mc Court, Wilson, 1992); справа — элементы строения: структура «матрешки» (по: Van Reenen et al., 1987).

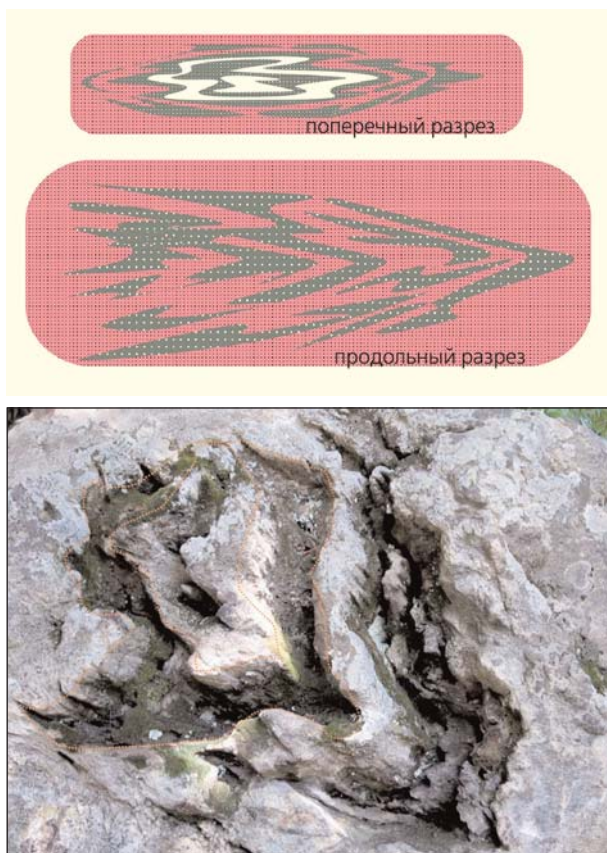


Рис.18. Колчановидная складка в кристаллических породах Карельского массива (внизу) и колчановидная псевдоскладка, сформированная за счет дифференциального перемещения частиц гранулированной среды (вверху).

линий в плане, а также развитые так называемые колчановидные складки (рис.18). Их присутствие особенно показательно, так как они сами по себе отражают объемное течение горных пород. Протрузии же или имеют общую конфигурацию и внутренний рисунок колчановидной складки, или состоят из серии таких складок, образуя структуру «близнецов», тем самым подтверждая течение горных пород и в масштабе всего плито-потока.

Таким образом, можно со всей очевидностью утверждать: горизонтальные протрузии и плито-потоки своим существованием отражают реальную (зафиксированную в структуре земной коры) внутреннюю подвижность огромных объемов горных пород и реальную возможность их латерального перераспределения на разных глубинных уровнях корового слоя континентов.

### А зачем все это нужно?

Ну, во-первых, это просто интересно! Знание никогда не бывает лишним, особенно если оно связано с вашим домом, а ведь Земля — наш дом... Разве не любопытно узнать, что земная твердь под ногами вовсе не такая уж и твердь, что она подвижна и даже может течь, как вязкая жидкость? К тому же земная кора континентальных платформ и плит, вопреки распространенному мнению, вовсе не склеротизированная, давно застывшая субстанция, а продолжает жить своей активной и своеобразной внутренней жизнью.

Незаметно для человеческого глаза в глубинах коры и на ее поверхности возникают новые

структуры и формы рельефа, меняются внешний облик и внутреннее содержание самой коры. И если раньше вся современная тектоническая активность сводилась к проявлению вулканизма и сейсмичности, свойственным главным образом мобильным зонам Земли, то теперь становится понятным, что и стабильные участки нашей планеты с, казалось бы, незбылемым гранитным фундаментом на самом деле живые.

Но рассмотренный аспект тектоники земной коры имеет не только чисто академический интерес. Проблема не лишена и практической значимости. Становится, например, понятно, почему на платформах сейсмичность слабее, чем в складчатых поясах. Связано это, вероятно, кроме других причин, с тем, что в складчатых поясах процесс накопления и разрядки напряжений идет очень быстро и концентрируется в определенных узких зонах, а на платформах релаксация напряженного состояния рассредоточена в пространстве по множеству структурных элементов самого разного масштаба и происходит неодновременно. В подвижных поясах земля раскалывается с треском и грохотом, а на платформах — легонько, но непрерывно потрескивает, что прекрасно фиксируется приборами.

Объемная подвижность кристаллических толщ, в том числе и гранитоидов, имеет принципиальное значение для понимания многих вопросов общей геодинамики консолидированной коры, в том числе механизмов эксгумации пород фундамента и их экспонирования на поверхность Земли, а также механизмов формирования внутриплитных седиментационных бассейнов — вместилищ многих полезных ископаемых.

В частности, на основе изучения механизмов объемной подвижности кристаллических пород нами разрабатывается модель формирования залежей углеводородного сырья (нефти и газа) в пределах гранитных протрузий. О том, что нефть содержится в гранитах, известно давно, но существующие модели сводились лишь к «хрупкому» варианту образования гранитных горстов (блоков, куполов). Эти модели не объясняют мно-

гие моменты зарождения и эволюции гранитных ловушек. Механизм формирования протрузивных гранитных массивов за счет объемного течения гранулированных пород открывает новые возможности для поисков залежей углеводородов в гранитно-метаморфическом фундаменте.

Возникает вопрос, а при чем здесь упомянутый в начале статьи Волгоградский мост и его пляски? Дело в том, что феномен пляшущего моста показал реальную возможность объемной упруго-пластической деформации, которая захватывает значительные массы условно монолитной субстанции, и при этом безо всяких видимых структурных изменений. Он дал наглядный пример существования такого эффекта в горных породах. Ведь бетон по своей структуре и составу — та же горная порода. А наши исследования позволяют предположить, что деформация моста, как и в толщах кристаллических пород, могла осуществляться по законам механики гранулированных сред. Так сошлись в единое целое проблемы структурообразования в земной коре и задачи механики твердого тела.

И последнее. В этом очерке был рассмотрен только структурно-тектонический аспект жизни консолидированного слоя земной коры. Однако в недрах древнего фундамента континентов происходят и вещественные трансформации, связанные с механохимическими преобразованиями горных пород и минералов, проявляется процесс вертикальной аккреции (наращивания) гранитно-метаморфического слоя за счет взаимодействия различных оболочек Земли на разделах мантия—кора, нижняя—верхняя кора, фундамент—чехол, литосфера—гидросфера/атмосфера. Рассмотрение этих явлений — предмет отдельного описания, но они также отражают активную внутреннюю жизнь корового слоя, который, казалось бы, давно отправлен природой на заслуженный отдых. Ан нет! И если учесть, что мы наблюдаем активные тектонические процессы в толщах пород возрастом более чем 1.5—2 млрд лет на протяжении всего периода их существования, вплоть до наших дней, то можно сказать: «Земная кора — субстанция вечно живая!» ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 01-05-64281, 04-05-64148 и 10-05-00852.**

## Литература

1. *Леонов М.Г.* Тектоника консолидированной коры. М., 2008.
2. *Арган Э.* Тектоника Азии. М., 1935.
3. *Ажгирей Г.Д.* Структурная геология. М., 1966.
4. *Кинг Л.* Морфология Земли. М., 1967.
5. *Лукьянов А.В.* Пластические деформации и тектоническое течение в литосфере. М., 1991.
6. *Бероуш Р.* Фундамент // Структурная геология и тектоника плит. М., 1991. С.265—269.
7. *Пономарев В.С.* Энергонасыщенность геологической среды. М., 2008.
8. *Паталаха Е.И.* О дифференциальной подвижности совместно деформируемых разнородных геологических тел, ее причинах и следствиях. Вязкостная инверсия // Геотектоника. 1971. №4. С.15—20.
9. Геологический словарь. Т.2. М., 1973.

# Удары по природе: нокаут или нокдаун?

С.А.Шилова, В.В.Сунцов

Н е одно тысячелетие человечество использует природные богатства, притом масштабы их потребления неуклонно расширяются, а антропогенные «удары» по природе приобретают все новые силы и формы. Постоянно ускоряющееся освоение различных ландшафтов Земли привело к тому, что на планете практически не осталось регионов, не подверженных разрушающему влиянию человека. Негативные последствия многовекового пресса хозяйственной деятельности приобрели глобальный характер. Как следствие этого проблема охраны естественной среды с конца XX в. стала приоритетной в мировой политике устойчивого развития человеческого общества. Ведущим направлением международных природоохранных программ провозглашен «Надзор над Землей» (Всемирная хартия по окружающей среде, принятая Генеральной Ассамблеей ООН в 1982 г.; Конвенция о сохранении биологического разнообразия, 1992 г.).

Влиянию антропогенных нагрузок на различные компоненты биоты посвящено огромное число исследований. Анализируя имеющиеся обширные сведения, мы попытались отразить формы негативных последствий деятельности человека, избрав две принципиально разные категории: непреднамеренные и целенаправленные.

© Шилова С.А., Сунцов В.В., 2011



**Светлана Александровна Шилова**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции животных им.А.Н.Северцова РАН. Научные интересы связаны с изучением антропогенных воздействий на природные экосистемы.



**Виктор Васильевич Сунцов**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник того же института. Занимается изучением происхождения и эволюции возбудителей природноочаговых инфекций, в частности чумы.

## Непреднамеренные, стихийные последствия

Естественно, что любое человеческое сообщество, осваивая природную среду, преследует прежде всего собственные цели: увеличить производство продуктов питания, создать комфортное жилье, обеспечить защиту от болезней и т.д. Однако такие воздействия нередко носят катастрофический характер и ведут к полному разрушению естественных экосистем. Столь драматические последствия вы-

званы ошибками в подходах к освоению природных ресурсов, отсутствием научно обоснованного прогнозирования состояния биоты, попытками извлечь быструю и максимальную прибыль и другими подобными причинами. Приведем наиболее типичные примеры таких негативных последствий.

**Чрезмерная эксплуатация ресурсов.** Этот наиболее распространенный путь известен на всех материках и охватывает все ландшафты. Яркая иллюстрация последствий такой эксплуата-

ции — современное состояние дождевых тропических лесов.

На заре цивилизации коренное население тропического пояса выборочно вырубало деревья для строительства жилых и хозяйственных помещений. Выжигались также участки лесов, чтобы выращивать сельскохозяйственные культуры. Масштабы этих воздействий были незначительны, и природное равновесие не нарушалось. Но к середине XX в. совокупная деятельность местных, региональных и крупных международных лесозаготовительных предприятий обрела катастрофический характер. Площади лесов в Центральной и Южной Америке сократились более чем наполовину. Судя по прогнозам, если сведение тропического леса будет продолжаться теми же темпами, этот уникальный биом полностью исчезнет к 40-м годам XXI в.

Не менее печальны последствия, вызванные перевыпасом скота в степях и пустынях всех континентов. Желание увеличить прибыль животноводческих хозяйств без учета оптимальных нагрузок на пастбища вызывает их полную деградацию.

Скотоводство в степных регионах, возникшее не менее 5 тыс. лет назад, на первых этапах не нарушало естественной структуры пастбищных экосистем. На Русской равнине деструктивные последствия стали заметными в начале позднего голоцена. В современных условиях динамику этих процессов мы наблюдали на юге Калмыкии. С середины 50-х годов прошлого века там начали выпасать скот круглогодично, причем его поголовье постоянно увеличивалось. В результате к 80-м годам нагрузка на пастбища превысила допустимые нормы в пять-шесть раз. Разбитые и превращенные в барханы бывшие продуктивные степи в этот период занимали более 80% территории. Южные районы Калмыкии были признаны зоной экологического бедствия и единственной антропогенной пустыней Европы.

Еще одно следствие чрезмерной эксплуатации природных ресурсов — катастрофическое падение численности многих видов промысловых животных. Хорошо известен пример истребления китообразных. Коренное население Северной Атлантики охотилось на китов еще 3,5 тысячелетия назад. В результате расширения промысла и совершенствования способов добычи популяция серого кита в этих водах была выбита к началу 18-го столетия [1]. Тогда же начался интенсивный промысел гренландских и гладких китов в высоких широтах Тихого океана, у берегов Новой Зеландии и Австралии, а с середины XIX в. — в Беринговом и Чукотском морях. К концу века популяции этих видов также были почти полностью истреблены.

**Экспансия зоонозов. Чума.** Эта высоковирулентная и высокопатогенная природно-очаговая инфекция циркулирует, как известно, в популяциях фоновых норových млекопитающих — грызунов и пищух (*Ochotona*), населяющих аридные и семиаридные зоны мира. Ее возбудитель — микроб *Yersinia pestis* — произошел от кишечного псевдотуберкулезного вида *Y.pseudotuberculosis* в конце позднего плейстоцена, 22–15 тыс. лет назад [2]. Возникла чумная палочка в Центральной Азии

в паразитарной системе «монгольский сурок, или тарбаган (*Marmota sibirica*), — блоха (*Oropsylla silantiewi*)». Затем из центральноазиатских поселений сурка за счет блох микроб распространился в Азии и на крайнем юго-востоке Европы. Так образовался ареал первичных природных очагов.

С расширением хозяйственной деятельности человека облик открытых пространств Евразии радикально изменился. Не избежали изменений и природные очаги чумы [3]. Из оков первичного природного ареала возбудителю чумы удалось вырваться за счет синантропных крыс, популяции которых стали возникать еще в неогене. Жившие в соседстве с человеком некоторые виды крыс образовали принципиально новую для возбудителя чумы антропогенную среду обитания — паразитарную систему «синантропные крысы — блохи». Наиболее существенная роль новых хозяев чумного микроба выпала на долю черной (*Rattus rattus*) и серой (*R.norvegicus*) крыс. Новыми переносчиками стали два вида блох: *Xenopsylla cheopis* — специфический паразит африканских травяных мышей рода *Arvicanthis* — и *Nosopsyllus fasciatus*, паразитирующая на дикоживущей крысе карачо (*R.norvegicus caraco*) в Се-



Распространение микроба чумы из ареала первичных природных очагов Азии во время первой (I), второй (II) и третьей (III) пандемий.

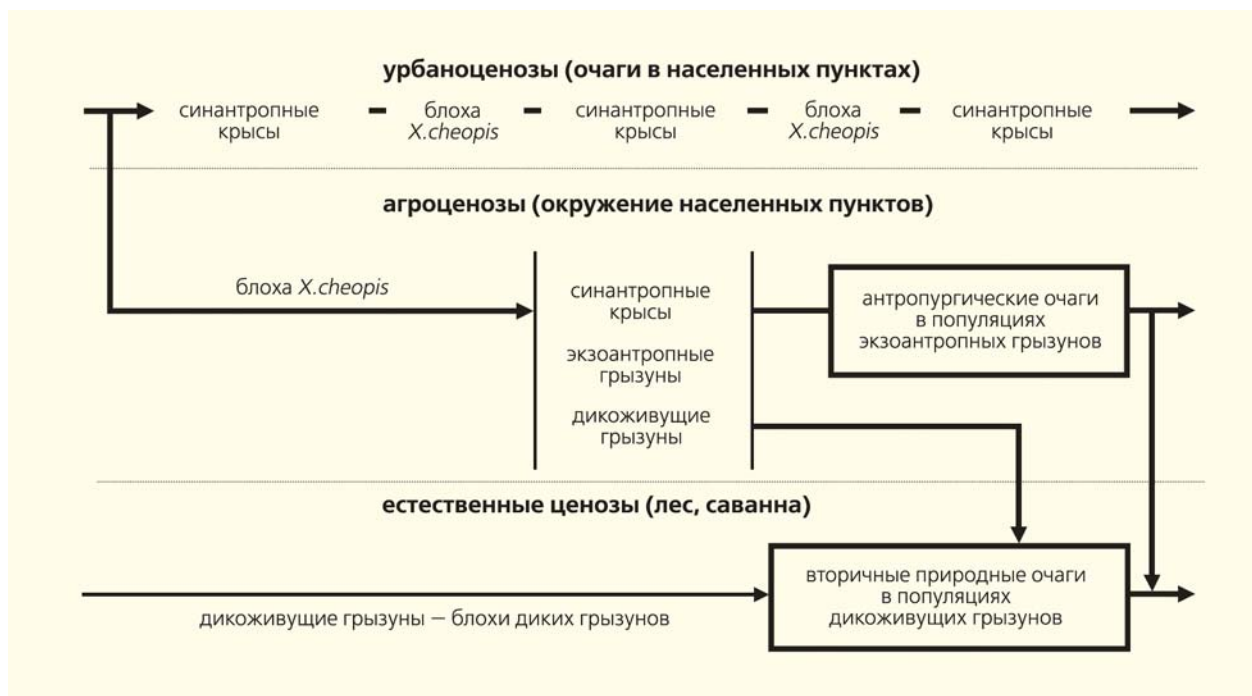


Схема образования вторичных природных очагов. Антропоургический очаг — это очаг зоонозной инфекции, сформировавшийся в результате деятельности людей.

веро-Восточном Китае. Эпизоотические триады из синантропных крыс, блох и чумной бактерии обусловили ее распространение по всем континентам, за исключением Антарктиды. Микроб надолго закрепился во многих странах Старого и Нового Света, антропогенные синантропические очаги существовали в разнообразных населенных пунктах и их ближайших окрестностях. В Европе такие очаги возникли в XIV в. во время второй пандемии, в народе больше известной как средневековая Черная смерть, и просуществовали до начала XIX в. Отголосками этой пандемии были крупные эпидемии в Лондоне (1665), Вене (1679), Марселе (1720–1722 гг.), Москве (1771–1773). Источником третьей пандемии, свирепствовавшей с конца XIX до начала XX в., стали популяции индийской песчанки (*Tatera indica*) в природных очагах Индостана. Оттуда во второй половине XIX в. возбудитель чумы с синантропными крысами проник в горные районы Юго-

Восточного Китая (Юннань), а к концу века достиг крупных городов на побережье Тихого океана. В 1894 г. в Гонконге возникла эпидемия, положившая начало этой третьей пандемии, которая охватила 83 морских порта в Новом и Старом Свете.

Но на этом антропогенная мировая экспансия чумы не завершилась. Экологические условия в некоторых аридных, семиаридных и семигумидных районах мира — Калифорнии (США), Оране (Алжир), Карру (ЮАР), Центральной и Восточной Африке (Кения, Танзания), в горных местностях Южной Америки (Боливия, Перу), на Мадагаскаре, Гавайских о-вах — позволили микробу чумы внедриться в ранее свободные от него естественные экосистемы и укорениться в виде вторичных (антропогенных) природных очагов. Участниками и посредниками этого процесса были экзоантропные грызуны — местные виды, способные обитать в агрозоне и населенных пунктах.

При участии человека возникли также вторичные природ-

ные очаги многих зоонозов и сапрозоонозов\* в разных странах и на разных континентах. Примеры тому — очаги желтой лихорадки в Южной Америке, тропической малярии в Южной и Юго-Восточной Азии, холеры в Африке и Южной Америке, туляремии в Евразии.

**Оптимизация среды.** Примеры благих намерений, которые вопреки ожиданиям обернулись негативными последствиями для людей и животных, многочисленны. Сюда относится *преднамеренная интродукция некоторых видов растений и животных*. Сами по себе попытки увеличить видовое разнообразие организмов кажутся вполне разумными. Однако любые изменения биологической системы при искусственном нарушении исторически сложившегося флористического и фаунистического комплекса могут быть непредсказуемыми и катастрофичными.

\* Сапрозоонозы — инфекционные болезни, хозяевами возбудителей которых служат позвоночные, а местом развития — органические или неживые вещества.

Классический и всем известный пример — интродукция ондатры. В начале XX в. ее — как ценного пушного зверька — завезли из Северной Америки в Европу, и скоро ондатра стала объектом интенсивного промысла [4]. Однако, контактируя с водяной полевкой на всем протяжении своего ареала, она вовлеклась в эпизоотии туляремии, поскольку оказалась высокочувствительной к этой инфекции, и превратилась в объект эпиднадзора.

Негативными последствиями сопровождалась интродукция хищников в попытках снизить численность грызунов-вредителей. Так, от индийского мангуста, завезенного на Кубу, где отсутствовали аборигенные виды хищников, ожидали, что он будет уничтожать серую крысу. Однако размножившись, мангусты переключились на питание домашней птицей, стали основными вредителями птицеводства и, более того, включились в эпизоотии бешенства, тем самым создав новые проблемы органам здравоохранения.

Пожалуй, самый удручающий пример интродукции животных с целью борьбы с вредителями — завоз в Австралию крупной, массой более 1 кг, ядовитой тростниковой жабы, аги [5]. Возлагали надежду на то, что она будет питаться насекомыми вредителями на сельскохозяйственных плантациях. Но ага размножилась и перешла на более крупных жертв: ими стали местные виды амфибий, рептилий, мелкие сумчатые, включая редкие виды. Жаба распространилась по континенту, что привело к падению численности плотоядных животных — сумчатой куницы, крупных ящериц, змей. В последнее время перспективы снижения ее обилия связывают с коммерческими интересами китайских фирм, широко использующих жабу в традиционной медицине.

Еще одно благое намерение с непредвиденными последствиями — *уничтожение живых*

*организмов, опасных для здоровья человека или приносящих экономический ущерб.* К таким животным, кстати, сопровождавшим человечество с незапамятных времен, относятся синантропные виды (вши, постельный клоп, комнатная муха, серая крыса и др.), вредители сельскохозяйственных культур, хозяева и переносчики зоонозных инфекций. Не анализируя успехи и неудачи борьбы с этими видами, отметим лишь, что уничтожение разных групп животных-вредителей, без сомнения, обеспечивало человечеству определенный комфорт и до сих пор актуально в отношении многих «проблемных» видов. Однако именно в этой борьбе допущено более всего ошибок, повлекших за собой губительные последствия для региональных естественных экосистем. Наглядная иллюстрация этого — борьба с грызунами, имеющими эпидемиологическое значение.

В России начиная с 1930-х годов масштабное уничтожение степных и пустынных грызунов (сусликов, песчанок) проводилось в природных очагах чумы, чтобы подавить эпизоотии. Отравленную приманку разбрасывали с самолетов на площади в миллионы гектаров, во многих случаях это обеспечивало 80—85% одномоментной гибели грызунов. Однако, как показал длительный опыт, их численность, за редким исключением, быстро восстанавливается, а нередко и превышает исходный уровень. Поэтому, несмотря на огромные площади «очищенных» территорий, эпизоотическая напряженность очагов не снижается [6, 7]. Более того, массовое истребление грызунов в природе имеет и другие печальные последствия. Так, по данным В.П.Белика, применение фосфида цинка в очагах чумы стало катастрофичным для диких птиц [8]. За годы борьбы с сусликами только в северо-западном Прикаспии от ядохимикатов, по расчетам автора, могло погибнуть до 20 млн птиц

(они поедают в среднем до 3.5% отравленного зерна).

**Техногенные катастрофы.** Научная литература богата сведениями об их губительности для естественных ландшафтов и их обитателей. Из-за непредсказуемости таких катастроф и многообразия факторов, действующих на природные комплексы, очень трудно выявить общие закономерности выживания естественных экосистем, попавших в зону бедствия. К тому же катастрофы, вызывающие разрушение природной среды, по мере развития новых технологий становятся все более разнообразными.

В нашу задачу не входит детальный анализ последствий техногенных катастроф для природы. Мы хотим лишь подчеркнуть, что любые из них вызваны недочетами и ошибками при планировании и эксплуатации технических систем.

### **Преднамеренное разрушение природы, экоцид**

Мы много лет работали в тропических лесах Вьетнама, сознательно разрушенных в годы II Индокитайской войны. Насколько нам известно, подобного рода попытки на протяжении всей истории человечества, к счастью, единичны. Впервые экоцид применили римляне при разрушении Карфагена в 146 г. до н.э. Почва на месте города была снята, местность посыпана солью, чтобы образовалась голая пустыня. Такой способ ведения войны называли римским плугом. Через 2 тыс. лет экоциду подвергся Вьетнам [9, 10]. В международных конвенциях экологическую войну, экоцид, предложено расценивать как геноцид [9].

Во Вьетнаме для разрушения лесной биоты американские военные пользовались разными приемами: проводили массированные бомбежки, чтобы расстроить нормальный сток вод,



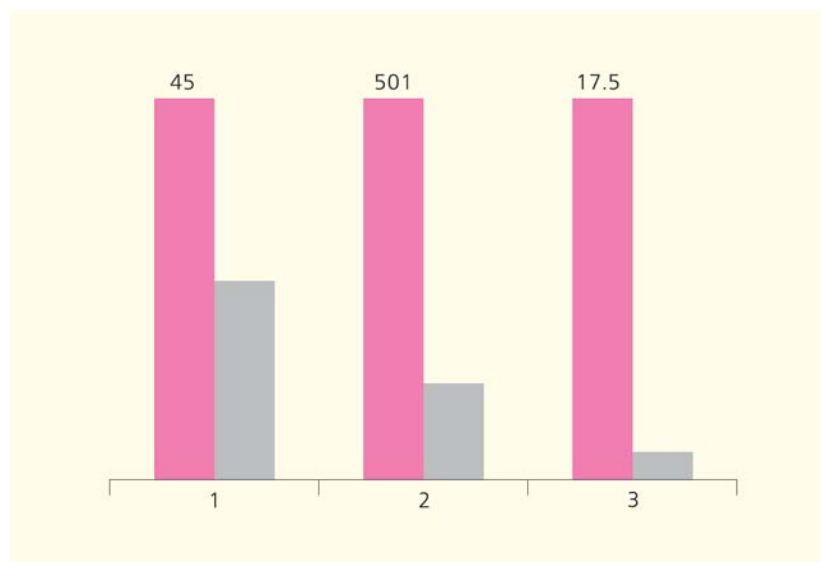
Ненарушенный тропический лес в провинции Куанг Чиг (вверху) и территория экоцида в районе Линь Тхыонг той же провинции (Центральный Вьетнам). Глядя на заросли слоновьей травы в лесхозе, трудно поверить, что здесь до обработки дефолиантами был тропический лес.

Фото А.Н.Кузнецова

полностью уничтожали почвенный покров, а также листву на деревьях. Для этого были применены высокотоксичные химические соединения — дефолианты: сначала, в августе 1961 г., в виде «эксперимента», а потом, с 1962 по 1971 г., проводилось регулярное распыление над лесами на обширных территориях в южных провинциях. Помимо лесов, дефолиантами обрабатывали посевы сельскохозяйственных культур, чтобы создать в стране голод. В общей сложности обработке подверглось более 2.5 млн га земель.

Первыми трагические последствия экологической войны во Вьетнаме оценили прогрессивные круги американской общественности. В 1970 г. в Сан-Франциско вышел сборник, посвященный губительным последствиям экоцида — «Ecoside in Indochina: The ecology of War» (ed. V.Weisberg). Исследователи самых разных профессий, затронув медицинский, биологический, этический и политический аспекты содеянного, убедительно показали, какую огромную угрозу для человечества представляет намеренное разрушение природных ландшафтов. Появление первых данных о влиянии химических обработок на естественные биоценозы и здоровье вьетнамского населения вызвало волну протестов, обращенных к фирме «Dow Chemical», которая поставляла химикаты для ведения экологической войны.

Исследования, проведенные в зоне обработок гербицидами первичных тропических лесов, выявили практически полную их гибель. Уничтожение листвы во всех древесных ярусах усилило выщелачивание почвы и способствовало превращению рыхлого верхнего почвенного слоя в твердую корку, которая препятствует возобновлению лесных пород. Следовательно, восстановление первичной тропической растительности стало невозможным. Обработанные территории либо обрели облик



Число групп почвенных беспозвоночных животных (1), их плотность (2; экз/м<sup>2</sup>) и биомасса (3; г/м<sup>2</sup>) в естественном тропическом лесу (розовые столбики) и на территории экоцида (серые столбики) [12].

безжизненных пустошей, либо покрылись сплошными зарослями слоновьей травы (*Imperata cylindrica*), которая достигает в высоту 2—2.5 м.

Через 25 лет после окончания экологической войны мы все это видели на юге Вьетнама [11]. Состояние экосистем на значительной части лесхоза Ма-Да (провинция Донг Най), подвергшейся экоциду, просто удручало: везде сплошные заросли слоновьей травы и кое-где стволы обгоревших деревьев. Тропический лес на обработанных территориях не восстановился, в экосистеме произошли необратимые изменения.

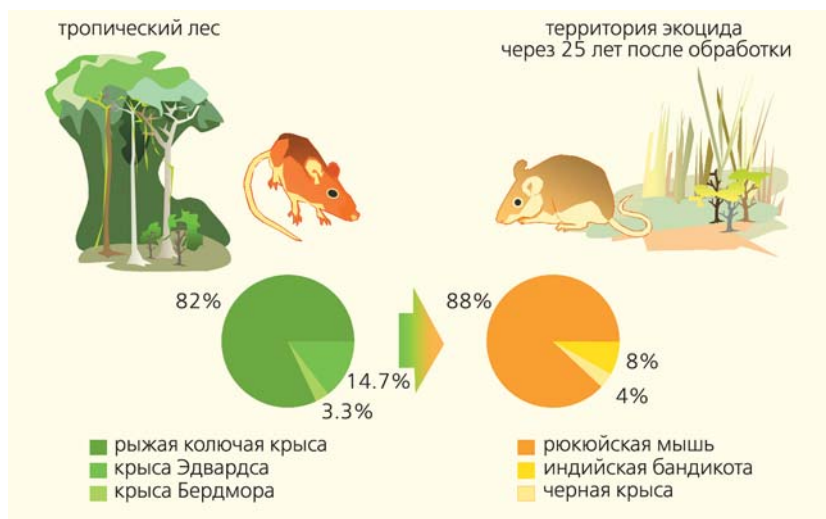
Мы также оценили численность разных групп живых организмов на той же территории. Через четверть века здесь сильно снизилась численность и биомасса почвенных беспозвоночных, средообразующая деятельность которых имеет важнейшее значение. Из крупных млекопитающих мы встретили лишь оленька, мунтжака и замбара, которые по безлесным участкам выходили к водопою. Но на территории лесного массива Ма-Да, где дефолианты не применялись, мы зарегистри-

ровали 20 видов характерных представителей млекопитающих Юго-Восточной Азии. Это были: яванский ящер, толстый лори, макак-резус, немецкий лангур, красный волк, малайский медведь, харза, китайский барсук, азиатская выдра, азиатская и малая циветты, бинтуронг, индийская кошка, индийский слон, кабан, оленек, мунтжак, индийский замбар, гаур, азиатский буйвол.

Радикальные изменения произошли и среди мелких млекопитающих. На обработанных дефолиантами участках их общая численность осталась высокой, но видовой состав изменился полностью. Место типичных видов коренного тропического леса (крыс рыжей колючей, большой и малой белозубых, Эдвардса) заняли «сорные», широко распространенные виды (рюкюйская мышь, черная крыса и др.). Именно они приспособлены к обитанию в разнообразных «открытых» биотопах, включая антропогенный ландшафт.

Таким образом, естественные экосистемы на обработанных дефолиантами территориях не восстановились и через 25 лет,





Видовой состав грызунов в естественном тропическом лесу и на территориях экокцида через 25 лет после обработок дефолиантами (число добытых экземпляров, %). Численность грызунов на обоих участках высокая, но обычные обитатели тропического леса на обработанных территориях замещены сорными видами.

и вряд ли возобновление возможно в обозримое время.

Судя по химическому анализу подверженных обработке территорий, даже через 25 лет после окончания войны в про-

бах воды, почвы, донных осадков содержались повышенные концентрации диоксинов — продуктов распада дефолиантов [13]. Диоксины — одни из самых опасных химических соедине-

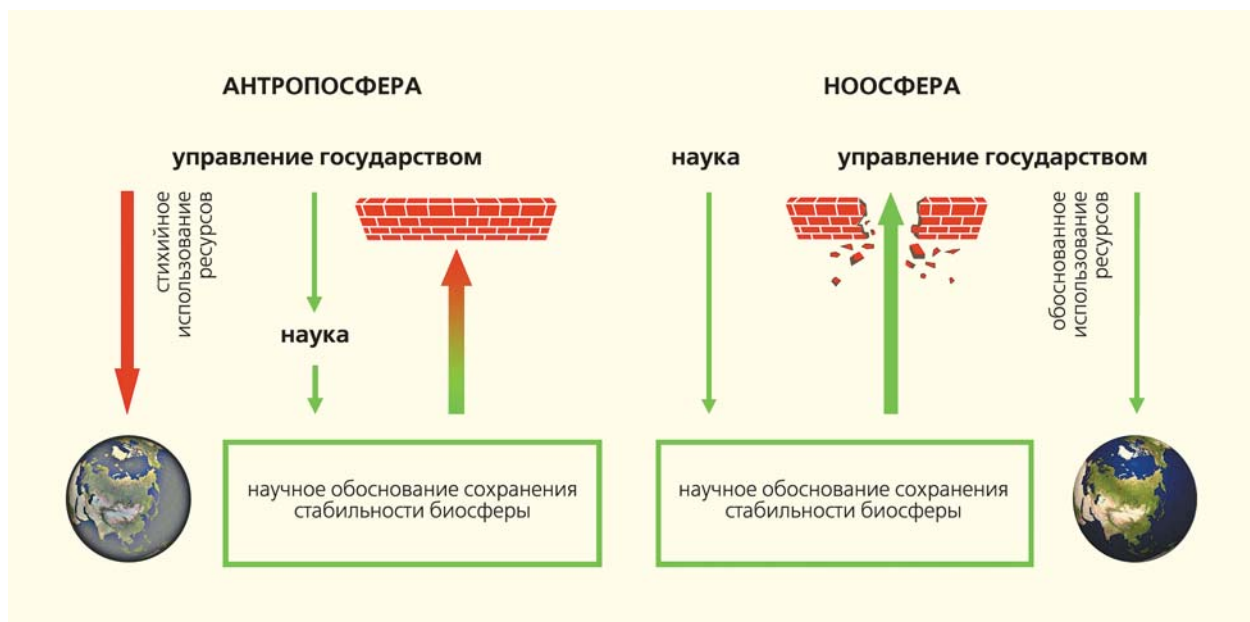
ний нашего времени. Их медленное разложение может иметь грозные последствия для людей и животных даже по прошествии многих лет после попадания в природу. Помимо внешней среды диоксины обнаружены в пищевых продуктах (молоке, соевом масле, мясе) и в грудном молоке женщин, проживающих на пораженных территориях. При детальном обследовании местных жителей выявлены значительные потери здоровья и качества жизни людей [13].

Отметим ради справедливости: на протяжении многих десятилетий тропический лес Вьетнама подвергается и другим формам антропогенного воздействия, в основном промышленной вырубке. За два последних десятилетия площадь первичных лесов сократилась вдвое, сейчас они занимают 12—15% территории страны. Фаунистические нарушения в местах сведения леса и там, где применялись дефолианты, аналогичны. Однако лишь экокцид предусматривал намеренное уничтожение биоты.



Последствия промышленной вырубке лесов в провинции Даклак. В середине XX в. здесь были непроходимые джунгли.

Фото В.В.Сунцова



Значение научных исследований в сохранении стабильности биосферы. Антропосфера: без применения научных разработок по сохранению биосферы стихийное использование ресурсов приводит к истощению биоты. Ноосфера: научно обоснованное природопользование находит приложение в практике и биота процветает.

\* \* \*

Человечество давно испытывает тревогу за состояние окружающей среды. Чтобы привлечь внимание общественности к расточительному использованию природных ресурсов, П.Дювиньо и М.Танг еще 50 лет назад напомнили замечательную цитату А.Обревиля о будущем состоянии Африки: «Густые леса сокращаются и исчезают, как высыхающие пятна. Проплешины оголенной бесплодной почвы наводят на мысль о проказе, распространяющейся по лицу Африки... Горы предстают в блестящей наготе, высыхают и умирают широколиственные деревья, ни один новый росток не появляется им на смену... Во время сухого сезона вся Африка пылает, повсюду, подгоняемые сухим ветром, бегут полосы пламени... Население охватывает всеобщее ликование, потому что пришло время охоты на крыс» [14]. К сожалению, и до сих пор природные экосистемы продолжают испытывать беспощадные удары цивилизации. Что ожидает природу в буду-

щем? Нокаут? Или пока нокдаун, из которого все-таки есть шанс выйти с честью?

Как мы пытались показать, почти все губительные результаты хозяйствования происходят из-за ошибок, допущенных при освоении естественных ландшафтов, хотя исходной целью была оптимизация среды обитания человека. Чтобы избежать разрушения природы, необходимо разработать фундаментальные основы природопользования, научиться прогнозировать, что повлечет за собой антропогенный пресс. Естественно, нужно и осуществлять предложения по охране среды, разработанные на строгой научной основе.

Многих катастрофических последствий можно было бы избежать при наличии научно обоснованных прогнозов. Например, сведения дождевых тропических лесов, надо полагать, удалось бы ограничить, будь своевременно разработаны допустимые соотношения между ненарушенными и вырубленными участками и существующие данные о пороговых нагрузках,

при которых леса могут сохраниться и восстановиться. К великому сожалению, даже и разработанные нормы чаще всего превышены «хозяевами жизни». К чему ведет такое небрежение, видно по опустыниванию, которое возникает из-за перевыпаса скота в аридных областях. Допустимые нормы выпаса сельскохозяйственных животных были установлены для этих зон уже к середине прошлого века. Но бесконтрольное превышение нагрузки сделало к настоящему времени проблему опустынивания весьма острой. Нет сомнений, что детальное изучение экологии тростниковой жабы избавило бы Австралию от многих неприятностей.

Научные издания многих стран публикуют многочисленные сведения о малой эффективности химического способа, применяемого для уничтожения грызунов. Оказалось, быстрое восстановление их численности обеспечивают авторегуляторные популяционные механизмы. Но до того как эти научные разработки стали известны, в природу были высы-

паны тысячи тонн высокотоксичных веществ.

Подчеркнем еще раз: сохранить стабильность среды обитания человека можно только на основе глубоких фундаментальных исследований. Еще в 1944 г. В.И.Вернадский ввел термин «ноосфера», подразумевающая переход биосферы в новую фазу, в которой ведущее значение будет иметь человеческий разум: «Биосфера XX столетия превращается в ноосферу, создаваемую прежде всего ростом науки, научного понимания и основанного на ней социально-

го труда человека» [15]. Наступил уже XXI в., но вряд ли мы можем гордиться тем, что прогноз нашего великого соотечественника оправдался. Ведущей силой прогрессивного развития человечества наука так еще и не стала. Принципы современного освоения природных ресурсов таковы, что биосферу следовало бы назвать антропосферой.

Экоцид не только не может быть связан с понятием ноосферы, он абсолютно противоречит мысли Вернадского. Экологическая война уничтожает природ-

ную среду до уровня, при котором существование человека и животных уже невозможно.

Мы убеждены, что мировая печать должна информировать о последствиях экоцида во Вьетнаме, а многолетний мониторинг этих территорий необходимо продолжать на международном уровне. Надеемся, что изменившееся отношение человечества к природе предотвратит повторение индокитайского «эксперимента», и миллионы гектаров сознательно разрушенных земель Южного Вьетнама останутся лишь в прошлом. ■

## Литература

1. *Макдональд Д.В.* Млекопитающие. Полная иллюстрированная энциклопедия. Кн.1 / Ред. И.Я.Павлинов. М., 2007.
2. *Сунцов В.В., Сунцова Н.И.* Чума. Происхождение и эволюция эпизоотической системы (экологические, географические и социальные аспекты). М., 2006.
3. *Сунцов В.В. и др.* // Окружающая среда и здоровье человека в загрязненных диоксинами регионах Вьетнама / Ред. В.С.Румак. М., 2011. С.202—258.
4. *Максимов А.А. и др.* Эпизоотии в популяциях ондатры в СССР. Новосибирск, 1975.
5. *Shine R.* // Q. Rev. Biol. 2010. V.85. №3. P.253—291.
6. *Попов Н.В.* Дискретность — основная пространственно-временная особенность проявления чумы в очагах сусликового типа. Саратов, 2002.
7. *Матросов А.Н.* Совершенствование эколого-эпизоотологического мониторинга неспецифической профилактики в природных очагах чумы на территории Российской Федерации. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Саратов, 2007.
8. *Белик В.П.* Воздействие фосфида цинка на птиц в районах дератизационных работ в XX столетии // РЭТ-инфо (Pest management). 2009. №4. С.16—28.
9. *Вейсберг Б.* Что мы понимаем под экоцидом // Экоцид в Индокитае. М., 1972. С.12—25.
10. *Westing A.N.* Ecological consequences of the Second Indochina War. Stockholm, Sweden, 1976.
11. Отдаленные биологические последствия войны в Южном Вьетнаме / Ред. В.Е.Соколов, С.А.Шилова. М., 1996.
12. *Покаржевский А.Д., Есенин А.В.* Почвенная фауна как биоиндикатор антропогенного воздействия в тропических экосистемах // Биоиндикация и биомониторинг. М., 1991. С. 191—197.
13. Окружающая среда и здоровье человека в загрязненных диоксинами регионах Вьетнама / Ред. В.С.Румак. М., 2011.
14. *Дювиньо П., Танг М.* Биосфера и место в ней человека. М., 1974.
15. *Вернадский В.И.* Биосфера. Избранные труды. М., 1967. С.356.

# Структура Евразийского мира на фоне геоэкологии после открытия металлов

## Запад—Восток

Е.Н. Черных,  
доктор исторических наук  
Институт археологии РАН  
Москва

### «Запад есть Запад, Восток есть Восток...»

Демонстрируемый нами в предыдущих разделах статьи «слоеный пирог» из едва ли не безразмерно вытянутых с востока на запад трех контрастных Евразийских миров следует «разрезать» почти вертикальной линией на две примерно равные части. И тогда мегаструктура нашего материка предстает уже в ином, но, кажется, еще более любопытном свете: на поверхность всплывают столь примечательные даже для современных людей понятия будто бы несовместимых миров Востока и Запада. Многие при этом вспоминают и с охотой повторяют начальные строки знаменитой «Баллады о Западе и Востоке» Редьярда Киплинга:

*О, Запад есть Запад, Восток есть Восток,  
и с мест они не сойдут,*

*Пока не предстанет Небо с Землей на Страшный Господень суд.*

Вот, например, согласно господствующей и ныне европоцентристской точке зрения, истинный Восток берет свое начало с Палестины. Именно там располагается Восток Ближний, включающий в себя и Малую Азию, и Месопотамию. За ним следует уже Восток Средний — это Иран, Афганистан и так называемая Средняя Азия, государства которой совсем недавно оставались в составе Советского Союза. И лишь далеко-далеко — уже за Тибетом и Гималаями — раскинулись страны Востока Дальнего.

Наиболее четко аксиомы подобной европоцентристской позиции оказались сформулированы, скорее всего, в VII—VIII вв., уже после зарождения и бурного распространения ислама. Ведь именно тогда, шаг за шагом, но стремительно, нарастала конфронтация между христианским и мусульманским мирами. Бесконечно кипящим фоку-

сом этого продолжающегося до наших дней кровавого «диалога цивилизаций» стала Палестина с ее бесконечными битвами за Святую землю, за тот истинный, по мнению многих католических лидеров эпохи крестоносных походов, Центр мироздания. Однако взгляд этот, по всей вероятности, зародился намного ранее, скорее всего, еще в V—IV вв. до н.э., во времена греко-персидских войн и последующих за ними завоеваний Александра Македонского, а также противостояния Рима с Парфией в начале нашей эры.

Боюсь, однако, что европоцентристский подход при таком членении Евразийского мира сильно искажает реалии, отчего мы вновь обратимся к геоэкологии.

### Меридиональные геоэкологические «водоразделы»

Самым неповторимым по своей мощи и выразительности на Евразийском континенте был, конечно же, Тибето-Гималайский складчатый «водораздел» с примыкающими к нему с северо-запада поднебесными хребтами и высокогорьями Памиро-Тянь-Шаня, что и служит подлинной «крышей мира». Весь этот могучий сгусток хребтов весьма четко — пожалуй, даже жестко — расчленил мир оседло-земледельческих культур Евразии на западную и восточную половины (рис.1).

Для мобильных скотоводов таким «водоразделом» служил уже совершенно иной, непохожий на южный, геоэкологический феномен: так называемые Джунгарские ворота, или же Джунгарский проход. Между несходными по возрасту и облику горными системами — молодой Тянь-шаньской и гораздо более древней Алтайской — залегает резкое сужение, или ярко выраженный прогиб, который в геологии обычно именуют геосинкли-

© Черных Е.Н. 2011  
Окончание. Начало см. в №7.



Рис.1. Степной пояс Евразии и его границы.

налью. Этот прогиб и обозначил отчетливую грань между двумя — западным и восточным — мирами пастушеских народов Евразии.

Наконец, у лесных и лесотундровых племен охотников и рыбаков эту грань выполнял феномен, уже абсолютно отличный от первых двух. То был Енисей, и огромный бассейн этой великой сибирской реки характеризовался разительной асимметрией. Фактически все основные притоки Енисея — Ангара, обе Тунгуски, да и другие, менее значимые, — впадали в него с востока, неся воды с возвышенной горно-таежной страны, собственно Восточной Сибири. А сам Енисей являл собой определенно выраженную грань, отчленявшую Восточную Сибирь от Западной. И ведь вот что здесь очень странно: буквально затопленная бесконечными болотами и бесчисленными между-речными протоками плоская Западная Сибирь, к тому же вплотную придвинутая к западной границе бассейна Енисея, почти никакого участия в его водном снабжении не принимала (рис.2).

Так выглядит расчленение Евразии на восток и запад с позиции геоэкологических признаков. Однако гораздо рельефнее предстает «меридиональный раздел» нашего континента, если при-



Рис.2. Граница, расчленяющая Евразийский материк на реальные Восток и Запад.

влекать к намеченной картине признаки уже совершенно иного характера.

## Антропология—лингвистика—идеология

Начнем с **антропологии**. Евразийский Запад для эпох, которые мы ставим в центр нашего повествования, служил безусловным доменом у многочисленных и разнообразных групп населения *европеоидной* расы (ее часто именуют также *кавказской* расой). В определениях с явным расистским налетом (может быть, даже европоцентристским) нередко можно встретить также понятие *белая раса (белые люди)* для отличия этой высшей расы от рас низших — *черной и желтой*.

Восток континента — это уже домен расы *монголоидной*. Ее популяции распространены от крайнего севера материка вплоть до южных рубежей Индокитайского п-ова. Тот же расистский акцент может отличать определения этих народов как *желтых*.

**Лингвистика.** Столь же безусловно, что евразийский Запад служил доменом трех важнейших языковых семей. Крупнейшей на этой половине материка лингвисты признают *индоевропейскую* семью. Объясняющиеся на индоевропейских языках народы и сегодня наиболее многочисленны на нашей планете. Популяции, по преимуществу говорившие на разновидностях этой лингвосемьи в древности, обрелись в двух южных зонах Запада — в культурах оседлых земледельцев и среди мобильных скотоводов. По своей южной границе индоевропейцы соседствовали с народами, входившими в семью *семитских* языков. И наконец, вся северная лесная зона служила доменом для относительно редкого населения, говорившего на *финно-угорских* языках.

На восточной половине Евразии объяснявшиеся на *тунгусо-маньчжурских* языках народы расселялись по преимуществу в лесной и степной зонах (лингвисты нередко включают тунгусо-маньчжурские языки в еще более обширную группу языков *алтайской* семьи). Южная зона евразийского Востока была оккупирована многочисленными народами огромной *сино-тибетской* языковой семьи.

**Идеологические системы** Востока и Запада: пожалуй, именно здесь различия проявляются наиболее контрастно.

Для западной половины Евразии наиболее разительной идеологической системой можно считать сложение блока трех родственных монотеистических *авраамических* религий — *иудаизма, христианства и ислама*. Иудаизм стал истинным родоначальником этих *религий божественного откровения*, связанных с мифической фигурой *Абрама—Авраама—Ибрагима*. Ведь именно этой легендарной персоне впервые среди людей и явил себя Всевышний, связав его, однако, стро-

гим Заветом. Корни канонів іудаїзму восходять, видимо, еще ко второй половине 2-го тысячелетия до н.э., к центральной фигуре этого учения — Моисею. Христианство зарождається и оформляється много позднее — в первых столетиях новой эры, а ислам — только в VII в.

Евразийский Восток в южной зоне оседло-земледельческих культур был представлен также тремя важнейшими системами: *конфуцианством, даосизмом и буддизмом*. В отличие от западных, базовые каноны упомянутых учений сформировались раньше и почти одновременно — уже к середине 1-го тысячелетия до н.э. В степной и лесной зонах восточной Евразии в тот же период господствовали разнообразные течения шаманизма (рис.3). Лишь к XIII в. буддизм в тибетской форме этого религиозно-философского учения (ламаизм) начал распространяться также и по Степному поясу евразийского Востока, завоевывая ведущие позиции среди популяций мобильных скотоводов, однако с включением многих деталей исконного шаманизма.

В подавляющем числе своих базовых черт восточные идеологические религиозно-философские — или, что кажется более точным — нравственно-философские учения кардинально отличались системой своих взглядов от религий западных, авраамических. Восточные системы — даже буддизм, которому ближе всего подходит определение «религия», — не ведали единых церковных организаций, которые должны были бы следить и за единомыслием всех приверженцев этих дог-



Рис.3. Современный шаманизм в Монголии. Обо — сакральное место у скотоводов-кочевников.

Фото автора

матов, и за способностью тех к единым массовым акциям по императивному знаку из центра управления. Любопытно, что эти различия нашли свое чрезвычайно яркое отражение и в поразительном контрасте архитектурного облика важнейших храмов на Западе и на Востоке континента (рис.4–7).

Взаимодействия и контакты между носителями восточных и западных учений проявлялись чрезвычайно слабо, а признаки проникновения западных идеологий на Восток Евразии оказывались в целом малозначимы. Для нашей темы, пожалуй, наиболее примечательным в подобном ряду ока-



Рис.4. Ватикан — местопребывание Папы Римского — центр приверженцев католицизма (<http://ru.wikipedia.org>).

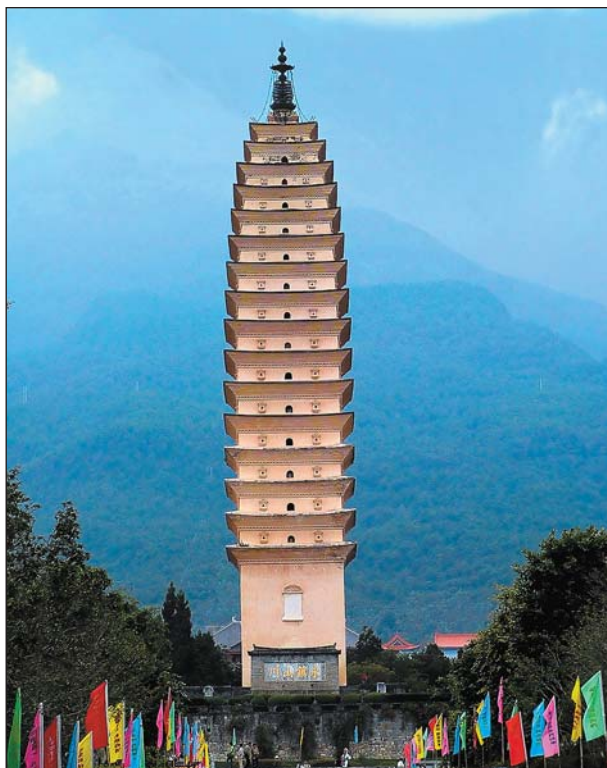


Рис.5. Буддистский храм «Три пагоды» в г.Дали (Южный Китай).

Фото автора

зывается несторианство. Эта восточная ветвь христианства, объявленная в V в. рядом Вселенских соборов злостной ересью, получила вскоре заметное распространение среди пастушеских народов Тюркских каганатов во время финальных стадий Эпохи Великого переселения народов, т.е. уже во второй половине 1-го тысячелетия. Ее прозелиты появились даже в Китае (империя Тан). Однако никакого развития на евразийском Востоке это учение не получило.

Несторианство, однако, интересно для нас прежде всего тем, что его «всплеск» на Востоке — пусть сравнительно кратковременный и не очень выразительный — был обязан кочевым народам Степного пояса. Ведь именно мобильные скотоводческие сообщества издавна играли в истории Евразии роль своеобразного моста между чрезвычайно контрастными между собой гигантскими блоками культур Запада и Востока.

### Степной пояс: археология и история

Социокультурные различия в характере общностей Востока и Запада и выражение их своеобразной самоизоляции отразились также на археологических материалах. Пожалуй, наиболее выпукло это проявилось в культурах оседло-земледельческих блоков. Так, каналы важнейших связей западных групп этих сообществ, начиная с долины Инда, были направлены на запад. С геоэкологической точки зрения водораздел между Индом и Гангом (вместе с низовьями Брахмапутры) не выглядит, конечно, впечатляющим: это предгималайская Индо-Гангская равнина. Однако именно здесь, кажется, и пролегла грань между культурами западного и восточного блоков. Во всяком случае, контакты археологических культур долин Ганга и Брахмапутры были преимущественно нацелены на восток, к Индокитайскому п-ову и Южному Китаю.

На фоне богатства материалов оседло-земледельческих общностей южной зоны континента лесные культуры северной Евразии представляют нам, конечно же, несравненно более ограниченный спектр признаков. По этой причине несходство между популяциями охотников и рыболовов, с одной стороны, Сибири Западной, а с другой, Сибири Восточной выглядят не столь выразительно. Однако и здесь не так уж трудно уловить весьма заметные различия в характере обоих блоков. К примеру, в лесной полосе плоской и болотистой За-



Рис.6. Конфуцианский храм в Малакке (Малайзия).



Рис.7. Даосский храм Чан Чунь в г.Ухань на р.Янцзы.

падной Сибири на фоне огромного числа известных ныне поселений крайне мало выразительных некрополей. К востоку от Енисея, в горно-таежных областях бассейна этой реки, в Прибайкалье и Забайкалье, картина прямо противоположная: родовых и племенных кладбищ здесь существенно больше, чем известных нам следов поселений.

По всей видимости, именно в этом отразилась структура ряда важнейших деталей жизнеобеспечения соседних, но несходных между собой блоков культур. Различия у них очевидны не только в характере повседневного быта племен, но и в господствующих идеологических канонах. На Западе это прежде всего оседлые лесные охотники и рыболовы с нечетко выражаемыми канонами обрядовых ритуалов, сопровождавших проводы покойников в потусторонний путь. На Востоке охотники ведут существенно более подвижный образ жизни, правда, в пределах весьма ограниченного экологического района. Их существенно больше заботят формы и ритуал при «организации потустороннего бытия соплеменников».

В целом же как южные (оседло-земледельческие), так и северные (лесные охотники, рыболовы и собиратели) народы относительно малоподвижны. Они привязаны к своим поселкам и городам; они чрезвычайно зависимы от своего природного окружения, которое кормит и полностью содержит не только земледельца, но также охотника, рыболова и собирателя.

Резкий контраст обоим блокам — северному и южному — составляют, без сомнения, мобильные скотоводы. После зарождения всадничества с невероятной мощью возрастает энергия передвижений и пространственных «бросков» разнообразных групп пастушеских народов по всей многотысячекилометровой протяженности Степного пояса. Эти «броски», или стремительные миграции, нередко напоминают гигантские маятниковые колебания — с запада на восток и с востока на запад. Однако смена ритма и направлений важнейших каналов такого рода колебаний оказывались замедленными: на это уходили многие столетия.

Для начала эпохи раннего металла нам гораздо лучше известна история мобильных скотоводов Запада, хотя многие проблемы зарождения первобытной кавалерии на этой половине евразийского Степного пояса и донныне трудноразрешимы. Можно осторожно полагать, однако, что начало всадничества восходит здесь еще к 5-му тысячелетию до н.э., а кочевьями коневодов были охвачены тогда пространства Северного Причерноморья вплоть до Нижней Волги. В конце 4-го и в 3-м тысячелетиях до н.э. рывок западных кочевых всадников в сторону восхода солнца, по всей видимости, достиг Алтая, подкатившись едва ли не вплотную к заветному «водоразделу» Джунгарских ворот (правда, памятники позволяют нам думать об относительно малочисленных группах западных мигрантов).

Скучно разведанные и донныне малоизученные археологические памятники скотоводов в монгольской части Степного пояса почти ничего не говорят нам о том, что происходило в тот же период восточнее знаменитых Джунгарских ворот: удалось ли к тому времени местным пастухам приручить и оседлать коня? Скорее всего, да, иначе очень трудно будет объяснить первый, но поразительно мощный и чрезвычайно яркий бросок на запад восточных скотоводов, преодолевших на рубеже 3-го и 2-го тысячелетий до н.э. «заповедную» грань Джунгарского прохода. В археологической литературе этот «штурм» западных пространств нередко именуют сейминско-турбинским *транскультурным феноменом*, поскольку его носители в ходе своих передвижений соприкоснулись или же столкнулись со множеством археологических культур на западе Евразии...

...Здесь пришло время заметить, что именно с этой стадии развития скотоводческих сообществ мы даем себе право говорить о Степном поясе как о своеобразном мосте между культурами Востока и Запада. Правда, роль эта весьма часто выглядела крайне жестокой, а ее проводников только очень редко отличал образ культуртрегеров — проводников идей добра и мира по всему Евразийскому континенту. Однако вольно или невольно, но именно они разносили по широчайшим пространствам некие непривычные для аборигенов веяния — чаще всего вряд ли приятные для тех, кто знакомился с этими инновациями...

Стремительные сейминско-турбинские миграции оставили нам чрезвычайно выразительные коллекции бронзовых орудий, сосредоточенные главным образом в необычных для археологов мемориалах-жертвенниках, где человеческие останки крайне редки. Поразительно, но крайне малое число уникальных металлических изделий — их известно не более восьми сотен! — оказалось рассеянным по необозримым пространствам Степного пояса и прилегающих к ним с севера лесным территориям — от бассейна Желтой реки в Китае до восточной Балтики. А это дистанция едва ли не 8 тыс. км по прямой линии!

Немногочисленные сейминско-турбинские группы вооруженных всадников столкнулись в бассейне Верхней Оби и Иртыша с передвигавшейся уже с запада на восток следующей, намного более плотной и мощной, волной мигрантов — полуоседлых пастушеских племен, также знакомых с верховым коневодством. «Диалог» между этими встречными волнами вряд ли отличало миролюбие, и результатом встреч стало вытеснение сейминско-турбинских воинственных переселенцев в непривычную для них лесную зону. Однако, по всей видимости, в среде лесных народов Запада внезапно возникшие в их краях восточные коневоды-монголоиды, пусть даже немногочисленные, предстали силой неодолимой.



Во 2-м тысячелетии до н.э. доминировали все-таки не восточные, а западные волны мигрантов. В конце позднебронзового века они преодолели Джунгарские ворота, и их отчетливые следы проявились даже в горно-пустынных краях собственно Джунгарии — а это уже восток Евразии.

Истинным же апогеем владычества воинственных западных всадников стал, без сомнения, знаменитый мир скифских культур в VIII/VII—IV/III вв. до н.э., когда в Евразии прозвучал старт проклятого Гесиодом железного века. Ареал скифских памятников с их поражающими своим богатством и размерами курганами вождей полностью поглотил всю западную половину Степного пояса. На Востоке же его блистательный художественный металл и оружие стали хорошо известны даже в Ордосской пустыне, к югу от Хуанхэ (рис.8). На Западе скифские некрополи появились в Паннонии, т.е. уже в Центральной Европе.

Однако с рубежа новой эры ситуация начинает кардинально меняться: кочевые народы Востока переходят в наступление и шаг за шагом подавляют Запад. Пионерами этого неистового напора стали, конечно же, едва ли не по сей день проклинаемые в Европе гунны. В IV в. их быстрые и почти необоримые отряды ворвались с востока в пределы распадающейся Римской империи. В них европейские современники видели двуногих человекоподобных зверей, посланцев неведомого и страшного мира. Их легендарный вождь Аттила со своим летучим войском в середине V в. дошел до центра Галлии (современной Франции); но даже неудача гуннов в сражении с франками на Каталаунских полях в 451 г. не избавила Европу от их насилия. Лишь только не вполне героическая кончина Аттилы послужила неким сигналом к стремительному исчезновению гуннов с европейских пространств.



Рис.8. Скифский мир: золотые аппликации — фигурки всадника и леопарда (а), золотые сосуды с изображениями людей (б), золотая гривна из кургана «Толстая могила» на Украине (в), золотой гребень из кургана «Солоха» на Украине (г) [1].

Но Степной пояс не замедлил проявить себя снова: сформировался могучий Тюркский каганат — также производное культур евразийского Востока (рис.9). Западный фланг гигантского и первоначально единого каганата при его сложении в VI в. упирался в границы восточно-христианской Византийской империи. Кровавый «диалог» Византии с восточными тюркоязычными объединениями был по существу бесконечным, вплоть до падения этой великой империи под ударами тюрков-османов в 1453 г.

Однако истинным, по существу неповторимым феноменом и апогеем Восточного владычества стала, без сомнения, необъятная сухопутная Монгольская империя. Возникшая в XIII—XIV вв. столь неожиданно и как будто из ничего, новая власть восточных кочевников охватила большую половину Евразийского континента (рис.10). Однако империя Чингизидов знаменовала собой не только «звездный час», но и «лебединую песню» воинственных подвижных скотоводов евразийского Степного пояса. С финальных десятилетий XIV в. мощь степных объединений слабеет и затем неуклонно устремляется к своему печальному финалу. А с конца 15-го столетия, когда прозвучит старт эпохи Нового времени, в Евразии очень быстро проявят себя кардинальные перемены, сопряженные с перегруппировкой важнейших сил на континенте.

Паразитально быстро оказываются в руках уже европейских культур и сообществ первые роли на сцене не только евразийской, но с тех пор уже и мировой истории — той самой Европы, о которой мы по внешне малопонятной причине почти не упоминали в предшествующем обсуждении генеральной евразийской мегаструктуры.

Какова же причина этого? Объяснение, впрочем, звучит достаточно просто: «широтный» характер континентальной мегаструктуры, которая занимала нас в первой части статьи, слабо выделяет Европу из громады трех основных Евразийских миров — оседло-земледельческого, подвижно скотоводческого и северного — охотников и рыболовов. Но совершенно иная картина прорисовывается, если обратиться к меридиональной структуре материка: такой поворот позволит нам уже достаточно надежно вычленить из евразийской громады Западный, или Европейский мир. Но где же в таком случае проходит реальная грань между Европой и Азией?

### Азия и Европа: где граница между ними?

Сегодня такой вопрос, на первый взгляд, может показаться весьма странным. Ведь даже не очень успевающие по географии школьники в состоянии дать правильный ответ. Однако при этом возникают и некие сложности: так, одно руководство рекомендует границу между материками прово-



Рис.9. Гранитные скульптуры вождей Восточного Тюркского каганата в центральной Монголии.

Фото автора

дить по Кумо-Маньчжурской впадине, а другое — по Главному Кавказскому хребту; и далее — либо по реке Урал, или же по пустынной речке Эмбе. Вот с Уральскими горами разногласий гораздо меньше, хотя и здесь они встречаются: уж очень расплывчатой и нерезкой представляется древнейшая горная система Евразии.

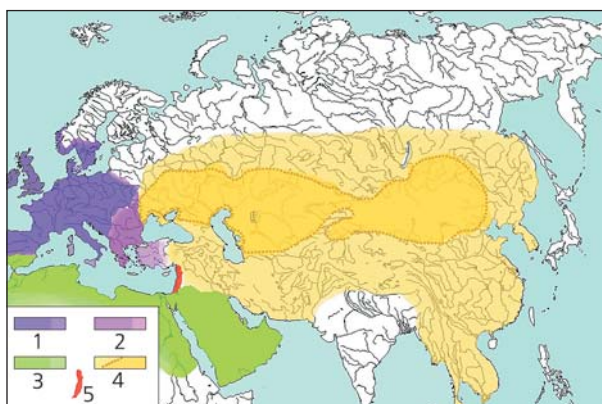


Рис.10. Структура Евразийского континента в XIII—XIV вв.: 1 — мир католических государств и княжеств; 2 — мир восточно-христианских государств и княжеств; 3 — мир мусульманских халифатов и объединений; 4 — Великая Монгольская империя (пунктиром намечены границы Степного пояса Евразии); 5 — микроскопический ареал противостояния католического и исламского миров на Святой земле Палестины.

Однако мы вспоминаем здесь лишь о слабых отголосках тех бесконечных споров, что вяло продолжают входить до наших дней не менее 2,5 тыс. лет — по крайней мере со времен далекой античности. Вот, к примеру, что писал в V в. до н.э. «отец истории» Геродот: «Смешно видеть, как многие люди уже начертили карты земли, хотя никто из них даже не может правильно объяснить очертания земли. Они изображают Океан обтекающим землю, которая кругла, словно вычерчена циркулем. И Азию они считают по величине равной Европе. Поэтому я кратко расскажу о величине обеих частей света и о том, какую форму имеет каждая... Омывается ли Европа морем с востока и с севера, никому достоверно не известно. Мы знаем лишь, что по длине она равна двум другим частям света. И я не могу даже понять, почему собственно трем частям света, которые являются одной землей, даны названия по именам женщин. Непонятно мне также, почему реки Нил и Фасис в Колхиде (по другим: река Танаис, впадающая в Меотийское озеро, и меотийский город Портмеи) образуют границу между ними. Нельзя выяснить имена тех, кто разграничил их и от кого взяты названия этих трех частей света» (рис.11).

Уже в более поздние времена античности начали упоминать далекие и холодные Рифейские горы, под которыми большинство о них пишущих много позднее подразумевало горы Уральские. За этими Рифеями, наконец, стали размещать

Азию. Евро-азиатскую грань как будто обозначил в 1572 г. на своей знаменитой карте великий фламандский картограф Герхард Меркатор (рис.12). При этом понятно, что самого Урала (Рифеев) ни античные географы, ни гениальный фламандец никогда не видели, и почему было отдано предпочтение именно данному межматериковому рубежу, совершенно неясно (любопытная переключка с недоумением Геродота!). Очевидно, что, хотя здесь и возобладал определенный умозрительный выбор рубежей, сама традиция укрепилась, но дискуссии по этой теме продолжают и по день нынешний.

Вот, к примеру, в 1964 г. на Лондонском съезде Международного союза географов в очередной раз делегаты рекомендовали всем принять свои исправленные и уточненные позиции о границах между двумя материками (рис.13). Но тщетно! Фактически уже сегодня, т.е. в 2010 г., Русское географическое общество организует экспедицию в Казахстан «с целью ревизии общепринятых взглядов на прохождение границы Европы и Азии по территории Казахстана». Ну и что?..

Уже после всяческих рекомендаций весьма представительных географических конференций и съездов западноевропейские — и прежде всего германские — археологи, например, чуть ли не единогласно соотносят древние памятники Балкано-Карпатья с юго-восточной Европой. Но если юго-восток Европейского материка — это Балканы, то куда же в таком случае будем помещать гро-



Рис.11. Представление греков о разделе Евразийского мира в V в. до н.э.

мадные пространства Северного Причерноморья, Приазовья — вплоть до р.Урал? А ведь именно они, согласно установлениям съездов, как будто и есть юго-восток Европы?...

Вспомним также в связи с этим и мысль великого русского химика Д.И.Менделеева, высказанную им в 1906 г.: «*Отделение Европы от Азии во всех отношениях искусственно, и с течением времени непременно сгладится, и, вероятно, даже пропадет*». Однако правота отечественного гения оправдалась не вполне, поскольку это навязчивое «евро-азиатское разделение» никак пропадать не желает. Параллельно этому и ныне раздаются заслуживающие внимания высказывания, что «*Европа — это не географическое пространство, но лишь идея*» (выражение французского журналиста и философа Бернара-Анри Леви). Смысл подобного рода изречений отражен уже в постоянном и мучительном для множества людей вопросе: «Россия — это Европа или Азия?», или же, иначе: «Россия выражает собой идею Азии или все-таки Европы?».

И поскольку подобного рода диспуты никак не желают затихать, то постараемся и мы внести свою лепту в данную проблематику, однако — продвигаясь к ней с несколько иной стороны. Разрешение основных вопросов «континентально-меридионального» характера мы предпочитали в предыдущих размышлениях вести на базе обращения к реальным «широтным геоэкологическим водоразделам». А сами водоразделы мы старались плотно совместить с социокультурными различиями у популяций по обе стороны от геоэкологических граней. Похожий путь выглядит реальным и в случае евро-азиатских разделов.

Может ли нас устроить «официальная» межматериковая граница, сопряженная с Уральскими горами и р.Урал (или же р.Эмба), а также «размазанной» по Предкавказью впадиной Кумы и Маныча? Вряд ли! Ведь и пологий и неясный в своем основном «хребте» Уральский горный массив, и уж тем паче южные степные реки «водораздельными» признаками если и обладают, то в безнадежно малой степени. То же следует сказать и по поводу весьма слабо заметных различий у социокультурных общностей, локализованных как к западу, так и к востоку от этих проблематичных межматериковых граней.

Поэтому нам резонно вновь обратиться к четкой структуре Степного пояса — этого основного и наиболее надежного, хотя и широтного разделителя Евразии.

Мы уже писали, что многотысячекилометровый Степной пояс Евразии своим западным флангом упирается в дугу Восточных Карпат, доходя до устья Дуная (рис.1). Кажется безусловным, что именно в этом регионе следует видеть более надежные признаки отчленения собственно Европы от степных и более восточных пространств. Вполне реально также продлить эту не очень



Рис.12. Очертания Европы и ее восточные границы на карте Герхарда Меркатора 1572 г.



Рис.13. Варианты границ между Европой и Азией в представлениях и диспутах современных географов (1964 г.).

длинную линию размежевания от Карпат уже на север — вплоть до восточной Балтики. В таком случае разделительная линия — а точнее полоса — протянется от юго-восточного угла Балтики вплоть до северо-западного края Черного моря (близ дунайского устья).

На предлагаемом здесь полотне собственно Европейский материк весьма похож на огромный, изрезанный исключительно причудливой линией морских и океанских рубежей полуостров. Его точнее именовать даже Европейским мегаполуостровом или же субконтинентом, как бы «приклеенным» к западному краю неохватного массива Азиатского континента. Та же часть Европы, которая по традиции именуется у нас Восточной, соотносится, безусловно, с Азией и никаким образом из ее основного тела не вычленяется.

### «Маятник» колебаний на евро-азиатском рубеже

Не следует, однако, понимать, что проведение межматериковой «пограничной» полосы должно считать в качестве некоей неодолимой грани при попытках перемещения с запада на восток и обратно культур различного, порой даже трудно совместимого характера. Полоса эта кажется достаточно широкой: от Дуная, Карпат и Днестра вплоть до бассейна Днепра. Именно на этой полосе и сталкивались западные — оседло-земледельческие, собственно европейские — культуры с общностями мобильных скотоводов уже вполне азиатского толка.

Ранее мы говорили о своеобразном колебательном «маятнике», когда в пределах Степного пояса попеременно сменялось господство принципиально однотипных по генеральной модели жизнеобеспечения культур мобильных скотоводов Запада или Востока. На евро-азиатской границе картина оказывалась во многом сходной. Однако маятниковые колебания были сопряжены уже с культурами разных моделей: оседло-земледельческими и пастушескими. Да и сами колебания были более частыми, нежели на генеральном полигоне Степного пояса.

В 6-м тысячелетии до н.э. культуры скотоводов не проявляли себя сколько-нибудь заметно, а поселки земледельцев, чьи корни гнездились в Подунавье, археологи находят вплоть до левобережья Днестра. В 5-м тысячелетии вполне очевидно стала проявляться активизация пастушеского мира, и его отчетливые следы археологи обнаруживают от степного Поволжья вплоть до Нижнего Подунавья. Возможно, что степняки тогда уже одомашнили лошадь, но признаки этого не очень надежны. Медь же они получали от своих знаменитых соседей-земледельцев, чья культура широко известна даже в популярной литературе под именем трипольской. Но и сами носители «погра-

ничной» оседло-земледельческой культуры выменивали металл у обитателей горнорудных регионов Балкано-Карпатья.

В 4-м и особенно в 3-м тысячелетиях до н.э. наблюдается резкая активизация степных скотоводов при отчетливо заметном падении влияния оседло-земледельческих культур балкано-карпатского круга. Курганные могильники степняков широко распространяются на все Нижнее и Среднее Подунавье, вплоть до Паннонии. К середине 2-го тысячелетия до н.э., когда Европа переживала истинный взлет горно-металлургического производства, «маятник» качнулся уже в обратную сторону. Западные земледельцы и мастера металлообработки все активнее проявляют себя не только в Поднепровье, но и на гораздо более восточных землях — вплоть до Поволжья.

Следующее резкое колебание «маятника» связано с началом железного века и появлением могучих скотоводческих культур знаменитого скифского мира (об этом уже шла речь выше, когда мы упоминали о курганах скифских вождей в Среднем Подунавье). После распада скифского мира вновь наблюдается краткая активизация западных культур. Однако гунны в IV в., а их вождь Аттила в V в. резко отбрасывают раскачивающийся язык «маятника» на Запад.

Внук Чингисхана, глава знаменитой Золотой Орды Бату-хан, в 1241 г. со своими отрядами доходит до Адриатики. Но в самом конце этого года умирает великий хан монголов Угэдей, и жестокие свары победителей в самом центре Азии, у подножья их верховного трона, заставляют Бату-хана повернуть назад. Когда же кочевое образование Золотой Орды приобрело более или менее устойчивые очертания, нетрудно было заметить, что западная — хотя и довольно зыбкая — граница этого огромного улуса чаще всего совпадала с западным флангом Степного пояса Евразии. Видимо, скотоводы-кочевники все же предпочитали родные просторы своего домена.

Однако Золотая Орда хирела — как, впрочем, и другие некогда неодолимые монгольские улусы: 15-е столетие для золотоордынского наследия Бату-хана оказалось печальным. Европейские общности быстро крепили, наливались мощью, и финал того же XV в. стал стартовым для могучих рывков европейских культур, охвативших с тех пор всю нашу планету.

### Запад — что он знал о Востоке?

Безусловно, именно в католическом мире были сосредоточены наиболее значимые творческие центры Европейского субконтинента. Католики оказываются словно отгороженными от неистовых волн степного Востока, сокрушающих или же наносящих тяжкие удары по пограничным структурам христианского мира византийского толка.

Для католических государств Священной Римской империи главным врагом стал ислам, с которым ассоциировался Восток. Долгая — протяженностью в 175 лет — серия безнадежных крестовых походов и битв за Святую землю Палестины почти ничего не прибавила к знаниям европейской католической элиты о Востоке реальном. Что же представлял для этой элиты выдуманный ею Восток?

В те времена уже вполне идеологически и политически сложившийся христианский мир требовал, чтобы абсолютно все воззрения полностью отвечали соответствующим каноническим текстам. Земля вновь «обрела» плоскую форму, а вовсе не шаровидную, как ранее учили канувшие в небытие античные язычники. Плоский «блин» Земли был окружен со всех сторон водами Мирового океана, а ее ойкумена делилась на три части: Европу, Африку и Азию (рис.14). Азия располагалась восточнее иных частей света. В целом же весьма загадочная и таинственная Азия оказываласьместилищем по меньшей мере двух наиболее трепетных для тогдашнего христианина драгоценностей самого высшего статуса: здесь размещались как Центр мира, так и Рай. Центр мира совпадал с Иерусалимом (рис.15), что казалось вполне естественным, поскольку именно с этим почти неземным градом были связаны изначальные и важнейшие святыни христианского мира. Где-то очень далеко, уже в неведомых глубинах Азии, цвели райские кущи, куда Господь поместил на заре существования сотворенного им мира не успевших тогда еще впасть в непростительный грех Адама и Еву.

*«Самое знаменитое место на Востоке это рай — сад, известный своими прелестями, куда человек не может проникнуть, так как он окружен огненной стеной, достигающей небес. Там находится древо жизни, дающее бессмертие, там находится источник, который разветвляется на четыре потока и снабжает весь мир водою», а «вокруг рая простирается дикая, бездорожная пустыня, населенная дикими зверями и гадами».* Место это, однако, точно локализовать не удавалось, хотя знаменитые богословы XII в. Пьер Абеляр и Гервасий Тильберийский сообщали о нем без тени сомнения.

Но здесь же, в Азии, располагалась и наиболее омерзительная и устрашающая клоака сего мира. Вот только где — неясно. Клоака служила обиталищем человекоподобных Гога и Магога, которых в католической традиции относили к самым ужасным созданиям из всех сотворенных Господом. *«В Верхней Скифии, простирающейся от Каспийского моря до Серского (Китайского?) океана, и к югу до Кавказа, многие земли обитаемы, но имеется много и безлюдных земель; в них много золота и самоцветов, но из-за грифонов люди опасаются там появляться. Нижняя Скифия прилегает к Гиркании, называемой так из-за*



Рис.14. Представление о расчленении Европы, Азии и Африки в раннехристианской традиции.

*Гирканского леса, в котором живет чудесная птица со светящимся в темноте оперением. Ирания, или Иран, находится сразу к западу от Скифии; это область кочевников, которым из-за бесплодия почвы приходится много странствовать. Они ужасны и жестоки, пожирают человеческое мясо и пьют человеческую кровь»* (De imaginibus mundi, XII в.).

Видимо, по такого рода причине едва ли не все жуткие пророчества связывались в те времена с появлением в Судный день с севера Азии этих вызывающих содрогание тварей. На большинстве карт местелище племен Гог и Магог изображалось окруженным высокими и неодолимыми стенами. По многочисленным вариантам подобного рода версий стены эти воздвигал когда-то сам Александр Македонский. И ведь еще пророк Иоанн на заре истории христианства в своих устрашающих откровениях предостерегал соплемен-

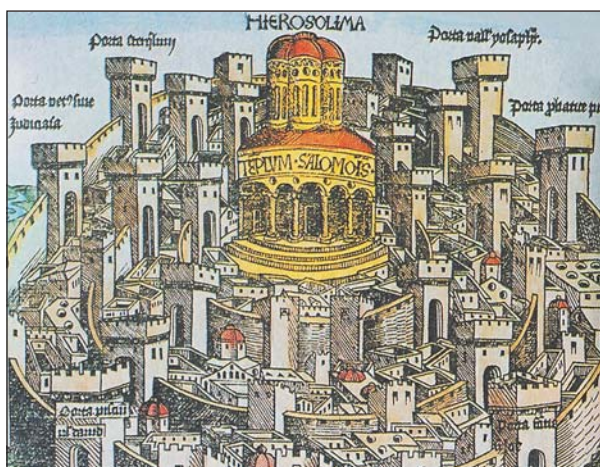


Рис.15. Иерусалим с храмом Соломона. Согласно раннехристианской традиции здесь находится Центр Земли и мироздания [2].



Рис.16. Монголы, пожирающие человечину. Так представляли в Европе в XIII в. этих завоевателей-кочевников (средневековая миниатюра) [3].

ников: «Когда же окончится тысяча лет, сатана будет освобожден из темницы своей и выйдет оболыщать народы, находящиеся на четырех углах земли, Гога и Магога, и собирать их на брань; число их как песок морской».

Пророчество сбывалось, и по широко распространенному в 20-х и 30-х годах XIII в. поверью именно из обиталища Гога и Магога и вырвались свирепые лавины степных всадников. По этой причине все кошмарные — как ранние, так и позднейшие, уже средневековые, ассоциации вполне логично свивались в единый тесно сплетенный клубок.

В развитии представлений католических христиан того времени о монгольских завоевателях различались два этапа. Смысл первого из них состоял в докатывавшихся в самом начале степных нашествий до католического мира слухах о *тартарах* — кошмарных пришельцах-завоевателях, в порождении и широком распространении смутных и большей частью совершенно безумных рассказов о них, сохранившихся, скажем, у клирика бенедиктинского монастыря Матфея Парижского: «Они, хотя и были возвращены в горах высочайших и почти недоступных, грубые, не признающие закона, дикие, воспитанные в пещерах и логовах львов и драконов, которых они изгнали, все же были подвержены соблазнам... Головы у них слишком большие и совсем несоразмерные туловищам. Питаются они сырым мясом, также и человеческим» (рис.16). Второй этап резонно отсчитывать с того времени, когда папские посольства к победоносным монгольским ханам и нойонам доста-

вили на Запад несопоставимо более правдоподобные сведения о неведомых до тех пор народах реального Востока. По велению Папы Иннокентия IV первым из таких посольств стала возглавляемая Плато Карпини миссия францисканцев. В апреле 1245 г. миссия двинулась к монголам северным путем, через Богемию, Польшу, Русь и ставку Батые в Золотой Орде на Нижней Волге. На это потребовался целый год. Бату-хан распорядился о более пристойной организации второго этапа их поразительно тяжелого путешествия. До ставки Великого хана в Каракоруме Плато Карпини и его спутники преодолели более 5 тыс. км за 106 дней. Заметим при этом, что главе миссии шел тогда уже 64-й год, — возраст более чем почтенный для столь тяжелого и опасного странствия. Тем не менее уже в 1247 г. он вернулся в Лион, где и доложил Папе о результатах своего удивительного странствия. Через пять лет Плато Карпини скончался уже в статусе архиепископа Антверийского, но успел написать книгу-отчет о виденном в Азии — «Ystoria mongalorum» («История монголов, которых мы именуем тартарами»). С этого времени мы можем начинать отсчет первых признаков знакомства Запада с реальным Востоком, когда все эти чудовищные, пожирающие человечину и возникшие неведомо откуда Гоги и Магоги постепенно обретали человеческий облик. Правда, их облик и стиль жизни были совсем непривычны для европейского христианина, но все-таки это были уже люди, а не человекоподобные монстры. За Плато Карпини двинулись миссии Асцелина и Симона де Сент-Квентина, Гийома де Рубрука; наконец, знаменитейшей семьи Марко Поло, проведеншей в краях необъятной Монгольской империи долгие годы.

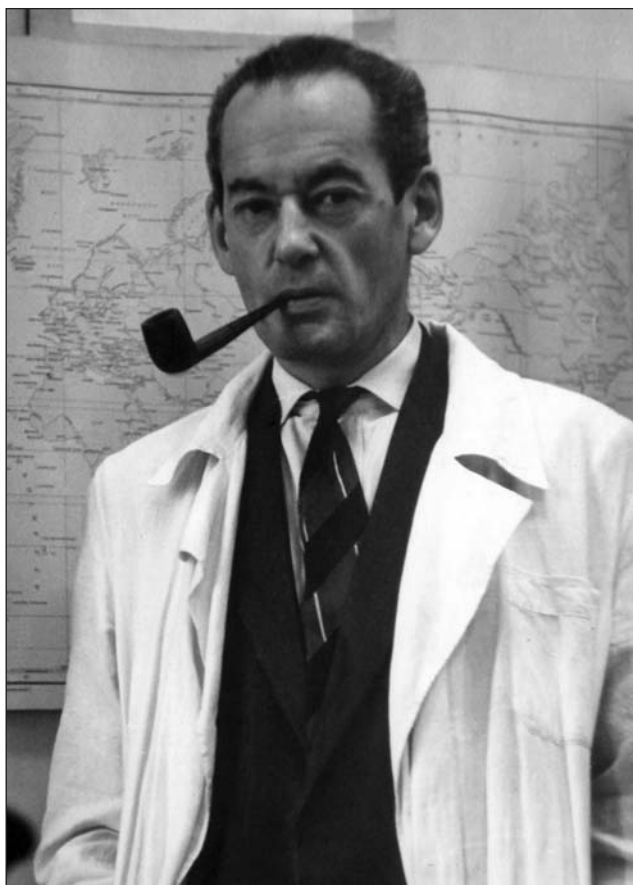
Так постепенно, благодаря кочевым культурам Степного пояса — этого, безусловно, спонтанно зарождавшегося моста между евразийским Востоком и Западом — рассеивался плотный мрак невежества об истинном устройстве мира нашего гигантского материка. Позднее, уже в начале 16-го столетия, португальцы откроют в Китае для европейцев совсем «Дальний Восток». Однако их приведет туда уже не сухопутный, а морской путь. Именно тогда и прозвучит старт Нового Времени и связанной с ним эпохи Великой Европейской колонизации всей планеты. Гигантские и отделившиеся в начале голоцена друг от друга континентальные анклавы снова начнут смыкаться, но не в связи с геологическими сдвигами, а благодаря обновленной человеческой активности. ■

## Литература

1. Zeichen des Goldenen Greifen. Königs Gräber der Scythen. München; Berlin; L., N.Y., 2008.
2. Chronik der Menschheit. Dortmund, 1984.
3. Груссе Р. Чингисхан: покоритель вселенной // Жизнь замечательных людей. М., 2007. Сер.1273.

# УЧЕНЫЙ, УЧИТЕЛЬ, ЧЕЛОВЕК

*К 100-летию Я.А.Бирштейна*



Яков Авадьевич Бирштейн.  
7.04.1911—8.07.1970.

7 апреля этого года исполнилось 100 лет со дня рождения Якова Авадьевича Бирштейна — выдающегося зоолога и не менее выдающегося университетского профессора (профессора с большой буквы). К сожалению, он умер, не дожив и до шестидесяти, но в памяти знавших Якова Авадьевича, он остается живым навсегда. Узкой специальностью Бирштейна была карцинология (изучение ракообразных), но гораздо более широкий круг его интересов охватывал многие проблемы зоологии и биологии в целом. Основные работы посвящены пещерной фауне (биоспелеологии), происхождению глубоководной фауны и зоогеографии. Как карцинолога-систематика его интересовали прежде всего равноногие ракообразные — представители отряда *Isopoda*. Это одна из древнейших групп беспозвоночных, существующая на Земле по крайней мере 300 млн лет, и насчитывающая более 5 тыс. ныне живущих видов. Авторитет Якова Авадьевича как специалиста был необычайно высок. Недаром в его честь названо 57 видов, а кроме того — пять новых родов разных беспозвоночных животных. Таким списком редко кто может похвастаться. Это знак особого признания его заслуг сообществом профессионалов. О том, как складывалась жизнь Якова Авадьевича, рассказывает биографический очерк его сына В.Я.Бирштейна, а А.М.Гиляров вспоминает о своем университетском учителе.



# Мой отец

В.Я.Бирштейн,  
доктор биологических наук  
Нью-Йорк (США)

Когда я закрываю глаза, я вижу нашу 16-метровую комнату в пятикомнатной коммунальной квартире в доме №15 по Смоленскому бульвару в Москве. Мне года четыре, я только что проснулся среди ночи. Напротив меня, за письменным столом, расположенным перед темным окном, лицом к окну и спиной ко мне, сидит мой папа и пишет или смотрит в микроскоп, который он принес из таинственного Университета. Когда отъезжает от микроскопа, что-то рисует на бумаге. Я знаю, что он рассматривает и рисует раков, которых очень много в природе и которых надо изучать и описывать. Все это очень необычно, папы всех моих сверстников заняты чем-то другим.

Почти каждый день к отцу приходили коллеги или студенты, чаще всего «дядя Юра» (Г.В.Лопашов, эмбриолог) — с ним папа дружил со студенческих лет, а во время войны по приказу Наркомата обороны они вместе изучали кавказские пещеры (их предполагали использовать для военных целей, как это делали немцы). С Л.Г.Виноградовым и другими исследователями Каспийского и дальневосточных морей папа обсуждал совместные статьи. Из Харькова приезжал Е.И.Лукин — милейший человек, хотя его специализация звучала грозно: специалист по пиявкам. Время от времени нас навещал В.С.Ивлев — известный ихтиолог и эколог. Я засыпал под разговоры о видах, Дарвине, эволюции, биогеографии, реликтах и движущихся материках (последнее особенно поражало мое воображение).

Была одна особенность, отличившая папу даже от его друзей и коллег, появившихся в нашей комнате, — папа постоянно курил трубку. Это была не вычурная трубка, а всегда прямая, по-английски элегантная, с чубуком и чашкой из какого-то специального дерева темно-коричневого цвета и черным мундштуком. Трубки покупали в комиссионном магазине на Арбате, или (позже) друзья привозили из командировок в Европу.

## Наш дом

Хотя наша семья жила в коммунальной квартире, я знал, что когда-то вся она была «нашей», да и с огромным домом №15 у меня были свои от-

ношения. Отец родился в 1911 г. в Киеве, где мой дед заведовал больницей Киевского благотворительного общества, находившейся у Золотых ворот. В 1914 г. семья переехала в Витебск, где дед возглавлял хирургическое отделение Витебской еврейской больницы. В марте 1917 г. его пригласили в Москву на должность главного врача Травматологического госпиталя, открывшегося в связи с Первой мировой войной\*.

В Москве семья Бирштейнов\*\* с двумя сыновьями, как и семьи других врачей госпиталя, поселилась в доме №53 (позже №15) по Смоленскому бульвару, в котором располагался комплекс огромного госпиталя с реабилитационными устройствами для раненых.

Где-то в 1920—1921 гг. моего дедушку «прикрепили» к ЦЕКУБУ (Центральная комиссия по улучшению быта ученых, занимавшаяся в основном распределением дополнительной продовольственной помощи интеллигенции), и по воскресеньям моя бабушка\*\*\* получила возможность приезжать в правительственный санаторий (наверное, в «Успенское»). Там мой отец получил первые уроки по зоологии и ботанике, а его наставником стал Н.И.Бухарин, который был не только политиком, экономистом, художником (по воспоминаниям его жены Анны Лариной, три живописных работы Николая Ивановича выставлялись в Третьяковской галерее в 1935—1936 гг.), но и прекрасным натуралистом.

\* К этому времени мой дед был довольно известным хирургом. Он родился в 1868 г. в Смоленске. После окончания медицинского факультета Императорского Московского университета работал земским врачом в Вязьме и Смоленске и стажировался в Берлине, Гейдельберге, Берне и Лозанне. Уже в 1897 г. дед опубликовал первые статьи по хирургии в журнале «Врач», а с 1899 г. он работал в больнице города Торжка, где стал одним из первых российских хирургов, оперировавших на желудке.

\*\* Фамилия Бирштейн происходит от названия немецкого города Birstein в земле Гессен (Hessen) в центре Германии, в котором находился замок князей von Isenburg-Birstein. Семья моего деда жила в Витебске и Смоленске.

\*\*\* Бабушка Софья Яковлевна Брук в 1904 г. окончила медицинский факультет университета Берна (Швейцария), а осенью 1906 г. ей пришлось пересдать экзамены в Императорском Новороссийском университете в Одессе, поскольку иностранные дипломы не признавались. Вскоре после свадьбы в 1907 г. она посетила Нью-Йорк по просьбе своего брата, Г.Брука (одного из лидеров сионистского движения в России и члена первой Государственной думы). Она, как общественный инспектор и врач, сопровождала группу евреев-эмигрантов, отплывавших из Гамбурга в США на пароходе «Moskwa».

Публикация подготовлена редакцией по фрагментам воспоминаний В.Я.Бирштейна.

Бирштейн В.Я., 2011



Семья Бирштейнов слева направо: мама Софья Яковлевна с маленьким Максом и Яков с папой Авადием Давидовичем (справа — ?).

После смерти деда бабушку с сыновьями переселили в меньшую квартиру №30 в том же доме. Там я появился в 1944 г., когда бабушку давно «уплотнили», отдав три ее комнаты другим людям.

Расположение дома на Смоленском бульваре между Арбатом и Пречистенкой позволило отцу пойти в 1919 г. в одну из самых лучших школ в Москве — бывшую Алферовскую гимназию в 7-м Ростовском переулке, тогда школу №11 им.Л.Н.Толстого. Чету Алферовых расстреляли в конце того же 1919 г. по обвинению в участии в контрреволюционном Национальном центре (это было первое дело, организованное ВЧК против интеллигенции; тогда же арестовали и выдающегося генетика Николая Константиновича Кольцова). Однако удивительный коллектив учителей школы оставался неизменным в течение нескольких последующих лет. Достаточно упомянуть, что русскую историю преподавал С.В.Бахрушин, ученик В.О.Ключевского. Однако такая ситуация оставалась не долго. Макс, младший брат отца, который учился в той же школе, уже не застал большей части алферовских учителей.

Наибольшее влияние на отца оказал преподаватель русской литературы (его фамилию я не помню). Под его руководством класс выпускал рукописный литературный журнал и делались серьез-

ные доклады. Из школы папа вынес любовь к литературе, особенно к поэзии. Разумеется, книги поэтов-классиков были и дома — роскошно иллюстрированные сочинения Пушкина, Шекспира и других авторов, изданные Брокгаузом и Ефронем до революции, знаменитое собрание сочинений Лермонтова под редакцией В.В.Каллаша и т.д. В результате отец помнил невероятное количество стихов — русских поэтов и переводов — и мог декламировать стихи часами. Когда я был совсем маленьким, по воскресеньям папа часто водил меня в зоопарк, по дороге декламируя стихи, в основном Киплинга.

Отец участвовал в школьном драматическом кружке, но особенно увлекся театром в студенческие годы. Рассказывал мне в деталях о постановках В.Мейерхольда, о котором в те годы вообще не принято было говорить. А уж на «Дракона» Е.Шварца, которого позже акимовский театр привозил из Ленинграда, мы ходили всей семьей.

Вообще учились в этой школе дети московской интеллигенции, и большинство папиных одноклассников сделали в последующем блестящие профессиональные карьеры: П.Н.Кропоткин, известный геолог и геофизик (его называли Князем), Н.А.Штрейс, тоже знаменитый геолог, изучавший строение морского дна и земной коры



На Каспии. Середина 30-х годов.

континентов, а также М.С.Зилов, известный в Москве актер и администратор Вахтанговского и потом Малого театров. Долгие годы часть отцовских одноклассников продолжали встречаться, но постепенно дружеские связи распались.

Современная французская живопись была еще одним увлечением отца. Когда я подросток, по воскресеньям мы часто ходили в Музей изобразительного искусства имени Пушкина смотреть немногочисленные выставленные в ту пору картины импрессионистов. Папа рассказывал об их становлении, о школе барбизонцев и о русских художниках начала XX в., на которых повлияла французская живопись. Официально это было запрещенное упадочное искусство, и картины этих художников в музеях не выставлялись.

### Университет, экспедиции на Каспий

В 1928 г. отец поступил на биологическое отделение физико-математического факультета МГУ. Про свои студенческие годы он почему-то рассказывал мало. Однако об университетских профессорах, зоологе М.А.Мензбуре и генетике Н.К.Кольцове, а также о протесте университетской профессуры против постановлений министра просвещения Л.А.Кассо в 1911 г. мне известно с раннего возраста.

В конце 1929 г. в Москве был образован Союз воинствующих безбожников (с 1947 г. общество «Знание»), и партийное руководство университета потребовало, чтобы все студенты вступили в этот союз. Однако на собрании физико-математического факультета сокурсник отца А.А.Ляпунов выступил с заявлением: согласно его математическим

подсчетам, в атмосферу Земли из Галактики поступает некое количество энергии, происхождение которой он объяснить не может, и, пока этот вопрос не прояснится, он не будет членом Союза. В результате Ляпунова и нескольких студентов, поддержавших его, исключили, а воздержавшихся (в их числе был и мой отец) предупредили.

В 1932 г., по окончании университета, отец стал сотрудником ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), где начал изучать фауну и кормовые запасы рыб Каспийского моря. Почти каждый год участвовал в экспедициях (или руководил ими). По рассказам отца, в экспедициях на Каспии участвовали не только шаланды рыболовецких колхозов, но и суда с командами из заключенных, в основном из Прорывлага\*, которые плавали под черными парусами. Среди них были и зоологи, арестованные в 1933 г. по делу Мурманской биологической станции (тогда на короткое время арестовывался Л.А.Зенкевич), и ихтиолог А.А.Клыков.

Собранные в 1934 г. гидробиологические, геологические, ихтиологические и зоологические данные позволили опровергнуть прежние представления о том, что северный Каспий зимой под влиянием впадающих рек Волги и Урала превращается в пресноводный водоем. Тогда же вышла совместная с Зенкевичем статья «О возможных мероприятиях к повышению продуктивности свойств Каспия и Арала». Она послужила началом длительных работ по акклиматизации круглого червя нереиса (*Nereis succinea*), обитающего в Азовском и Каспийском морях.

В 1935 г. отец взял в экспедицию лаборантами своего брата Макса и его друга акварелиста Владимира Тимирева. В свободное от работы время оба писали этюды. Второй раз они плавали в августе-сентябре 1937 г., и Тимирев вел подробный дневник, а в марте 1938 г. его арестовали как сына контр-адмирала и А.В.Сафоновой-Книпер, гражданской жены адмирала Александра Колчака.

В 1935 г. за цикл работ по систематике и зоогеографии пресноводных ракообразных отцу присудили ученую степень кандидата наук без защиты диссертации. Тогда же он впервые занялся изучением пещерной фауны. А со следующего года уже работал в МГУ — на кафедре гидробиологии, потом — зоологии беспозвоночных. На постоянную работу в МГУ перешел в 1938 г., хотя экспедиции на Каспии продолжались.

Комплексные исследования 1937–1938 гг. показали, что в этом море катастрофически сократилось количество бентоса. Это могло крайне отрицательно сказаться на запасах промысловых рыб, особенно осетровых, поэтому в 1939 г. отец с группой коллег провели первую пересадку нереисов из Азовского в Каспийское море. Работы эти продолжились в 1940 и 1941 гг., и всего перевезли более 64 тыс. червей.

\* Прорывлаг находился на берегу Каспия в безводном месте под названием Прорва, между устьями рек Эмбы и Урала.

Поздней весной 1941 г. отец вернулся с Каспия, больной брюшным тифом. А в мае его утвердили в звании доцента кафедры зоологии беспозвоночных биофака МГУ. Иллюстрацией близких дружеских отношений в то время с заведующим кафедрой Зенкевичем может служить то, что в 1940 г. отец шутливо назвал один из новооткрытых видов пещерных рачков «Зенкевичия восхитительная» (*Zenkevitchia admirabilis*).

### Трудные 1941—1949 годы

В один из первых дней войны мои родители отправились в ЗАГС оформить брак. Собственно, знакомы они были давно. Моя мама, Нонна Георгиевна Луппо, жила тоже на Смоленском бульваре, только на четной его стороне. Она училась на Пречистенке, и их школы общались.

В августе 1941 г., еще до знаменитой октябрьской паники в Москве, когда отдельные немецкие танки прорывались в район Химок, преподавателей и студентов МГУ эвакуировали в Ашхабад. В феврале 1942 г. маму призвали в армию как врача. Она заведовала отделением в госпитале для легкораненых на Юго-Западном фронте. К осени 1942 г. университет переехал в Свердловск, а к концу 1943 г. мама демобилизовалась и приехала к отцу. В то время он руководил отрядом Кавказской экспедиции АН СССР\*, выполняя особое задание Наркомата обороны и штабов Закавказского и Северо-Кавказского фронтов. В середине 1944 г. университет, а с ним и мои родители, вернулись в Москву. В том же году стало понятным, что переселение нерейсов прошло успешно. Рыбы активно питались этими червями — их обнаружили в желудках осетров.

Сразу после окончания войны отец начал работать над докторской диссертацией, чему помогало написание совместно с Зенкевичем и известным орнитологом Н.А.Бобринским книги «География животных» (1946). Диссертация «Реликты в пресных и солоноватых водах СССР» (отец защитил ее в апреле 1947 г.) фактически подводила итог изучению фауны Каспия, кавказских пещер и водоемов других районов, включая Байкал. Этот анализ позволил отцу сформулировать понятие «биологический реликт». Каждую главу диссертации предварял стихотворный эпиграф (в частности, из стихотворений Александра Блока). Академик Иван Иванович Шмальгаузен, тогда все еще заведующий кафедрой дарвинизма биофака МГУ, был главным оппонентом; он высоко оценил работу диссертанта.

Основные положения, изложенные в диссертации, отец включил в доклад, сделанный на Конференции по проблемам дарвинизма. Она была орга-

\* Официально она называлась Экспедицией особого назначения под руководством академика А.Е.Ферсмана, и материалы экспедиции имели гриф секретности.



На прогулке с сыном. Москва. 1947 г.

низована Шмальгаузенем в феврале 1948 г. как последняя попытка противостоять Т.Д.Лысенко и его идеологу И.И.Презенту перед августовской сессией ВАСХНИЛ — после нее и Шмальгаузен, и большинство других эволюционистов и генетиков были изгнаны из МГУ. К счастью, Высшая аттестационная комиссия (ВАК) быстро утвердила присуждение степени доктора биологических наук. После августа 1948 г. такое утверждение было бы немыслимым.

В 1947 г. отец опять читал лекции по зоологии беспозвоночных и гистологии с основами эмбриологии в Ярославском пединституте, который с 1949 г. стал основным местом его работы\*\*. Это случилось потому, что новый деканат биофака МГУ, руководимый Презентом, не простил отцу ни участия в конференции по эволюции, ни начавшейся войны с сотрудниками-лысенковцами также руководимой Презентом бывшей кафедры эволюции (или, как они сами ее называли, — «творческого дарвинизма»), и отцу грозило увольнение

\*\* В 1940 г. папа впервые прочитал курс зоологии беспозвоночных в Ярославском государственном педагогическом институте. Вряд ли он думал, что эти лекции станут началом его длительной работы там на кафедре зоологии, возглавлявшейся ихтиологом А.А.Кулеминым.

из МГУ. Зенкевич написал официальное письмо в защиту отца ректору МГУ академику А.Н.Несмеянову. Хотя про Несмеянова говорили, что он Несмеянов, письмо Зенкевича, по-видимому, возымело действие. В сентябре 1949 г. отца не уволили, а лишь перевели на полставки доцента МГУ (правда, на заочном отделении). Конечно, это была почти фиктивная должность, но она позволила отцу полностью вернуться на кафедру беспозвоночных МГУ в 1954 г.

Отец преподавал в Ярославском пединституте в должности профессора. Это было не просто чтение курсов лекций, но и руководство научной работой аспирантов, изучавших фауну, кормовые запасы и питание рыб Рыбинского и Горьковского водохранилищ. Все было связано с общей проблемой изменений Каспия и его фауны из-за зарегулированного стока Волги.

Отец ездил в Ярославль раза два в месяц. Для меня его поездки означали одно: приедут новые книги. Каждый раз он увозил с собой килограмма полтора-два сливочного масла, о существовании которого в Ярославле, как, впрочем, и в большинстве других провинциальных городов почти забыли. Масло предназначалось коллегам по пединституту и продавщице букинистического магазина, которая в обмен оставляла отцу интересные книги. Нормальная художественная литература в обычных книжных магазинах практически отсутствовала, полки были завалены партийными и пропагандистскими изданиями или опусами одобренных начальством мастеров соцреализма. Так что приехавший из Ярославля чемодан с букинистическими книгами был истинным богатством.

Уже потом, в хрущевскую «оттепель», т.е. с середины 1950-х годов, стали издаваться собрания сочинений. По воскресеньям отец иногда брал меня с собой на «книжный рынок». А позже стал выдавать мне небольшие деньги на собственные покупки. Постепенно все стены нашей комнаты заполнили полки с книгами, которые предназначались не только для семейного потребления. Когда вечером приходили студенты или аспиранты, то, закончив с научными проблемами, отец начинал разговор о литературе и поэзии. Если собеседник чего-то не знал, ему выдавалась книга на прочтение.

## Война за нереиса

Результаты возглавлявшихся отцом экспедиций на Каспии 1948 и 1949 гг. показали, что такие виды рыб, как русский осетр и севрюга, перешли на активное питание нереисом. Успех акклиматизации казался доказанным, и Министерство рыбной промышленности СССР представило коллектив авторов каспийского проекта на соискание Сталинской премии. Однако вместо получения премии отец, Зенкевич и прочие участники работы вступили в семилетнюю изнурительную борьбу

с Н.В.Лебедевым, профессором кафедры «творческого дарвинизма», написавшим отрицательный отзыв на поданную заявку.

В 1949 г. на заседании Технического совета Министерства рыбной промышленности и Ихтиологической комиссии при биологическом отделении АН СССР Лебедев пошел в атаку. Он утверждал, что интродукция нереиса принесла тяжелый вред для продуктивных качеств Каспийского моря и рыбного промысла. А в декабре 1950 г. Лебедев повторил атаку на акклиматизацию нереиса на расширенном ученом совете биофака.

В январе 1951 г. в войне за нереиса был взят некоторый реванш: на расширенном ученом совете Института рыбного хозяйства заслушали доклады о результатах последних каспийских экспедиций, а на следующий год Московское общество испытателей природы (МОИП), постепенно становившееся в Москве лидером в борьбе против лысенкоистов, выпустило сборник статей об акклиматизации нереиса. Два года спустя, в 1954 г., отец получил первую премию МОИП как автор статей в этом сборнике.

Несмотря на все перипетии, в том же 1951 г. отец издал монографию об одной из его любимых групп ракообразных — пресноводных осликах *Asellota* (впоследствии ее перевели на английский язык). Через год в зоологической серии «Докладов АН СССР» вышла работа, написанная с дальневосточным коллегой, В.Я.Леонидовым о находке первого водяного ослика *Asellus dentifer* [= *Sibirasellus*] подземных вод бассейна р.Уссури. Много позже, в 1976 г., один из коллег отца, В.Я.Леванидов, назвал в память о нем один из видов водяных осликов — *Asellus birsteini*.

Также в 1951 г. была опубликована вместе с Л.Г.Виноградовым важная работа по дальневосточным ракообразным. А в 1952 г. знаменитый ленинградский зоолог А.В.Иванов — открыватель типа беспозвоночных животных погонофоры — в качестве высокой оценки работ отца на Дальнем Востоке дал имя *Birsteinia* (вид *B.vitjasi*) одному из новых родов дальневосточных погонофор.

К 1 сентября 1953 г. МГУ переехал в комплекс новых зданий на Ленинских горах. Через год отец полностью вернулся в университет, его избрали доцентом, а через два месяца он стал профессором кафедры зоологии беспозвоночных. В середине 1950-х годов ему предлагали перебраться в Новосибирск, обещая место члена-корреспондента в Сибирском отделении АН СССР. Но он отказался — считал себя москвичом и старожилом МГУ; как-никак, а мой дед учился в МГУ еще в 1887—1891 гг. В Ярославле отец оставался на полставки профессора до 1959 г.

В 1954 г. работу по нереису снова выдвинули на соискание Сталинской премии, а в 1955-м состоялась решающая битва с Лебедевым. К расследованию ситуации подключились журналисты очень влиятельной тогда «Литературной газеты»,

и в результате 29 января 1955 г. в ней появилась статья известного писателя Вениамина Каверина «О честности в науке»\*. Описав историю фальсификаций Лебедева, Каверин заключил, что для советского ученого недопустимо сознательное извращение фактов. Обсуждение вышло за рамки сугубо научных заседаний.

Отец и Зенкевич обратились с письмом в Отдел науки ЦК КПСС — высшую в стране инстанцию, решавшую судьбы науки, — чтобы отстоять свою правоту. Ответа на письмо не последовало. Видимо, партийное начальство не хотело принимать сторону двух беспартийных ученых, описывавших фальсификации члена партии.

Точка в истории с нерейсом была поставлена отцом в статье, опубликованной в «Бюллетене МОИП» в 1956 г.: детальный разбор методов, применявшихся Лебедевым в течение ряда лет, показал полную несостоятельность его выводов. В частных разговорах и в лекциях отец не скрывал, что подоплекой всей борьбы за нерейса было желание Лебедева быть в числе лиц, представленных на соискание Сталинской премии, в чем Зенкевич и отец ему отказали, так как он не участвовал в их работе по переселению нерейса.

Повторное исследование бентоса Каспийского моря в 1986—1987 гг. и сравнение его состава с таковым в 1930—1970-х годах подтвердили положительное влияние нерейса на экосистему Каспия.

В те же годы отец участвовал и в других формах противостояния «творческому дарвинизму». Летом 1955 г., когда мы были на Рижском взморье (родители снимали там дачу в течение нескольких лет), неожиданно нагрянул Р.Б.Хесин. Он ехал на своей машине из Каунаса, где работал в медицинском институте после того, как в 1948 г. его уволили с кафедры генетики МГУ, а потом и из Института медицинской химии. Отец знал Хесина с детства (он тоже был сыном крупного московского хирурга), но тот был намного моложе отца, да и вообще они были людьми разного склада. Только спустя много лет, увидев подписи обоих под коллективным письмом 300 биологов против монополии Лысенко и лысенковщины в биологии, направленном в Президиум ЦК КПСС в 1955 г., я догадался, что Хесин приезжал за папиной подписью под этим письмом. Их подписи стоят одна за другой.

А в Москве отец стал брать меня с собой к Цалкиным. Веньямин Иосифович был зоологом позвоночных, выгнанным из МГУ после августовской сессии ВАСХНИЛ. Ему помогло то, что с 1946 г. он также работал в Институте археологии АН СССР, где с 1950 г. заведовал кабинетом палеозоологии. Там у него была возможность изучать эволюцию домашних животных, используя костный материал, найденный при археологических раскопках. Жена Цалкина, Н.Ю.Соколова, была сотрудницей

\* Позднее этот материал, опубликованный в вольной обработке, послужил Каверину для написания романа «Двойной портрет» (М., 1967).

папиной кафедры. Веньямин Иосифович был лыс и сухощав, с очень внимательными глазами. Папа отправлялся с ним в кабинет. Как я потом понял, они обсуждали статьи, присланные в редакцию «Бюллетеня МОИП» для публикации (Цалкин был там многолетним заместителем главного редактора), и разрабатывали стратегические планы действий против лысенковцев. В то время «Бюллетень» (наряду с «Ботаническим журналом») осмеливался печатать антилысенковские статьи.

## На «Витязе»

Комплексное изучение Курило-Камчатского глубоководного желоба (расположен в Тихом океане вдоль Курильских о-вов) началось в 1949 г., когда Институт океанологии АН СССР получил научно-исследовательское судно «Витязь» (переоборудованное и переименованное немецкое трофейное судно «Марс»). Биологические исследования проводили сотрудники лаборатории бентоса Института океанологии (почти все — выпускники кафедры зоологии беспозвоночных) при участии моего отца и при общем руководстве Зенкевича.

Отец впервые оказался на «Витязе» в 1949 г. в одном из первых экспериментальных рейсов в Охотское море, которым руководил Зенкевич. В экспедиции же 1953 г. изучали фауну желоба до рекордной глубины 9,5 км. Обработка собранных материалов позволила заключить, что на глубинах более 6 км обитает обособленная, но чрезвычайно разнообразная донная фауна. После долгих размышлений и обсуждений отец, Зенкевич и Г.М.Беляев предложили термин «ультраабиссальная зона» для глубин в океанических впадинах ниже 6 км (зона от 2 до 6 км называется абиссальной), а фауну в этой зоне стали называть ультраабиссальной. В 1954 г. за изучение фауны Курило-Камчатской впадины отец и Зенкевич получили вторую премию им.М.В.Ломоносова, а на следующий год вышел 12-й том трудов Института океанологии с детальным описанием результатов этой работы.

Участие в длительной экспедиции по Тихому океану на «Витязе» (1957) принесло отцу массу впечатлений. Если не ошибаюсь, тогда «Витязь» заходил в порт на острове Новая Британия. Впервые отец побывал за границей, да еще где — рядом с Новой Гвинеей и Соломоновыми о-вами! Познакомился с местной дамой-этнографом, которая рассказывала о небезопасности экспедиции к племенам, жившим во внутренней части острова, поскольку они, как и во времена капитана Кука, оставались людоедами. Этнограф подарила отцу музыкальный инструмент аборигенов — трещотку, сделанную из куска ствола бамбука и украшенную рисунком. Ихтиологу Н.В.Парину достался лук со стрелами. В благодарность отец из Москвы отослал в Новую Британию монографию о Меланезии, выпущенную Институтом этнографии.



Впервые на «Витязе» с Л.А.Зенкевичем. 1949 г.

В том же рейсе отцу удалось ненадолго посетить Киото — древнюю столицу Японии. В память этого совместного плавания Зенкевич в 1958 г. назвал новый вид морского червя эхиуры *Jacobia birsteini*. Недавно описан второй вид этого рода, *J.edmondsi*. После этого последовали другие экспедиции отца, в 1961 г. — на борту исследовательского судна «Обь».

Одним из значительных результатов экспедиций на «Витязе» стала схема вертикальной биологической зональности океана, предложенная



С Г.М.Беляевым. 1957 г.

в 1959 г. Беляевым, отцом, Зенкевичем, их учениками М.Е. и Н.Г.Виноградовыми, а также В.Г.Богоровым и опубликованная в том же году в «Докладах АН СССР».

Относительно возраста глубоководной фауны возникла полемика с американским коллегой Р.Мензисом. Он предложил гипотезу о сравнительно молодом происхождении абиссальной фауны по отношению к мелководной батимальной (от 200 до 3000 м), а отец и Зенкевич считали, что архаичных примитивных форм в абиссальной фауне больше, чем в батимальной, а это свидетельствует о большей древности абиссальной фауны. Мензис ответил не только более детальной публикацией своей гипотезы, но и, как бы в оправдание, назвал два новых вида в честь отца: *Mirabilicoxa birsteini* и *Vanboeffenura (Storbyngura) birsteini*.

Исследование современных ракообразных отец дополнял изучением палеонтологического материала, что позволяло взглянуть на эволюцию этой группы в рамках геологического времени. В 1963 г. вышла его монография «Глубоководные равноногие ракообразные (Crustacea, Isopoda) северо-западной части Тихого океана». Помимо описания новых видов (в частности, появился рачок *Macrostylis zenkevitchi*, названный в честь Зенкевича) и обобщения таксономии всей этой группы в ней обсуждались вопросы древнего происхождения и распределения глубоководной фауны в целом. Судя по обзорам современных исследователей равноногих раков, ныне признается, что некоторые группы этих раков возникли в юрский период, 200—145 млн лет назад, от пресноводных предков и в разных впадинах соотношение молодых и древних форм, видимо, различается. В 1966 г. отец и Зенкевич проводили донные траления на глубине от 6 до 9,5 км в своем последнем рейсе на «Витязе». Результаты суммированы в сборнике «Фауна Курило-Камчатского желоба и условия ее существования» (1970), где четыре статьи написаны отцом. Его последние три работы по глубоководной фауне увидели свет в 1971 г., когда отца уже не стало. В одной из них он сформулировал основные идеи многолетних размышлений об эволюции глубоководной (абиссальной) фауны\*.

### Пещерные экспедиции

В конце июля 1959 г. мы всей семьей отправились в пещерную Абхазию. Экспедицию возглавлял Н.И.Соловьев из Геологического института АН СССР. К пещерам нас доставлял грузовик ГАЗ-63. Отец научил меня ловить сачком водных жителей и собирать насекомых на стенах. Великих открытий не произошло. В пещере в Новом Афоне нам удалось добраться до подземного озера и по нему проехать на надувной резиновой лодке до стены,

\* Эта статья вышла в книге «История Мирового океана» под редакцией Л.А.Зенкевича.

уходившей в воду. Дальше следовал «сифон» — узкий подводный проход, войти в который мы не смогли, поскольку аквалангов у экспедиции не было. Спустя два года местные спелеологи с соответствующим оборудованием установили, что мы были у порога одной из крупнейших пещер мира.

На следующий год я с отцом поехал в Крым, где мы примкнули к комплексной карстовой экспедиции АН УССР, которой руководил специалист по карсту Б.Н.Иванов. Нас зачислили в шахтный отряд, которым командовал молодой тогда геолог В.Н.Дублянский из Института минеральных ресурсов (г.Симферополь). В состав отряда входили профессиональные геологи и группа спортсменов-спелеологов из Симферополя и Москвы, возглавляемая сотрудником московского Института кристаллографии АН СССР В.Илюхиным. В тот год изучались карстовые колодцы-шахты и пещеры на яйле (старое татарское название для выпаса овечьих стад летом) Ай-Петри. Обследование велось серьезно, с детальной топографической съемкой и геологическими и гидрогеологическими описаниями.

От гряды пиков в глубь Крыма на север простирается яйла Ай-Петри — известняковое плато, летом выжженное и раскаленное нещадно палящим солнцем и изрытое карстовыми воронками. Дно многих воронок заканчивается естественными колодцами, часто ведущими в пещеры. В некоторых воронках вход в пещеру большой, и снег в них сохраняется все лето. Так что, немного спустившись в воронку и все еще находясь на палящем солнце, в глубине входа в пещеру можно видеть снег и даже замерзший ледяной водопад (пещера «Трехглазка»). Время от времени на яйле дует такой сильный ветер, что передвигаться можно, только согнувшись под 90 градусов.

Наш палаточный лагерь располагался в одной из больших воронок. Добирались до него или на экспедиционном грузовике из Мисхора по серпантинной дороге, или карабаясь вверх по очень крутой тропе. Воды в лагере и выжженных солнцем окрестностях не было, ее привозили в бочках на газике-69 из горной речки, находившейся в нескольких километрах к северу от лагеря. Самодельные лестницы для спуска и подъема в шахты были довольно примитивны: два электрических кабеля, к которым изоляционной лентой крепились узкие деревянные дощечки-ступеньки, но имелись гидрокостюмы и два акваланга и даже удостоверение пловца-подводника у Дублянского. Так что на этот раз подводные «сифоны» не стали помехой.

Утром шахтный отряд, включая отца и меня, уезжал на грузовике в поле, к определенной шахте. Конечно, отца оберегали от спуска в наиболее сложные по доступности колодцы и пещеры, и тогда мне приходилось ловить живность одному. В других случаях пещерных троглобионтов мы ловили вместе. Наши усилия закончились успехом: среди подземных рачков оказался новый вид



В своей последней пещерной экспедиции. Крым. 1960 г.

из Скельской пещеры, который папа назвал в мою честь: *Niphargus vadimii*.

Описание новых пещерных видов не было самоцелью, поскольку отца интересовало, какие зоогеографические выводы можно будет сделать из пойманных уже описанных и новых видов. Вот цитата из последнего опубликованного обзора отца, которая объясняет, для чего мы ездили в экспедиции в Крым и на Кавказ и как отец интерпретировал результаты сборов:

*Подземная фауна Закавказья гораздо богаче крымской и более тесно связана с балканской — настолько, что в ней присутствуют несколько видов, идентичных балканским... Степень эндемизма крымской фауны гораздо выше... Другими словами, связи Крыма и Закавказья с Балканским полуостровом были независимы друг от друга и, возможно, осуществлялись в разные [геологические] эпохи...*

*Фауна морского происхождения, столь характерная для подземных вод Средней Азии, представляет собой гораздо большую проблему... Виды пещеры Каптар-Хана [в Таджикистане] не могут считаться реликтами третичного моря. Следует предположить либо их распространение подземными водами, либо считать их реликтами гораздо более древних морей\*.*

\* Обзор был опубликован на французском языке: Birstein J.A. Caractéristique zoogéographique de la faune souterraine de l'Union Soviétique // Livre du centenaire Emile G.Racovitz. Bucarest, 1970. P.211—221. Перевод О.И.Чибисовой.



## Таблица

## Роды и виды животных, названные в честь Я.А.Бирштейна

№	Латинское название	Группа животных
<b>I</b>	<b>Роды</b>	
1	<i>Birsteinia</i> Ivanov, 1952 [ <i>B. vitjasi</i> Ivanov, 1952]	Погонофоры (морские животные)
2	<i>Birsteiniamysis</i> Chindonova, 1981 [ <i>B. inermis ochotskii</i> Chindonova 1981 <i>B. scyrbops</i> ]	Ракообразные
3	<i>Birsteinotrechus</i> Ljovuschkin, 1972 [ <i>B. ciscaucasiensis</i> Ljovuschkin, 1972]	Насекомые (жуки)
4	Subfamily BIRSTEINIOLLINAE Mikhalevich & Kaminski, 2008 <i>Birsteiniolla</i> Mayer 1974 [ <i>B. macrostoma</i> Yankovskaya & Mikhalevich, 1972]	Фораминиферы
5	<i>Jacobia</i> Zenkevich, 1958 [ <i>J. birsteini</i> Zenkevitch, 1958 <i>J. edmondsi</i> Murina 2008]	Эхиуры (морские черви)
<b>II</b>	<b>Морские и пресноводные виды</b>	
1	<i>Acanthoscina birsteini</i> Vinogradov, 1976	Рачок
2	<i>Anatanais birsteini</i> Kudinova-Pasternak, 1970	Рачок
3	<i>Armatognathia birsteini</i> Kudinova-Pasternak, 1987	Рачок
4	<i>Asellus birsteini</i> Levanidov, 1976	Рак
5	<i>Azygocyprinidina birsteini</i> Rudjakov, 1961	Рачок
6	<i>Bacescomysis birsteini</i> Bacescu, 1971	Рачок
7	<i>Caecianiopsis birsteini</i> Kussakin, 1971	Рачок
8	<i>Carinocuma birsteini</i> Mordukhai-Boltovskoi & Romanova, 1973	Рачок
9	<i>Crybelocephalus birsteini</i> Thurston, 1976	Рачок
10	<i>Cylisticus birsteini</i> Borutzkii, 1961	Рачок
11	<i>Desertoniscus birsteini</i> Borutzkii, 1945	Рачок
12	<i>Dorogostaiskia (Spinacanthus) birsteini</i> Bazikalova, 1948	Рачок
13	<i>Enhydrosoma birsteini</i> Borutsky, 1971	Рачок
14	<i>Gammarus birstein</i> Karaman & Pinkster, 1977	Рачок
15	<i>Herpotanais birsteini</i> Kudinova-Pasternak, 1973	Рачок
16	<i>Ischnomesus birsteini</i> Wolff, 1962	Рачок
17	<i>Kollerua birsteini</i> Borutzki, 1971	Рачок
18	<i>Leptognathia birsteini</i> Kudinova-Pasternak, 1965	Рачок
19	<i>Mackinia birsteini</i> Henry & Magniez, 1991	Рачок
20	<i>Macrostylis birsteini</i> Mezhev, 1993	Рачок
21	<i>Meroscalpellum birsteini</i> Zevina, 1973	Рачок

## Последние годы

В 1962 г. наше семейство наконец-то пересехало из коммунальной в отдельную трехкомнатную квартиру на восьмом этаже в доме кооператива членов Дома ученых. Этого события родители ждали долго. Каждый из нас получил по небольшой комнате. Разумеется, письменный стол, книжный шкаф и лампа моего деда поселились в кабинете отца, там же новые книжные полки заняли две стены. С балкона маминой комнаты была видна бывшая Алферовская гимназия. Пожалуй, последнее, что я помнил о старой квартире, — то, как родители «показали» мне чарльстон. Как-то я, посмотрев старый фильм, спросил родителей, танцевали ли они в молодости чарльстон. Родители переглянулись, вышли со мной в переднюю нашей коммунальной квартиры, убедились, что соседи находятся в своих комнатах, и, напевая себе, продемонстрировали мне. Не знаю, что подумали бы студенты, увидев зажи-

гательный танец их профессора в коридоре коммунальной квартиры!

В университете они знали отца как прекрасного лектора, руководителя практикумов дипломников и аспирантов. Помимо курса общей зоологии беспозвоночных (для студентов вечернего отделения) он также читал спецкурсы по зоогеографии морских и пресноводных вод и хозяйственному значению водных беспозвоночных. К величайшему сожалению, ни планы лекций, ни конспекты не сохранились.

Если не было экспедиции, в конце мая — начале июня отец уезжал на две-три недели в Чашниково (Солнечногорский р-н Московской обл.) на летнюю практику первокурсников. Студенты жили в условиях, близких к полевым, — в армейских палатках на 10 человек, а отец обучал их азам зоологии беспозвоночных — как ловить насекомых и водных обитателей и определять виды, используя специальные зоологические книги-определители. В Чашникове он неизменно ходил в амери-

№	Латинское название	Группа животных
22	<i>Mirabilicoxa birsteini</i> Menzies, 1962	Рачок
23	<i>Nephropides birsteini</i> Zarenkov & Semenov, 1972	Рачок
24	<i>Oratosquilla birsteini</i> Makarov, 1971	Рачок
25	<i>Paralomis birsteini</i> Macpherson, 1988	Антарктический краб
26	<i>Proscina birsteini</i> Vinogradov, 1956	Рачок
27	<i>Protanais birstein</i> Kudinova-Pasternak, 1970	Рачок
28	<i>Pseudocrangonyx birsteini</i> Labay, 1999	Рачок
29	<i>Synidotea birsteini</i> Kussakin, 1971	Рачок е
30	<i>Tanais birsteini</i> Kudinova-Pasternak, 1970	Рачок
31	<i>Taracus birsteini</i> Ljovuschkin, 1971	Рачок
32	<i>Thymops birsteini</i> Zarenkov & Semenov, 1972	Патагонский омар
33	<i>Vanboeffenura (Storhyngura) birsteini</i> Menzies, 1962	Рачок
34	<i>Ascorhynchus birsteini</i> Turpaeva, 1971	Пантопода (морской паук)
35	<i>Heteronymphon birsteini</i> Turpaeva, 1956	Пантопода (морской паук)
36	<i>Eisenia birsteini</i> Malevics, 1947	Кольчатый червь
37	<i>Paranais birsteini</i> Sokolovskaya, 1971	Кольчатый червь
38	<i>Jacobia birsteini</i> Zenkevitch, 1958	Эхиура (морской червь)
39	<i>Golfingia birsteini</i> Murina, 1971	Сипункулида (морской червь)
40	<i>Elpidia birsteini</i> Belyaev, 1975	Голотурия
41	<i>Lycencbelys birsteini</i> Andriashev, 1958	Рыба
<b>III</b>	<b>Пещерные виды</b>	
42	<i>Anopogammarus birsteini</i> Derzhavin, 1945	Рачок
43	<i>Bryocamptus (Rbeocamptus) birsteini</i> Borutzky, 1940	Рачок
44	<i>Elaphoidella birsteini</i> Borutzky 1948	Рачок
45	<i>Ligidium birsteini</i> Borutzkii, 1950	Рачок
46	<i>Niphargus birsteini</i> Dedyu, 1963	Рачок
47	<i>Speodiaptomus birsteini</i> Borutzky, 1962	Рачок
48	<i>Harpolithobius birsteini</i> Zalesskaya, 1972	Многоножка
49	<i>Jeannelius birsteini</i> Ljovuschkin, 1965	Насекомое (жук)
50	<i>Plutomurus birsteini</i> Djanashvili & Barjadze, 2011	Насекомое (ногохвостка)
51	<i>Pseudacherontides birsteini</i> Djanaschvili, 1971	Насекомое (ногохвостка)
52	<i>Carpathonesticus (Nesticus) birsteini</i> Charitonov, 1947	Паук
53	<i>Troglohyphantes birsteini</i> Charitonov, 1947	Паук
54	<i>Nemaspela birsteini</i> Ljovuschkin, 1972	Паук-сенокосец
55	<i>Neobisium (Blotbrus) birsteini</i> Lapschoff, 1940	Псевдоскорпион
56	<i>Roncus birsteini</i> Krumpal, 1986	Псевдоскорпион
57	<i>Oxychilus birsteini</i> Tzvetkov, 1940	Моллюск

канских высоких зашнурованных бутсах, полученных еще во время войны из поставок США по лендлизу. С годами подошва совсем изнасилась, но ботсы чинились и обязательно уезжали на практику.

Каждый год примерно с февраля начинались хлопоты отца по трудоустройству окончивших кафедру. Он обзванивал всех мыслимых коллег и выяснял, какие специалисты и где требовались. Такую же заботу отец проявлял об аспирантах, у которых заканчивалась аспирантура. Выпускник кафедры В.Гагарин сказал об отце: «Его боготворили все студенты нашего курса. Он был не только превосходным педагогом, но и замечательным человеком. Человеком с большой буквы».

Просматривая список научных работ отца (примерно 160 статей и книг), я не устаю удивляться, как много он успел. Считается, что он описал 100 новых видов. А ведь еще были многочисленные статьи, написанные для «Большой совет-

ской энциклопедии», популярных изданий, радиопередач. Большинство своих работ он прочитывал вслух маме. Видимо, так ему было легче редактировать текст.

В течение многих лет отец был членом редакций международных журналов — «Crustaceana» по ракообразным и спелеологического «Journal of Speleology». С поездками же за границу было туго. Кроме упомянутых заходов в заграничные порты на «Витязе» весной 1965 г. он провел три недели в Индии, куда его пригласили с лекциями в несколько университетов. Из поездки вернулся переполненный впечатлениями. В сентябре того же года участвовал в 4-м Международном спелеологическом конгрессе в Югославии. Конечно, было интересно повидать Дубровник и другие живописные места Югославии, знаменитой своими пещерами. Но ни Францию, ни другие европейские страны, несмотря на многолетнюю переписку с французскими биоспелеологами и их приглашения, папа так и не увидел.

\* \* \*

Отец всегда с подозрением относился к числу 13, объясняя, что это — старая морская привычка. 13 мая 1970 г. он попал в клинику 1-го Медицинского института на Пироговке, откуда домой уже не вернулся. Врачи не сразу распознали у него рак. Я почти неотлучно находился рядом с ним, мама тайком делала инъекции морфия, потому что папа лежал в общей палате. В отдельную палату его перевели, когда он был уже без сознания.

Папы не стало рано утром 8 июля. Гражданская панихида проходила в Зоомузее, но я ее не помню — провал в памяти. За четыре месяца до этого, 10 марта, скончался В.И.Цалкин, а 20 июня — Л.А.Зенкевич. Места на кладбище у нас не было. Могила моего деда давно исчезла вместе с самим еврейским Дорогомиловским кладбищем. Начались унизительные хождения по разным инстанциям; помогал Зилов, привыкший профессионально разговаривать с чиновниками. Наконец мы получили разрешение похоронить урну с прахом на Введенском (Немецком) кладбище.

На следующий, 1971 г., Спелеологический совет Грузинской академии наук организовал трехдневную конференцию в Тбилиси, посвященную памяти моего отца. А еще через год уже биологопочвенный факультет и МОИП провели аналогичное заседание. Следующее совместное заседание МОИП, факультета и Института океанологии в честь 70-летия отца прошло в 1981 г. Спустя четыре года благодаря МОИП вышел сборник ос-

новных статей отца под названием «Генезис пресноводной, пещерной и глубоководной фауны».

Однако истинным научным признанием отца можно считать новые роды и виды животных, названные его именем. В списке, который мне удалось составить по литературным данным (см. табл.), присутствуют пять родов и 57 видов — думаю, немногие биологи удостоились такой чести. При жизни отца его именем называли в основном представителей пресноводной фауны. В 1970—1977 гг. 22 вида приобрели название *birsteini*, причем большинство из них были морскими обитателями (в том числе патагонский омар *Thymops birsteini*), и описывали эти виды как отечественные, так и зарубежные зоологи. Названия двух родов, *Birsteiniotrechus* (пещерные жуки) и *Birsteiniolla* (фораминиферы), вошли в научный оборот вскоре после смерти отца, а название *Birsteiniamysis* (глубоководные рачки-мизиды) появилось в 1981 г. в память о 70-летию со дня рождения отца. Пять видов, включая антарктического краба *Paralomis birsteini*, были описаны в 1980—1990-х годах.

В апреле 2011 г., к столетию отца, грузинские спелеозологи Реваз Джанашвили и Шалва Баржадзе опубликовали описание нового вида пещерного насекомого — ногохвостки *Plutomurus birsteini*. Библиотека биофака МГУ открыла небольшую выставку о научной деятельности отца, приуроченную к его 100-летию. Я искренне признателен как грузинским зоологам, так и сотрудникам библиотеки биофака МГУ за память об отце. ■

## Общение с ним было счастьем

А.М.Гиляров,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Биофак МГУ, 1965 год, комната большого практикума на кафедре зоологии беспозвоночных. Столы для студентов образуют два ряда: один вдоль окон, другой — параллельно ему, посередине комнаты. К центральному ряду справа, как перекладина у буквы Т, приставлен стол для преподавателя. На нем раскрытые книги и оттиски статей. Курс лекций по зоогеографии читает Яков Авадьеви Бирштейн. Он в белоснежном халате (тогда так было принято), стройный, поджарый, с точеными чертами лица. Во время лекции порой присаживается на краешек стола, как-то хитро закручивая одну ногу вокруг другой. Хорошо помню

эту его позу, казалось бы неудобную, но для него очень характерную. Ближе к перерыву откуда-то извлекаются трубка, кисет, и круглая коробочка с табаком. Продолжая рассказывать, Яков Авадьеви начинает совершать непонятные для непосвященных манипуляции с трубкой. Орудует какими-то железками, наполняет трубку табаком, утрямбовывает его, готовит все к тому, чтобы ее раскурить. Мы, в свою очередь, как завороженные, наблюдаем за всеми этими движениями, продолжая, однако, внимательно слушать.

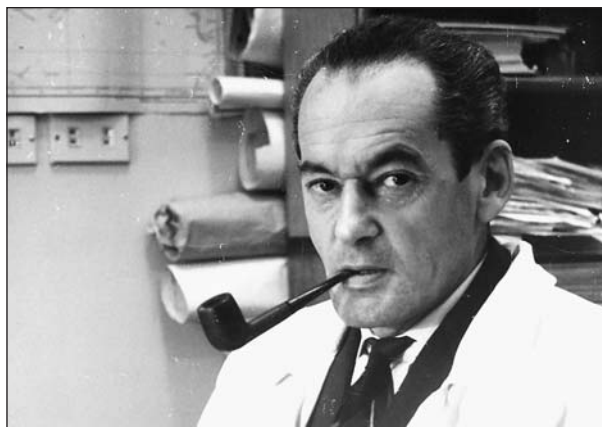
Того, что нам рассказывает Яков Авадьеви, нет ни в каких учебниках, есть только у него в голове, ну и отчасти, видимо, в множестве статей и книг, прочитанных им на разных языках. Будучи студен-

тами 5-го курса, мы это уже прекрасно понимаем и стараемся не пропустить ни слова. Кто-то стремится все записать, кто-то целиком отдается слушанию. Но равнодушных нет — все рассказываемое Бирштейном почему-то всегда интересно. Сразу замечу, что таких по-настоящему оригинальных, или, правильнее сказать, «авторских», курсов, за все время обучения на биофаке (1960—1965) у нас почти и не было. Из общих дисциплин, пожалуй, только курс цитологии, прочитанный Г.И.Роскиным. Из кафедральных спецкурсов — два курса Бирштейна (помимо «Зоогеографии» еще «Хозяйственное значение беспозвоночных») и небольшой цикл лекций по экологической физиологии (его читал специально приехавший из Минска Г.Г.Винберг\*). Остальное как фон. Впрочем, может быть, я был слишком нерадивым студентом и что-то важное пропустил. Но даже при всей моей нерадивости, приправленной изрядным скептицизмом, отношением к лекциям Бирштейна было у меня совершенно особым. Его лекции воспринимались как нечто, выпадающее из привычного ряда университетских занятий.

Лекторская манера Якова Авадьевича была предельно простой, напрочь лишенной пафоса, театральности или каких-либо традиционных ораторских приемов. Да ему это и не нужно. Его слушают и так, потому что за простотой формы кроется нечто глубокое, таящее в себе неизвестное и потому не столь уж простое. Иногда Яков Авадьевич по ходу лекции задавал вопросы, на которые не было ответа, и это обстоятельство специально им подчеркивалось. Например, в курсе зоогеографии он рассказывал о работах Л.С.Берга по эволюции рыб и других позвоночных животных, а из них следовало, что для эволюции не хватает времени. Не хватает, если допустить, что эволюция шла с постоянной скоростью — такой же, как в течение последних 500 млн лет, для которых у нас есть палеонтологическая летопись.

Не помню, чтобы в каких-то еще лекционных курсах ставились вопросы, не имеющие ответов. Почти всегда основы той или иной дисциплины излагались как некий набор фактов и правил, не подлежащих сомнению, как нечто незыблемое, что надо запомнить, донести до экзамена, а потом забыть навсегда. Но у Якова Авадьевича все было не так. Курс «Хозяйственное значение водных беспозвоночных», казалось бы, одним названием своим сулил нечто занудное. Однако прочитанный Бирштейном он оказывался глубоким, интересным и даже скорее фундаментальным, чем прикладным. Фактически это был курс количественной экологии, и именно из него мы впервые узнали имя В.С.Ивлева, одного из крупнейших (как я понял много лет спустя) наших экологов, к сожалению, почти неизвестного широкой публике. Яков Авадьевич был близко знаком с Ивлевым и работы его очень ценил. Он рассказывал

\* Подробнее см.: *Гиляров А.М.* Феномен Винберга // Природа. 2005. №12. С.47—60.



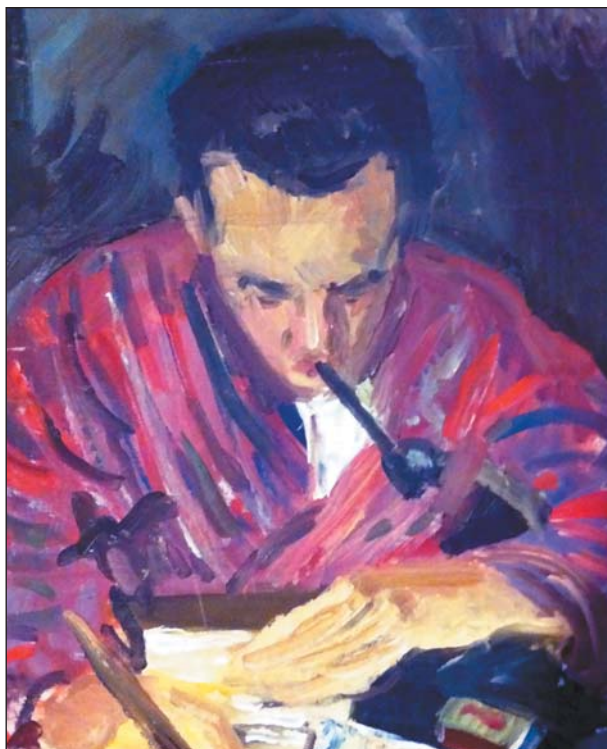
Наш любимый преподаватель. Биофак. 1965 г.

нам о количественных характеристиках рациона животных, об индексе избирательности питания, о разных типах конкуренции. Помимо Ивлева нередко упоминался А.А.Шорыгин, чьи взгляды на принципы устройства сообществ водных организмов явно опережали свое время.

Во всяких разговорах «за науку» Яков Авадьевич никогда не боялся признать, что чего-нибудь не знает или не понимает.

«А черт его знает, почему так!» — такое от него можно было услышать весьма часто. Черта вообще любил поминать. Об этом совершенно справедливо было написано даже в какой-то статье, посвященной памяти Якова Авадьевича.

Говоря о том, что лекции Бирштейна были лишены театральности, я несколько лукавлю. Театральности как некой специальной формы поведения, направленной на привлечение внимания публики, не было, а вот природный артистизм был, да еще какой! Сейчас я понимаю, что Яков Авадьевич был чертовски красив, хотя тогда по молодости этого не сознавал. Художник Р.Р.Фальк считал Якова Авадьевича образцом мужской красоты. Об этом рассказывала вдова художника — Ангелина Васильевна Щекин-Кротова. Она приняла нас, небольшую группу молодежи, в мастерской Фалька в знаменитом «Доме Перцова», памятнике модерна начала XX в., недалеко от храма Христа Спасителя (правда тогда, в конце 1960-х, храма не было, а на его месте был общедоступный открытый бассейн для плавания). Ангелина Васильевна училась с Яковым Авадьевичем в одном классе — отсюда и знакомство. А привел нас в мастерскую сын Я.А.Бирштейна — Вадим. Он учился на биофаке на курс младше меня, и у нас было много общих знакомых. Зная, что у Фалька был портрет Якова Авадьевича, мы попросили Ангелину Васильевну его показать. Портрет меня несколько разочаровал. Яков Авадьевич казался не вполне похожим на самого себя. Впрочем, и Вадим считает, что портрет этот, находящийся сейчас в Челябинской областной картинной галерее, не очень удачен.



Портрет Якова Авадьевича, написанный его братом, художником М.Бирштейном. 1950-е годы.

Не могу не вспомнить еще один эпизод, связанный с привлекательностью Якова Авадьевича. Как-то в перерыве лекции по спецкурсу он просит нас подойти к столу и посмотреть «картинки». Молодому читателю здесь приходится пояснять, что никаких компьютеров, тем более проекторов, показывающих «презентации», тогда не было. Показ же иллюстраций через эпидиаскоп (громоздкий аппарат, предназначенный для проекции на экран рисунков) требовал абсолютно полного затемнения аудитории да и вообще был делом хлопотным. Для группы в 10 человек проще было показать иллюстрации, разложив их на столе или передавая из рук в руки. И вот мы все сгрудились вокруг стола, где лежат раскрытые книги, а Яков Авадьевич в белом халате, торжественный, и уже с трубкой в руке, показывает нам что-то на графиках. И вдруг все так же, не поднимая головы, размеренно и, я бы сказал, намеренно занудно, произносит: «Вы смотрите на меня, а не на картинки. Это возможно делает честь мне, но не способствует усвоению Вами материала».

Трудно было понять, кто же именно смотрел на Якова Авадьевича вместо того, чтобы разглядывать графики и диаграммы. Полагаю, что практически все девушки в той или иной степени были в него влюблены.

Яков Авадьевич был предельно искренним человеком и своего отношения к окружающему не скрывал. Эта искренность, внутренняя честность,

сочетающаяся с глубокой принципиальностью во всех вопросах (и в науке, и просто в жизни) не раз мешали его карьере. Чего только стоит история с акклиматизацией многощетинкового червя нерейса (*Nereis succinea*), которая проводилась под руководством и непосредственным участием Я.А.Бирштейна и Л.А.Зенкевича. Сейчас, спустя годы, мы можем с полным основанием считать, что предпринятая тогда интродукция нерейса, нового для экосистемы вида, была редким примером в высшей степени удачного крупномасштабного эксперимента, к тому же с очень важными в практическом отношении результатами.

О другом эпизоде, характеризующем отношение властей к Я.А.Бирштейну, я слышал от своего отца — Меркурия Сергеевича Гилярова. В 1958 г. в Лондоне состоялся Международный зоологический конгресс. Поскольку это было время, когда приподнялся железный занавес, отделивший СССР от остального мира, на конгресс отправилась большая, очень представительная делегация советских ученых во главе с директором Зоологического института академиком (а заодно и генералом) Е.Н.Павловским. Среди членов делегации были многие известные исследователи, в том числе и Бирштейн. И вот, по рассказам отца (входившего в состав делегации), прямо из самолета, перед его вылетом, Якова Авадьевича высадили, а вместо него посадили никому не известного кандидата наук. Вообще-то все члены делегации друг друга, конечно, знали, но этого молодого человека не знал никто. Ясно было только одно: в делегации он заменил Бирштейна по распоряжению очень высокого начальства (поскольку всем правил Центральный комитет партии, то наверняка команда пришла оттуда). Ну, а через 10—15 лет этого молодого человека все уже знали. Это был В.Е.Соколов, быстро делавший академическую карьеру.

Когда мне говорят, что негоже говорить о прегрешениях людей, которых нет в живых («о мертвых — хорошо или ничего»), я вспоминаю другое высказывание, которое представляется мне более справедливым. Принадлежит оно французскому поэту и эссеисту Полю Валери, а слышал я его от Винберга. Звучит оно так: «Мертвым мы должны то же, что и живым, а именно — правду». Мне кажется, что носители добра и зла должны быть названы. Яков Авадьевич много натерпелся в жизни. Судьба нередко бывала к нему несправедлива. Но всегда были и те, кто по-настоящему ценил его и поддерживал. И это не только обожавшие его ученики, но и старшие коллеги, в первую очередь Л.А.Зенкевич. Когда я учился на кафедре, там устно передавалась одна история. Будто бы когда-то давно Зенкевич с Бирштейном ехали вместе в трамвае и какой-то тип стал что-то хамское говорить по поводу национальности Якова Авадьевича. И тогда Лев Александрович (а он был человек крупного сложения и отличался недюжинной силой) взял обидчика за грудки и просто выставил из трамвая.

Яков Авадьевич никогда не состоял в партии, что, впрочем, было естественным для российского интеллигента, отказывающегося заключать подобные пакты с собственной совестью. А он, безусловно, был представителем настоящей российской интеллигенции — совершенно особой категории людей, к сожалению, полностью исчезнувшей из нашего общества. Всеми силами Яков Авадьевич старался противостоять мракобесию лысенковщины, нанесшей колоссальный урон отечественной биологии. Неудивительно, что он был одним из тех, кто не побоялся подписать знаменитое «Письмо трехсот» — коллективное послание в ЦК КПСС группы ученых по поводу ненормального положения в биологии, сложившегося в нашей стране из-за официальной поддержки властями Лысенко и его приспешников. Вадим Бирштейн рассказывал, что Президент (апологет Лысенко, бывший одно время деканом биофака) прятался от Якова Авадьевича, так как боялся получить от него пощечину.

В мрачный период лысенковщины, к которой еще добавлялась «борьба с космополитизмом» (попросту говоря, политика выживания евреев со всех сколько-нибудь значимых должностей), Яков Авадьевич вынужден был остаться в МГУ только на полставки, а основным местом работы выбрать Ярославский пединститут. Ярославцам, конечно, повезло, и Бирштейна там до сих пор помнят и чтят, но надо знать, что не от хорошей жизни он там оказался. Затем благодаря стараниям Зенкевича его все же удалось вернуть на кафедру зоологии беспозвоночных МГУ.

Когда я поступил в аспирантуру, то попросил Якова Авадьевича быть моим руководителем. И он любезно согласился, хотя тема моей диссертации — структура пресноводных планктонных сообществ — была далека от непосредственной тематики его исследований. Впрочем, благодаря широкому кругозору и блестящему знанию мировой научной литературы он мог, по-моему, руководить любой зоологической или экологической работой. Будучи аспирантом Якова Авадьевича, я не раз бывал у него дома. Это была его обычная практика общения с учениками — не на кафедре, а дома, где ничто не мешало и не ограничивало во времени. Непосредственным поводом для разговора, как правило, служил конкретный текст из диссертации, статьи или еще какие-то материалы работы, которые я заранее давал Якову Авадьевичу. Ознакомившись с ними, он назначал мне встречу, в ходе которой не спеша все и обсуждалось. Я хорошо помню общую атмосферу доброжелательности и неподдельный интерес Якова Авадьевича ко всему новому, к тому, чего он еще не знал. И годы спустя после его кончины, когда я слышу об очередных по-настоящему интересных открытиях в области зоологии и экологии, то невольно ловлю себя на мысли — как жалко, что Яков Авадьевич до этого не дожил. Вот бы ему рассказать! Вот кто

был бы рад! Мне даже кажется, что я очень живо могу представить себе его реакцию.

Конечно, не только биология интересовала Якова Авадьевича. Он был высокообразованным человеком, свободно ориентирующимся во всей мировой культуре. Много читал художественной литературы, прекрасно разбирался в архитектуре и изобразительном искусстве. Он относился к той немногочисленной когорте людей, которые по-настоящему любят и понимают стихи, много знал наизусть, и не только самых знаменитых поэтов. К своей сугубо научной книге «Глубоководные равноногие ракообразные (Crustacea, Isopoda) северо-западной части Тихого океана» (М., 1963) он дал эпиграф из Леонида Мартынова:

*Я изучил морское дно.*

*Оно пустынно и темно.*

*И по нему, объят тоской,*

*Лишь таракан ползет морской.*

Если знать, что «морской таракан» — это официальное название крупного морского рачка *Mesidothea*, представителя как раз отряда равноногих (Isopoda), то понимаешь, сколь удачен эпиграф. Правда, в академическом издательстве так не считали, и Якову Авадьевичу пришлось долго убеждать редакторов не снимать эпиграф, который после долгих уговоров все же остался в книге.

Начало лета 1970 г. — тяжелейшее для кафедры зоологии беспозвоночных. В больнице с диагнозами, не оставляющими надежд на выздоровление, лежат заведующий кафедрой академик Л.А.Зенкевич и его заместитель, ведущий профессор кафедры Я.А.Бирштейн. Зенкевич умирает 20 июня, и об этом решено не говорить Якову Авадьевичу. Мне надо было уезжать в экспедицию в Лапландский заповедник. До отъезда видел Якова Авадьевича в последний раз. Он лежал под капельницей, сильно исхудавший, обросший щетиной. И без того острые черты лица еще более обострились. Когда я взглянул на его профиль, меня поразило сходство с каноническим образом Христа — именно так его изображали на полотнах старых голландских и немецких мастеров. И еще промелькнула мысль — Христос был евреем. Раньше я никогда об этом не задумывался.

Уже будучи в заповеднике, получил печальную телеграмму от своих родителей — «Вчера похоронили Якова Авадьевича». Он скончался 8 июля 1970 г. Много лет спустя в воспоминаниях Ю.С.Селю (ветеринарного врача, хорошо знавшего Бирштейна) я прочитал, что на панихиде Якова Авадьевича, проходившей в вестибюле Зоологического музея, играла на рояле Мария Вениаминовна Юдина. Когда я это узнал, то почувствовал на душе какое-то успокоение. Хорошо, что прощание с Учителем было освящено музыкальным гением. А ведь Юдина была не только великой пианисткой, она принадлежала к тем в высшей степени благородным и абсолютно бескомпромиссным людям, к которым относился и Яков Авадьевич. ■

# ПРИРОДА

популярный  
естественно-исторический журнал

Под редакцией  
проф. Н. К. Кольцова, проф. Л. А. Тарасевича  
и старш. инж. Акад. Наук А. Е. Фермана.

Перепечатка статей и воспроизведение рисунков, помещаемых в журнал  
„Природа“, могут быть разрешены лишь по особому соглашению.

№ 2 - 3

Том издания седьмой

1918.

## Паразитирование клещей во внутренних органах человека и высших позвоночных

К.И.Скрябин

Образ жизни паукообразных, объединяемых в отряд клещей (*Acarina*), поражает своим чрезвычайным разнообразием. Среди них мы встречаем формы, обитающие и на поверхности земли, и в воде как пресной, так равно и морской; наряду со свободноживущими видами мы знаем клещей-паразитов, поселяющихся как на животных (позвоночных либо беспозвоночных), так равно и на растениях, причем паразитизм клещей может быть либо временным, либо постоянным. Кроме того, некоторые клещи паразитируют исключительно лишь в период своей личиночной стадии, другие, наоборот — в половозрелом состоянии. Наконец наряду с эктопаразитами, локализующимися на наружных и в наружных покровах тела хозяина, имеются типичные эндопаразиты, живущие во внутренних органах и тканях позвоночных.

Роль клещей в патологии человека и животных весьма существенна и заключается не только в том, что многие виды являются «возбудителями» целого ряда заболеваний (например, разнообразных видов «чесотки»), но равно и в том, что некоторые представители клещей служат «переносчиками» многих инфекционных и главным образом

инвазионных\* болезней (например, заболевания домашних животных маляриеподобного характера, носящие название пироплазмозов и характеризующаяся внедрением одноклеточных паразитов внутрь красных кровяных телец).

Клещи, ведущие хищнический или эктопаразитный образ жизни, более или менее известны каждому из нас либо по собственным наблюдениям (нападение лесных клещей на человека), либо по данным самых элементарных учебников (о зуднях, возбудителях чесотки трактует любой учебник природоведения).

Совершенно иначе обстоит дело с клещами эндопаразитами, локализующимися в глубине внутренних органов и тканей человека и высших позвоночных (млекопитающих и птиц). Данные о них не успели еще проникнуть не только в популярно-научную литературу, но и в большинство учебни-

\* Инфекционными болезнями называются заболевания бактериальной природы, возбудителями коих являются растительные организмы; инвазионными же — заболевания, вызываемые животными паразитами (из типа Protozoa — простейших, Vermes — червей и Arthropoda — членистоногих, к которым принадлежат насекомые и паукообразные).

ков, предназначенных для слушателей высших учебных заведений. Непопулярны эндопаразитные клещи даже среди лиц врачебного персонала (медиков и ветеринарных врачей), хотя, как то будет видно из последующего изложения, роль этих клещей в патологии весьма своеобразна и далеко не безынтересна.

Все вышесказанное побуждает меня собрать имеющиеся данные об эндопаразитных клещах во едино, чтобы вкратце охарактеризовать современное состояние наших знаний по этому вопросу.

## Паразиты человека

В специальной литературе описаны многочисленные наблюдения, указывающие на паразитирование некоторых видов клещей во внутренних органах человека. Впервые подобное наблюдение было сделано в 1893 г. японскими врачами Миаке и Скриба (Miyaake и Skriba), которые констатировали в моче больного (37-летнего японца), страдавшего воспалением мочевых органов, 25 экземпляров клещей и 6 их яиц, выделенных пациентом в течение 8 дней. Авторы эти назвали паразита *Nephrophagus sanguinarius* (почкоед) и высказали предположение, что клещи эти локализовались в почках и являлись виновниками заболевания. Самцы этих клещей достигали до 0.117 мм длины, а самки — до 0.36 мм.

Спустя несколько лет Маршман в Лейпциге обнаружил в пробе мочи, переданной ему для анализа, одного единственного клеща, длиной 0.24 мм, который строением своего тела напоминал представителей семейства Tyroglyphidae.

В 1901 г. де Гаан констатировал на о. Ява в моче больного, страдавшего воспалением мочевого пузыря, клещей, которые были названы Банком — *Carpoglyphus alienus* и отнесены тоже к семейству Tyroglyphidae. Пациент в течение долгого периода времени регулярно производил прополаскивание мочевого пузыря.

Случаи обнаружения клещей в моче человека описаны еще Бланком и Ролле (1910) у пациента, страдавшего также воспалением мочевого пузыря, и ван дер Гарстом (1903). Последний автор несколько раз констатировал клещей в моче, однако во всех случаях мог доказать, что клещи локализовались в клетках тех пробок, которыми были закупорены сосуды с мочой, посланные для исследования в его лаборатории, причем в большинстве случаев это были виды *Tyroglyphus putrescentiae* и *Glycyphagus privatus*.

Кроме мочи, клещи у человека были констатированы и в других частях тела. Так, обнаружены клещи в гное из уха, в рвотных массах женщины, страдавшей раком желудка, в испражнениях человека, страдавшего дизентерией.

Наиболее интересны случаи массового нахождения клещей в каловых массах человека, опи-

санные Тсунода и Тьешем. Первый из них в 1910 г. описал множество клещей, отнесенных им к роду *Glycyphagus*, найденных в испражнениях 51-летнего пациента (Япония), страдавшего тяжелой формой анемии. Паразиты достигали 0.053—0.083 мм длины, были лишены трахей и глаз, причем имелись налицо самцы, самки, личинки и яйца.

В том же году Тьеш описал множество клещей (самцов, самок, яиц и личинок) в кале трех пациентов, страдавших «*prurigo*», причем никаких признаков желудочно-кишечного страдания эти больные не обнаруживали.

Такова фактическая сторона интересующего нас вопроса, которую различные авторы оценивают весьма не одинаково: некоторые из них высказывают сомнения в том, что здесь имеет место истинный паразитизм, полагая, что клещи могли быть введены внутрь тела случайно, например при помощи загрязненного катетера у лиц, страдающих болезнями мочевого аппарата. Подкрепляют авторы свое мнение тем обстоятельством, что во многих случаях в моче обнаружены лишь мертвые клещи. Известный кенигсбергский паразитолог профессор Браун взывает к осторожной оценке всех случаев паразитирования клещей в секретах и экскретах, в особенности если дело касается представителей семейства Tyroglyphidae, которые нередко живут на пищевых средствах. Однако нужно признать, что в нашем распоряжении имеются факты, говорящие за безусловную способность паразитирования клещей во внутренних органах человека.

В 1900 г. Турессар вскрыл полость цисты, расположенной на семенной железе у одного индийца, причем в гноевидной жидкости обнаружил большое количество как целых клещей, так и их яиц, относящихся к семейству Tyroglyphidae и названных *Histiogaster spermaticus*. Далее, в 1907 г. Кастеллани обнаружил в цисте, локализовавшейся на большом сальнике негра, умершего от сонной болезни, самку клеща длиной 0.55 мм, которая чрезвычайно напоминала вид *Cytoleichus sarcoptoides* (Megnin) — эндопаразита домашней курицы. Наконец в последнее время японцами Миаке и Скриба сделано новое весьма интересное наблюдение: ими найден клещ (*Tyroglyphus*) в цисте, локализовавшейся на стенке полой вены у одного японца! Эти последние наблюдения заставляют исследователей, скептически относившихся к приведенным выше фактам, признать за клещами способность быть внутренними паразитами человека.

## Паразиты млекопитающих и птиц

Факты, свидетельствующие о паразитировании клещей во внутренних органах млекопитающих и птиц, настолько разнообразны и демонстративны, что заслуживают самого серьезного внимания.



Впервые в 1847 г. Альман обнаружил клеща эндопаразита в слизистой оболочке носовой полости одного из тюленей (*Halichoerus gryphus*); паразит этот получил наименование *Halarachne halichoeri* (семейство Gamasidae). Вид этот достигает 3 мм длины и 1 мм ширины, так что является самым крупным видом из числа всех эндопаразитных клещей.

Особенный же интерес представляют случаи нахождения настоящих эндопаразитных клещей у высших млекопитающих — обезьян. В 1900 г. при вскрытии обезьяны *Cynopcephalus* sp. голландские ученые де Гаан и Гринс обнаружили в легких узелки величиною с рисовое зерно. Исследование этих узелков выяснило присутствие в них клещиков, достигавших 0.7—0.8 мм длины, с короткими ножками, состоящими из 6 члеников. Клещ этот был назван *Pneumonyssus simicola*.

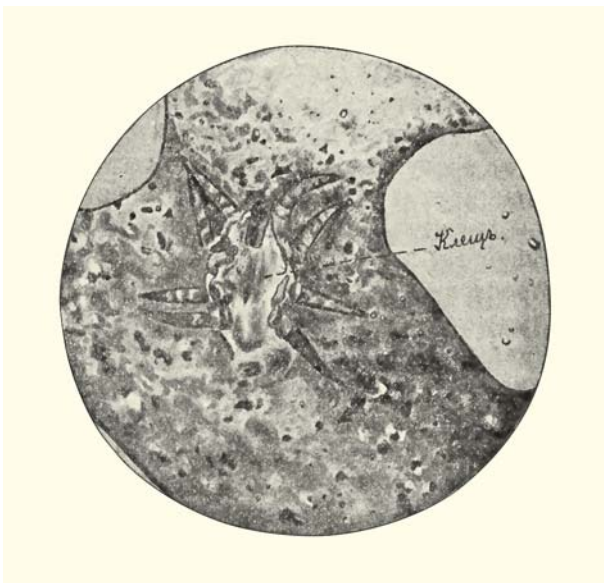
Вслед за тем клещики были найдены во внутренних органах млекопитающих и другими авторами; был описан такой случай еще у одной обезьяны. У белки (*Otospermophilus beecheyi*) был обнаружен в легких клещик *Cytolichus banksi*. Наконец, в недавнее время (1914) Ландуа и Гепке описали нового эндопаразитного клещика — *Pneumotuber macasi* в легких обезьяны *Macacus rhesus*. В каждом легком этой обезьяны локализовались по 8—10 кругловатых узелков, располагавшихся в паренхиме, под легочной плеврой и не находившихся в соединении с бронхами. Внутренность узелков была размячена и заключала в себе восьминогую клещика, достигавшего 0.588 мм длины и 0.308 мм ширины. Гепке, исследовавший этого клеща, отнес его к новому роду семейства Gamasidae, причем высказывает следующий

взгляд на способ проникновения его в легкие: яички этого клеща, вероятно, были восприняты обезьяной с пищей, причем клещик проделал в ее кишечнике начальный цикл своего развития, вышедшая же из яйца личинка проникла в лимфатические пути брыжжейки, откуда наконец попала через грудной проток в кровяное русло. Попав с кровью в легкие, личинка клещика доразвилась до своей конечной стадии.

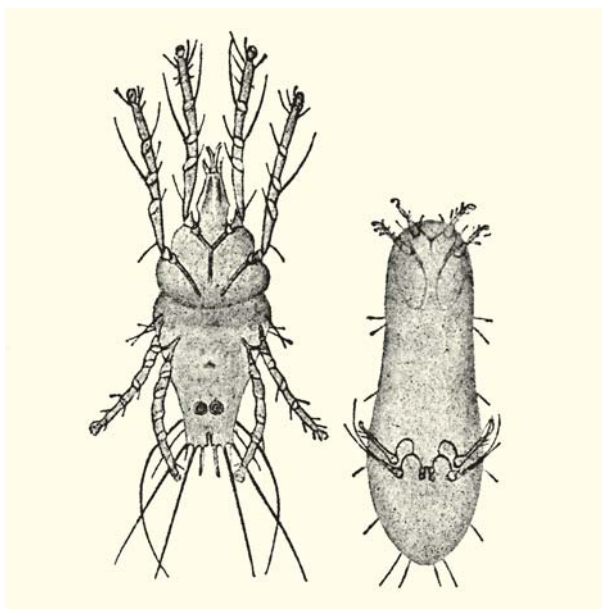
Интересно отметить попытку вышеупомянутых авторов перенести одного клещика на другую обезьяну: из узелка, содержащего живого клещика, последний был отпрепарирован и помещен в физиологический раствор поваренной соли, после чего был впрыснут обезьяне в глубь правого легкого. Опыт был произведен 26 мая 1913 г. Обезьяна эта пала 29 ноября, причем при вскрытии на правом легком, в месте, ответственном произведенному впрыскиванию, был найден узелок, который однако не содержал ни клещика, ни его яичек. Сам же клещик был обнаружен в левом легком обезьяны, куда очевидно он проник через лимфатические пути. Опыт этот выяснил способность клещика продолжать свою жизнь после пересадки на другого хозяина того же самого вида.

Особенно же характерными формами являются эндопаразитные клещики птиц: — имеется целое семейство клещиков — *Cytolichinae*, представители которого паразитируют исключительно в подкожной клетчатке, межмышечной соединительной ткани или в полостях воздухоносных мешков птиц. К числу этих клещей относится, например, *Laminosioptes gallinarum* Megn., паразитирующий у куриных птиц в подкожной клетчатке и межмышечной соединительной ткани, где присутствие его констатируется по кругловато-овальным узелкам-конкрециям, величиною 0.5—2.0—3.0 мм, пропитанным солями извести. В этих узелках бывает замурован умерший клещик, в то время как живые клещи медленно передвигаются по рыхлой соединительной ткани, не будучи видимыми невооруженным глазом, так как длина тела их достигает всего лишь 0.2 (самцы) — 0.26 мм (самки). В отдельных исключительных случаях при обильном распространении этих клещиков в организме птицы может наступить общее исхудание, истощение и даже смерть. Во время сильного распространения этого клещика в птицеводных хозяйствах Сырдарьинской области, два случая смерти кур были наблюдаемы и описаны в 1909 г. мною.

Кроме *Laminosioptes gallinarum* у домашних кур встречается еще один интересный эндопаразитный клещ — *Cytolichus nudus* Viz., локализующийся в грудных и брюшных воздухоносных мешках птиц. При вскрытии брюшной полости зараженных этим клещиком кур наблюдаешь очень интересную картину: некоторые участки внутренностей как бы опудрены, причем частички этой пудры колышутся, представляя собою мельчайших



Клещ *Pneumotuber macasi* в ткани легкого *Macacus rhesus*. (По Ландуа и Гепке.)



Клещ *Plerolichus falciger*. Слева самец с брюшной стороны, справа большая гипопиальная нимфа (мужская; сильно увел.). (По Меньину.)

паразитов, тело коих достигает 0.45 — 0.6 мм длины. В особенности резко заметны эти клещики на темно-коричневом фоне почек. Мне удалось наблюдать случай сильного заражения этим паразитом курицы в Туркестанском крае.

Розенкранцем описана целая эпизоотия кур, вызванная этим клещиком: птицы худели до такой степени, что не могли держаться на ногах и гибли, причем в брюшной полости локализовалось множество клещей *Cytolichus nudus*.

Для полноты изложения остается еще упомянуть об одном интересном клещике — *Calculifer rostratus* Buch., паразитирующем на голубях: половозрелые индивиды локализуются на поверхности тела голубей, личиночная же форма (т. н. гипопиальная нимфа) внедряется под кожу голубей, паразитируя в подкожной клетчатке; впоследствии личинка эта снова выходит на поверхность тела своего хозяина и превращается в половозрелую форму. Нимфа, паразитирующая под кожей, до такой степени не похожа на зрелого паразита, что была сначала принята за самостоятельный вид и описана в литературе под именем *Hypodectes columbae*.

Вид этот интересен в том отношении, что является как бы звеном, связывающим эктопаразитов с эндопаразитами, являясь то тем, то другим, в зависимости от стадии своего развития.

Явление паразитирования клещей во внутренних органах животных можно было бы иллюстрировать еще целым рядом примеров — однако и вышеприведенного достаточно для признания за ним выдающегося интереса как с точки зрения биологии, так равно и сравнительной патологии.

## Роль клещей в образовании злокачественных опухолей

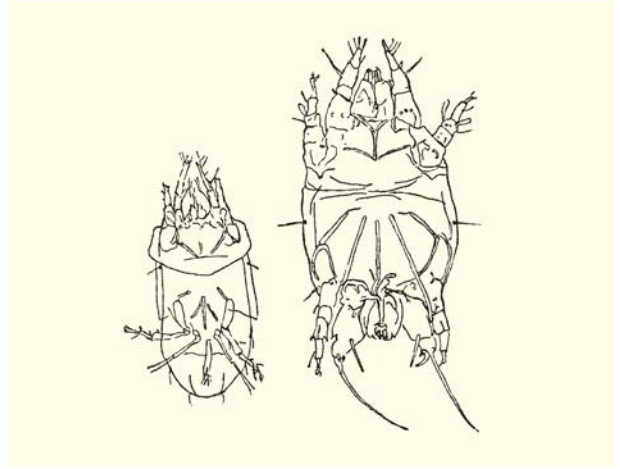
Перейдем теперь к вопросу о роли клещей в образовании у животных злокачественных опухолей (рака, саркомы), который был выдвинут за последние годы целым рядом исследователей.

Опухолями в патологии называют «ненормальное новообразование чуждой, атипичной для данного места ткани, не представляющей законченности роста и не имеющей никакого функционального значения» (Тальянцев), причем «причина, побуждающая клетки изменить нормальный характер своей продуктивной деятельности, выражающейся только в пополнении убыли отживающих клеток, и начать самостоятельный рост, самостоятельное образование новой избыточной ткани, совершенно неизвестна». Однако человек не может мириться с этой неизвестностью и пытается предложить различные теории происхождения опухолей. Согласно теории Вирхова, появление опухолей является следствием хронического раздражения тканей какими-либо механическими или химическими инсультами; Конгейм предложил теорию происхождения опухолей из особых клеток, в избытке образовавшихся под влиянием каких-либо условий в период эмбрионального развития. Наконец многими авторами принимается инфекционная теория происхождения опухолей, ставящая развитие новообразований в зависимость от проникновения внутрь клеток разного рода микроорганизмов (простейших, дрожжевых грибов и т.п.). За последнее время однако выдвинута теория инвазионного происхождения опухолей, базирующаяся на нахождении в новообразованной ткани животных паразитов, в частности клещей.

В 1909 г. Борель впервые обратил внимание лиц, изучающих злокачественные новообразования, на то, что им в раковых опухолях человека были найдены клещики, которых он считает представителями рода *Demodex*. Паразиты были констатированы Борелем в раковых новообразованиях (карциномах) только лишь наружных покровов, величина коих не превышала 1—3 мм. По мнению Бореля, сам клещик не может служить непосредственной причиной образования рака, но может играть в этиологии этого заболевания роль в том смысле, что способен быть переносчиком ракового вируса (заразы). Немецкий исследователь злокачественных опухолей доктор Сауль, изучавший препараты Бореля, установил, что здесь о клещах рода *Demodex* не может быть и речи, и что если вообще можно говорить о клещах, имеющих значение в этиологии опухолей человека и животных, то только лишь о представителях рода *Tarsonemus* или *Eryophyes* (т.н. опухолеобразующие клещи). Представители этих родов могут встречаться, согласно исследованиям Сауля, не только в мелких карциномах, как то



Клещ *Tarsonemus* (самка) из раковой опухоли яичника женщины. Микрофотография, увел. в 550 раз. (По Саулю.)



Клещ *Tarsonemus hominis*. Слева — самка из раковой опухоли яичника женщины; справа — самец из фибромы яичника женщины. Увел. в 300 раз. (По Далю.)

предполагал Борель, но в разнообразнейших опухолях любого размера и не находящихся притом ни в какой связи с наружными покровами. Первый раз Сауль выделил клещика из раковой опухоли яичника у женщины в 1908 г.; впоследствии Саулю удавалось обнаруживать как клещей, так равно и их яички в целом ряде новообразований как злокачественных, так и доброкачественных: карцином, сарком, фибром женских половых органов человека, карциномы мышей, саркомы собаки, в так называемом раке копыта\* лошади и т.п., причем во всех этих случаях клещи оказались представителями рода *Tarsonemus*. Даль, исследовавший этих клещей с зоологической точки зрения, установил 2 различных вида: *Tarsonemus hominis* — паразитирующего в опухолях человека, и *Tarsonemus sauli* — в опухолях животных. Интересно отметить то обстоятельство, что многие виды рода *Tarsonemus* паразитируют у растений и вызывают у последних тоже образования так называемых галлов, являющихся по существу растительными опухолями. Этот факт в связи с нахождением клещей рода *Tarsonemus* в опухолях человека и животных и дает основание целому ряду исследователей считать клещей виновниками образования раковых и других новообразований, причем Сауль высказывается в том смысле, что «энзимы паразитических клещей могут превращать нормальные клетки человека и животных в клетки опухолей».

Эта мысль находится в полном соответствии с данными ботаника Бейеринка, который, изучая в течение многих лет вопрос о действии клещей на растения, пришел к выводу, что энзимы опухоле-

образующих клещей могут возбудить в соматических клетках зародышевую энергию развития, не изменяя их физиологических функций; вещества эти относятся к протеинам, причем их энзимный характер доказывается тем, что развивающаяся при образовании опухолей протоплазматическая масса не находится ни в какой связи с величиной клеща; проникнув при посредстве укола клеща в одну клетку, энзим этот может распространяться от этой клетки на другие, вновь образующиеся.

На роль клещей в этиологии опухолей указывает, между прочим, Ашер, описавший в 1910 году целую эпизоотию у крыс, вызванную клещами, паразитирование коих сопровождалось массовым появлением на крысах папилломатозных опухолей. Клетки, в которых содержались зараженные клещами грызуны, служили источником заражения здоровых крыс папилломами!

Как ни относиться к инвазионной теории происхождения опухолей — считать ли клещей непосредственными возбудителями разного рода новообразований или же предполагать, что клещи проникли и поселились в уже готовую, сформировавшуюся опухоль — факт нахождения в различных новообразованиях клещей должен быть признан неоспоримым.

Сопоставляя паразитирование клещиков в опухолях со случаями нахождения разнообразных клещей во внутренних органах человека и других животных, приходится признать, что эндопаразитирование клещей представляет собой довольно распространенное явление в природе и является весьма интересным не только со стороны биологии, но и с точки зрения сравнительной патологии, так как затрагивает одну из важнейших ее проблем — этиологию злокачественных и доброкачественных новообразований.

\* Рак копыта лошадей есть по существу не «рак», а доброкачественная «папиллома». — К.С.

# Все оказалось не так страшно

А.В.Бочков,  
кандидат биологических наук  
С.Г.Медведев,  
доктор биологических наук  
Зоологический институт РАН  
(Санкт-Петербург)

За почти 100 лет, прошедшие после публикации Константина Ивановича Скрабина, акарология — область зоологии, посвященная изучению клещей (*Acarina*), — ушла далеко вперед. Современной науке известно уже более 50 тыс. видов клещей, отличающихся колоссальным морфологическим и экологическим разнообразием. И, возможно, это лишь «вершина айсберга», поскольку реальное число их видов, по оценкам некоторых специалистов, может достигать миллиона [1].

Изменился список и эндопаразитических клещей: ныне описаны сотни их видов вместо нескольких десятков, известных в начале XX в. Да и систематические знания об их разнообразии, строении, образе жизни получены тоже гораздо позднее. Научный интерес к этим членистоногим зародился лишь в середине прошлого века и во многом определялся работами выдающегося бельгийского акаролога Александра Фэна (1912—2009).

Комментируя публикацию Скрабина, мы попытаемся кратко рассказать о накопленных знаниях. Однако, прежде чем обсуждать связи позвоночных животных с эндопаразитическими клещами, поясним, какие формы отношений организмов принято считать паразитическими.

В настоящее время паразитизм рассматривается как одна из форм симбиоза, или облигатного сожительства, двух организмов. Симбионты, не причи-

няющие вреда хозяину, называются комменсалами, а полезные друг другу — мутуалистами. К паразитам же относятся «организмы, находящиеся в антагонистическом симбиозе с другими организмами, которых они используют в качестве источника пищи, среды обитания и на которых частично или полностью возлагают регуляцию своих отношений с внешней средой» [2].

Взаимоотношения между потенциальным паразитом и его возможным хозяином формируются в течение длительной совместной эволюции. Кандидат в паразиты должен обладать чертами строения и образа жизни, позволяющими ему осуществить переход к паразитизму. Став же паразитом, он должен вырабатывать разнообразные морфологические и физиологические адаптации, постоянно преодолевая защитные реакции хозяина.

Клещи, нашедшие местом обитания внутреннюю среду тела хозяина, могут стать внутрикожными, полостными и интритканевыми паразитами. Разнообразие паразитизма клещей проявляется и в длительности их совместного пребывания с хозяином. У временных эндопаразитов в теле хозяина протекает только часть жизненного цикла, у постоянных — все стадии цикла, включая яйцо [3].

## У человека

Необходимо сразу оговориться, что, вопреки мнению Скрабина и некоторых других авторов,

работавших в начале XX в., у человека постоянными могут быть только внутрикожные паразитические клещи. Принадлежат они к двум семействам: Demodicidae — широко известные уже во времена Скрабина железницы, или угрицы, населяющие сальные или мейбоевые железы (*Demodex brevis*) и волосяные фолликулы (*D.folliculorum*), а также Sarcoptidae — чесоточный зудень (*Sarcoptes scabiei*), извечный враг человека, живущий в эпидермальных слоях кожи.

Оба вида угриц паразитируют исключительно на человеке и не могут передаваться животным. Справедливо и обратное — у большинства видов млекопитающих свои «собственные» виды железниц, которыми человек заразиться не может.

Железницы принадлежат к условно патогенным организмам. У большинства людей они обитают в железах кожи лица, где питаются содержимым живых клеток и в норме не вызывают реакций организма хозяина. Однако при резком увеличении численности этих клещей возникают хронические кожные заболевания — демодекозы. Из-за воспаления кожных желез при закупорке сосудов, проникновения вторичной бактериальной инфекции, а также аллергических реакций, вызванных этими клещами, появляются угри на лице, а в очень редких случаях поражается кожа груди и спины пациента. Железниц считают одной из причин некоторых других хронических кожных заболеваний (питириаз, халазио-

на, гранулемы век, блефорита, ринофимы и др.).

Впрочем, точно не известно, вызывают ли эти заболевания непосредственно железницы. Скорее всего, какие-то изменения в организме хозяина (ослабление иммунитета или нарушение обмена веществ) способствуют увеличению популяции клещей, что и усугубляет течение болезни [4]. Как бы там ни было, ясно одно — демодекозы не возникают из-за заражения человека «особо патогенными» разновидностями угриц.

Чесоточный зудень — единственный представитель рода *Sarcoptes*. К настоящему времени этот паразит обнаружен на плацентарных и сумчатых млекопитающих более 50 видов из 16 семейств. До середины XX в. считалось, что чесоточные зудни, паразитирующие на различных млекопитающих, принадлежат к разным видам и подвидам. Однако более поздние морфологические и молекулярные исследования показали, что все эти формы относятся к одному весьма экологически пластичному виду *S. scabiei* [5, 6].

Вероятно, эти клещи изначально были связаны с человекообразными обезьянами (включая человека), затем перешли на одомашненных млекопитающих, а уже с них перебрались на диких животных. Подобным образом чесоточные зудни распространились, например, в Австралии. Попав туда изначально с человеком (и/или с собакой), эти клещи уже в сравнительно недавнем прошлом стали паразитами сначала домашних, а затем и диких (сумчатых) животных, широко распространившись на вомбатах.

Чесоточные зудни занимают промежуточное звено между истинными эндопаразитами и эктопаразитами (клещами, живущими на поверхности кожи). Оплодотворенные самки проделывают ходы в коже человека, питаются клетками живого зернистого слоя эпидермиса и вызывая подчас нестерпимый зуд,

особенно усиливающийся в вечернее и ночное время. В этих ходах они откладывают яйца, из которых выходят личинки, покидающие затем материнский ход. Локализация неполовозрелых клещей, личинок и нимф на коже разнообразна: они могут внедряться в волосяные фолликулы или прорывать короткие ходы в роговом слое эпидермиса. Самцы этих клещей, обладающие более плотной кутикулой, обычно живут непосредственно на коже, где и происходит их копуляция с молодыми перелинявшими самками [7].

Различают обычную и более редкую норвежскую формы чесотки. При норвежской чесотке происходит образование корковых наслоений на различных участках кожного покрова. Эта тяжелая форма возникает при различных дефектах иммунной системы больного. Передача возбудителей чесотки (обычно — оплодотворенных самок, реже — личинок), как правило, происходит непосредственно от человека к человеку, но иногда — и через различные предметы (например, постельное белье, одежду и др.). Однако даже для прямой передачи мало одного рукопожатия, необходим более длительный контакт. К тому же важна степень заражения клещами больного человека — чем она выше, тем больше шансов от него заразиться [7].

Стоит особо отметить, что чесоточные зудни животных довольно трудно передаются человеку, но даже если это происходит, то клещи, хотя и повреждают кожу, частично в нее внедряясь и вызывая сильный зуд, не проделывают ходов и вскоре погибают. Случаи заражения человека от животных принято называть псевдочесоткой, которая уж точно не передается от человека к человеку и, как правило, проходит сама, после прерывания контактов с больным животным.

Диагностируется чесотка труднее, чем демодекоз, зато ее лечение в большинстве случаев

не вызывает особых проблем, а борьба с угрицами — длительный и трудный процесс.

Отдельно стоит рассмотреть причины заблуждений некоторых авторов первой половины XX в., считавших паразитами многих свободноживущих клещей. Таких причин, по нашему мнению, две. Во-первых, это недостаточные знания о биологии и эволюции различных групп клещей. Яркий тому пример — тарзонемидные клещи (*Tarsonemidae*), упомянутые в статье Скрыбина. Это семейство в основном представлено микрофагами, хищными или растительноядными клещами. Многие из них если и паразитируют, то исключительно на насекомых, но чаще используют их в качестве транспортного средства для расселения (форезии). На млекопитающих тарзонемиды форезируют крайне редко, и уж точно среди них нет эктопаразитов, а тем более эндопаразитов человека или других теплокровных позвоночных. Предположение, что несколько случаев неспецифических дерматитов человека связаны с этими клещами, большинство современных исследователей склонны считать ошибкой [1]. Вряд ли тарзонемиды могут вызывать у человека различного рода кожные заболевания, а вот случайно обнаружить их у пациентов довольно просто. Дело в том, что эти клещи регулярно попадают в домашней пыли. Правда, они бывают столь многочисленны, что могут вызвать приступ бронхиальной астмы у людей, страдающих аллергией.

Вторая причина, позволившая считать некоторых свободноживущих клещей эндопаразитами, заключается в почти фантастической способности мелких клещей проникать буквально везде, а также в недостаточном уровне стерильности при проведении различного рода операций и взятия анализов (особенно в начале XX в.).

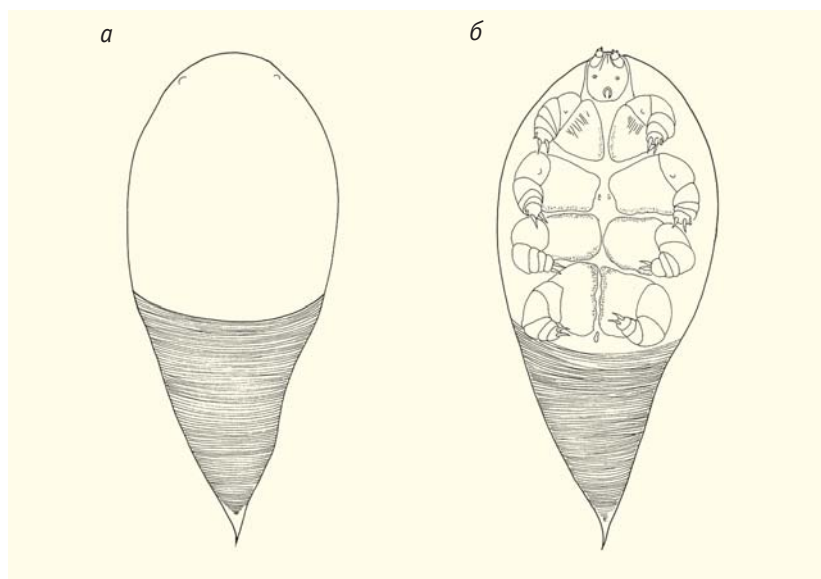
Почти все приведенные в статье Скрыбина находки отно-

сятся к наиболее мелким акариформным клещам (Acariiformes), которые легко заносятся в помещения. Как правило, в человеческих выделениях находили свободноживущих астигматических клещей (Astigmata), которых в начале 20-го столетия объединяли в надсемейство амбарных клещей (Tyroglyphoidea, ныне Acaroidea). Многие из них хорошо адаптируются к обитанию в искусственных сооружениях и стали серьезными вредителями сельскохозяйственных запасов [1]. В жизненном цикле большинства астигмат есть специальная стадия развития, весьма облегчающая их расселение, — гипопус. На этой неполовозрелой (промежуточной между личинкой и взрослыми клещами) стадии ротовые органы редуцированы, зато есть мощные органы прикрепления. К тому же гипопус защищен плотными покровами и способен долгое время противостоять неблагоприятным внешним условиям. Даже в современных лабораториях эти клещи могут проникать в культуры различных грибов, нематод или бактерий, вызывая их гибель, поэтому не стоит удивляться, обнаружив их в анализах человеческой мочи или кала. Заметим, что те астигматы, которые стали постоянными паразитами, утратили стадию гипопуса (распространение клещей в данном случае происходит при прямом контакте хозяев), что позволило им значительно сократить жизненный цикл.

## У млекопитающих

В слуховом проходе слонов и некоторых крупных парнокопытных млекопитающих обитают клещи *Loxanoetus* и *Otanoeetus* (семейство Histiostomatidae), которых следует скорее считать безотрывными комменсалами, нежели паразитами, так как они питаются выделениями хозяина.

Временные эндопаразиты млекопитающих представлены



Самка *Rhinodex baeri* из носовой полости галаго со спинной (а) и брюшной (б) сторон.

внутрикожными гипопусами надсемейства Clusyrphagoidea. Поскольку ротовые органы гипопусов редуцированы, они получают питательные вещества через поверхностную кутикулу, причем в процессе паразитирования тело этих клещей увеличивается в размерах в 1000 раз. Такой послелиночный рост носит названия неосомии и довольно редко встречается у других членистоногих.

Есть у млекопитающих и постоянные паразиты. Дыхательные пути (трахеи, бронхи и легкие) приматов, морских хищных млекопитающих, ранее объединяемых в отряд ластоногих, дикобразов, даманов, грызунов, свиней и даже домашних собак населяют постоянные паразиты семейства Halacaridae. Передача этих клещей происходит только при близком контакте хозяев. Галакариды подсемейства Raillietiinae паразитируют в наружном ухе парнокопытных, причем только на взрослой стадии развития, поэтому только условно считаются эндопаразитами.

Клещи подсемейства Speleognathinae (семейства Ereynetidae) обитают в дыхательных путях сумчатых и плацентарных

млекопитающих и, подобно большинству других эндопаразитических клещей, изучены еще далеко не достаточно. Их жизненный цикл укорочен, поскольку личинки линяют непосредственно во взрослых особей, минуя промежуточные (нимфальные) стадии. Впрочем, у некоторых видов внутри личиночных шкурочек личинок были зарегистрированы неподвижные нимфы.

В носовых полостях грызунов паразитируют клещи подсемейства Yunkeracarinae семейства Gastronyssidae, а представители второго подсемейства, Gastronyssinae, связаны с дыхательными путями рукокрылых, хотя червеобразные виды рода *Gastronyssus* перешли к паразитизму в желудке и двенадцатиперстной кишке летучих лисиц, а некоторые виды могут паразитировать в глазных орбитах своих хозяев.

В ноздрях галаго и южноамериканских цепкохвостых обезьян найдены четыре вида клещей малоисследованного семейства Lemurnyssidae.

В легких грызунов обитают клещи семейства Pneumocoptidae. В настоящее время известно только четыре вида пневмо-

коптит: два обнаружены у белок и два — у полевок. Интересные наблюдения были сделаны при исследовании клещей *Pneumocoptes tiollaisi* — паразита рыжей полевки. Слабое заражение (меньше пяти клещей) обычно не вызывает патологических изменений в легких животных, при большем заражении появляются геморрагии, а при сильном (порой до 179 клещей) — гранулемы или бугорки. В лабораторных условиях как минимум в 50% случаев клещи передавались от больной матери потомкам, и крайне редко заражение происходило между взрослыми особями [8].

Внутри кожи млекопитающих паразитируют клещи уже упомянутых семейств Demodicidae и Sarcoptidae, а также Psoroptidae. Напомним, что каждый вид демодидид, как правило, приурочен к одному виду хозяина, и на каждом из них обитает как минимум один вид, а зачастую — два-три вида одновременно. Известно, что млекопитающих — около 5 тыс. видов, соответственно нетрудно вычислить и реальное число видов демодидид. Помимо кожных желез они селятся в роговице и слезных протоках, во рту и пищевode, носовой полости и т.д., а при сильном заражении хозяина клещей можно найти даже в кровяном русле и внутренних органах.

Среди плацентарных млекопитающих изначальными хозяевами саркоптитид были, по-видимому, отдаленные предки рукокрылых, на которых они представлены наиболее широко. Можно предположить, что именно они получили саркоптитид от сумчатых, на которых теперь представлены лишь небольшим подсемейством Diaboli-coptinae. На приматов эти клещи перешли уже с рукокрылых, что было несложно, поскольку местообитания обеих групп этих млекопитающих часто совпадают.

В коже плацентарных млекопитающих девяти отрядов обитают клещи семейства Psorergatidae. Все их виды приурочены к одному или нескольким видам хозяев в пределах одного рода. Самки псорергатид внедряются в кожу, где образуется защитная капсула, содержащая целую колонию этих клещей.

С некоторой натяжкой к внутрикожным паразитам млекопитающих можно отнести и клещей семейства Rhyncoptidae, которые проводят жизнь, будучи частично погруженными в волосяные фолликулы сумчатых и плацентарных млекопитающих.

Внутриклеточные эндопаразиты млекопитающих представлены семейством Epimydidae. Все четыре ныне известных вида этого семейства принадлежат

роду *Epimydex* и паразитируют в подкожной ткани полевок, кротов и землероек. Эти клещи, видимо, распространяются через урогенитальную систему своих хозяев.

## У птиц

Клещи семейства Ascidae живут на цветах, которые опыляют колибри, питаются нектаром и пыльцой. Между некоторыми видами этих клещами и колибри установились интересные облигатные (обязательные) связи: клещи путешествуют с цветка на цветок в ноздрах птиц. Другие виды этого семейства распространяются другими группами птиц, например нектарницами, а также насекомыми или даже некоторыми видами южноамериканских рукокрылых.

Временные эндопаразиты птиц представлены семейством клещей Hymenoptera. Дейтонимфы (гипопусы) большинства видов внедряются под кожу птенцов, хотя несколько видов паразитируют в грызунах, обитающих в пустынях. Птицы — хозяева гиподератид — довольно крупных размеров (не меньше голубя). В ранних работах, в том числе и в статье Скрыбина, этих гипопусов рассматривали как дейтонимф перьевых клещей. Однако более поздние исследования показали, что они принадлежат к гнездообитающим (нидикольным) клещам. Жизненный цикл этих клещей весьма разнообразен и исходно включает в себя, помимо паразитической дейтонимфы-гипопуса, свободноживущие и активно питающиеся личинку, протонимфу, тритонимфу и взрослых клещей. У некоторых других видов семейства личинка и протонимфа не питаются, а у наиболее продвинутых видов (например, рода *Hypodectes*) свободноживущие неполовозрелые стадии неподвижны (калпостазы), а самцы и самки, хотя и подвижны, но также афаги. Хелицеры, или ротовые органы, у са-



Южно-Африканский грызун *Cryptomys hottentotus*, пораженный клещом *Psorobia zumpti* (семейство Psorergatidae).

Фото А. Файн



Патологические изменения кожи усатой синицы (слева), вызванные клещом *Harpirhynchus dusbabeki* (фото J.Chytil), и участок ноги грача, пораженный кнемидокоптозом.

мок сильно редуцированы, а у самцов, напротив, гипертрофированы и используются как оружие против других самцов. Таким образом, все гнездовые стадии этих клещей живут за счет пищевых запасов, накопленных гипопусом.

Все остальные эндопаразитические клещи птиц принадлежат к постоянным паразитам. В носовых полостях, реже в легких и воздушных мешках птиц многих отрядов обитают виды многочисленного семейства *Rhinoonyssidae*. Жизненный цикл большинства ринонысид изучен слабо. Установлено, что у некоторых видов личинки не питаются и быстро линяют на

протонимф. Расселяются у этих клещей молодые самки, причем передаются они при тесном контакте хозяев.

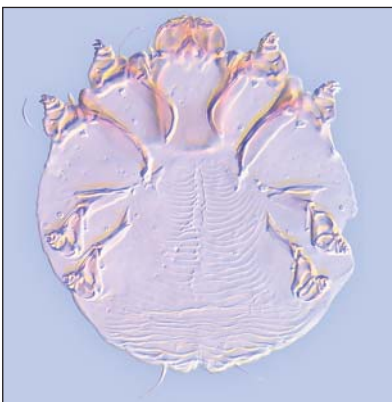
В верхних дыхательных путях птиц обитают также клещи уже упомянутого в связи с млекопитающими подсемейства *Turbinoptidae* и *Cytoditidae*. Турбиноптиды — малоизученное семейство эндопаразитов, строго приуроченных к своим хозяевам. Они зарегистрированы на нескольких отрядах птиц и имеют космополитическое распространение. О биологии и происхождении турбиноптид известно не много. По всей видимости, произошли они от наскожных клещей, перешедших к паразитированию в носовых полостях хозяев. *Cytoditidae* — узкоспециализированные паразиты, большинство внешних структур которых редуцировано. Обитают они в верхних дыхательных путях (легких и воздушных мешках) птиц нескольких отрядов.

К внутрикожным эндопаразитам птиц относятся клещи трех семейств. В перьевых фолликулах и под кожей птиц живут клещи семейства *Laminosioptidae*. Некоторые виды роют ходы в стенках очинов перьев. Клещи подсемейства *Knemidokoptinae* семейства *Epidermoptidae* — па-

тогенные паразиты, которые внедряются под роговые чешуи птиц (чаще всего на ногах), выгрызают эпидермис и вызывают тяжелые дерматиты, воспаления, птичью чесотку, или кнемидокоптоз. Например, на ногах большой курицы может жить до 20 тыс. этих клещей. Пальцы пораженной ноги отмирают, и она превращается в культю. Кнемидокоптоз считается одной из причин высокой смертности домашних птиц, а также ослабленных во время миграции воробьинообразных птиц. Кнемидокоптины — яйцеживородящи; эти клещи способны переживать какое-то время в отторгающихся частицах кожи, заражая новых хозяев. Наконец, многие представители семейства *Harpirhynchidae* живут в подкожных капсулах, образуя целые колонии. Заражение некоторыми видами этих клещей со временем также приводит к гибели птиц.

### У амфибий и рептилий

Фауна этих паразитов включает четыре семейства. Временные эктопаразиты представлены личинками краснотелковых клещей (*Trombiculidae*). Личинки краснотелок *Endotrombicula* и *Hannemania* паразитируют в коже различных тропических ля-



Самка клеща *Knemidokoptes jamaicensis* — возбудителя чесотки птиц.

Фото П.Б.Климова



гушек, вызывая у них развитие защитных капсул. Часть видов рода *Vatacarus* паразитирует в трахеях и легких ядовитых морских змей — плоскохвостов. Эти змеи регулярно выходят на сушу, проводя там довольно много времени, где и заражаются личинками краснотелок. Их жизненный цикл очень сложен: паразитирует только личинка, а все последующие стадии либо неактивны, как протонимфа и тритонимфа, либо становятся хищниками, как дейтонимфа и взрослые клещи. Однако у видов рода *Vatacarus* жизненный цикл упрощен из-за особенностей паразитизма на морских змеях: напитавшиеся личинки покидают хозяина, когда он находится на суше, и, минуя промежуточные нимфальные стадии, линяют, превращаясь непосредственно в самок, которые не питаются, и самцов. Краснотелки обладают непрямым осеменением, и примечательно, что самцы *Vatacarus* начинают откладывать сперматофоры или пакеты со спермиями, которые затем захватываются самкой, только в непосредственной близости от самок. Личинки других видов этого рода краснотелок паразитируют в ноздрях морских игуан.

Постоянные эндопаразиты змей представлены малочисленным семейством *Entonyssidae*, которые живут в легких гадюковых, ужеобразных и аспидовых в разных частях света.

В ноздрях шпорцевых лягушек и жаб паразитируют клещи нескольких родов подсемейства *Lawrencarinae* семейства *Ereynetidae*. Постоянными внутритканевыми паразитами черепах считаются клещи семейства *Cloacaridae*, один вид которого — *Pneumophagus bubonis* — обитает и в бронхах филина. Вероятно, хищные птицы заразились клоакаридами при поедании мертвых черепах. Большинство видов клещей этого семейства известно только по самкам, найденным в клоаке. Возможное объяснение данного феномена состоит в том, что самцы, неполовозрелые стадии и неоплодотворенные самки клоакариды обитают в подкожных тканях хозяина, в то время как оплодотворенные самки мигрируют в клоаку и концентрируются там. Клоакариды инфицируют новых хозяев исключительно половым путем и в этом, видимо, кроется основная причина концентрации оплодотворенных самок в клоаке черепах.

\* \* \*

История изучения клещей по своему показательна. На ее примере можно вновь убедиться в том, что развитие науки приводит нас к неожиданным результатам. К счастью, предположения о безусловной способности клещей паразитировать во внутренних органах человека и тем более быть причиной возникновения злокачественных опухолей не подтвердились. Но и сейчас, несмотря на достигнутый за последние 100 лет прогресс в изучении эндопаразитических клещей, их фауна не может считаться хорошо изученной. Можно лишь констатировать, что подавляющее большинство их семейств уже описано. Есть немало трудностей в изучении этого во многом скрытого от нас мира членистоногих существ. Причины тому как в относительно невысокой зараженности этими клещами хозяев в природе, так и в сложности их сбора, которые зачастую требуют вскрытия больших животных и последующего трудоемкого исследования их внутренних органов. Тем не менее обнаружение новых видов эндопаразитических клещей, связанных с человеком, представляется маловероятным. ■

## Литература

1. Krantz G.W., Walter D.E. A manual of acarology. Texas, USA, 2009.
2. Балашов Ю.С. Паразито-хозяйинные отношения членистоногих с наземными позвоночными. Л., 1982.
3. Балашов Ю.С. Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. СПб., 2009.
4. Nutting W.B. Prostigmata-Mammalia. Validation of coevolutionary phylogenies // Coevolution of parasitic arthropods and mammals. N.Y., 1985. P.559—640.
5. Fain A. Etude de la variabilité de *Sarcoptes scabiei* avec une révision des Sarcoptidae // Acta Zool. Path. Antverp. 1968. V.47. P.1—196.
6. Berrilli F., D'Amelio S., Rossi L. Ribosomal and mitochondrial DNA sequence variation in *Sarcoptes* mites from different hosts and geographical regions // Par. Res. 2002. V.88. P.772—777.
7. Соколова Т.В., Федоровская Р.Ф., Ланге А.Б. Чесотка. М., 1989.
8. Loos-Frank B., Abel M. Lung mites (*Pneumocoptes* sp.) in bank voles (*Clethrionomys glareolus*) in Southwest Germany // Zeisch. Paras. 1983. V.69. P.539—546.

# Новости науки

## Астрофизика

### Прямые наблюдения эволюции молодой сверхновой

При взрыве сверхновой сброшенная оболочка разогревается ударными волнами до очень высоких температур и начинает интенсивно светиться. Затем ее светимость быстро падает в результате охлаждения расширяющегося газа. После этого оптическое излучение остатка сверхновой связано с распадом радиоактивных изотопов  $^{56}\text{Ni}$ ,  $^{57}\text{Ni}$  и  $^{44}\text{Ti}$ , синтезированных при взрыве. Однако десятилетия спустя этот источник энергии свечения также иссякает, и на смену ему приходит другой процесс: разогрев межзвездной среды ударными волнами, распространяющимися в ней из-за ее взаимодействия с выброшенным веществом. До сих пор переход к этой стадии не удавалось наблюдать: сверхновые вспыхивают в нашей Галактике очень редко, а внегалактические сверхновые — слишком слабые источники.

Однако в 1987 г. произошел взрыв сверхновой в соседней галактике Большое Магелланово Облако. Это была самая близкая вспышка сверхновой за почти 400 лет, что позволило астрономам наблюдать детали процесса с недостижимой прежде точностью.

Недавно группа астрономов из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра (США) опубликовала результаты многолетних наблюдений этого объекта, сделанных с помощью орбитального телескопа «Хаббл». С момента его запуска в 1990 г. «Хаббл» обеспечивал непрерывное наблюдение за остатком сверхновой SN 1987A. Оказалось, что этот объект окружен кольцом вещества, выброшен-



Изображение остатка сверхновой SN 1987A, полученное телескопом «Хабл».

ного из звезды-предшественника сверхновой за тысячи лет перед взрывом. Диаметр кольца около 1 млн св. лет. Внутри него остаток взорвавшейся звезды образует быстро расширяющееся облако. До сих пор его свечение обеспечивалось радиоактивным распадом и постепенно ослабевало, но затем оно начало усиливаться, что свидетельствует о появлении нового источника энергии свечения.

Расширяясь, остаток сверхновой начал взаимодействовать с веществом кольца, создавая мощные ударные волны, которые генерируют рентгеновское излучение, наблюдаемое орбитальной рентгеновской обсерваторией «Chandra». Оно-то и заставляет светиться остаток сверхновой. Подобный процесс вызывает свечение хорошо известных остатков сверхновых в нашей Галактике, таких как Кассиопея А.

Nature. 2011. V.474. №7352. P.484–486 (Великобритания).

## Биология

### Огненные муравьи образуют плоты

Родина огненных муравьев *Solenopsis invicta* — Бразилия, бассейн Амазонки. Однако за последние десятилетия они агрессивно расширяют свой ареал, заселяя обширные районы юга США. Избавиться от них очень сложно, — муравьи успешно противостоят наводнениям, пожарам и пестицидам. Теперь американские исследователи раскрыли способ, которым эти насекомые пересекают широкие водные преграды. Попав в воду, сотни и тысячи муравьев образуют из своих тел плоты, способные держаться на поверхности многие недели, тогда как отдельные муравьи тонут уже через несколько часов.

Ливневые паводки обычны в дождевых лесах Бразилии, так что эта адаптация просто необхо-

дима для выживания колоний огненных муравьев на их родине. Чтобы изучить механизмы, позволяющие плавающим плотам из муравьиных тел оставаться на поверхности, инженеры из Технологического института (Атланта, штат Джорджия, США) бросали сотни муравьев, собранных на обочине дороги в воду, и снимали происходящее на видео. Исследователи подсчитывали численность муравьев в плотках разного размера и скорость, с которой свободные насекомые перемещаются по телам своих товарищей, сцепившихся в сплошной слой на поверхности воды и изолирующий остальных насекомых скопления от смачивания. Кроме того, замораживая жидким азотом плавающие скопления муравьев, исследователи смогли проанализировать пространственную структуру этих скоплений. Чтобы измерить, с какой силой муравьи сцепляются друг с другом, живого муравья приклеивали к стеклянной пластинке и опускали на него другого муравья, обвязанного вокруг талии эластичной нитью. Когда приклеенный муравей захватывал привязанного челюстями, по растяжению нити определяли силу сцепления.

Выяснилось, что, попав в воду, муравьи быстро распределялись равномерным слоем по поверхности, захватывая челюстями ножки соседей и образуя нечто вроде водоотталкивающей ткани, по которой могли сверху перемещаться другие муравьи. Хотя насекомые нижнего слоя находились ниже уровня воды, они не тонули из-за воздушных карманов, образовавшихся вокруг их тел и создающих положительную плавучесть всего «сооружения». Прочность слоя сцепленных насекомых оказалась столь высокой, что плот не разрушался волнением и рябью на поверхности воды и дрейфовал как целостная гибкая структура. Математическое моделирование, основанное на экспериментальных измерениях параметров движения насекомых, позволило предсказать, как быстро могут возникать пло-

ты из миллионов муравьев, что было бы невозможно воспроизвести в лаборатории.

Proceedings of the National Academy of Sciences. DOI: 10.1073/pnas.1016658108 (США).

## Зоология

### Быть активным или лучше питаться

Известно, что определить видовую принадлежность неполовозрелых пауков довольно трудно. Как правило, определение ведут по гениталиям — копулятивным органам, которые у самцов расположены на вершине педипальп, а вовсе не на брюшке, где выделяется семенная жидкость. Еще труднее распознать, кто из молодых паучков самка, а кто — самец.

Биологи Ч.Д.Хёфлер и К.Н.Кайзер (Ch.D.Hoefler, C.N.Keiser; Университет Аркадии; штат Пенсильвания, США) под руководством известного арахнолога Э.Л.Рипстры (A.L.Rypstra; Университет штата Майами, США) исследовали молодых особей широко распространенного в Старом и Новом Свете и строящего ловчие сети синантропного паука-сенокосца (*Pholcus phalangioides*) из семейства Pholcidae<sup>1</sup>. Свое название фольциды получили за очень длинные ноги, действительно напоминающие ноги настоящих сенокосцев — представителей другого отряда паукообразных<sup>2</sup>. Выполнив биологию работа была трудоемкой, зато дала интересные результаты. После окончания наблюдений всю молодежь выращивали до половозрелого состояния, и таким образом удалось установить, кто из пауков был самкой, а кто — самцом.

Исследователи решили выяснить, насколько активны нераз-

<sup>1</sup> Hoefler Ch.D., Keiser C.N., Rypstra A.L. Sex differences in early instar behavior in *Pholcus phalangioides* (Araneae: Pholcidae) // Journal of Arachnology. 2010. V.38. №3. P.581—583.

<sup>2</sup> Еще о пауках фольцидах см.: Михайлов К.Г. Пауки охотятся на пауков // Природа. 1991. №6. С.114—115; Он же. Много ли пауку нужно еды // Природа. 1991. №6. С.114.

чимые самцы и самки фолькусов и насколько успешно они питаются. Активность замеряли простым хронометрированием, а кормили пауков дрозфилами и определяли количество съеденных мушек.

Полученные результаты оказались статистически достоверными. Особенно велики различия в активности: она гораздо выше у самцов. Зато они питаются хуже, правда, не очень значительно. Прямых объяснений таких различий американские исследователи не дают, но приводят ряд косвенных соображений. У пауков, особенно сетестроителей, самка, будучи менее активной, строит более основательные и уловистые сети. Самец же разыскивает самку для копуляции и продолжения рода, так что ему просто необходимо много двигаться, а вот питаться и строить хорошие ловчие сети особо некогда. Кстати, у большинства пауков жизнь самцов намного короче, чем у самок. Например, в средней полосе России первые живут 4—7 недель, тогда как вторые — несколько месяцев, иногда полгода и больше.

В качестве побочного результата исследований американские арахнологи выяснили, что у фолькусов самок больше, чем самцов. Такое соотношение обычно для общественных пауков, но очень редко бывает у одиночных форм<sup>3</sup>. Возможно (пока это лишь предположение!), что такое смещение связано в различиями в жизни паучьих личинок.

Однако почему различаются по активности и питанию молодые самцы и самки, когда в этом нет еще никакой необходимости? На этот вопрос пока нет ответа. Кроме того, результаты изучения только одного, даже очень широко распространенного вида все-таки нельзя применять ко всем 42 тыс. видов пауков. Необходимы дальнейшие, тщательные и трудоемкие исследования.

© К.Г.Михайлов,

кандидат биологических наук  
Москва

<sup>3</sup> См., напр.: Михайлов К.Г. Самка паука определяет пол своего потомства? // Природа. 1997. №11. С.115—116.

## Микробиология

### Симбиотические микроорганизмы изменяют цвет тела тлей

В популяциях гороховой тли (*Acyrtosiphon pisum*) сосуществуют особи красного и зеленого цветов. Этот цветовой полиморфизм закреплен генетически и поддерживается отбором, который обусловлен прессом хищников и паразитов: красные особи чаще поедаются божьими коровками, а зеленые более подвержены нападению паразитоидных ос.

Биологи из Японии и Франции во главе с Цутоми Цутида (Ts.Tsuschida) сообщают еще об одном факторе, влияющем на окраску гороховой тли, — инфицированности эндопаразитами. В нескольких западноевропейских естественных популяциях *A.pisum* найдены особи, меняющие окраску тела в течение жизни: зеленые взрослые тли производят красных нимф, которые по мере роста и развития меняют свой цвет снова на зеленый. Во внутренней микробиоте этих особей обнаружены симбионты — протеобактерии родов *Hamiltonella*, *Serratia* и *Rickettsiella*. Представители первых двух были уже известны, и даже определена их роль в симбиозе с *A.pisum* — защита хозяев-тлей от паразитоидных ос<sup>1</sup>. Бактерии рода *Rickettsiella* были найдены у тлей впервые. Полимеразная цепная реакция показала, что именно инфицированность риккетсиеллами может приводить к изменению окраски у тлей. В изученных популяциях *A.pisum* эти бактерии найдены примерно у 8% особей (как зеленых, так и красных). Вероятно, цвет тела тли определяется комбинацией генотипов симбионтов — не все риккетсиеллы способны изменить окраску тлей и некоторые тли могут подавлять действие этих бактерий.

Цвет тела тлей определяют два основных пигмента — желто-красные каротиноиды и сине-зе-

леные полициклические хиноны и их гликозиды. Хотя молекулярные и метаболические взаимодействия между хозяином и эндосимбионтом, приводящие к изменению цвета тела, пока до конца не поняты, исследователи считают, что *Rickettsiella* стимулирует метаболизм зараженных тлей к выработке сине-зеленого пигмента.

Исследователи предполагают, что эндосимбионты гороховой тли могут играть особую биологическую роль: изменяя окраску хозяина, они подавляют пресс хищников и паразитов. Вызванное риккетсиеллой «позеленение» тли может уменьшить вероятность быть съеденной божьими коровками. В то же время 76% тлей, инфицированных риккетсиеллой, одновременно заражены *Hamiltonella* и/или *Serratia*, что может снижать привлекательность зеленых тлей для паразитоидных ос.

Science. 2010. V.330. №6007. P.1102–1104 (США).

## Климатология

### Динамика ледового покрова Арктики

Всего несколько лет назад казалось, что в конце текущего столетия Северный Ледовитый океан в летние месяцы еще будет частично сохранять ледовый покров, но, когда в 2007 г. таяние льдов резко ускорилось, ученые заговорили о катастрофических «точках невозврата» и возможном скором исчезновении летнего ледового покрова.

При подготовке отчета Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC) за 2007 г. исследователи из разных стран использовали для прогноза климатических изменений 23 разных модели с учетом повышения концентрации парниковых газов и без него. Полученные результаты для арктического льда весьма сильно различались — от полного его исчезновения летом 2020 г. до лишь незначительного сокращения к концу века, включая почти все возможные промежуточные сценарии.

Группа моделирования климата под руководством Ж.Струве (J.Stroeve; Национальный центр данных о снеге и льде при Университете штата Колорадо в Боулдере, США) сократила список моделей IPCC до тринадцати достаточного хорошо воспроизводящих наблюдаемое сокращение летнего ледового покрова, но и этот набор моделей давал сильно расходящиеся прогнозы для 2100 г.

Чтобы еще больше сузить разброс возможных результатов, американские исследователи Арктики М.Ван (M.Wang; Университет штата Вашингтон в Сиэтле) и Дж.Оверлэнд (J.Overland; Тихоокеанская морская лаборатория, Сиэтл) ввели еще одно ограничение: используемые построения должны наиболее реалистично воспроизводить сезонные колебания площади ледового покрова. Это ограничение сократило список до шести. Затем, чтобы выяснить, за сколько лет Ледовитый океан освободится ото льда, они, изучив каждую модель, установили, что ожидаемые временные рамки составляют около 30 лет. Согласно этим шести моделям, полное таяние льда летом вряд ли случится ранее конца 2020-х годов, причем ни одна модель не предсказывает внезапного резкого перехода.

Ученых давно беспокоило, что климатические модели не показывают точек невозврата, так как не учитывают некоторые важные физические процессы. Например, для реального океана сокращение площади ледового покрова приводит к уменьшению количества солнечной энергии, отражаемой льдом, и увеличению доли энергии, поглощенной более темной открытой водой. Эта положительная обратная связь между площадью льда и альбедо (если она ничем не скомпенсирована) может сделать таяние льда, начиная с некоторой критической точки, необратимым. Однако американские физики Я.Эйзенман (I.Eisenman; Калифорнийский технологический институт в Пасадене) и Дж.Уэттлауфер (J.Wettlaufer; Йельский университет) полагают, что найден физический процесс, спо-

собный противодействовать ускорению таяния.

Они сообщили о недооцененной прежде роли отрицательной обратной связи между толщиной льда и скоростью его роста, существенно противодействующей положительной обратной связи площадь льда — альбедо. Когда повышение летней температуры истончает лед, он быстрее утолщается зимой, так как океан быстрее теряет тепло через тонкий ледовый покров. Модели подтверждают, что именно конкуренция этих противоположно направленных обратных связей предотвращает появление точек невозврата.

Science. 2009. V.323. №5922. P.1655 (США).

## Охрана природы

### Жемчужница в реках северо-запада России

Европейская жемчужница (*Margaritifera margaritifera*) — пресноводный двустворчатый моллюск, достигающий в длину 16 см, — ранее была широко распространена в северных реках Атлантического побережья США, Канады и Европы, а также Белого, Баренцева и Балтийского морей. Ныне ареал вида значительно сократился — например, во многих регионах Европы жемчужница практически исчезла. Восточная граница ареала проходит в России — по водоразделам Солзы с Ширшеймой и Онеги с Северной Двиной<sup>1</sup>, но моллюск сохранился лишь в некоторых реках Карелии, Ленинградской, Мурманской и Архангельской областей<sup>2</sup>. Вид включен в Красную книгу МСОП (категория «находящийся под угрозой исчезновения»), в Приложение II Бернской конвенции, а также в красные книги Российской Федерации и ее северо-западных регионов.

Одной из возможных причин сокращения численности *M.mar-*

*garitifera* мог быть перепромысел с целью добычи речного жемчуга, не уступающего по стоимости и качеству морскому, и перламутра. Хотя жемчужный промысел прекратился почти повсеместно, быстрое падение численности моллюсков происходит по причине изменения условий его обитания. Водоёмы мелеют и загрязняются из-за сведения лесов, распространения ранее лесосплава, использования удобрений и пестицидов и пр.

Важная причина исчезновения популяций жемчужницы — уменьшение численности некоторых видов лососевых рыб<sup>3</sup>. Одна из онтогенетических стадий жемчужницы — личинка-глохидий — на протяжении 10—11 мес. паразитирует на атлантическом лососе, или семге (*Salmo salar*), и кумже (*Strutta*). Многочисленные глохидии развиваются в жаберных лепестках рыбы-хозяина до стадии ювенальных моллюсков, не принося лососю заметного вреда. Более того, существует мнение, что отношения паразитирующих личинок и лосося взаимовыгодны — у зараженного лосося увеличиваются выживаемость и продолжительность жизни<sup>4</sup>. К факторам, приводящим к уменьшению численности рыб-хозяев (перелову, возведению плотин, акклиматизации других видов ихтиофауны и др.), в последние годы добавился еще один — инвазия эктопаразита гиродактилюса (*Gyrodactylus salaris*). Этот мелкий (до 0.5 мм) сосальщик поселяется на покровах молоди лососевых (в том числе и семги) и изъязвляет их, что зачастую приводит к гибели рыб от вторичных инфекций. Первоначально гиродактилюс встречался только в бассейне Балтийского моря, и его широкое распространение ограничивала чувствительность к повышенной солености воды. Однако сейчас *G.salaris* быстро распространяется по северу Европы, видимо, из-за отсутствия необходимых карантинных мер при

проведении рыбоводных работ. В 1992 г. этот паразит был обнаружен на северо-западе России в некоторых водоемах Карелии, куда, вероятно, был занесен с молодькой рыб с рыбоводных заводов<sup>5</sup>. Во многих водоемах появление гиродактилюса приводит к катастрофическому сокращению природных популяций рыб-хозяев и, как следствие, — численности жемчужницы. Замечательно, что в тех водотоках, где ведется грамотное искусственное разведение атлантического лосося, происходит устойчивое воспроизводство и сохранение *M.margaritifera*.

Несмотря на почти повсеместное падение численности жемчужницы в регионе, существуют стабильные популяции, которые могут стать «донорами» для реинтродукции вида. В Карелии *M.margaritifera* сохранилась, например, в реках Гридина, Кереть, Суна, Пяльма<sup>3</sup>; в Архангельской обл. — в отдельных водотоках бассейнов Солзы и Онеги<sup>4</sup>; в Мурманской обл. — в Лапландском заповеднике и в бассейнах рек Тулома и Варзуга<sup>6</sup>. Для восстановления популяций жемчужницы необходимо создание особо охраняемых территорий с режимами, исключающими хозяйственную деятельность, особенно же — загрязнение водоемов. Планомерное восстановление популяций лосося путем искусственного разведения и выпуска молоди при соблюдении необходимых мер безопасности, исключающих заражение ее гиродактилюсом, также будет способствовать сохранению и умножению популяций моллюска. Кроме того, возможно разведение *M.margaritifera* на базе существующих и проектируемых рыбоводных заводов и заселение ею водоемов, где жемчужница ранее обитала.

© Н.А.Булахова,

кандидат биологических наук  
Томск

<sup>1</sup> Беспалая Ю.В., Болотов И.Н. // Вестник Поморского университета. Естественные науки. 2010. №3. С.30—35.

<sup>2</sup> Зюганов В.В., Зотин А.А. // Красная книга Российской Федерации. Животные. 2001. М., С.61—62.

<sup>3</sup> Махров А.А. и др. // Труды Карельского научного центра РАН. №1. Петрозаводск. 2009. С.101—113.

<sup>4</sup> Зюганов В.В. // Известия РАН. Серия биологическая. 2005. №4. С.360—365.

<sup>5</sup> Артамонова В.С. и др. // Российский журнал биологических инвазий. 2011. №1. С.2—13.

<sup>6</sup> Пильцова Е.В. // Красная книга Мурманской области. Животные. Мурманск, 2003. С.257—258.

# Болдинская осень в Боровом

Г.П.Аксенов,

кандидат географических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН  
Москва

Сквозной сюжет очередного, уже седьмого тома дневников\* — творческий взлет невероятного масштаба, который переживает ученый. Приближаясь к своему 80-летнему возрасту, В.И.Вернадский за два года эвакуации создал самые значимые и обобщающие труды, окончательно оформив свою биосферную картину мира.

Уже в начале июля 1941 г. характер разразившейся войны стал ясен, руководство страны не надеялось удержать даже Москву, во всяком случае не могло гарантировать безопасность ее жителям. Правительственные учреждения, в том числе и Академия наук, стали собираться в эвакуацию. Президиум и институты были рассредоточены по областным городам Урала и Поволжья (благодаря чему Академия имеет сегодня там несколько филиалов и научных центров). Биогеохимическая лаборатория Вернадского отправлялась в Казань во главе с его заместителем (будущим директором и академиком) А.П.Виноградовым. А сам Владимир Иванович вместе с другими престарелыми академиками и членами их се-

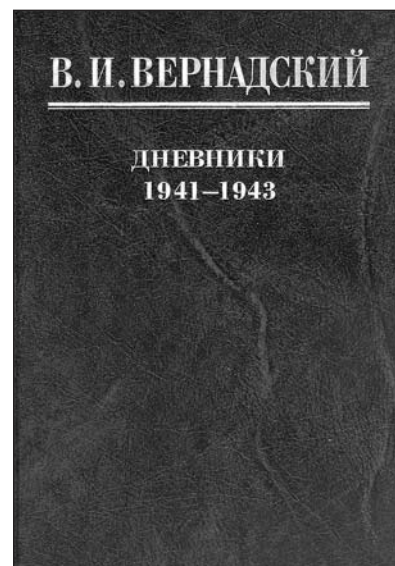
мей был направлен на казахстанский курорт Боровое.

Первая запись в поезде 17 июля: «Вчера выехали. Едем в совершенно исключительных условиях, в купе мягкого вагона. Наташа и я — внизу, Аня (секретарь Анна Дмитриевна Шаховская. — Г.А.) и Прасковья Кирилловна (домработница Вернадских — Г.А.) — наверху. Поезд для детей академических служащих — около 500—600. Ничего не знаем».

Последнее замечание — об информации. С самого начала войны население держат на скудном информационном пайке. Официальные сводки в газетах и радио нарочито составляются так, чтобы понять положение на фронте было нельзя. Привыкший быть осведомленным и не терять пульс событий в стране и в мире, В.И. теперь лишь по косвенным сведениям мог уяснить, какие города потеряны, где находятся войска, где идут бои. Так, только по доверительным рассказам вырвавшихся из Ленинграда коллег обитатели курорта представили себе ужасающее состояние населения. Открыто говорить о блокаде нельзя.

После первых дней устройства в Боровом, уже 29 июля, В.И. записывает: «Третьего дня начал работать с Аней над V выпуском «Проблем биогеохимии»: «О химическом составе биосферы и о ее химическом окружении»».

Так мы узнаем о возобновлении работы над самыми значительным циклом трудов всей жизни ученого — над «Проблемами биогеохимии». После создания книги «Биосфера» и других работ вокруг нее, описывающих само это новое понятие,



**В.И.Вернадский. ДНЕВНИКИ. ИЮЛЬ 1941 — АВГУСТ 1943 /**  
Сост. В.П.Волков.

М.: РОССПЭН. 2010. 542 с.

\* «Природа» публиковала рецензии на предыдущие тома дневников: Аксенов Г.П. Пиковые переживания. — В.И.Вернадский. Дневники 1917—1921 гг. / Под ред. К.М.Сытника, Б.В.Левшина. Сост. С.Н.Киржаев, А.В.Мемелов, В.С.Неаполитанская, М.С.Сорокина. Киев, 1994—1997. Т.1: Октябрь 1917 — январь 1920; Т.2: Январь 1920 — март 1921 // Природа. 1999. №6. С.114—117; Он же. Ноосфера в Дурновском переулке. В.И.Вернадский. Дневники 1935—1941. В 2-х кн. Кн.1: 1935—1938; Кн.2: 1939—1941 / Сост. В.П.Волков. М., 2006 // Природа. 2007. №10. С.84—89.

В.И. задумал серию статей, которые на основе новой концепции строили бы новое естествознание. Каким оно должно быть, если в него внести идею вечности жизни, — вот какой вопрос он ставил в своих «Проблемах».

Первый выпуск вышел в свет в 1934 г. и назывался «Значение биогеохимии для познания биосферы». В нем ученый указывал: «Биогеохимия научно вводит в этот закономерный стройный мир атомов, в геометрию Космоса, явления жизни как неразрывную часть единого закономерного целого» [1].

Однако значительно труднее, чем в естествознание, эти идеи входили в идеологический контекст эпохи. Принять жизнь в виде биосферы как явление, равноценное остальной материи, идеологи не могли и потому брошюры с огромным трудом проходили цензуру. Тогда Редакционно-издательский совет Академии изобрел специальную формулу. На титульном листе появилось специальное обращение от РИСО с указанием того, что Совет сознает большое значение трудов академика В.И.Вернадского для развития конкретных наук, но считает его идеалистические философские выводы ошибочными. Обращение стало штамповаться отныне на каждом произведении ученого, выходявшем отдельным изданием.

Во втором выпуске «Проблем» (1939) В.И. составил таблицу эмпирических свойств коренного материально-энергетического различия живых и косных тел биосферы. Оказалось, что они управляются прямо противоположными закономерностями, которые необходимы и дополняют друг друга, составляя целое, космос. В следующем, IV выпуске «Проблем» («Правизна и левизна», 1940) из них выделена одна четкая противоположность: количество левых и правых структур в косной материи одинаково, а в живом веществе резко не равно. Оно в основном левое. Таким образом, В.И. разрабатывает одну из

главных еще нерешенных загадок всего естествознания — проблему дисимметрии. Скажу от себя, что она и не может быть решена, пока мы будем придерживаться основной парадигмы *небиосферного естествознания* — идеи происхождения жизни из инертной материи. В.И. изменил саму парадигму, приняв принцип: живое вещество — геологически вечно.

Итак, в Боровом он начинает работу на пятом выпуском «Проблем». А где же третий? Этот резонный вопрос разрешается в данном тексте.

Отвлечись от суеты академических заседаний и собраний, от наплыва посетителей, от руководства многочисленными комиссиями и комитетами, В.И. сосредоточивает все свои силы на умственной работе. И, как обычно, с углублением приходит вдохновение. Труд расширяется неделю за неделей. Становится ясно, что он пишет не очередную брошюру, а большую книгу — под статью грандиозной теме.

В первые месяцы ему казалось, что война скоро закончится. Несмотря на ужасные поражения, В.И. верит в победу. Он знает еще по Гражданской войне, что мобилизация и простота цели — конек коммунистов. Они могут работать только в условиях чрезвычайщины и специально их создают. И по этим специфическим причинам, по союзу с «англосаксонскими демократиями» положение немцев безнадежно. В.И. записывает 30 июля 1941 г.: «Если правительство не сделает грубой ошибки — гибель гитлеризма в ближайшее время неизбежна и быстра — немногие месяцы. Основные линии верны. Создание сознательное могущественной военной силы, независимой от извне в своем вооружении, примат в данном моменте этого создания в государственной жизни — правильная линия, взятая Сталиным. Настроение кругом это создает здоровое. Принципы большевизма — здоровые. Трутни и полиция — язвы, которые вызывают гниение — но

здоровые основы, мне кажется, несомненно, преобладают. Страна при миллионах рабов (лагеря и высылки НКВД) выдержит эту язву, так как моральное окружение противника еще хуже».

Но борьба ужасного с отвратительным затягивается. В.И. уже не помышляет о воссоединении со своей лабораторией, ограничиваясь перепиской. Жизнь идет регулярно, в строгом порядке. Питание, режим, консультации с врачами, прогулки — все подчинено работе. К концу года заканчивает первую часть «Химического строения» и решает ознакомить коллег с центральным выводом из нее: со структурой Земли, какой она предстает, если мы вместо голой поверхности будем видеть биосферу. 19 января записывает: «Вчера сделал доклад “О геологических оболочках Земли как планеты”. Над этим докладом я работал с большим удовольствием и творческим настроением. Лично им я доволен. Аня прочла очень хорошо. Маленькая аудитория библиотеки была переполнена. После того еще долго вопросы».

Текст последнего из огромного числа научных докладов В.И. прочла его секретарь Анна Дмитриевна, сам он только произнес небольшое вступление и отвечал на вопросы. Коллеги по академии Л.И.Мандельштам, Н.Д.Зелинский, Л.С.Берг и другие смогли оценить невероятную новизну взгляда на планету. Она обрисована как система упорядоченных, вставленных друг в друга оболочек от центра Земли до Млечного Пути, т.е. окрестностей нашей Галактики. Получилась своеобразная *геоцентрическая система*, в которой центральной геологической оболочкой предстает биосфера. Ее могучее влияние распространяется и выше, и ниже, а Солнце расположено в стороне как удобная энергетическая ее станция. Таким образом, система живого вещества контролирует планету и ближайшее космическое окружение.

На другой день В.И. записывает: «Вчера работал с Аней. Отголоски моей лекции 18.I.; имела успех и мое впечатление, что она мне удалась по существу. Разговор в связи с ней с Л.С.Бергом. О состоянии пространства — живом веществе. Северцова (биолог Людмила Борисовна, вдова академика А.Н.Северцова. — Г.А.), кажется, поняла значимость новой точки зрения»

Нет ничего более интересного, как следить за мыслью творческого человека. Мы видим, как из бесед и обсуждений возникает зачаток еще одного замысла. От книги отпочковывается и заживает собственной жизнью новая тема, которая быстро растет и скоро таинственные слова — *состояние пространства* — уже не сходят с умственного горизонта. Пока по инерции работает над книгой. Восьмого февраля записывает: «Вчера занимался с Аней. Начал читать текст II части книги. Ввожу введение о живом веществе. Мне кажется, что эта моя вторая часть — если будет напечатана — оставит след в научном понимании окружающего — но один человек, как я, может сделать мало. Не знаю, удастся ли мне закончить и издать мою книгу, — но хотелось бы иметь эту возможность». Не забудем, что тут игру со смертью ведет человек, которому 79 лет.

На другой день снова появляются заветные слова: «Сегодня подошел к разделу о состоянии пространства. Очень это трудно точно изложить». И вот 19 февраля — яркая вспышка: «Работал с Аней. Трудная, но интересная глава о состояниях пространства. Читал Опарина и Шубникова. И во время писания осенила мысль — я сразу понял, что такое *симметрия*, — это геометрическое свойство состояния пространств (Кюри) природных тел. Удивительно, как я раньше этого не понимал. Но не понимал в настоящем аспекте и Шубников, книжку которого о симметрии я начал читать. Думаю, что я верно понял идею П. Кюри 1906 г. (она

стала известной только в 1924 г.) о его *état d'espace\**».

С этого дня вспышка сознания, связанная со словами *симметрия, пространство*, уже не отпускает его. Он живет как бы при новом освещении знакомого научного ландшафта. 21 февраля после очередного разговора с Бергом на эту тему записывает: «Мне кажется, я понял очень крупное явление, над которым задумывался с молодости. В 1906 г. П.Кюри в семинаре говорил о дисимметрии Пастера как о состоянии пространства. В 1924 г. об этом стало известно в литературе и мне. В 1939—1940 гг. я высказал это печатно как отличие живого от косного.

Чем больше я вдумываюсь, тем больше вижу, какое большое явление открывается, когда я пошел по пути П.Кюри.

*Я действительно поднял нить, им при гибели оставленную!»*

Теперь мысли об открытии становятся неотступными. Четвертого марта в большой записи он восстанавливает в памяти, что сталкивался с явлением симметрии в своей работе по кристаллографии с самой молодости. Он, оказывается, часто размышлял над загадками этого интуитивно такого простого явления соразмерности и гармонии, с которым сталкивается каждый человек. И вот теперь ему открылось неожиданное решение, что в явлениях симметрии в природе заключено разное геометрическое строение химических тел. Биосфера и ее окружение строится из *геометрически неоднородных* реальных естественных тел. И, наконец, 17 апреля оформляется новый замысел:

\* Состояние пространства (*фр.*) В тексте это французское выражение расшифровано как широко известное словосочетание *état d'esprit* (состояние духа), что весьма спорно. Из контекста все же следует, по-моему, *état d'espace*. Оно вошло потом по-русски в название работы В.И.Вернадского (о которой — ниже). Книжки имеются в виду следующие: *Опарин АИ. Возникновение жизни на Земле*. М.; Л., 1936; *Шубников АВ. Симметрия*. М.; Л., 1940.

«Углубляюсь в геометрический аспект нашей планеты. Думаю, стою на прочном пути. Хочу выделиться из книги и напечатать отдельно: “Геологическое значение симметрии”. Неужели не ошибаюсь, и никто этого в течение двух столетий не создал?»

14 июня: «Я начинаю набрасывать “Геологическое значение симметрии”». Сначала он думал, что у него получится статья — отдельный экскурс, выделенный из большой книги «Химическое строение биосферы Земли». Но постепенно замысел разрабатывается. Пунктирно видны следы работы. В конце осени оказывается, что он продвинулся далеко.

30 ноября 1942 г.: «Аня ездила в санаторию и работала с запозданием. Над “Геологическим значением симметрии” — над логикой естествознания. Мне кажется, что я здесь взял очень глубоко. Чувствую творчество мысли. Выдвигаю новое. Хорошо работал».

3 декабря: «Вчера день не работал с Аней. Работал один. Ньютон, Гюйгенс, Эйнштейн. Выдвигаю Гюйгенса».

Диалоги с великими умами выявляют уровень мысли В.И., он затрагивает самые коренные закономерности естествознания, выраженные в понятиях времени, пространства, в принципах сохранения. Упоминание Гюйгенса, в частности, означает, что вскоре он добавит к принципам сохранения материи и энергии принцип космичности жизни, ставящий живую материю вровень с центральными понятиями естествознания. Это пик новой *книжки*, в которую превращается статья.

Появляется название, близкое к окончательному. 10 декабря 1942 г.: «Теперь в письме Ферсману пишу — на его вопросы, — что я хочу издать мою статью “О геологическом значении симметрии. На фоне роста науки XX столетия” как 3-й выпуск моих “Проблем биогеохимии”. Я написал еще, что в связи с юбилеем я хотел бы ее издать на английском языке.



Ферсман мне несколько раз писал, что он очень интересуется этой моей статьей». Таким образом, книга, пока еще называемая статьей, уже вырисовывается и в виду своего приближающегося 80-летия Вернадский просит Ферсмана, как функционера Академии, поднять вопрос в РИСО об издании ее в переводе на английский.

Что касается 3-го выпуска «Проблем», выясняется, что под близким заголовком он был написан еще в 1939 г., сдан в печать, но из издательства Владимиру Ивановичу ответили, что рукопись потеряна. Этот дикий случай свидетельствует, что цензура решила вопрос, не пожелав разбираться с опусами крамольного академика. Но теперь статья превращается в книгу. 27 декабря, как итог года, он записывает: «Кончил — осталась отделка — “Геологическое значение симметрии. На фоне роста науки XX столетия”. Надеюсь скоро сдать в печать. И может быть, удастся довести до конца “Химическое строение биосферы и ее окружения”, начатую в 1940 г.».

Что касается большой книги, то она тоже продвигается, хотя много времени уходит на вторую. А сил немного. 4 января записывает: «Из непрерывной работы с июля 1941 г. в Боровом над моей книгой “Химическая структура биосферы и ее окружения” я вижу, что очень сильно продвинул свою книгу — но для меня стало ясно, что в моем возрасте я поднял для себя почти непосильную задачу. Можно было довести до такого состояния относительной отделанности только благодаря уединению в Боровом и помощи секретаря и моему упорству. Но в 80 лет нельзя вести такую работу. Хотелось бы ее довести до конца. Надеюсь, добьюсь. Нужен еще год работы в лучших условиях библиотечных.»

Поэтому самую главную по существу часть книги — симметрию — я хочу теперь же довести до печати. И сейчас, переделывая ее все время, я не уверен, что

ее кончу, — хотя она уже близка к печати».

Так и вышло. Эту небольшую книгу (6 авторских листов) он завершил. Но это яркое событие совпало с другим — непоправимым и трагическим. 3 февраля 1943 г. умерла Наталия Егоровна. Смерть наступила неожиданно и скоропостижно. Ее хоронили научные сотрудники Борового. Лев Семенович Берг в речи сказал: «Мы не называли бы Землю грешной, если бы все пары были таковы» и упомянул о 56 годах, гармонично прожитых ими.

Через неделю после похорон В.И. смог перебороть себя, взялся за работу и скоро поставил точку в книге. Он предпослал ей большое посвящение памяти Наталии Егоровны, где назвал книгу *синтезом всей 60-летней своей научной работы*. Она получила окончательное название «О состояниях пространства в геологических явлениях Земли. На фоне роста науки XX столетия». Рукопись отослал Виноградову в Казань.

Странна и драматична судьба этих двух написанных в Боровом самых главных книг В.И. Над «Химическим строением» — грандиозным по замыслу проектом описания нашей части мироздания, где царит биосфера, — он работал до последних дней жизни. Как в свое время А.Гумбольдт свой грандиозный «Космос», он оставил ее буквально на половине фразы. Тем не менее книгу нельзя считать незаконченной. Поэтому Анна Дмитриевна тоже до конца своих дней (1959) работала над ее большим справочным аппаратом, затем труд продолжила ее приемница Валентина Сергеевна Неаполитанская. Именно она и верный ученик Вернадского Кирилл Павлович Флоренский добились-таки издания книги. Это произошло в 1965 г., и с тех пор она регулярно переиздается [2].

Еще хуже обстоит дело с теоретическим трактатом «О состояниях...». Полностью готовый к изданию и даже принятый РИСО к печати, он в течение 18 остав-

шихся В.И. месяцев жизни не был издан не только по-английски, но и по-русски и вышел впервые стараниями Неаполитанской только в 1980 (!) г. [3]. Причины здесь были, конечно же, чисто идеологическими. Новое мировоззрение не вписывалось в материалистическую идеологию\*.

На фоне трагедии личной жизни разворачивалась эпопея награждения В.И.Вернадского Сталинской премией 1-й степени в честь его 80-летия. Через две недели после юбилея, который он никак не отмечал, пришли официальные телеграммы. 25 марта 1943 г. В.И. записывает: «Неожиданность вызвала сердечное недомогание бессознательно. Редко бывает последнее время. Пришлось принимать адонис и валидол. Эти бессознательные рефлексы всегда неприятны.»

Деньги нужны — столько надо помочь <...>».

Последнее замечание — характерное. В.И. не изменял своим привычкам широкой благотворительности. Сейчас, в условиях войны, она получила еще больший размах. Вокруг него, далеко и близко, страдало и умирало множество людей. Положение академика, обеспеченного регулярным содержанием и относительно других солидными пайками, оказалось кстате в военное время. На протяжении всех этих двух лет, преодолевая расстояния и бюрократические препонны, В.И. ведет упорную и непрерывную работу спасения. В орбиту его помощи попадают и дальние родственники, и знакомые, бывшие и нынешние сотрудники, а в особенности вдовы и дети. Так, он вывез к себе в Боровое (не имея на то прав, в общем-то) почти всю семью Шаховских, вдову своего репрессированного друга Дмитрия Ивановича Анну Николаевну, племянников Анны Дмитриевны, детей репрессированного священ-

\* Подробно об истории неиздания труда см.: Аксенов Г.П. В.И.Вернадский о природе времени и пространства. Изд. 2-е. М., 2010.

ника М.В.Шика и умершей ее сестры Натальи Дмитриевны. Он спасает ленинградских блокадников, в том числе вдову академика С.Ф.Ольденбурга Елену Григорьевну, своего бывшего сотрудника ссыльного геолога и своего постоянного корреспондента Б.Л.Личкова. Причем, когда мы узнаем о тех, кому он послал и сколько, следует помнить, что это только чрезвычайная и разовая помощь и что было много постоянных клиентов, которые деньги получали регулярно.

Так что Сталинская премия была адресована точно по назначению и принесла пользу множеству людей. По указу она составляла 200 тысяч, но получил В.И. только половину, потому что вторую по заведенному обычаю направил на оборону лично Сталину, прибавив к благодарственной телеграмме свою статью о ноосфере. Из ее текста следовало, что наше дело правое и мы победим, потому что враги идут против хода геологической истории. Статья, впрочем, не была напечатана в «Правде», как рассчитывал автор, и вышла в скромном академическом журнале «Успехи биологических наук».

Так Боровое стало ноосферным центром. Доказывая вечную истину, что все зависит от масштаба личности, как в его особняк в Москве, так теперь и в Боровое к нему стекаются люди, идеи и деньги.

Вокруг В.И. собираются коллеги, старые и молодые, к нему приходят побеседовать и пожаловаться на притеснения, просить о помощи. В.И. получает корреспонденцию из Америки от сына Георгия и дочери Нины, а также, хотя бы и с задержками, американские газеты (которые пускает по доверенному кругу) и потому он более информирован, чем все остальные академики. Продолжает свое многолетнее противостояние цензуре, сообщает самому высокому начальству о вырезках в получаемых иностранных научных жур-

налах. Он все больше участвует в академических делах, пытается преодолеть и разбросанность учреждений, и бюрократическую власть секретарей, пишет официальные записки об улучшении работы и о кардинальном изменении ее после войны. Некоторые материалы опубликованы в виде приложения к дневникам, что значительно обогащает содержание.

Ну и конечно, читатель будет заворожен глубокими мыслями мудрого человека о том, о чем всегда люди думают в конце жизни — о религии, о Боге, о смерти. Вернадский не считал себя атеистом, хотя и не входил в число верующих, о судьбе которых, прежде всего своего секретаря Анны Дмитриевны Шаховской, здесь записано очень много. Он был убежден, что религия необходима, но формы ее еще не найдены, потому что она должна не противоречить науке, а сочетаться с ней. Например, с учением о биосфере, о чем говорит, такая, например, запись (привожу только часть пунктов).

«Я считаю представления об атеизме — философским, ненаучным представлением и как таковым не отвечающем реальности — области научного знания. В основу научного изучения религиозных построений надо положить следующие эмпирические обобщения и такие утверждения:

1. Жизнь есть *планетное*, а не *только земное* явление.
2. Религия имеет своей задачей *определение поведения человека* (и живого вещества в меньшей степени).
3. Возможное в связи с этим построение *научной этики*. В свое время я читал попытки П.Кропоткина, они мне казались неудачными.
4. Существуют, мне кажется, непонятные — до сих пор — явления: разум и *труд* человека, вместе взятые, они перестраивают нашу планету — между тем разум человека *не* есть форма энергии. Как он может изменять ход геологических и физико-

химических процессов в биосфере? <...>».

Не менее нам интересны его мысли о загадке смерти, потому что он рассматривает ее с совершенно необычной — геохимической — точки зрения. Такая, например, запись об атомном «переселении душ» 27 декабря 1942 г.:

«В общем, я все время порывами работаю.

Готовлюсь к уходу из жизни. Никакого страха. Распадение на атомы и молекулы. Если что может остаться — то переход в другое живое — в каких-нибудь их единичных формах — «переселение душ», но в распадении на атомы (и даже изотопы?). Вера Вивекананды неопровержима в современном состоянии науки. Атомно живой индивид — и я в том числе — особое Я.

Ясно для меня, что *творческая* научная мысль *дошла до конца*».

Заканчиваются дневники августом 1943 г., и снова в дороге. Оставив в степи дорогую могилу, Вернадский возвращался в Москву, надеясь уехать еще далее, в Америку к детям, чтобы «закончить жизнь в свободной стране». Он увозил с собой плоды непрерывного и самоотверженного труда. За это время написаны сотни писем, огромные дневники, очерк воспоминаний «Первый год Украинской академии наук», несколько статей и — самое главное — две капитальные книги, главные плоды жизни.

Последняя запись сделана 29 августа 1943 г.: «Две станции после Вернадовки». Отмечен только этот факт и больше ничего, потому что наверняка возле бывшего имения в голове В.И. промелькнуло слишком много.

Читатель, привыкший к чтению дневников, столкнется с необычным творческим приемом автора. Кроме подневных записей, В.И. работает над комментариями к своим дневникам прошлых лет. Пока была жива, ему помогала Наталия Егоровна. Они воспринимали эту работу как подготовку к написанию ме-

муаров, для которых было готово уже и название — «Пережитое и передуманное». Мемуары не написаны, но комментарии (они назывались «Хронология»), к 1941 и к 1942 гг. значительно расширяют текст. Они густо наполнены событиями и людьми, что делает их неоценимым источником для нынешних и будущих историков.

Дело в том, что в одном данном томе заключено совершенно невероятное количество све-

дений о людях. Поразительная емкость памяти В.И. и его какое-то инстинктивное стремление оставить сведения о каждом вспомнившемся и встретившемся человеке привели к тому, что население дневников превышает всякое воображение. Именной указатель насчитывает 1933 персоналии. Становится понятно, какой труд лег на плечи составителя и комментатора тома доктора геолого-минералогических наук В.П.Волкова. Сложно-

сти начинаются уже с расшифровки самого написанного от руки текста. А почерк В.И. в конце жизни, после перенесенного в 1937 г. небольшого инсульта, стал чрезвычайно трудным для прочтения.

Следует еще отметить, что это уже пятый том дневников, составленный и изданный Волковым. Только на энергии личного энтузиазма возможны такая работа и преодоление сопротивления материала. ■

## Литература

1. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии // Труды Биогеохимической лаборатории. Т.16. М., 1980. С.14.
2. Последнее издание: Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 2001.
3. Вернадский В.И. Труды по философии естествознания. М., 2000. С.251—307.

### Физика

**П.Хэлперн.** КОЛЛАЙДЕР. Пер. с англ. и ред. В.Строкова. М.: Эксмо, 2010. 272 с. (Из сер. «Открытия, которые потрясли мир».)

Какое значение имеет Большой адронный коллайдер (БАК) для науки? Что ученые ищут? Почему физика, возможно, вскоре совершит один из величайших рывков в своей истории? Ответы на эти вопросы читатель найдет на страницах книги, автор которой, американец Пол Хэлперн, преподает физику и математику в Университете штата Филадельфия. Он стипендиат (2002) Мемориального фонда Джона Саймона Гугенхайма и автор многочисленных книг.

Осенью 2008 г. газеты писали, будто в недрах БАК, где физики собирались расщепить вещество на элементарные частицы, рождаются микроскопические черные дыры, способные поглотить Землю.

Из книги читатель, возможно, не имеющий диплома по физике элементарных частиц, узнает: о том, что такое БАК и зачем он нужен; о Стандарт-

ной модели; о четырех силах (слабом и сильном взаимодействии, гравитации и электромагнетизме) и мирадах частиц, которые открыло человечество, а также про то, почему вскоре теория струн, вероятно, будет опровергнута и как БАК может помочь нам открыть темную и странную материю, темную энергию, проходы в другие измерения.

Хэлперн кроме всего прочего доказывает, почему ни практически, ни теоретически не возможно, чтобы на БАК появились черные мини-дыры, чего все так боятся.

### История науки

**В.М.Блинов.** ЛЕДОКОЛ «ЛЕНИН»: ПЕРВЫЙ АТОМНЫЙ. М.: Европейские издания, 2010. 287 с. (Из сер. «Международный полярный год».)

Немало ярких страниц в летописи Арктики связано с отечественным атомным ледокольным флотом, в частности с ледоколом «Ленин», который заслуженно стал гордостью страны. В книге, посвященной созданию и эксплуатации этого судна, впервые полно и всесто-

ронне описывается уникальный опыт применения атомной энергии на морском транспорте. Результатом деятельности отечественной науки и промышленности стало создание единственного в мире атомного ледокольного флота, принадлежащего России. Это рассказ о том, как научно-технический прорыв в новой области применения атомной энергетики привел к прорыву в ледовом мореплавании — оно стало возможным в Российской Арктике круглый год.

Автор делится с читателями своими мыслями о том, насколько непростыми были пройденные за полвека работы флота ледовые мили, как в сотрудичестве ученых и моряков рождались смелые технические решения, благодаря которым атомоход «Ленин» успешно отработал в Арктике 30 лет, перешагнув проектные нормативы эксплуатации судов. На страницах книги эмоционально отражена атмосфера поиска, напряженной работы моряков атомного флота, прослежены судьбы выдающихся представителей этой редкой и героической профессии.

# По Гринвичу

М.Г.Томилин,

доктор технических наук

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий механики и оптики

Гринвич — это юго-восточный район Лондона, расположенный на южном берегу Темзы. Его название имеет саксонское происхождение и означает «зеленая деревня». Он всемирно известен тем, что дал имя Гринвичскому меридиану (0° долготы), разделяющему два полушария, и служит нулевой точкой отсчета часовых поясов земного шара. Со Средневековья Гринвич тесно связан с Британским флотом. Благодаря морскому госпиталю, установленному здесь клиперу «Катти Сарк» и старой королевской обсерватории он вошел в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Королевский морской госпиталь был построен в 1694—1705 гг. по проекту архитектора Кристофера Рена, взявшего за основу Дом инвалидов в Париже. Клипер «Катти Сарк» установлен здесь на вечную стоянку в сухом доке. Этот самый быстрейший клипер с максимальной скоростью доставлял из Китая листовый чай, чтобы тот не успел отсыреть и пропитаться запахами трюма. (После недавнего пожара клипер находится на реставрации.) Неподалеку находится Национальный морской музей — воплощение морского величия Великобритании. В королевском дворце Placentia, который ныне служит частью Старого королевского морского колледжа, 500 лет назад родился король Генрих VIII. Однако главная достопримечательность Гринвича, несомненно, — обсерватория. Ее история необычайным образом переплете-



Вид на дворец Куин-хаус (на переднем плане) и Гринвичский госпиталь со стороны обсерватории.

Здесь и далее фото автора

на с проводимыми здесь научными исследованиями, связавшими положения звезд, время и навигацию, и судьбами многих известных ученых.

Королевская обсерватория основана Карлом II в 1674 г. по проекту того же Рена (который был, ко всему прочему, профессором астрономии) и Роберта Гука (1635—1703). Долгое время Гук был главным помощником Рена при восстановлении Лондона после страшного пожара 1666 г. Ими, в частности, был сооружен купол собора Святого Павла по разработанному Гуком методу. Гук также предложил новую планировку улиц при восстановлении Лондона. Но это только одна сторона деятельности знаменитого естествоиспытателя и ученого-энциклопедиста. Его смело можно отнести к одному из создателей экспериментальной физики, а некоторые

его научные достижения носят основополагающий характер.

Отец Гука, пастор, готовил сына к духовной деятельности, но ввиду его слабого здоровья отдал в ученики часовому мастеру. Гук рано проявил интерес к науке и был направлен в Вестминстерскую школу. Его способности к физике и механике были замечены в Оксфордском университете, и он был приглашен в помощники к химику Дж.Уиллису, а затем к известному ученому Р.Бойлю. Благодаря незаурядному экспериментальному мастерству он с 1662 г. стал куратором опытов при Лондонском королевском обществе, готовя демонстрации в разных областях знаний к каждому заседанию. Он проводил и собственные исследования, приведшие к ярким открытиям и изобретениям.

Наиболее известно установление пропорциональности

© Томилин М.Г., 2011



На Гринвичском холме стоит Королевская обсерватория.

между упругими растяжениями, сжатиями и изгибами и производящими их напряжениями (закон Гука). Автор распространил его не только на металлы, но и на дерево, камни, кости, шелк и другие материалы. Закон Гука служит основанием для математи-

ческой теории упругости. Менее известно, что ему первому принадлежит формулировка закона всемирного тяготения. Закон был сформулирован им 6 января 1680 г. в письме к Ньютоном. В нем Гук просил Ньютона, как математически более компетентного ученого, обосновать связь с первым законом Кеплера для некруговых орбит планет. Приоритет Гука в открытии этого закона впоследствии оспаривался Ньютоном, но не в части формулировки. Существуют документальные свидетельства того, что именно Гук открыл закон обратных квадратов для центральной гравитационной силы и даже корректно обосновал его для круговых орбит. Ньютон распространил это обоснование для случая эллиптических орбит и придавал, видимо, своей части доказательства несоизмеримо большую значимость. При этом он не отрицал причастности Гука к формулировке закона. Таким образом, приоритет формулировки и первоначальное обоснование закона всемирного тяготения следует отдать Гуку. Ньютон, впрочем, утверждал, что сделал это же открытие независимо и раньше, но никому об этом не сообщал, и никаких свидетельств тому не осталось.



Знаменитый Гринвичский меридиан, который делит Землю на Западное и Восточное полушария, проходит здесь по двору и отмечен блестящей полосой.

По собственному признанию, Ньютон забросил эти работы и возобновил их лишь под влиянием письма Гука. Главным вкладом Гука в небесную механику было представление движения Земли в виде суперпозиции движения по инерции (по касательной к траектории) и падения на Солнце как на тяготеющий центр, что оказало серьезное влияние на представления Ньютона. Этот подход открывал путь для выяснения природы второго закона Кеплера (сохранение момента импульса при центральной силе). Однако, по свидетельству историка науки В.И. Арнольда, сам Гук в работе над законом всемирного тяготения развил идеи Бойля и его ученика Ричарда Таунли. Неисповедимы пути рождения великих идей!

Прочие открытия Гука не имеют исключительного первенства. Так, цвета тонких пластинок в мыльных пузырях Бойль заметил на девять лет ранее, но Гук обнаружил их периодичность в зависимости от толщины. Здесь он вплотную подошел к открытию явления интерференции света. Идею о его волнообразном распространении Гук высказал почти одновременно с Гюйгенсом, но позже Гримальди. Новое положение о сущности теплоты как движению частиц тепла также принадлежит Гуку.

Изобретения Гука столь же разнообразны. Так, он изобрел спиральную пружину для регулировки хода часов (1656—1658), которую по его указанию часовая мастер Томпсон впервые использовал в часах для Карла II. В 1660 г. Гук вместе с Гюйгенсом установил постоянство температур замерзания и кипения воды и предложил эти точки в качестве реперных для шкалы термометров.

В 1663 г. Королевское общество, отдавая дань его открытиям и изобретениям, сделало его своим членом. Это словно удесатирило его усилия. В 1665 г. он представил обществу малый квадрант, в котором алидада перемещалась с помощью микровин-



Морской госпиталь.

та, позволяя отсчитывать минуты и секунды. Он внес много усовершенствований в конструкцию телескопа: в астрономических трубах предложил, в частности, размещать в окуляре нитяную сетку. Занимаясь астрономическими наблюдениями, он заметил пятна на поверхности Юпитера и Марса и по их движению определил одновременно с Джованни Кассини их угловые скорости. Гук сам шлифовал стекла для своих оптических приборов. В 1665 г. он опубликовал «Микрографию», где описал свои телескопические и микроскопические наблюдения, содержащие, в частности, существенные открытия в биологии. Так, он первым получил изображения живых клеток. Не случайно его том «Микрофотографии» находится в экспозиции музея Гетти в Лос-Анджелесе наряду с выдающимися произведениями живописи как признание огромного вклада в мировую культуру. В 1684 г. Гуком была изобретена первая система оптического телеграфа.

Упомянутые открытия и изобретения Гука — это далеко не полный список его достижений, не зря его называли английским Леонардо. Современники отмечали, что он был горбат, обид-

чив, имел слабое здоровье и вспыльчивый характер. Однажды Ньютон, подводя итог своей деятельности, повторил античное высказывание, что «он сделал много потому, что стоял на плечах гигантов». Гук принял это высказывание на свой счет, относя это к своему физическому недостатку. В том же недостатке, возможно, кроется причина того, что до наших дней не дошло ни одного достоверного портрета Гука. Что касается взаимоотношений Гука и Ньютона, то наука много выиграла бы, если бы их сотрудничество носило более дружественный характер. Ньютон, в частности, опубликовал свой главный труд по оптике лишь после кончины Гука.

Основная цель создания обсерватории состояла в повышении безопасности мореплавания и в точном определении местонахождения корабля. Еще древние греки, пользуясь простейшими квадрантами, умели определять координаты относительно экватора. Эти координаты измерялись в угловой мере к северу или к югу от экватора и назывались широтой. Широту можно точно рассчитать в Северном полушарии, измеряя, например, угол между Полярной звездой и горизонтом. Одной из главных

задач астрономии того времени было точное определение географических долгот. Сферу нашей планеты издавна делят на 360° долготы (вертикальные сегменты, идущие от одного полюса к другому), каждый из которых имеет на экваторе ширину примерно 112 км. Вертикальные линии долготы и горизонтальные линии широты создают координатную сетку. Задача определения долготы оказалась сложнее нахождения широты, поскольку отсутствовала фиксированная точка отсчета. В 1684 г. королю Карлу II сообщили об идее одного французского естествоиспытателя, состоящей в возможности установления долготы по положению Луны относительно созвездий. Карл II назначил комиссию, в состав которой входил ряд членов Королевского общества, в том числе и Гук. Комиссия запросила мнение известного астронома Джона Фламстида. В итоге все согласились с тем, что существующие астрономические сведения не позволяют решить эту задачу: координаты созвездий были неточными, и отсутствовали данные о движении Луны относительно звезд. Тогда король Карл II принял решение основать обсерваторию и в 1675 г. назначил Джона Флам-



Гринвичская обсерватория — место паломничества туристов.

стида (1646—1719) королевским астрономом. Исходное здание обсерватории имело три этажа, из которых два нижних были жилые, а третий представлял собой восьмиугольный Зал звезд. Для наблюдений за движением планет и комет, а также солнечных затмений Фламстид использовал 18,5-метровый зеркальный телескоп и трехметровый квадрант. Основной задачей Фламстида было составление точной карты звездного неба для астрономической навигации, для чего он использовал линию меридиана. На протяжении 43 лет он с предельной тщательностью определял координаты звезд. Последователи Фламстида, немного уточнившие направление его меридиана и использовавшие улучшенные конструкции телескопов, так же были яркими учеными. Так, Эдмунд Галлей (1656—1742), который открыл комету, названную его именем, первым составил звездную карту Южного полушария. Джеймс Брэдли (1693—1762) учел нутацию Земли, вызванную гравитационным воздействием Луны, что повысило точность астрономических наблюдений. Он также с высокой точностью определил скорость света (298 000 км/с). Когда французские и британские уче-

ные измеряли расстояние между королевскими обсерваториями в Париже и Гринвиче, картографы назвали меридиан, на котором располагался телескоп Брэдли, Гринвичским меридианом. Меридиан Брэдли также характеризовался долготой 0° на первой карте графства Кент, опубликованной 1 января 1801 г.

Задержки в нахождении астрономического способа определения долготы привели к серии страшных кораблекрушений. В этой связи в 1714 г. в парламентском билле предусматривали награду в 20 тыс. фунтов стерлингов тому, кто решит задачу определения долготы с точностью в 30 миль. Из-за большой погрешности измерения долгот происходили не только кораблекрушения, но и уже открытые земли не удавалось вновь отыскать в водных просторах.

Ученые давно понимали, что определение долготы может быть осуществлено с помощью механизма, который позволял бы путешественнику определять расстояние от нулевой точки (например, от Гринвича) в параметрах времени. Однако в середине XVIII в. просто не существовало механизмов, которые могли бы работать в условиях корабельной качки и перепадах

температуры. Даже Ньютон подтвердил, что «такие часы еще никогда не были изготовлены». За решение этой проблемы взялся часовой мастер Джон Харрисон, который после 27 лет неустанных трудов пришел к схеме морского хронометра. Он был усовершенствован другими мастерами и к 1800 г. обрел вид, который практически не менялся 150 лет. В то же время Невил Маскелайн, ставший пятым королевским астрономом, решил задачу определения долготы по звездам.

После того как были заложены теоретические основы измерения времени и земного пространства, а затем созданы часовые механизмы и угломерные приборы высокой точности, возник вопрос: что принять за начальную точку отсчета для определения долготы. Как обеспечить «хранение» времени при длительных путешествиях? Как сличать это время с местным временем? Поскольку истинный полдень наступает в разных точках Земли в разное время, было необходимо договориться о его отсчете. Создание электрического телеграфа, связавшего разные континенты, еще более обострило эти проблемы.

Королевская обсерватория на протяжении многих лет служила местом точного измерения времени. В 1833 г. на здании обсерватории был установлен золоченый шар на штыре. Ежедневно в 13:00 он падал со штыря, и капитаны проходящих по Темзе судов сверяли время. Затем точное время стало передаваться для жителей Лондона в виде электрических звуковых сигналов два раза в день. Вскоре парламентом было принято решение распространить Гринвичское время на всю территорию Великобритании.

1 ноября 1884 г. Международная меридианная комиссия в составе 41 делегата от 25 стран признала Гринвичский меридиан «в качестве нуля долготы и поясного времяисчисления во всем мире». Поясное время, ос-

нованное на Гринвичском меридиане, вводилось в разных странах в течение полутора веков. После Англии время по Гринвичу стали определять Швеция, США, Канада, Сербия. Россия присоединилась к этой системе отсчета времени в 1919 г.

Гринвичский меридиан был выбран не случайно: там помимо обсерватории, основанной в 1677 г., были установлены маятниковые часы и определены условия для вычисления разницы между показаниями часов и солнечным временем, которое то отстает от часового, то опережает его.

Сегодня Королевская обсерватория в Гринвиче — место посещения многих туристов из разных стран. Для них в 2004 г. был открыт Планетарий Питера Харрисона на 120 мест с современной проекционной системой, позволяющий полюбоваться красотой и безбрежностью ночного неба, задуматься о проблемах пространства и времени. Несомненно, что об этом задумывались и наши далекие предки. Исследователи древнейших цивилизаций выдвинули любопытную гипотезу о существовании сохранившихся донныне иных реперных точек на нашей планете.

По-видимому, Веды являются самым древним из сохранившихся учений человечества. В них содержатся непреходящие истины, передававшиеся от одной мировой эпохи к другой в течение тысячелетий. Вероятно, ведические племена существовали в Индии до 6000 г. до н.э. Так и Ригведа обращается к предыдущим эпохам и отражает знание о длительных космических циклах. Индийские предания гласят, что в Рамаяне описаны события, происходившие 870 тыс. лет назад. Нет сомнений, что Веды существовали в виде устной традиции, хранимой и передаваемой особыми семьями в брахманских общинах в течение тысячелетий до перевода в письменную форму. Но даже устные Веды рассмат-



Планетарий Питера Харрисона.

ривались не как первоучение, а как обновленный вариант еще более ранних учений, переживших последнюю глобальную катастрофу. Эта заслуга якобы принадлежала семи мудрецам (риши), выжившим после катаклизма и стремившимся удержать знание, унаследованное ими как священный дар от праотцев, в начале новой эпохи. Сходные предания существовали и в Древнем Египте. В «Текстах Эдфу» также говорится о семи мудрецах, сохранивших знание, принесенное в долину Нила в эпоху Первого Времени и предназначенное для воссоздания прежнего мира богов. Они были основателями священных курганов, определивших будущее всех храмов Египта. Им вторят и жрецы майя — Хранители Дней: после раскола легендарной земли Атлантиды большие группы людей разошлись по всему миру — в Египет, Индию, Мезоамерику, Китай. Поэтому сегодня в культуре этих цивилизаций находят много общего: пирамиды, схожие знаки письма, астрономические знания, поклонение богам-животным и т.д.

В египетских преданиях «последователи Гора», легендарные основатели священного города

Гелиополь, характеризуются как носители древнейших астрономических знаний. Монументы и иероглифические сочинения, связанные с Гелиополем, — пирамиды Гизы, статуя Сфинкса и «Тексты Пирамид» — связаны с астрономическими наблюдениями. В частности, было установлено, что в них зашифрованы точные наблюдения прецессии равноденствий, которые происходят со скоростью  $1^\circ$  за 72 года. Если теперь переместить нулевой меридиан из Гринвича в Гизу, то Гринвич окажется на  $31.15^\circ$  з.д. Но в этом случае другой крупнейший астрономический комплекс, Анкор (Камбоджа), окажется расположенным на  $72^\circ$  в.д. Это совпадение вряд ли можно считать случайным, оно наводит на мысль о следах древней координатной сетки. Ее реперными точками можно считать Омфалос (пуп Земли) в Дельфах (Греция) и столицу огромной империи инков — город Куско. Такая сетка может оказаться наследием культуры доисторических мореплавателей забытой высокоразвитой цивилизации, существовавшей более 12 тыс. лет назад. И, кто знает, может Гринвич — это современный отголосок древнего знания посвященных. ■



# Конкурс научно-популярных статей

бхио  
**Молекула**  
<http://biomolecula.ru>



Авторы сайта «Биомолекула» организовали конкурс на лучшую научно-популярную статью о достижениях современной биологии — молекулярной биологии, биофизики, биомедицины, био- и нанотехнологии.

Участвовать в конкурсе могут все желающие (независимо от возраста, специальности и гражданства), способные корректно и доступно (желательно в стиле сайта) рассказать неподготовленному читателю о биомолекулярной науке.

Номинации конкурса:

- обзорная статья (10 тыс. знаков),
- короткое сообщение о результатах научного исследования, опубликованных с начала 2011 г. (5 тыс. знаков),
- статья по теме своей научной работы (10 тыс. знаков).

Работы принимаются до 31 октября 2011 г.

Результаты будут объявлены в ноябре 2011 г.

Победители получают премии (от 5 тыс. до 10 тыс. руб.).

## О сайте:

«Биомолекула» — это научно-популярный сайт, посвященный молекулярным основам современной биологии и практическим применениям научных достижений в медицине и биотехнологии.

«Биомолекула» существует благодаря энтузиазму ее авторов — отечественных молодых ученых, работающих в разных странах.

«Биомолекула» доступным языком освещает только проверенные факты в противовес лженауке и тотальному оболваниванию.

«Биомолекула» стремится создать у читателей правильное представление о современных достижениях биомолекулярной науки.

Подробности: <http://biomolecula.ru/content/888>.

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь

**Е.А.КУДРЯШОВА**

Научные редакторы

**О.О.АСТАХОВА**

**Л.П.БЕЛЯНОВА**

**Е.Е.БУШУЕВА**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**Г.В.КОРОТКЕВИЧ**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**Н.В.УСПЕНСКАЯ**

**О.И.ШУТОВА**

**С.В.ЧУДОВ**

Литературный редактор

**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор

**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией

**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Младший редактор

**Г.С.ДОРОХОВА**

Перевод:

**С.В.ЧУДОВ**

Набор:

**Е.Е.ЖУКОВА**

Корректоры:

**М.В.КУТКИНА**

**Л.М.ФЕДОРОВА**

Графика, верстка:

**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:

Российская академия наук,  
президиум  
Адрес издателя: 117997,  
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Мароновский пер., 26  
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (499) 238-24-56

E-mail: [priroda@naukaran.ru](mailto:priroda@naukaran.ru)

Подписано в печать 8.07.2011

Формат 60×88<sup>1/8</sup>

Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,  
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2  
Заказ 1549

Набрано и сверстано в редакции

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