

# ПРИРОДА

3 04



**В НОМЕРЕ:****3 Добровольский Г.В., Трофимов С.Я.****Этот удивительно организованный мир**

*С позиции современной науки, почва — это полифункциональная система, которая обеспечивает циклическое воспроизводство жизни на Земле, а ее деградация может привести к дестабилизации биосферы.*

**12 Сурдин В.Г.****Происхождение двойных звезд**

*Изучая эти самые распространенные во Вселенной системы, можно получить важную информацию о строении и эволюции звезд. Сейчас астрономы активно наблюдают двойные звезды и моделируют процессы их рождения.*

**19 Новиков И.С., Высоцкий Е.М., Агатова А.Р., Гибшер А.С.****Землетрясения в Горном Алтае и сейсмогеология Большого Алтая**

*Сильные землетрясения, произошедшие осенью прошлого года в Горном Алтае, подтвердили единство тектонического режима и высокий сейсмический потенциал протяженной горной системы, расположенной на территории Китая, Монголии и России.*

**27 Кароль И.Л.****Главная геофизическая обсерватория: вехи становления метеорологии в России****Научные сообщения****33 Талалай П.Г.****Проект NGRIP завершен, продолжение следует****Заметки и наблюдения****39 Булавинцев В.И.****Вертишейка****Рыжиков А.И.****Мельничные плотины на реке моего детства (55)****41 Шилова С.А.****Земляные белки**

*Исследования пространственно-этологической организации земляных белок земного шара представляет ученым уникальную возможность решить, какова роль внешних природных факторов в эволюции социальных систем млекопитающих.*

**49 Филиппович С.Ю., Бачурина Г.П., Крицкий М.С.****Супермодель нейроспора****59 КОНРАД ЛОРЕНЦ — ОСНОВАТЕЛЬ ЭТОЛОГИИ**

К 100-летию со дня рождения

**Гороховская Е.А.****«Гусиный отец» (60)****Лоренц К.****Что такое сравнительная этология? (67)****Калейдоскоп****71**

Безгловая комета (71). Молнии над городами (71). Урон науке от «затемнения» (71). Год торнадо (71).

**Биография современника****73****ВИКТОР ПРОКОПЬЕВИЧ СОЛОНЕНКО В СЕЙСМОГЕОЛОГИИ****Ружич В.В.****Учитель и его школа**

Вспоминая В.П.Солоненко (74)

**Архивные SMS-ки****77****Хорошо ли в России измерять кристаллы?****Новости науки****78**

Неправительственные научные премии (78). Эпоха космического ренессанса. Сурдин В.Г. (79). Космический телескоп «Спитцер» (80). Тепловая индукция марсианской поверхности (80). Куда девать парниковый газ? (81). Скорость распространения крупных сдвигов (82). Сейсмические последствия террористической атаки. Силкин Б.И. (82). Гигантские кристаллы рудника Найка (83). Прогноз Ла-Нинья не оправдался (84). Климат Украины в XX веке (84). Климат Арктического побережья и Центральной Сибири (85). Древнейшие люди Старого Света. Лаухин С.А. (85). Канадская Арктика в опасности (86). Коротко (76)

**87 Трубецков Д.И.****Быть собой и остаться собой**

Памяти Ю.А.Данилова

**Рецензии****91 Тоточава А.Г.****Путешествие к Красной планете****Новые книги****93****В конце номера****94 Волков В.А.****Неизвестный исследователь Арктики**

## CONTENTS:

- 3 Dobrovolsky G.V. and Trofimov S.Ya.**  
**That Surprisingly Organized World**  
*From the standpoint of modern science, the soil is a polyfunctional system which ensures cyclical reproduction of life on Earth and its degradation may lead to the destabilization of the biosphere.*

- 12 Surdin V.G.**  
**The Origin of Double Stars**  
*Research on these most widespread systems in the Universe can yield important insights into the structure and evolution of stars. At present astronomers are actively observing double stars and are modeling the processes of their generation.*

- 19 Novikov I.S., Vysotsky E.M., Agatova A.R., and Gibsher A.S.**  
**Gorno-Altai Earthquakes and the Seismology of the Altai Mountains**  
*The strong earthquakes that occurred last fall in the Gorno-Altai Autonomous Region confirmed that the extensive mountain system, located in China, Mongolia, and Russia, is controlled by one tectonic regime and has a high seismic potential.*

- 27 Karol I.L.**  
**The Main Geophysical Observatory: Milestones in the Development of Russian Meteorology**

### Scientific Communications

- 33 Talalai P.G.**  
**The NGRIP Project Is Completed, and a Follow-up is Due**

### Notes and Observations

- 39 Bulavintsev V.I.**  
**The Wryneck**  
**Ryzhikov A.I.**  
**Mill-dams on the River of My Childhood (55)**

- 41 Shilova S.A.**  
**Ground Squirrels**  
*Research on the spatial and ethological patterns of ground squirrels around the world gives scientists the unique opportunity to ascertain the role of external natural factors in the evolution of mammal social systems.*

- 49 Filippovich S.Yu., Bachurina G.P., and Kritsky M.S.**  
**A Supermodel of Neurospora**

- 59 CONRAD LORENTZ – THE FOUNDER OF ETHOLOGY**  
 On the Centennial of His Birth  
**Gorokhovskaya E.A.**  
**«Goose Father» (60)**

- Lorents C.**  
**What Is Comparative Ethology? (67)**

### Kaleidoscope

- 71**  
 A Headless Comet (71). Lightnings above Cities (71). Damage Caused by the «Blackout» to Science (71). The Year of Tornadoes (71).

### Biography of Our Contemporary

- 73**  
**VIKTOR PROKOPYEVICH SOLODENKO IN SEISMOGEOLOGY**  
**Ruzhich V.V.**  
**The Teacher and His School**  
 Reminiscences by V.P.Solonenko (74)

### Archival SMSs

- 77**  
**Can Crystals Be Measured Well in Russia?**

### Science News

- 78**  
 Nongovernmental Scientific Prizes (78). The Epoch of Space Renaissance. **Surdin V.G.** (79). Spitzer Space Telescope (80). Thermal Induction of the Martian Surface (80). What to Do with Greenhouse Gas? (81). The Propagation Rate of Large Strike-Slip Faults (82). Seismic Effects of a Terrorist Attack. **Silkin B.I.** (82). Giant Crystals from the Naica Mine (83). The la Nina Forecast Proven Wrong (84). The Climate of Ukraine in the 20th Century (84). The Climate of the Arctic Coast of Central Siberia (85). The Earliest Humans of the Old World. **Laukhin S.A.** (85). The Canadian Arctic Is in Jeopardy (86).  
 In Brief (76)

- 87 Trubetskov D.I.**  
**To Be Oneself and to Remain Oneself**  
 In Memory of Yu.A.Danilov

### Book Reviews

- 91 Totochava A.G.**  
**The Journey to the Red Planet**

### New Books

- 93**

### End of Issue

- 94 Volkov V.A.**  
**An Unknown Researcher of the Arctic**

# Этот удивительно организованный мир

Г.В.Добровольский, С.Я.Трофимов

**Ч**то такое почва? Ответить на этот вопрос не так просто! В течение многих веков, начиная со времени зарождения земледелия и растениеводства она интересовала человека как источник «плодов земных», т.е. продуктов питания. И в наше время около 98–99% продовольствия человек получает в результате земледелия и животноводства, используя плодородие почвы. Потому и наука — почвоведение — развивалась преимущественно в качестве агрономической дисциплины.

Впервые на необходимость изучения почвы как особого природного тела обратил внимание в 80-х годах XIX в. выдающийся русский ученый В.В.Докучаев. Данное им определение почвы «как вполне самостоятельного естественно-исторического тела, которое является продуктом совокупной деятельности *a)* грунта; *b)* климата; *c)* растительности и животных организмов; *d)* возраста страны, а отчасти и *e)* рельефа местности» [1] стало основой современного генетического почвоведения, изучающего почвы с точки зрения их генезиса.

Со времени основополагающих работ Докучаева и его школы выяснены и сформулиро-

© Добровольский Г.В.,  
Трофимов С.Я., 2004



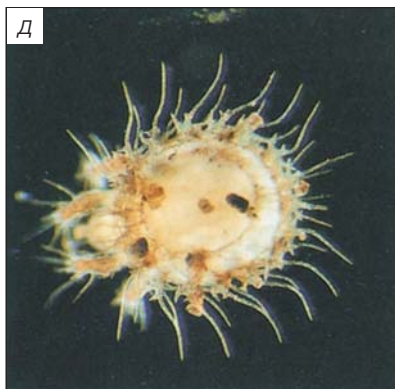
**Глеб Всеволодович Добровольский**, академик, директор Института почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и РАН, председатель Научного совета РАН по почвоведению, президент Докучаевского общества почвоведов. Научные интересы сосредоточены в области генезиса, географии и охраны почв. Автор многих работ и учебников по этим разделам почвоведения. Член редколлегии журнала «Природа».



**Сергей Яковлевич Трофимов**, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой химии почв факультета почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — функционирование почв ненарушенных таежных экосистем, миграция типоморфных элементов в таежных ландшафтах, экологическое нормирование техногенного воздействия на почву.

ваны главные законы генезиса и географии почв; выработаны профильно-генетический и сравнительно-географический методы исследования и картографирования; созданы естественнонаучные и прикладные классификации почв; составлены разномасштабные почвенные карты, позволившие оце-

нить разнообразие и перспективы землепользования; на основе изучения физических, химических и биологических свойств почв разработаны принципы зональной агрономии и мелиорации, применения органических и минеральных удобрений для поддержания плодородия.



Некоторые представители почвенной фауны: а — диплопода; б — жук стафилина; в — личинка мухи; г — коллембола; д, ж — клещи; е — мокрица.

Исторически при разработке теоретических вопросов почвоведения наибольшее внимание уделялось роли и влиянию разных факторов на формирование и свойства почв. Значительно меньше изучалось воздействие самих почв и почвенного покрова на природные компоненты: температуру и состав приземных слоев атмосферного воздуха, химический состав и режим грунтовых и речных вод, на характер растительности и животный мир. Между тем именно эти функции и определяют экологическую роль и значение почв в природе и жизни человека.

Современное почвоведение рассматривает почву не только как особое тело, обладающее плодородием, но и как полифункциональную природную систему, влияющую на другие природные системы и обеспечивающую циклический характер воспроизводства жизни на Земле. В связи с глобальным обострением экологических проблем особую актуальность в наше время приобретает изучение экологических функций почв.

О глобальном изменении климата сегодня известно всем (об этом пишут много). Однако мало кто знает, что почва — один из основных источников парниковых газов (включая углекислый газ), на порядок превышающий антропогенную эмиссию CO<sub>2</sub>. И далеко не из праздного любопытства специалисты пытаются дать ответ на вопрос: что же произойдет с колоссальными запасами органического вещества, накопившимися в почвенном покрове Земли, при изменении климата? Пока наука не может аргументированно ответить, отчасти из-за того, что почва — сложноорганизованная биокосная система, «саморегулирующаяся подсистема биогеоценоза», живущая по своим, еще не вполне познанным законам.

Не имея возможности подробно рассмотреть все функции, которые выполняет почва в биосфере и экосистемах, остановимся лишь на некоторых из

них. Прежде всего — это уникальная среда обитания для самых разных организмов. Поражает воображение их количество в единице объема или массы (в 1 г почвы может находиться до нескольких миллиардов бактерий, сотни тысяч грибных гифов, сотни тысяч одноклеточных животных) и многообразии. (Установлено, что более 90% видов представлено организмами, обитающими в почве полностью или частично [2].) Еще в начале XX в. В.И.Вернадский писал, что «почва и населяющая ее фауна и флора представляет живую пленку суши» [3], а Б.Б.Полынов называл почвенный покров Земли «оболочкой наибольшей плотности жизни» [4]. Именно поэтому чрезвычайно важно обратить пристальное внимание на роль почв в сохранении биоразнообразия — одной из самых злободневных экологических проблем. Это обусловлено как таксономическим разнообразием самих почв (следовательно, вариабельностью их свойств) на глобальном (почвы разных природных зон), региональном (почвы в пределах природной зоны, сформированные на разных почвообразующих породах), ландшафтном (почвы разных элементов ландшафтов), экосистемном (почвы, сформированные под разными парцеллами) уровнях.

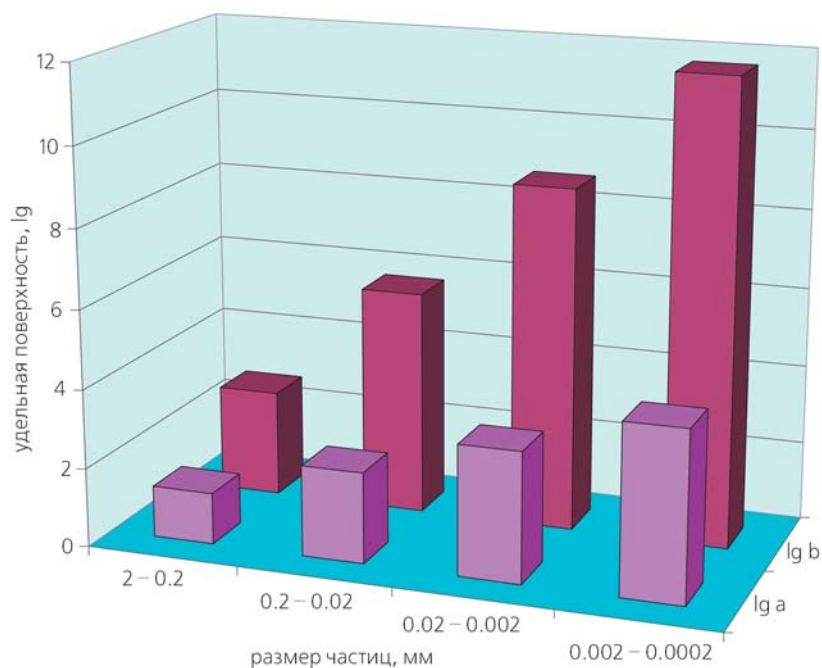
Почвенные свойства неодинаковы в разных генетических горизонтах одного профиля. Так, в верхних слоях органического вещества больше, чем в нижних; в нижних — стабильнее температурный и водный режимы; а в верхних, менее плотных, как правило, лучшая аэрация и т.д. Но и в пределах одного горизонта, например на поверхности почвенного агрегата и внутри него, условия для организмов отличаются. Все эти особенности определяют наличие множества экологических ниш для самых разных организмов, иногда функционально диаметрально противоположных. Так, даже в самых сухих почвах

всегда можно обнаружить облигатных анаэробов.

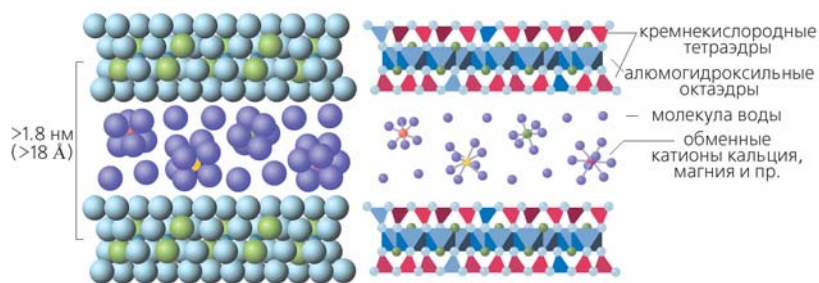
Весьма образно писал о гетерогенном микростроении и составе почв основоположник особого микроскопического метода изучения почв В.Кубиена: «Если бы мы превратились в микроорганизмы и оказались бы внутри почвы, то мы увидели бы, что почва представляет собой огромную систему разнообразных ниш, которые построены из стеклянного материала, частично чистого и бесцветного, частично интенсивно зеленого, красного, желтого или коричневого, почти совершенно

прозрачных, полупрозрачных, а нередко и очень темных. В этих нишах живут и активно действуют различные организмы, в некоторых нишах их мало, в других очень много, в соответствии с размерами, климатом и пищевыми условиями различных ниш. В микроскопических размерах почва не однородная масса, но целый сложно организованный мир» [5].

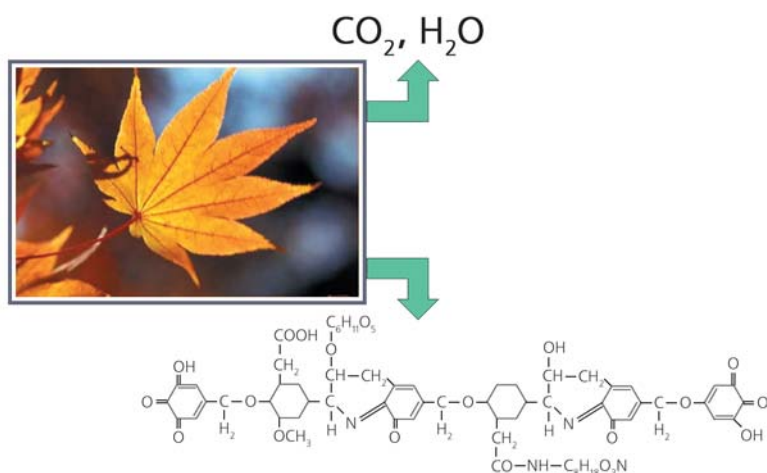
Важную роль в формировании средообразующей функции почв играют особенности ее состава: в ней десятки (до 65) элементов таблицы Менделеева, в том числе все необходимые



Зависимость удельной поверхности частиц от их размера; *a* — удельная поверхность кубических частиц, см<sup>2</sup>/г; *b* — число кубических частиц в 1 г (по: Почвоведение. 1988. Ч.1. С.72).



Ионный обмен.



**Минерализация и гумификация органических остатков.**

для организмов так называемые элементы-биофилы. При этом содержание некоторых из них (фосфора, калия и др.) зависит только от исходного количества в почвообразующей породе и характера почвообразования. Доступность для организмов того или иного элемента во многом определяется взаимодействием между различными фазами: газовой (почвенного воздуха), жидкой (почвенного раствора) и разнообразных твердых фаз, составляющих почвенную матрицу. Иногда в качестве самостоятельной фазы выделяют живое вещество почв [6]. Взаимодействие между компонентами, а также с сопредельными средами обуславливает протекающие в почве процессы и все ее важнейшие свойства.

Матрица в основном состоит из соединений кремния, алюминия и железа. При этом на долю кислорода, входящего в состав алюмосиликатов, оксидов и гидроксидов этих элементов, приходится до 50% массы твердых фаз почвы. В химическом отношении она весьма инертна, но протекающие на ее поверхности процессы чрезвычайно важны для почвообразования. В ходе выветривания и почвообразования из-за уменьшения размера частиц многократно возрастает удельная поверх-

ность почв, что значительно увеличивает поверхностную энергию и адсорбционные явления.

Почвенные коллоиды (в основном отрицательно заряженные) обладают постоянным или переменным (так называемым рН-зависимым) электрическим зарядом. Он нейтрализуется ионами противоположного знака из почвенного раствора, которые способны обмениваться на другие ионы с тем же знаком и величиной заряда. От ионообменной способности зависит продуктивность и устойчивость экосистем. При техногенном загрязнении ионообменная способность определяет защитные свойства почв по отношению к водоемам, растениям, животным и человеку. Впервые обмен катионов обнаружили английский фермер Г.С.Томсон и химик Британского королевского общества Дж.Т.Уэй в 1855 г. А в 20-х годах прошлого века советский почвовед-химик К.К.Гедройц сформировал учение о поглотительной способности почв, имеющее важное значение для теории и практики почвоведения, агрохимии и мелиорации. После этого ионный обмен стал подробно изучаться химиками.

Ионообменные свойства во многом обусловлены присутствием в почвах гуминовых веществ, образующихся при раз-

ложении растительных остатков. Гумификация и минерализация органического вещества — ключевые процессы в цикле углерода в наземных экосистемах. От их соотношения зависит способность почв депонировать углерод и, следовательно, газовый состав атмосферы. Содержание гумуса влияет и на физические свойства почв, т.е. определяет радиационный баланс, влияет на циркуляцию воды в атмосфере, на соотношение поверхностного и грунтового стока. В естественных экосистемах поверхностный сток небольшой, и потому интенсивность эрозии незначительна. Уничтожение растительности и верхних горизонтов почв ускоряет эрозию и служит одной из причин участвовавших катастрофических паводков.

Таким образом, почва выступает как активный регулятор процессов в экосистеме, а почвенный покров планеты (педосфера) — как регулятор биосферных процессов. Биокосность почвы определяет необходимость изучать косные, абиогенные факторы почвообразования, живое вещество почвы и их участие в регуляции процессов в наземных экосистемах.

**Абиогенные факторы функционирования экосистем**

Роль абиогенных факторов — климата, почвообразующих пород, рельефа, (времени) изучена достаточно полно. Однако до сих пор подробно исследовалась роль каждого из них в отдельности, даже создавались классификации почв на основе так называемого ведущего почвообразователя. Гораздо меньше внимания уделялось их взаимодействию, хотя именно оно определяет возникновение новых параметров состояния. Так, совокупное влияние климата, рельефа и гранулометрического состава пород обуславливает гидрологический режим,

а климат, рельеф и химический состав пород — геохимическую обстановку.

Кроме того, одни факторы могут усиливать или ослаблять действие других. Например, почвообразующая порода может существенно модифицировать климат. Такое влияние объясняется тем, что доля минеральной компоненты в весовом и объемном отношении составляет более 90% почв (за исключением органогенных) и потому определяет ряд физических (водопроницаемость, водоудерживающая способность, удельная поверхность, плотность и др.) и химических (рН, ионообменные свойства, химический состав) характеристик, а также содержание и состав глинистых минералов, наличие карбонатов, легкорастворимых солей и др.

В значительной мере именно из-за бедности песчаных пород полесских ландшафтов зона дерново-подзолистых южнотеплых почв в западной части СНГ простирается почти до Киева (т.е. влияние климата тем самым ослабляется, поскольку на той же широте и при той же сумме активных температур в Центральной части Русской равнины на покровных и лессовидных суглинках сформированы черноземные почвы под степной растительностью). В пределах таежной зоны в районах остаточно-карбонатных суглинистых пород почвы и растительность схожи с таковыми в зоне широколиственных лесов. Ослабление климатического фактора наблюдается и на севере — в субарктическом климате в зоне лесотундры продуктивность (и в значительной мере видовой состав луговых сообществ) ландшафтов в пойме Печоры почти не отличается от таковых в пойме Оки или Москвы. В данном случае климатический фактор затушевывается протекающими там геохимическими процессами.

В гумидном климате тяжелый гранулометрический со-

став (суглинки и глины) моренных отложений и выровненный рельеф усиливают проявление гумидности, а легкие почвы (пески и супеси) и расчлененный рельеф ослабляют ее проявление. В аридной зоне, напротив, легкие породы усиливают аридность, а тяжелые, удерживая влагу, ослабляют проявление сухости.

Таким образом, абиогенные факторы задают исходные параметры структуры и функционирования экосистем, поскольку от них зависят условия существования живых организмов. В ряде случаев при адаптации могут возникать новые условия, в большей мере подходящие для жизнедеятельности организмов.

Можно сказать, что абиогенные факторы — это тот фундамент, на котором разворачивается дальнейший сценарий развития наземных биогеоценозов — именно они основные поставщики вещества и энергии.

### **Роль живого вещества в регуляции функционирования экосистем**

Почва — открытая, и, следовательно, термодинамически неравновесная система, причем неравновесность во многом создается и поддерживается живым веществом, обуславливающим потоки вещества и энергии (что и характерно для неравновесных систем). Для поддержания такого состояния живое вещество участвует в перемещении вещества против сил гравитации и градиентов концентраций. Согласно Вернадскому, эта биогеохимическая работа совершается в основном за счет энергии солнца, запасенной растениями в ходе фотосинтеза. К почвам как биокосным системам, видимо, применим «принцип устойчивого неравновесия» Бауэра: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии по-

стоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [7]. Примером тому служит распределение химических элементов по профилю почвы: концентрация биофильных элементов в верхних горизонтах «зрелой» почвы в несколько раз выше, чем в нижних (несмотря на то, что выветривание минералов и последующая миграция высвободившихся ионов обуславливают, по крайней мере во влажном климате, нисходящее перемещение вещества).

Очевидно, что для поддержания упорядоченного состояния такой сложноорганизованной системы, как почва, в течение длительного времени и в условиях меняющейся внешней среды, необходима регуляция метаболизма, т.е. управление. Но ни в одном учебнике по почвоведению мы не найдем ни малейшего намека на подобные термины. Вероятно, это связано с тем, что здесь натуралисты соприкасаются с проблемой целлеполагания.

В самом деле, какая цель может быть у почвы? Или у экосистемы? Кто (или что) и каким образом регулирует происходящие в ней процессы? Казалось бы, что человек узурпировал себе эксклюзивное право иметь цель своего существования (как, впрочем, и наличие разума) и умение управлять созданными им устройствами и системами посредством обратных связей. Однако в действительности цели человека и любого живого организма схожи — обеспечить стабильность жизни и как индивидуума, и как вида. Еще Вернадский показал, что вид вне сообщества, вне экосистемы существовать не может. Следовательно, «цель» сообщества есть некая коллективная задача — обеспечить существование системы, несмотря на флуктуации среды обитания. В этом контексте можно и нужно оценивать роль живых организмов в биокосных системах.



Как известно, управление процессами базируется на обратных связях, т.е. таких типах взаимодействий, когда есть определенная свобода выбора, который производится, исходя из стремления достичь определенной цели. Н.Н.Моисеев указывал на то, что управляемые процессы предполагают участие в них живой материи, а в неживой природе обратной связи нет [8].

Никто не сомневается в наличии регуляторных механизмов у организма: тому есть масса примеров регуляции в популяциях. Однако при изучении биосферных систем (почв, биогеоценозов и биосферы) регуляторная роль биоты недооценена. Тем не менее, в последние десятилетия появляются работы, оценивающие роль живого вещества в эволюции нашей планеты в несколько ином контексте. Если раньше считали, что жизнь на нашей планете появилась благодаря уникальным благоприятным условиям, то в последнее время активно развивается гипотеза о том, что живые организмы сами постепенно улучшают условия, в том числе за счет изменения состава атмосферы [9]. Впрочем, еще Вернадский, обсуждая защитную роль озона от разрушительного действия ультрафиолетовых лучей солнца на земные организмы, писал: «Жизнь, живое вещество как бы само создает себе область жизни. Это характерная организованность нашей планеты» [10]. В соответствии с изменениями состава атмосферы менялась и средняя температура планеты. Нужно подчеркнуть, что с физической точки зрения это состояние не устойчиво.

Таким образом, существование жизни обеспечивается порождаемыми самой жизнью механизмами биотической регуляции состояния нашей планеты. **Регуляция означает строгое количественное соотношение противоположно направленных процессов.**

## Почвы ненарушенных экосистем

Если процессы сбалансированы на глобальном уровне, т.е. в биосфере в целом, то и ее структурные ячейки, в частности, наземные биогеоценозы, причем, в первую очередь, не нарушенные человеком, тоже будут сбалансированы. Именно поэтому почвоведы из МГУ, лаборатории экологических функций почв Института проблем экологии и эволюции РАН, Института почвоведения МГУ—РАН остановили свое внимание на ненарушенных южнотаежных биогеоценозах. Эти исследования, проводившиеся на территории Центрально-лесного государственного биосферного природного заповедника (Тверская обл.) с 80-х годов по настоящее время, позволили обрисовать механизмы биотической регуляции процессов, происходящих в природных экосистемах.

На этой территории со слаборасчлененным рельефом, где осадки превышают испарение, структуру почвенно-растительного покрова определяет гидрологический режим, т.е. наличие и длительность периодов поверхностного переувлажнения почвы. От этого фактора зависят выраженность кислородного стресса растений, степень и глубина проникновения корневой системы в минеральные горизонты почв (следовательно, и масштабы извлечения элементов минерального питания из минеральных горизонтов) и интенсивность абиогенного выноса биофильных элементов

с нисходящим током влаги за пределы почвенного профиля (и экосистемы в целом).

На выположенных и слабо-вогнутых участках с торфяно-глебовыми и болотно-подзолистыми почвами, занятых сфагновыми и черничными ельниками, переувлажнение наблюдается в течение довольно длительного времени (до трех месяцев и более). На склонах оно выражено в меньшей степени или вообще отсутствует (по крайней мере, в корнеобитаемой зоне).

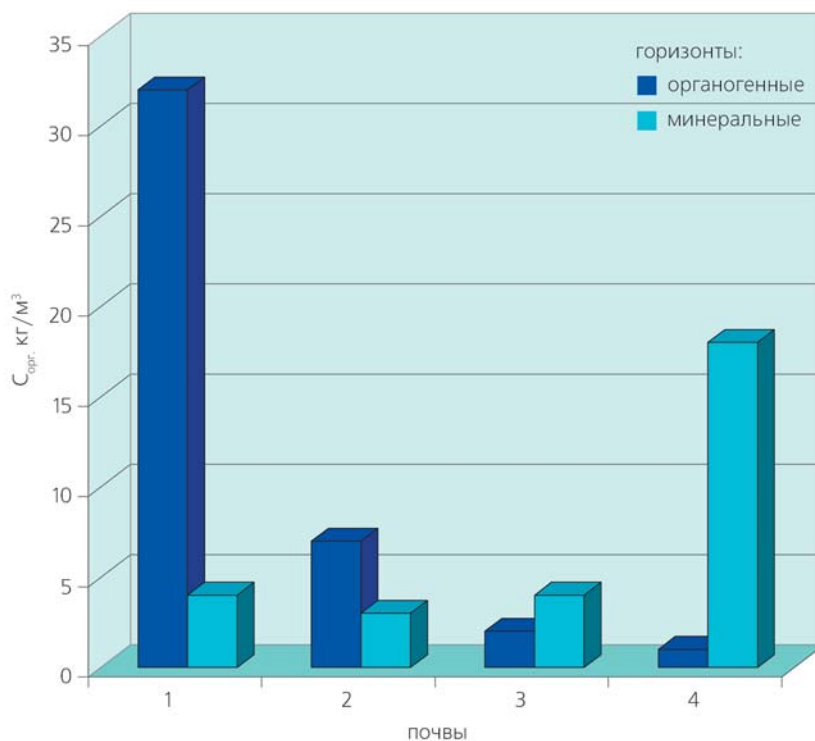
Растения в переувлажненных почвах в большей мере подвержены кислородному стрессу. Корни у них расположены на поверхности почвы, резервы минерального питания, сосредоточенные в минеральных горизонтах, малодоступны, и, наконец, элементы в водонасыщенной толще в силу законов диффузии мигрируют из области с более высокой концентрацией в область с более низкой (т.е. сверху вниз, так как биофильных элементов гораздо больше в верхних горизонтах, чем в нижних). Следовательно, по сравнению с дренируемыми участками, переувлажненные почвы находятся в заметно менее выгодном положении. Значит, объектом регуляции служат потоки биофильных элементов. Если учесть, что в таежных почвах источник минерального питания растений — органическое вещество лесных подстилок, можно предположить, что динамикой органического вещества в зрелых природных экосистемах управляют биотические механизмы.



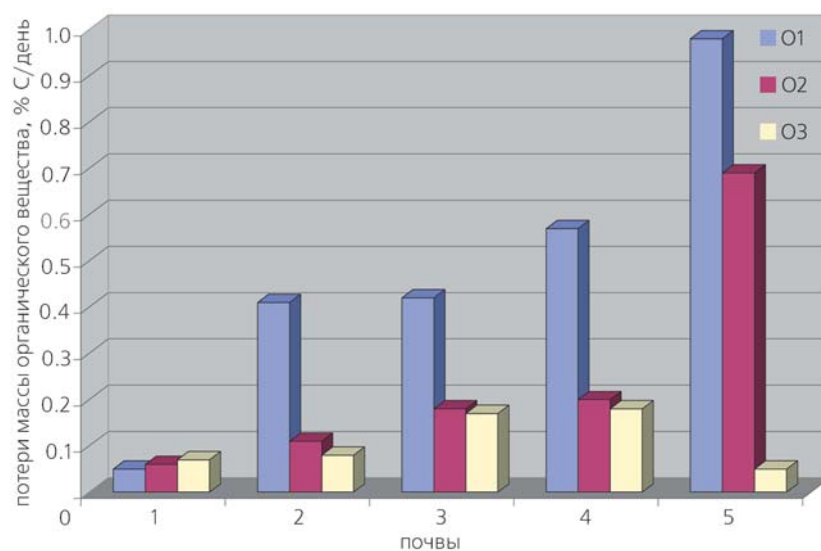
Распределение растительных сообществ и почв в ненарушенном южнотаежном ландшафте.

Интенсивность биологического круговорота часто определяется отношением запасов органического вещества в лесных подстилках к ежегодному количеству опада. По этому показателю экосистемы отличаются весьма существенно, что вполне соответствует гидрологическому режиму почв, который определяет скорость разложения органического вещества. С учетом различий в количестве ежегодного опада можно было предположить, что интенсивность биологического круговорота в экосистемах с неблагоприятным гидрологическим режимом существенно ниже из-за невысокой биологической активности почв. Однако проведенные исследования показали, что в переувлажненных почвах обилие, разнообразие и биомасса различных групп почвенной биоты были такими же или выше, чем в хорошо дренируемом буроземе [11].

Оказалось, что по скорости разложения внесенного в исследуемые почвы унифицированного органического вещества (еловой хвои и меченной по  $^{14}\text{C}$  микробной биомассы) существенных различий между дренируемыми и переувлажненными почвами нет. Однако разница в скорости минерализации собственного органического вещества лесных подстилок и торфов была большой. На первый взгляд, складывается парадоксальная картина — потенциальная биологическая активность в разных почвах почти одинакова, а собственное органическое вещество разлагается с разной скоростью. Это противоречие можно объяснить свойствами растительного опада. Известно, что у растений разных видов его химический состав неодинаков и в значительной мере определяется условиями произрастания и экологической стратегией. Так, у «стресс-толерантов» (растений, характерных для почв с неблагоприятным водно-воздушным режимом и невысоким содержанием ми-



Запасы органического углерода в торфяно-глеевой (1), болотно-подзолистой (2), буроземе (3) и дерново-глеевой (4) почвах.



Скорость разложения (% потери массы в пересчете на углерод в день) органического вещества органогенных горизонтов (лесных подстилок или торфа) торфяно-глеевой (1), белоподзолистой (2), палеоподзолистой (3), бурозема (4), торфяной низинной (5) почв; O1 — верхняя слаборазложившаяся, O2 — средняя полуразложившаяся, O3 — нижняя сильноразложившаяся часть подстилки или торфа.



Ландшафты Центрально-лесного государственного биосферного заповедника.

Фото С.Я.Трофимова



неральных элементов) опад разлагается медленнее, чем у «виолентов» — растений богатых почв [12].

Различия в химическом составе во многом обусловлены неодинаковым содержанием лигнина (одного из наиболее трудноразлагаемых природных полимеров) и других веществ фенольной природы, в частности, танинов. Многие исследователи приписывают им регуляторные функции в экосистеме: они делают опад почти «несъедобным» для почвенных животных и микроорганизмов, непосредственно влияют на цикл азота, ингибируя процесс нитрификации и др. Поэтому опад с высоким содержанием танинов (например, хвойный), как правило, разлагается медленнее, чем опад с невысокой концентрацией (травянистые растения, листья ольхи, липы и др.). Наши исследования подтверждают справедливость этих положений [12].

Таким образом, можно заключить, что качество растительного опада в экосистемах функционально соответствует сообществу почвенных организмов. Это в конечном итоге определяет характерные для каждого биогеоценоза параметры биологического круговорота, т.е. в определенном смысле биологический круговорот регулируется самими организмами для поддержания устойчивого состояния экосистемы. Еще один аргумент в пользу этой гипотезы — результаты анализа биофильных элементов. Исследования показали, что различия в концентрациях и суммарном содержании биогенных элементов в разных почвах невелики. При этом в переувлажненных почвах биогенные элементы накапливаются в органогенных горизонтах, а в дренируемых почвах таежных экосистем эту функцию выполняют верхние минеральные горизонты. Следовательно, в зависимости от ус-

ловий среды арена взаимодействия почвы и растений располагается либо выше, либо ниже границы органогенных и минеральных горизонтов почвы.

При разложении органического вещества биофильные элементы высвобождаются и вновь потребляются растениями. Зная скорость разложения органического вещества тех или иных почв, можно рассчитать количества биогенных элементов, вовлекаемых ежегодно в биологический круговорот. Такие расчеты показывают, что в переувлажненных почвах (торфяно-глеевой, торфянисто-подзолистой) низкая скорость разложения органического вещества компенсируется большими его запасами. В этих почвах количество высвобождаемых биофильных элементов сопоставимо с таковым в хорошо дренируемых почвах (палевоподзолистых, буроземах), где скорость минерализации органического вещества выше, но его запасы меньше. В то же время такое «экономное» высвобождение дефицитных биофильных элементов в переувлажненных почвах, видимо, уменьшает абигенный вынос за пределы экосистемы, т.е. обеспечивает их устойчивость.

Это позволяет предположить, что в зрелых природных экосистемах трансформация органического вещества и круговорот биогенных элементов контролируются биотой, в результате чего потери биогенных

элементов минимальны. Кроме того, за счет уменьшения скорости разложения органического вещества в переувлажненных почвах зона наибольшей активности биогеохимических процессов смещается из минеральной толщи на ее поверхность. Благодаря способности к набуханию образующийся органо-генный горизонт при увлажнении не заполняется полностью водой (в отличие от минеральных горизонтов), а становится домом, в котором корни растений и почвенная биота не страдают от недостатка кислорода даже во влажные периоды. Такая надстройка из органического субстрата в ряде случаев может быть весьма значительной. Так, в облесенных поймах Западной Сибири деревья иногда растут на органогенных кочках высотой до 1 м, возвышающихся над полностью водонасыщенным торфом [13]. В какой-то степени это явление аналогично ходульным корням.

Все это говорит о том, что почва — саморегулирующаяся и самоорганизующаяся подсистема биогеоценоза. Само по себе согласованное поведение разных компонентов экосистем — растительности и почвенной биоты — явление удивительное. И самое поразительное, что вся эта чрезвычайно сложная совокупность организмов и ее косного окружения — не просто смесь различных компонентов, а очень тонко организованная система.

Однако в полной мере саморегуляция реализуется лишь в экосистемах, слабо затронутых деятельностью человека. Действительно, созданные человеком агроценозы нацелены на максимальную продуктивность, а естественные экосистемы — на обеспечение максимальной устойчивости. Интенсивное антропогенное воздействие нарушает сложившийся в природных биогеоценозах биогеохимический баланс. В результате экосистемы теряют биогенные элементы, гумус, разрушается почвенная структура, почвы деградируют и теряют продуктивность. Взглянув на это явление в планетарном масштабе, легко увидеть, что уничтожение почвенного покрова и естественных экосистем — один из факторов, ведущих к изменениям природной среды и климата, к дестабилизации биосферы. Человечество уже потеряло больше продуктивных земель, чем использует в настоящее время. Учитывая, что формирование удивительных свойств почв, о которых мы рассказывали, занимает тысячелетия, эту потерю можно считать непоправимой. Сегодня необходимо научиться управлять биогеохимическими процессами в антропогенно-преобразованных почвах, чтобы уменьшить скорость их деградации. Ключ к решению этой проблемы — познание тайн, которыми полон удивительный почвенный мир. ■

## Литература

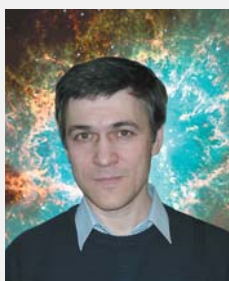
1. Докучаев В.В. Соч. Т.1. М., 1949.
2. Dobzhansky Th. Genetics and the origin of species. N.Y., 1953.
3. Вернадский В.И. Биосфера. Л., 1926.
4. Полынов Б.Б. Изб. тр. М., 1956.
5. Kubiena J. Walter. Micropedology. Ames; Iowa, 1938.
6. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск, 1971.
7. Коган А.Б., Наумов Н.П., Режабек В.Г., Чораян О.Г. Биологическая кибернетика. М., 1972.
8. Моисеев Н.Н. Человек, среда, общество. М., 1982.
9. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М., 1995.
10. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1965.
11. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем. М., 2002.
12. Миркин Б.М. Что такое растительные сообщества. М., 1986.
13. Аветов Н.А., Трофимов С.Я. // Почвоведение. 1997. №1. С.31—35.

# Происхождение двойных звезд

В.Г.Сурдин

В мире звезд царствует гравитация. И если внутри нормальной звезды силе тяжести способно противостоять давление обычного газа, а в недрах белого карлика или нейтронной звезды — давление вырожденного вещества, то вне поверхности небесного тела у гравитации соперников нет. Устоять перед взаимным притяжением своих частей космическая система может лишь в том случае, если ее компоненты непрерывно движутся вокруг центра масс. Поэтому неудивительно, что космические тела вальсируют на орбитах: спутники вокруг планет, планеты вокруг звезд, звезды вокруг центра Галактики, а сами галактики вокруг центра скопления галактик.

Обращение двух тел вокруг центра масс происходит абсолютно устойчиво, если не принимать во внимание их медленное сближение из-за излучения гравитационных волн. Но движение трех и более тел в общем случае неустойчиво: такие кратные системы обычно распадаются. Правда, у природы есть возможность стабилизировать кратные системы на длительное время, например, если одно из тел значительно массивнее остальных (Солнце + планеты) или если их взаимные расстояния существенно различаются (Солнце + [Земля + Луна]).



**Владимир Георгиевич Сурдин**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института им. П.К.Штернберга. Область научных интересов — происхождение и эволюция звезд и звездных скоплений. Постоянный автор журнала «Природа».

Учитывая всеобщий характер вращения, стоит ли удивляться, что большинство звезд образуют пары и даже кратные системы, хотя последних не так много. Поговорим о двойных звездах — наиболее простых и устойчивых звездных системах, эволюция которых представляет для астрофизики большой интерес, а происхождение не понято до сих пор.

## Двойняшки в небесах

Наблюдая небо в телескоп, легко заметить группы взаимно близких звезд. Однако не все их члены располагаются в просторстве рядом. Двойной звездой астрономы называют любые две звезды, видимые близко друг от друга, но отдельно от других. Если исследование покажет, что эти светила видны рядом лишь

в результате случайной проекции, такую парочку назовут *оптической двойной*. Если же выяснится, что они действительно расположены по соседству и связаны между собой тяготением, то это уже *физическая двойная звезда*, или *двойная система*. Их подразделяют на типы: у *визуальных двойных* оба компонента видны по отдельности; *спектральные двойные* обнаруживают по периодическому доплеровскому смещению линий в их спектре. Если Земля лежит в плоскости орбиты двойной звезды, то ее компоненты периодически затмевают друг друга, такие системы называют *затменными двойными*.

С эволюционной точки зрения двойные звезды делят на тесные и широкие. *Тесными двойными* называют системы, в которых компоненты на некотором этапе жизни способны

обмениваться веществом. А у *широких двойных* расстояние между компонентами так велико, что они не оказывают друг на друга иного влияния, кроме гравитационного. Диапазон взаимных расстояний у двойных звезд огромен: от  $10^{10}$  м у самых тесных до  $10^{16}$  м у самых широких. Ясно, что к формированию столь непохожих систем причастны разные физические механизмы. Понять их было бы любопытно.

Жизнь двойной звезды в сравнении с одиночной настолько богаче событиями, насколько семейная жизнь полнее одиночества. Только взаимодействие звезд раскрывает их истинные качества: изучая двойные системы, мы имеем уникальную возможность определять массы и размеры звезд, их эволюционный статус [1, 2] и даже физическую природу, например, обнаруживать среди них белые карлики и черные дыры [3, 4].

Жизнь двойных систем не ограничивается взаимным влиянием светил: в звездных скоплениях и ядрах галактик двойные звезды активно взаимодействуют с соседями и заметно влияют на их эволюцию [5]. От наличия или отсутствия двойных систем зависит судьба шаровых звездных скоплений [6, 7]. Понять, какие процессы приводят к рождению двойных звезд, означает высветить еще одну грань великой космической драмы.

## Найти и изучить

Для доказательства физической связи двух звезд достаточно заметить их орбитальное движение. Но на гигантских межзвездных расстояниях сделать это нелегко. При наблюдении сквозь земную атмосферу увидеть звезды по отдельности удастся лишь в том случае, если они разделены углом не менее  $0.2''$ . То есть при расстоянии до визуально-двойной звезды в 10 парсек ( $1 \text{ пк} = 3.0857 \cdot 10^{16} \text{ м}$ ) ее

компоненты должны отстоять друг от друга не менее чем на одну астрономическую единицу ( $1 \text{ а.е.} = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ , расстояние от Земли до Солнца), а их орбитальный период будет измеряться годами. В действительности у большинства изученных визуально-двойных орбитальные периоды составляют десятки и сотни лет.

Чуть открытия физических двойных звезд в конце XVIII в. принадлежит В.Гершелю (1738—1822). За прошедшие 200 лет обнаружено и частично изучено около 80 тыс. визуально-двойных звезд, причем вся эта кропотливая работа проделана усилиями всего нескольких астрономов, энтузиазм которых порой граничит с фанатизмом [8]. Значительный прогресс в изучении тесных двойных, обладающих высокими орбитальными скоростями, дало применение спектроскопа: в 1889 г. открыли первую спектрально-двойную звезду (система Мицар-А в Большой Медведице), к середине XX в. их было известно около 1500, а сейчас — более 3000.

Такой массив данных позволяет изучать статистические характеристики двойных звезд. Важнейшая из них — доля двойных и кратных звезд в Галактике. Обычно ее характеризуют *степенью двойственности/кратности*. Но следует иметь в виду, что существует несколько различных определений этой величины. Чаще всего используются следующие два:

1) отношение числа двойных/кратных систем к полному числу систем, считая и каждую одиночную звезду самостоятельной системой. Например, ансамбль из одиночной и двойной имеет степень двойственности  $1/2$ , а из одиночной, двойной и тройной — степень кратности  $2/3$ ;

2) отношение числа компонентов всех сложных систем к полному числу звезд. В этом случае ансамбль из одиночной и двойной имеет степень двойственности  $2/3$ , а из одиночной,

двойной и тройной — степень кратности  $5/6$ .

Ни одно из этих определений не дает полного представления о распределении звезд по системам различной кратности. Исчерпывающую информацию содержит *степень  $i$ -кратности* ( $P_i$ ): если число звездных систем, включающих по  $i$  звезд, равно  $S_i$ , то

$$P_i = \frac{iS_i}{\sum_{i=1}^{\infty} iS_i}.$$

Так, система из одиночной, двойной и тройной имеет степень двойственности  $P_2 = 1/3$  и степень тройственности  $P_3 = 1/2$ . Исследования показывают, что в диске Галактики при возрастании кратности на единицу число систем уменьшается примерно в 4 раза:  $S_i/S_{i+1} \approx 4$ . При сохранении этой пропорции можно было бы ожидать весьма сложных систем, но пока не найдено ни одной устойчивой системы, содержащей более шести звезд (рис.1). Наши ис-

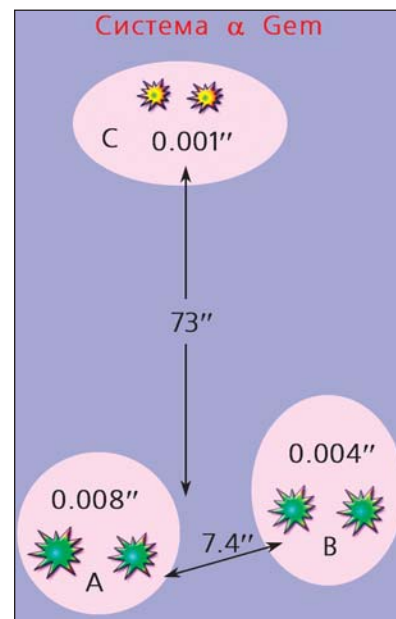


Рис. 1. Строение 6-кратной звездной системы Каптор (Альфа Близнецов). Указано наблюдаемое угловое расстояние между компонентами.

следования показали, что причина этого может быть в различии фрактальных свойств иерархических кратных звезд и их родительских межзвездных облаков [9]. Число одиночных звезд в диске Галактики не превосходит числа систем ( $S_1 \leq \sum_{i=2}^{\infty} S_i$ ). Значит, одиночных — не более 30%, а остальные — члены систем, в основном двойных.

### Как они возникают?

До середины XX в. формирование двойных звезд астрономы объясняли с помощью теории деления быстро вращающихся жидких тел, созданной А.Пуанкаре (1854—1912) и Дж.Дарвином (1845—1912) и обобщенной для газообразных тел Дж.Джинсом (1877—1946). Форму сжимающейся протозвезды в рамках этой теории описывает последовательность фигур равновесия самогравитирующих тел (рис.2). У тела массы  $M$ , сжимающегося с сохранением мо-

мента импульса  $J$ , в результате роста плотности  $\rho$  увеличивается безразмерный угловой момент:

$$j = \frac{J\rho^{1/6}}{2M^{5/3}\sqrt{\pi G}}.$$

На начальном этапе сжатия при небольшом отличии формы тела от сферы это приводит к росту угловой скорости  $\Omega$  и ее безразмерного аналога

$$\omega = \frac{\Omega}{\sqrt{4\pi G\rho}}.$$

На рис.2 это соответствует движению вдоль последовательности равновесных фигур. При этом жидкое тело принимает форму все более сжатой фигуры, называемой эллипсоидом (или сфероидом) К.Маклорена (1698—1746). С ростом степени сжатия фигуры ее безразмерная угловая скорость возрастает, но, достигнув предела ( $\omega^2 = 0.11$ ), начинает уменьшаться, хотя фигура ста-

новится все более сжатой и похожей на тонкий диск\*.

Эту идеальную картину может нарушить небольшое возмущение формы эллипсоида. На линии равновесных фигур Маклорена есть несколько точек бифуркации. В каждой из них эволюция формы сжимающейся фигуры может пойти по одному из двух путей. В результате небольших радиальных колебаний диск может превратиться в кольцо. А если при сжатии тело потеряет осевую симметрию, например, под влиянием притяжения своего спутника, то оно может стать вытянутым (трехосным) эллипсоидом К.Якоби (1804—1851) и продолжать эволюцию вдоль новой последовательности фигур равновесия, приводящей к сигарообразной форме, в пределе — к тонкой вытянутой спице.

Как показал Пуанкаре, последовательность фигур Якоби

\* О форме звезд см.: Сурдин В.Г. Самая сплюснутая звезда // Природа. 2004. №1. С.82.

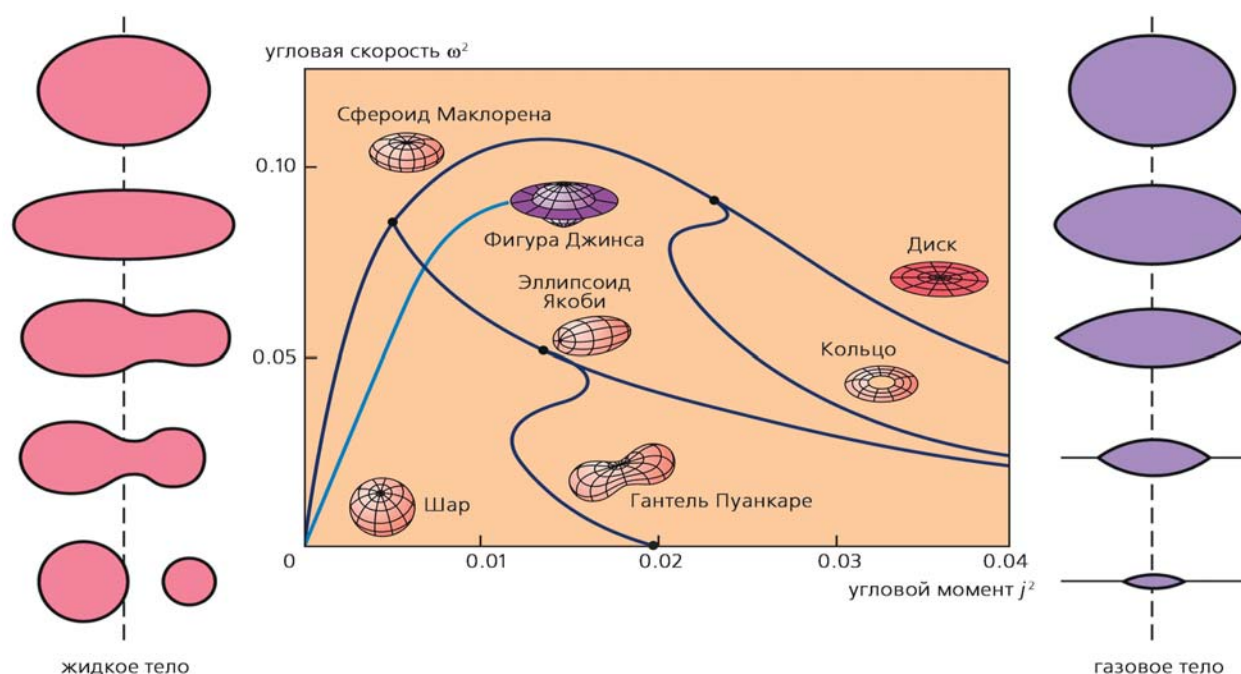


Рис.2. Последовательности фигур равновесия самогравитирующих вращающихся тел. Сплошные линии — несжимаемые (жидкие) тела. Пунктир — сжимаемые (газообразные) тела. Ось вращения везде расположена вертикально. На правой и левой панелях показаны соответствующие эволюционные этапы сжатия жидких и газовых тел (время увеличивается сверху вниз).

тоже имеет точку бифуркации: сжимающаяся фигура может принять форму куриного яйца (по традиции такие фигуры называют грушевидными), а также форму гантели, переходящей в песочные часы. Возможны и более сложные фигуры. Заключительный шаг в их эволюции — разрыв на две или три части, т.е. формирование двойной или кратной звезды (рис.2).

Разумеется, реальная сжимающаяся протозвезда далека по своим свойствам от «твердотельно» вращающегося однородного жидкого тела. В ее недрах существуют гигантские перепады плотности и мощные потоки вещества, на нее действует давление газа и магнитного поля. Поэтому следующим шагом от жидких моделей к реальности стали сжимаемые модели Джинса, одна из которых показана пунктиром на рис.2. Достигнув верхней точки кривой, модель теряет устойчивость, с ее экватора под действием центробежной силы начинает истекать вещество, формируя вокруг звезды диск. Здесь не происходит деления тела на несколько частей, как у жидкой модели. Но в результате гравитационной неустойчивости в диске может сформироваться одно или несколько тел — спутников центрального светила, т.е. планет или компонентов сложной звезды.

Таков был взгляд на формирование двойных звезд в середине XX в. Затем были развиты новые подходы, основанные на теории гравитационной фрагментации. При этом принимались во внимание исходная турбулентность межзвездного вещества и взаимодействие образовавшихся в нем фрагментов-протозвезд друг с другом. Измерение вращения и движения звезд в двойных системах привело к предположению о вихревых потоках в протозвездной среде. Первым на это указал К.Вейцеккер в конце 1940-х, подчеркнувший, что

турбулентность играет основную роль при формировании протозвезд.

Астрофизики поняли, что большой момент импульса, приходящий галактическому газу, мешает формированию одиночных и тесных двойных звезд [10]. При исходной плотности газа порядка  $10^{-24}$  г/см<sup>3</sup> звезда образуется из облака размером около 3 пк. Учитывая, что угловая скорость вращения Галактики близка к 0.02 км/(с·пк), а сжимаясь в звезду, облако уменьшает свой размер в  $\approx 10^8$  раз (3 пк/ $R_{\odot}$ ), видим: при сохранении момента скорость вращения поверхности звезды должна была бы возрасти до  $6 \cdot 10^6$  км/с. Но такой величины быть не может, поскольку она превышает скорость света.

Как заставить протозвезду потерять исходный момент импульса? Расчеты показали, что вязкость разреженного межзвездного газа не в состоянии затормозить вращение облака. Из всех механизмов лишь магнитное торможение, предложенное в 1942 г. Х.Альвенем (1908—1995), может играть заметную роль: силовые магнитные линии связывают уплотняющееся и поэтому раскручивающееся ядро облака с его медленно вращающейся периферией и отводят наружу угловой момент. Сначала в отношении этого механизма были сомнения: считалось, что в холодном облаке электрическая проводимость низка и магнитное поле быстро затухает. Но позже выяснилось: под действием высокоэнергичных частиц космических лучей проводимость холодного газа сохраняется достаточно высокой и магнитное торможение действительно играет важную роль при сжатии протозвезд.

## Рождение из облака

Наблюдения показали, что доля двойных среди новорожденных светил почти такая же,

как и среди старых. Следовательно, большинство двойных звезд образуется еще на протозвездной стадии, при сжатии межзвездных облаков. Изучить детали этого процесса в природе пока не удается, поскольку протекает он очень медленно. Получив возможность численного моделирования, астрофизики занялись расчетом сценариев формирования двойных звезд.

Одномерное моделирование коллапса протозвезды позволило изучить сжатие сферически симметричного облака. Двумерные модели дали возможность учесть вращение, но лишь при осевой симметрии, а если требуется исследовать деление вращающегося облака на части (рождение двойной звезды), то не избежать трехмерного газодинамического расчета, для которого нужны очень мощные компьютеры, появившиеся лишь в последние годы.

Трехмерные модели показали совсем иную картину фрагментации протозвезды, чем предполагалось в ранних аналитических теориях, развитых в 1950—1960-е годы Ф.Хойлом (1915—2001) и другими исследователями. Их взгляды были навеяны изучением неустойчивости вращающихся жидких тел, процесс фрагментации которых носит пороговый характер (точки бифуркации на рис.2). Считалось, что при достижении некоторых критических значений плотности, температуры или скорости вращения облако с некоторой вероятностью делится пополам, а затем его фрагменты делятся еще раз пополам, затем — еще раз...

Но компьютерные модели показали: фрагментация сначала затрагивает лишь небольшую центральную часть облака, там образуются ядра, и только после этого происходит аккреция на них внешних слоев. В качестве примера рассмотрим модель американского астрофизика А.Босса. На рис.3 показано развитие модели с начальной мас-



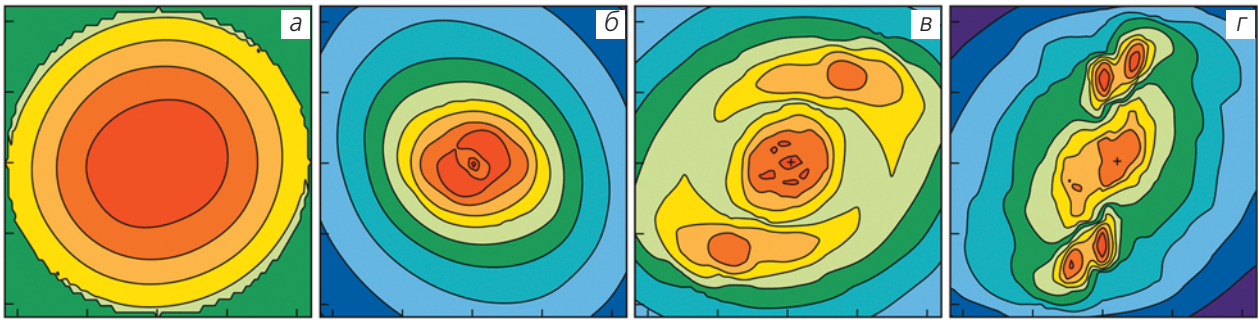


Рис.3. Трехмерная модель коллапса и фрагментации вращающегося межзвездного облака. Показаны эквиденситы (линии равной плотности) в сечении экваториальной плоскостью. Моменты времени для рис.а, б, в, г соответственно равны 0.35, 1.38, 1.42 и 1.44  $t_{ff}$ , где начальное время свободного падения  $t_{ff} = 1.6 \cdot 10^4$  лет. Радиусы изображенных областей (50, 7, 2 и 2)  $\cdot 10^{15}$  см. Центральная плотность от рис.а к рис.г возрастает в 100 тыс. раз.

сой в одну массу Солнца ( $1 M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг), температурой  $T = 10$  К и радиусом  $R = 0.016$  пк. На сферическое облако (рис.3,а) наложено слабое азимутальное возмущение плотности, которое деформирует облако и в дальнейшем приводит к первой фрагментации (рис.3,б).

Самое интересное в этой модели — вторичная фрагментация (рис.3,в), создающая иерархическую систему из четырех протозвездных зародышей с массой каждого около  $0.01 M_{\odot}$ . Расстояние между зародышами в каждой паре почти в 6 раз меньше, чем между самими парами. Этого достаточно для длительного существования иерархической звездной системы. Но в этой модели осталось неизвестным, как изменится геометрия системы к моменту окончания аккреции протяженной оболочки на маломассивные протозвездные зародыши. Во всяком случае, модель Босса подтвердила интуитивное представление о том, что азимутальная неустойчивость приводит к фрагментации облака и способна породить двойную и даже кратную иерархическую звездную систему.

Численные модели показали пути формирования двойных и кратных звезд. Оказалось, что вариация начальных условий приводит облако к одному из

четырех типов коллапса: 1) распад на двойную систему, окруженную общим диском; 2) сжатие в диск и его распад на многокомпонентную систему; 3) сжатие в бар (сильно вытянутый эллипсоид) и его распад на кратную, вполне симметричную систему; 4) сжатие в бар и его распад на массивную часть и отходящий от нее спиральный рукав, который затем распадается на множество мелких объектов. При этом взаимодействие фрагментов с окружающим их диском может сильно затормозить орбитальное движение фрагментов и вызвать их слияние в одиночную звезду. Если же они не сливаются и образуют кратные системы, орбиты компонентов часто получаются некомпланарными, что действительно наблюдается у кратных звезд.

### Жизнь в коллективе

Большинство звезд формируется в плотных межзвездных облаках. В 1990-х годах инфракрасные телескопы позволили обнаружить скопления формирующихся звезд чрезвычайно высокой плотности — до миллиона звезд в кубическом парсеке. Ясно, что в таких системах даже за короткое время их эволюции ( $\sim 10^7$  лет) звезды имеют шанс

сблизиться и повлиять друг на друга. В частности, это может быть одним из путей формирования двойных систем. Поэтому началось изучение процессов при сближении звезд и связанных с этим механизмов их взаимного захвата.

Чтобы из двух отдельных звезд сформировалась связанная двойная система, необходим механизм удаления энергии. Он может быть связан с третьей звездой, способной унести энергию в кинетической форме. В результате сближения три звезды либо разлетятся, либо две из них образуют двойную, а одиночная звезда стремительно покинет ее окрестности, унося избыток энергии (рис.4). Энергия также может рассеяться при взаимодействии звезд с околозвездным веществом и в результате неупругих колебаний самих звезд, возбужденных приливным взаимодействием.

Тройные сближения чаще приводят к формированию широких двойных систем, чем тесных двойных, поскольку вероятность тесного сближения мала. При последующих встречах широкой пары с одиночными звездами двойная система, как правило, распадается. Лишь небольшая часть широких пар при случайных встречах с третьей звездой уплотняется, после чего ее шанс выжить значитель-

но возрастает. По результатам множества численных экспериментов была найдена вероятность формирования устойчивых двойных звезд в ходе тройных сближений. Оказалось, что этот механизм не очень эффективен: он может играть роль лишь в самых плотных звездных скоплениях (рис.5) и в ядре Галактики.

В момент тесного сближения звёзды из-за приливного эффекта деформируют друг друга, затрачивая на это часть энергии движения. После пролета энергия деформации рассеивается в виде колебаний звезд, превращается в тепло и уносится излучением. Поэтому приливное взаимодействие двух звезд может приводить к их объединению (рис.6).

Поскольку приливный захват происходит только при крайне тесном сближении звезд, образующиеся двойные оказываются очень компактными, в дальнейшем они практически не разрушаются при сближениях с другими звездами. Частота формирования двойных звезд вследствие приливного захвата значительна в областях звездообразования. Причина не только в высокой плотности вещества и, как следствие, — в частых парных сближениях звезд, но и в их большом размере, который сохраняется на протозвездной стадии сжатия.

В последнее время выяснилось, что формирующиеся и молодые звезды умеренной массы чаще всего окружены околозвездными дисками — остатками протозвездного вещества, в дальнейшем частично идущего на формирование планет. В плотных скоплениях молодые звезды могут взаимодействовать с дисками соседних звезд, теряя при этом свою энергию и объединяясь в пары.

Разумеется, далеко не всегда пролет близ звезды с диском (или даже сквозь диск) заканчивается образованием двойной звезды. Но память об этом событии остается: например, проис-

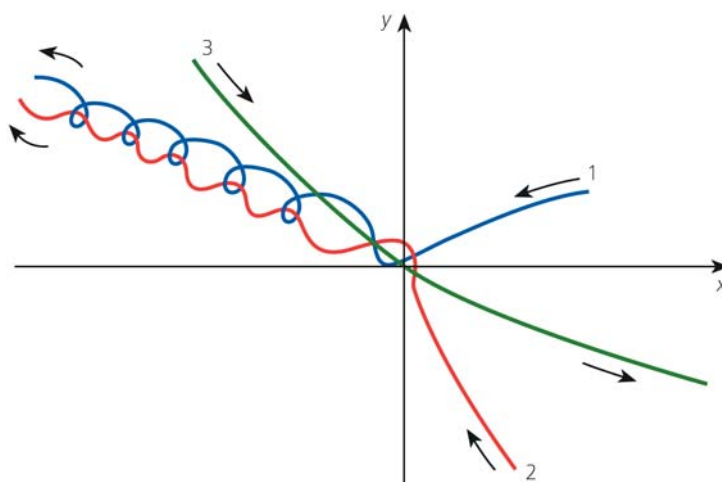


Рис.4. Тройное сближение с образованием двойной системы.

После тесного сближения в районе начала координат, совпадающего с центром масс, звезды 1 и 2 образуют связанную пару, а звезда 3 быстро удаляется от них.

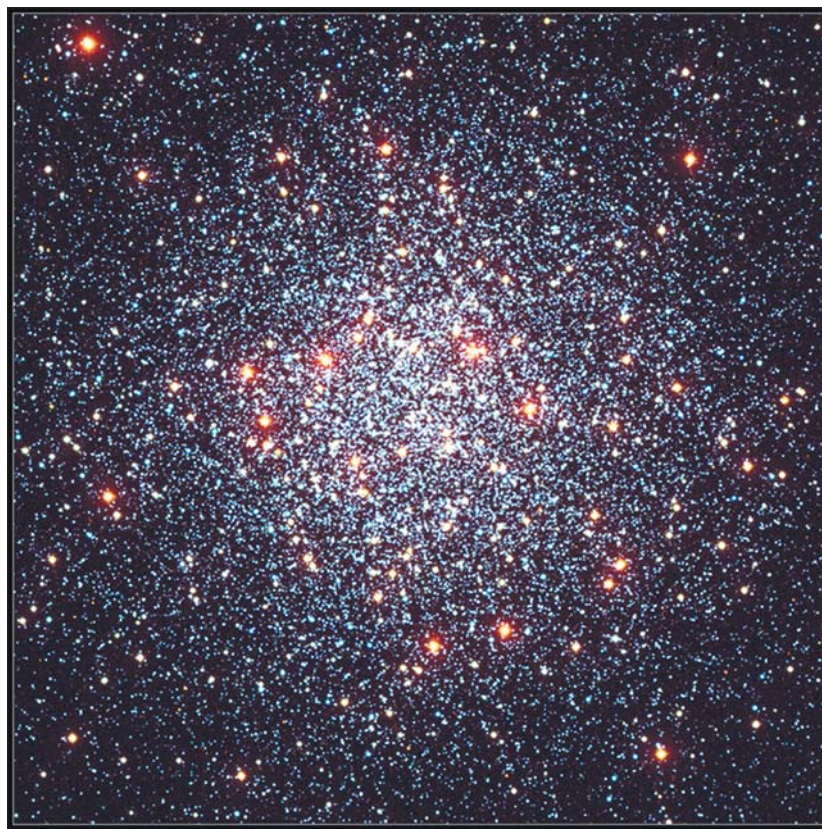
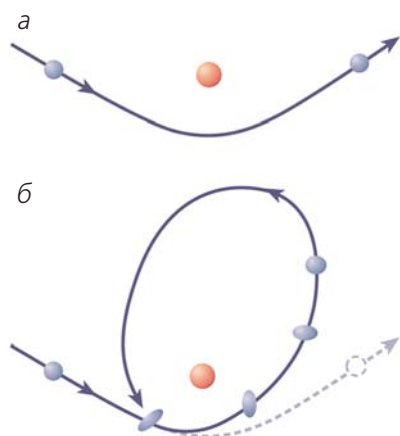


Рис.5. Плотное звездное скопление Мессье 55.



**Рис.6. Приливный захват и образование двойной системы.** Для простоты одну из звезд считаем неподвижной и недеформируемой. Если вторая звезда также не изменяет свою сферическую форму, то ее пролет мимо первой звезды (случай а) с сохранением энергии движения заканчивается удалением по симметричной гиперболической орбите. Если же форма звезды в результате приливного эффекта искажается (случай б), то взаимодействие звезд заканчивается захватом.

ходящий при сближении звезд приливный удар может заметно наклонить ось вращения диска к оси вращения его центральной звезды. Возможно, есть такой пример в Солнечной системе: экваториальная плоскость Солнца наклонена на  $7^\circ$  к плоскости эклиптики, в которой лежат орбиты планет.

## А дальше...

Подходы к проблеме формирования двойных звезд уже видны, хотя стройной картины этого важного космогонического процесса пока нет. Новые численные модели дают нам интересные и часто неожиданные результаты. Разнообразие теоретических прогнозов столь велико, что без надежных наблюдательных данных двигаться дальше невозможно.

К счастью, для изучения новорожденных звезд появились новые мощные приборы, обладающие высоким угловым и частотным разрешением в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах, т.е. там, где формирующиеся звезды полупрозрачны. Приемниками ближнего и среднего ИК-диапазона, способными работать в режиме интерферометра, оснащаются сейчас крупнейшие многоапертурные телескопы мира: система из четырех 8.2-метровых телескопов VLT Европейской южной обсерватории (ESO) в Чили, двойной 10-метровый телескоп Кека на Гавайях и др. Уже сейчас в диапазоне излучения 10 мкм они дают угловое разрешение  $0.01''$ , что позволяет изучать в ближайших областях звездообразования структуру протозвезд в масштабе одной астрономической единицы.

Фантастические перспективы открываются с введением в строй крупнейшего в мире радиотелескопа миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов ALMA (Atacama Large Mil-

limeter Array — Атакамская большая составная антенна миллиметрового диапазона). Это совместный проект ESO и Национального научного фонда США. Новый радиотелескоп сооружается на высокогорном плато Чакхантор (Chajnantor) в северной чилийской пустыне Атакама на рекордной для астрономов высоте 5000 м. Его гигантская антенна будет состоять из 64 параболических концентраторов диаметром 12 м каждый, объединенных в единую систему с помощью оптоволоконной связи и суперкомпьютера. Эффективный диаметр этой составной антенны приблизится к 100 м, тогда как нынешние крупнейшие антенны миллиметрового диапазона имеют диаметры не более нескольких десятков метров. ALMA сможет получать изображения космических объектов в диапазоне 0.35–10 мм (т.е. в линиях излучения молекул и диапазоне излучения теплой пыли) с угловым разрешением до  $0.00001''$ . Все это вселяет уверенность в быстром прогрессе наших представлений о формировании звезд. Вероятно, в ближайшие годы мы просто увидим, что именно происходит. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 03-02-16288), ФЦНТП «Астрономия» и фонда Президента поддержки ведущих научных школ (проект НШ.389.2003.2).**

## Литература

1. Бэттен А. Двойные и кратные звезды. М., 1976.
2. Масевич А.Г., Тутуков А.В. Эволюция звезд. М., 1988.
3. Блинные С.И. Белые карлики. М., 1977.
4. Литунов В.М. В мире двойных звезд. М., 1986.
5. Сурдин В.Г. Где сталкиваются звезды? // В мире науки. 2003. №3.
6. Спитцер Л. Динамическая эволюция шаровых скоплений. М., 1990.
7. Сурдин В.Г. Динамика звездных систем. М., 2001.
8. Кутто П. Наблюдения визуально-двойных звезд. М., 1981.
9. Сурдин В.Г. Фрактальные свойства идеальных иерархических звездных систем // Astronomical School's Report. 2000. V.1. №2. P.106—110.
10. Сурдин В.Г. Рождение звезд. М., 1999.

# Землетрясения в Горном Алтае и сейсмогеология Большого Алтая

И.С.Новиков, Е.М.Высоцкий, А.Р.Агатова, А.С.Гибшер

**С**ильные сейсмические толчки в конце сентября — начале октября прошлого года, произошедшие в юго-восточной части Горного Алтая и оказавшиеся полной неожиданностью для администрации и местного населения, не удивили специалистов. Наоборот, встречая многочисленные следы древних сильных землетрясений, которые сохраняются в рельефе до 2000 лет, трудно объяснить долгое отсутствие значительных сейсмических событий в регионе. Подозрительный покой озадачивал сейсмологов еще и потому, что на протяжении последних столетий на юге, в Монгольском Алтае, сильные и катастрофические землетрясения происходили неоднократно. Последние события подтвердили единство тектонического режима и высокий сейсмический потенциал Большого Алтая — протяженной горной системы, расположенной на территории Китая, Монголии и России и состоящей из Гобийского, Монгольского и Горного Алтая.

## Землетрясения далекого и недавнего прошлого

До начала 1960-х годов в Алтайском регионе отсутствовала сеть сейсмических станций,

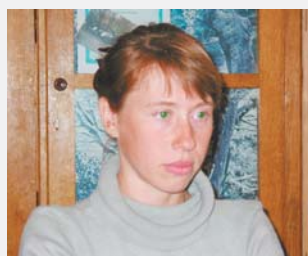
© Новиков И.С., Высоцкий Е.М., Агатова А.Р., Гибшер А.С., 2004



**Игорь Станиславович Новиков**, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии СО РАН. Область научных интересов — геоморфология, неотектоника, сейсмогеология, региональная геология и геотектонические системы.



**Евгений Михайлович Высоцкий**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — геоморфология, новейшая и современная тектоника, использование геотектонических технологий в науках о Земле.



**Анна Раульевна Агатова**, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник того же института. Специалист в области гляциальной геоморфологии, неотектоники, четвертичной геологии.



**Анатолий Станиславович Гибшер**, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией осадочных бассейнов того же института. Круг научных интересов охватывает стратиграфию, общую и региональную геологию, тектонику.

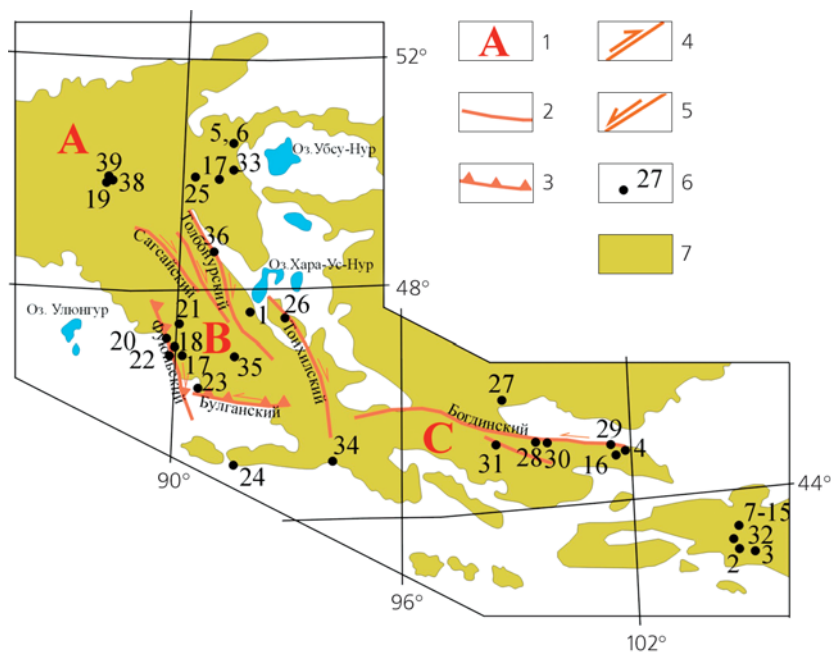
и ошибка в определении эпицентра землетрясений превышала 100 км. Региональная сеть была создана к 1962 г., главным образом для регистрации подземных ядерных испытаний потенциальных противников. За первые 30 лет инструментальных наблюдений на территории Большого Алтая и его окрестностей произошло чуть более 1000 землетрясений с магнитудой  $M = 3.5$ . Долгое время не удавалось определять глубину очагов землетрясений с удовлетворительной точностью. По косвенным признакам считалось, что большинство местных землетрясений зарождается в верхней части земной коры, на глубинах 10–15 км. Лишь в последние годы на юго-востоке Горного Алтая развернут сейсмологический полигон. Сеть его станций позволяет с достаточной точностью определять координаты и глубины очагов землетрясений, в том числе — и небольшой мощности.

Подобные Большому Алтаю молодые горные сооружения, чье формирование интенсивно продолжается, неизбежно имеют повышенную сейсмичность. Основные эпицентральные зоны, зафиксированные в период инструментальных наблюдений, расположены в основном на границе горной страны с обрамляющими территориями: на границе Горного Алтая с Тувой и Зайсанской впадиной, Монгольского Алтая с Котловиной Больших Озер и Джунгарией. Считается, что различия в геологическом строении и истории развития отдельных районов единой системы сказываются только на частоте возникновения землетрясений, но не на величине возможного максимального события. За последние 250 лет катастро-

фические землетрясения многократно происходили в Монгольском и Гобийском Алтае [1]. В Горном же Алтае были известны только мелкие и средние землетрясения (табл.1). Исключениями были Чуйское землетрясение 1923 г. с  $M = 6.0$ , эпицентр которого из-за проходивших там боевых действий специалистами не посещался, и Зайсанское 1990 г. с  $M = 6.6–6.9$ . Интенсивность его в эпицентре не превышала 8 баллов (здесь и далее используется 12-балльная макросейсмическая шкала MSK-64). Гипоцентр главного толчка находился на необычно большой для региона глубине (35–4 км), что обусловило сравнительно скромные геологические последствия. На поверхности возникли небольшие трещины, наблюдались грязевые и водопесчаные выбросы из трещин и грифонов, а также мелкие обвалы коренных пород [2].

Многочисленные сейсмодислокации, обнаруженные при детальном геоморфологическом картировании, свидетельствуют о высокой сейсмической активности Горного Алтая в прошлом [3]. Они представляют собой протяженные рвы, связанные с экзогенным преобразованием трасс поверхностных разрывов, а также обвалов и оползней, отличающихся огромными размерами (более 1000 м в поперечнике) и большим удалением от места отрыва [4].

В связи с малой (до последнего времени) сейсмической активностью палеосейсмодислокации российской части Большого Алтая долгое время оставались практически неисследованными. В последние годы интерес к изучению геологических следов древних землетрясений значительно возрос. Так в среднем течении р.Чуи, а также в Курайской впадине и западной части Чуйской на площади  $100 \times 30$  км<sup>2</sup> зафиксированы первичные сейсморазрывы и многочисленные гравитационные дислокации. Это свидетельству-



Расположение основных сейсмогенных разрывов и эпицентров катастрофических землетрясений (цифры рядом — номер по каталогу в табл.1) исторического периода [1, 6, 7, с изменениями и дополнениями]. 1 — основные орографические районы: А — Горный Алтай, В — Монгольский Алтай, С — Гобийский Алтай; 2–5 — сейсмогенные разрывы: 2 — не выявленной кинематики, 3 — взбросы, 4 — правые сдвиги, 5 — левые сдвиги; 6 — эпицентры сильных и катастрофических землетрясений; 7 — территории с абсолютными высотами более 2000 м.

Таблица 1

Каталог сильных землетрясений на Алтае ( $M \geq 6.0$ ) за историческое время\*

№	Дата			Время			Координаты, град		Магнитуда	Землетрясение
	Год	Месяц	Число	Час	Минута	Секунда	Широта	Долгота		
1	1761	12	09	17	?	?	47.5	91.8	8.3	Монгольское
2	1870	?	?	?	?	?	43.3	104.2	6.0	
3	1877	?	?	?	?	?	43.0	104.5	6.5	Номгонское
4	1886	?	?	?	?	?	44.8	101.7	6.0	Багабогдинское-1
5	1902	12	28	01	43	19	50.7	91.3	6.6	Цаган-Шибетинское
6	1902	12	30	05	?	?	50.7	91.3	6.0	афтершок
7	1903	02	01	09	34	30	43.4	104.4	7.5	Унэгэтинское
8	1903	02	05	18	28	?	43.4	104.4	6.7	афтершок
9	1903	02	06	07	38	?	43.4	104.4	7.0	афтершок
10	1903	02	10	03	02	?	43.4	104.4	6.0	афтершок
11	1903	02	12	18	44	?	43.4	104.4	6.2	афтершок
12	1903	02	27	00	36	?	43.4	104.4	6.9	афтершок
13	1903	03	12	14	22	?	43.4	104.4	6.0	афтершок
14	1903	03	15	14	34	?	43.4	104.4	6.0	афтершок
15	1903	05	13	06	33	?	43.4	104.4	6.4	афтершок
16	1915	04	30	01	45	08	44.8	101.5	6.5	Багабогдинское-2
17	1917	11	28	14	42	44	46.9	90.0	6.1	
18	1922	08	25	19	29	40	50.0	91.0	6.5	
19	1923	09	21	20	01	21	49.8	87.7	6.0	Чуйское-1
20	1931	08	10	21	18	43	46.9	90.0	8.0	Монголо-Алтайское
21	1931	08	18	14	21	00	47.4	90.0	6.7	афтершок
22	1931	11	05	12	19	30	47.0	90.0	6.3	афтершок
23	1933	02	13	02	49	15	46.3	90.5	6.2	
24	1936	01	27	19	30	22	45.0	91.6	6.0	
25	1938	10	19	04	13	24	49.5	90.3	6.6	Ачитнурское
26	1938	12	17	16	35	26	47.5	89.8	6.5	
27	1950	02	25	05	47	11	45.8	98.5	6.1	
28	1957	12	04	03	39	48	45.1	99.4	8.1	Гоби-Алтайское
29	1957	12	04	13	20	12	45.0	101.5	6.1	афтершок
30	1958	01	24	12	27	11	45.2	99.7	6.2	афтершок
31	1958	04	07	19	13	25	45.1	98.4	6.9	Баян-Цаганское
32	1960	12	03	04	24	14	43.2	104.4	6.7	Бурынхярское
33	1970	05	15	17	13	14	50.2	91.3	7.0	Урегнурское
34	1974	07	04	19	30	37	45.0	94.2	6.9	Тахийншарское
35	1975	03	31	10	05	26	46.8	91.5	6.0	Булганское
36	1988	07	23	07	38	08	48.7	90.9	6.0	Цамбагаровское
37	1990	06	14	12	47	28	47.9	85.0	6.6	Зайсанское
38	2003	09	27	11	33	26	50.0	88.0	7.5	Чуйское-2
39	2003	09	27	18	52	53	50.1	87.8	7.0	афтершок
40	2003	10	01	01	03	28	50.2	87.7	6.9	афтершок (?)

\* По [1] с дополнением новейших данных Геофизической службы СО РАН.

ет о том, что в прошлом здесь происходили очень сильные землетрясения с интенсивностью, соответствующей на поверхности 9–10 баллам, и магнитудой существенно больше 7. Определение абсолютного возраста первичных и вторичных дислокаций радиоуглеродным методом позволяет реконструировать не менее пяти сейсмических событий, происходивших от 3 до 1 тыс. лет тому назад [5].

Изучение же сейсмодислокаций Гобийского и Монгольского Алтая началось после катастрофического Гоби-Алтайского землетрясения 1957 г. и положило начало отечественной школе сейсмогеологии [6, 7]. Поскольку сейсмогенерирующий разлом, «прорезаясь» на поверхности, вызывает сотрясения в 10–12 баллов, породившие их землетрясения относят к катастрофическим. Подавляющее боль-

шинство сейсмогенных разрывов Монгольского Алтая представляют собой правосторонние сдвиги. Они происходят по разломам, субпараллельным северо-западному простиранию всей горной системы. Сейсморазрывы Гобийского Алтая, напротив, — левосторонние. Они образуют самостоятельную систему. Предложенная нами морфотектоническая модель Большого Алтая увязывает воедино

процессы новейшего горообразования и сейсмические проявления. В частности, сейсмичность юго-восточной части Горного Алтая не должна принципиально отличаться от сейсмичности Монгольского Алтая, так как они относятся к одной морфотектонической зоне [8].

## Землетрясения в сентябре—октябре 2003 г.

Сильные землетрясения, произошедшие в прошлом году на относительно спокойной территории, грянули как гром среди ясного неба. По удачному стечению обстоятельств годом раньше именно здесь развернули сейсмологический полигон, так что со временем будет представлена достаточно полная картина активизации сейсмических процессов. По данным Геофизической службы СО РАН, только с 27 сентября по 15 октября 2003 г. произошло 74 события с  $M \geq 3.5$ . У трех наиболее сильных землетрясений магнитуда составила 7.5, 6.0 и 6.9. Они вызвали сотрясения силой в 4 балла при удаленности от эпицентра до 1000

км [9]. Толчки ощущались в крупных городах Алтайского края, Кемеровской и Новосибирской областей и в Восточном Казахстане. Всего же к середине октября (когда писались эти строки) в пределах зоны активизации произошло более 2000 сейсмических толчков разной силы и процесс, постепенно затухая, все еще продолжается.

**27 сентября 2003 г.** Мы возвращались в Новосибирск с полевых работ из Монголии. Наиболее сильный толчок с магнитудой, составившей по последним данным 7.5, произошел в 11 ч 33 мин (время здесь и далее по Гринвичу). К первому камнепаду на дороге посередине между поселками Курай и Акташ подъехали через 15 мин, не заметив сотрясения. Лишь позднее вспоминали, что машину повело по дороге, как при спустившемся заднем колесе. Рассматривая камни, мы стали свидетелями второго, более слабого толчка (в 11 ч 58 мин). Оставшиеся 20 км до Акташа более часа пробирались между каменными завалами. Поселок встретил нас темнотой. Освещались только объекты пограничной службы, оснащенные автономными гене-

раторах. Люди покинули дома и толпились на улице. Ночью нас разбудили сильные и продолжительные толчки сильнеешего афтершока (в 18 ч 52 мин,  $M = 7.0$ ). Со стен и потолка гостиной осыпалась штукатурка. Видимые разрушения в поселке ограничивались упавшими печными трубами, развалившимися печами и местами обрушившейся штукатуркой, что соответствует сотрясениям в 5 баллов. По дороге в Новосибирск камнепады наблюдались вплоть до пос. Белый Бом. Затем зона 5-балльных сотрясений осталась позади.

**1 октября 2003 г.** Мы вернулись на Алтай после третьего (и пока последнего) сильного толчка ( $M = 6.9$ ), происшедшего в 01 ч 03 мин. Несмотря на меньшую магнитуду в Акташе он ощущался значительно сильнее предыдущих, поскольку эпицентр располагался ближе. Третий толчок вызвал образование трещин оседания в земляном полотне асфальтированной автодороги Бийск—Ташанта (Чуйский тракт), чего не наблюдалось после первых толчков, которые начинались в районе пересечения тракта ручьем Менка (Менсу), к юго-востоку от Акта-



Камни на Чуйском тракте в районе пос. Белый Бом, упавшие в зоне 5-балльных сотрясений после главных толчков (27.09.03,  $M = 7.5$  и  $7.0$ ).

Здесь и далее фото авторов



Сейсмогравитационные трещины в откосах земляного полотна Чуйского тракта, образовавшиеся после третьего сильного толчка (01.10.03,  $M = 6.9$ ) в районе пос. Акташ в зоне 6-балльных сотрясений.

ша их число росло. Наряду с полным разрушением кирпичных печей и камнепадами трещины в местных условиях служат наиболее типичным индикатором 7-балльной зоны.

Сотрясения в поселке посеяли панику среди местных жителей и вызвали недоверие к официальным сообщениям о том, что дальнейшие толчки будут слабее. Люди отказывались заходить в дома и ночевали на улицах — в парниках и палатках или сидя у костров.

Постепенно обследуя территорию в юго-восточном направлении, мы вышли в зону максимальных (9—10 баллов) сотрясений, примерно в 6,5 км к юго-западу от пос. Бельтир (Кызыл-Маны на некоторых картах, — так назывался существовавший здесь раньше колхоз). В самом же поселке сотрясения не превышали 8 баллов.

В условиях юго-восточной высокогорной части Горного Алтая в зависимости от близости к эпицентру наблюдались различные геолого-геоморфологические и геокриологические эффекты сотрясений земной поверхности (табл.2).

Сотрясения менее 4 баллов видимых следов не оставляют и ощущаются только людьми и животными. Отдельные камнепады на скальных обрывах являются единственным геологическим эффектом 5-балльных сотрясений. 8-балльные оставляют уже более значительные геологические следы. Обваливаются высокие откосы земляного полотна автодорог. Формируются полуметровые разрывы в рыхлых отложениях. Фонтаны грунтовых вод выбрасывают до 100 м<sup>3</sup> глинистого материала. При этом возникают значительные просадки поверхности с образованием озер. 9—10-балльные сотрясения поражают обилием и масштабами геолого-геоморфологических преобразований. Обвалы происходят практически на всех скальных выступах. В толщах многолетнемерзлых пород формируются

Таблица 2

### Разрушение гражданских объектов и геологические последствия сотрясений земной поверхности

Интенсивность сотрясений, баллы	Разрушения	Геологические эффекты
4	нет	нет
5	падение печных труб и печей на вторых этажах, трещины в штукатурке	отдельные камнепады на скальных обрывах
6	массовое разрушение печей, обваливание штукатурки, образование трещин в кирпичных и панельных домах	обильные камнепады на крутых скальных склонах
7	частичное разрушение несущих конструкций каменных и панельных построек	появление трещин в откосах земляного полотна дорог, насыпей, в асфальтовом покрытии, обваливание рыхлых отложений, небольшое фонтанирование грунтовых вод с образованием грязевых вулканчиков
8	сильное разрушение несущих конструкций каменных и панельных построек	обваливание откосов земляного полотна дорог, образование разрывов в рыхлых отложениях, значительное фонтанирование грунтовых вод и др.
9	нет данных (нет крупных населенных пунктов)	мощные обвалы в скальных выступах, громадные оползни и крупные разрывы в рыхлых отложениях, образование огромных грязевых вулканов

оползни размером до 1000 м в поперечнике и объемом до 30 млн м<sup>3</sup>. Разрывы рыхлых отложений пойм и террас достигают 145 м в длину и 5 м в ширину. Грунтовые воды выбрасывают до 1000 м<sup>3</sup> глинистого материала, образуются огромные грязевые вулканы. Крупные валуны, лежащие на поверхности, подпрыгивают и смещаются по горизонтали до 1 м.

Узкой полосой в несколько километров к юго-востоку и более широкой (10—15 км) к северо-западу от крупнейшего сейсмооползня протягивается зона сосредоточения крупных зияющих разрывов и структур смятия поверхностных отложений. Она пересекает долины Кыскыннора (Кускуннура), Талдуры и Чагана, дренирующие южный склон Северо-Чуйского и северо-восточный склон Южно-Чуйского хребтов, а также водо-

разделы между ними. Наиболее масштабные разрывы наблюдаются у водораздела Талдуры—Кыскыннора [10].

## Вместо заключения

Землетрясения 2003 г. подтвердили интерпретацию многочисленных линейных неэрозионных рвов, оползней рыхлых толщ и обвалов скальных пород Юго-Восточного Алтая как сейсмогенных, равно как и прогноз высокой сейсмической опасности в этом регионе. Мы откартировали зоны сотрясений различной интенсивности, относящиеся к трем основным толчкам — 27 сентября и 1 октября. Они сливаются, образуя вытянутые в северо-западном направлении овалы. Область максимальных сотрясений ( $\geq 9$  баллов) обнаружена



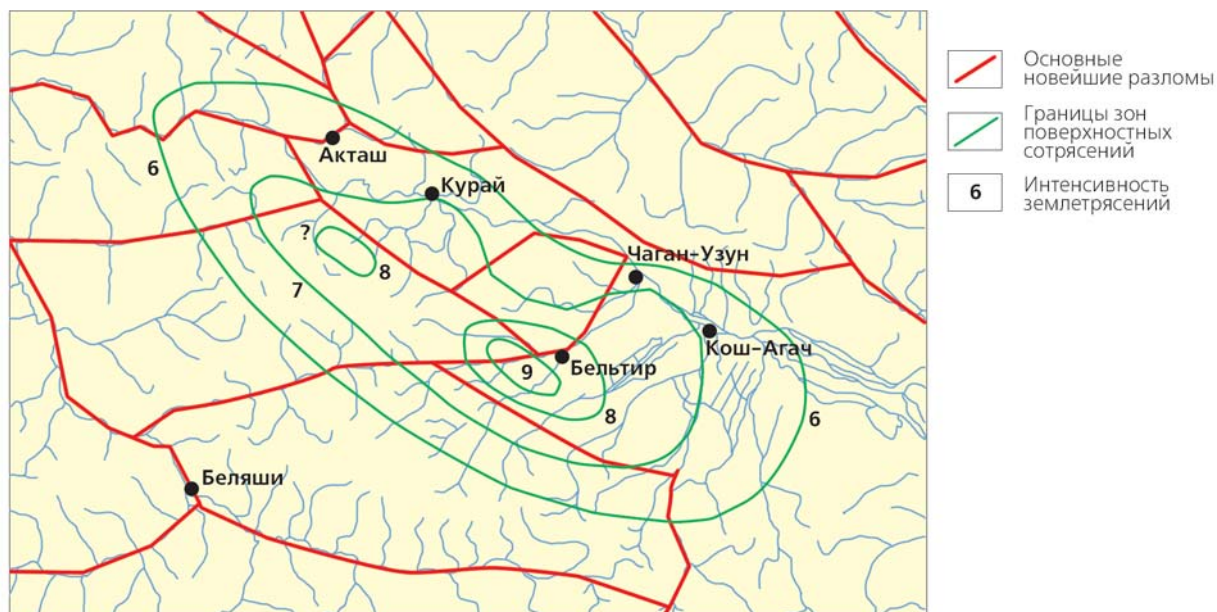


Схема новейших разломов и зональность распределения поверхностных сотрясений от сейсмических толчков 27 сентября и 1 октября 2003 г.



Грязевые вулканчики, расположенные в зоне 7-балльных сотрясений к юго-востоку от пос. Чаган-Узун.

только для первого землетрясения. Второй толчок, практически совпадающий с первым, представляет собой типичный афтершок. Третий же, скорее всего, относится к самостоятельному землетрясению с зоной максимальных сотрясений в районе горного узла Биш-Иирду (Северо-Чуйский хре-

бет), труднодоступного в момент проведения работ из-за выпавшего снега. Изучение зон сотрясений разной силы показало, что в скальных породах колебания затухают быстрее, чем в толщах рыхлых водоносных отложений, выполняющих межгорные Чуйскую и Курайскую впадины, в которых следы

землетрясений прослеживаются на существенно большем удалении от эпицентра.

Наиболее интересна для геологов, конечно, зона 9–10-балльных сотрясений, основные признаки которой — крупные сейсмогенные и сейсмогравитационные разрывы и оползания устойчивых задернованных склонов. Сейсмогенные разрывы представлены трещинами сдвига, сопряженными с типичными грабенами растяжения, и связаны с подвижками по сейсмогенерирующему разрыву. Учитывая их косую ориентировку к направлению линии новейшего разлома и раздвиговый тип, можно предположить правосдвиговый механизм главной подвижки и опережающий характер большинства наблюдаемых нарушений. Они тяготеют к уплощенным элементам рельефа — днищам долин и водораздельным плато, покрытым мощными пластами рыхлых отложений. Сейсмогравитационные разрывы всегда связаны со склонами и параллельны их простиранию. Они формируются в связи с неравномерным сползани-

ем склоновых отложений в результате сейсмических сотрясений. Полевое изучение крупнейшего блокового оползня в 9–10-балльной зоне показало, что оползни такого масштаба в многолетнемерзлых породах развиваются только в результате сейсмических толчков. Прямо на наших глазах происходила деградация мерзлоты в блоках и преобразование блокового оползня в оползень-поток, идентификация которого как сейсмогенного без знания истории образования практически невозможна.

Следует отметить, что недавние сейсмические события находятся на пределе чувствительности сейсмогеологического метода. Через несколько лет все деформации, кроме образовавшихся в 9–10-балльной зоне, исчезнут. Главный сейсморазрыв проявился на поверхности в виде системы разрывных и пликативных деформаций, поэтому характер смещения по сейсмогенерирующему разлому может быть выявлен прямыми геологическими наблюдениями. Разрывы же вне 9-балльной зоны произошли вследствие растяжения в ходе гидроударов и гравитационных подвижек. Они приурочены к склонам различного генезиса и обводненным участкам.

В рельефе и отложениях Юго-Восточного Алтая запечатлены следы сейсмических событий значительно большей мощности. Исходя из масштабов древних сейсмообвалов, оползней и разрывов, интенсивность вызвавших их сотрясений могла составлять 11–12 баллов, и не исключено, что сотрясения такой силы будут повторяться здесь и впредь.

Отсутствие человеческих жертв в ходе последних землетрясений объясняется несколькими причинами. Это и малочисленность населения в районе, и колоссальная сейсмостойкость небольших, рубленных из лиственницы, домов. (Мы видели такой дом без каких-либо



Геологические эффекты в зоне 8-балльных сотрясений на подъезде к пос. Бельтир. Вверху — оползень по откосу земляного полотна; внизу — просадки поверхности, заполненные излившимися грунтовыми водами.



Блоки скованной вечной мерзлотой морены, составляющей тело сейсмооползня.



Крупные разрывы поверхности дна долины р. Чаган.



Жерло грязевого вулкана, из которого происходило фонтанирование грунтовых вод в зоне 9–10-балльных сотрясений в ходе главного толчка.

разрушений в самом центре 9–10-балльной зоны, в 700 м от сейсмооползня.) Можно упомянуть и хозяйственную разруху, приведшую к закрытию всех крупных культурных и торговых учреждений, занимавших большие постройки из кирпича и железобетона, развалившихся еще до землетрясения. И просто везение: никто не погиб в зимниках и под камнепадами, оползнем или в раскрывшихся трещинах.

Произошедшие землетрясения можно рассматривать, с одной стороны, как грозное предупреждение, которое необходимо учесть при дальнейшем освоении территории, а с другой — как настоящий подарок сейсмологам и сейсмогеологам, получившим бесценную научную информацию. Анализ данных не только позволит уточнить районирование Алтая по степени сейсмоопасности, но и даст возможность глубже по-

нять процессы новейшей внутриконтинентальной тектонической активизации и горообразования, одним из следствий которых становятся сейсмические события. ■

**Исследования выполнены при частичной поддержке Фонда содействия отечественной науке и Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 02-05-64786.**

## Литература

1. Молнар П., Курушин Р.А., Кочетков В.М. и др. Деформации и разрывообразование при сильных землетрясениях в Монголо-Сибирском регионе // Глубинное строение и геодинамика Монголо-Сибирского региона. Новосибирск, 1995. С.5–55.
2. Рогожин Е.А., Леонтьев А.Н. // Докл. РАН. 1992. Т.323. №6. С.1157–1163.
3. Новиков И.С. // Геоморфология. 1998. №1. С.82 – 91.
4. Новиков И.С., Агатова А.Р., Дельво Д. // Геология и геофизика. 1998. Т.39. №7. С.965–972.
5. Рогожин Е.А., Платонова С.Г. Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М., 2002.
6. Гоби-Алтайское землетрясение / Ред. Н.А.Флоренсов, В.П.Солоненко. М., 1963.
7. Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М. и др. Сильные землетрясения. Палеосейсмогеологические и макросейсмические данные // Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. М., 1985. С.19–83.
8. Новиков И.С. // Геология и геофизика. 2001. Т.42. №9. С.1377–1388.
9. Гольдин С.В., Селезнёв В.С., Еманов А.Ф. и др. // Вестн. Отделения наук о Земле РАН. 2003. №1(21). <http://www.scgis.ru>
10. Геодаков А.Р., Овсяченко А.Н., Платонова С.Г., Рогожин Е.А. // Вестн. Отделения наук о Земле РАН. 2003. №1(21). <http://www.scgis.ru>

# Главная геофизическая обсерватория: вехи становления метеорологии в России

И.Л.Кароль,

*доктор физико-математических наук*

Б.Е.Шнееров,

*кандидат физико-математических наук*

*Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова*

*Санкт-Петербург*

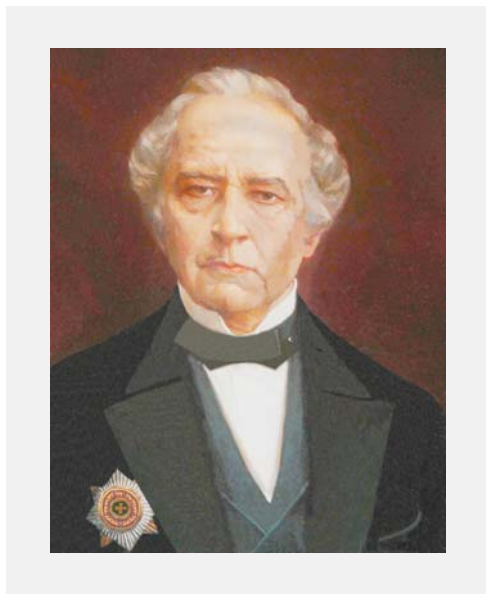
Наблюдаемое потепление и возможные последствия, которыми оно грозит человечеству, стали предметом обсуждения на широких международных совещаниях. Не стала исключением и Всемирная конференция по изменению климата, состоявшаяся в Москве осенью 2003 г. В ней приняли участие более 2000 делегатов из более чем 100 стран. Кроме специалистов на собрании, открытом президентом России В.В.Путиным, присутствовали представители правительственных и общественных организаций, а также бизнеса. На форуме обсуждались не только сама тенденция потепления, но и влияние антропогенных и природных факторов на климат, пути уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу, оценка воздействия изменений климата на природу и общество и меры адаптации к ним. Результаты, представленные на конференции российскими исследователями, продемонстрировали широкий спектр работ в области метеорологии и климатологии, проводящихся в нашей стране. Активное участие в московском форуме приняли сотрудники Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова, одного из старейших научных учреждений России, давшего начало ряду современных направлений науки о погоде и климате.

Многие науки, получившие со временем широкое развитие в России, зарождались и совершенствовались в северной столице, и метеорология была одной из первых. Еще в 1722 г. по указу Петра I на флоте были начаты систематические наблюдения за погодой (сохранились записи о ней, сделанные самим Петром I во время его пребывания в Риге). После учреждения Петербургской академии наук эта работа была поручена ее членам. Существуют результаты ежедневных измерений температуры воздуха в Санкт-Петербурге с середины XVIII в., которыми пользуются и сейчас при исследованиях вариаций климата.

В то время систематические наблюдения за погодой были особенно важны для аграрной России с ее огромной территорией и разнообразными природными условиями. Большую роль в организации магнитных и метеорологических обсерваторий на Урале и в Сибири сыграл академик

А.Я.Купфер (1799—1865). Два-три раза в сутки на таких станциях в 1830—1840-х годах проводились измерения температуры воздуха, атмосферного давления, направления и скорости ветра, количества осадков. Однако еще не существовало научного центра, где могли бы обрабатываться результаты наблюдений за погодой в различных районах огромной империи.

И он появился, благодаря настойчивым усилиям Купфера, заручившегося поддержкой известного естествоиспытателя и путешественника А.Гумбольдта. В 1849 г. по указу императора Николая I была учреждена Главная физическая обсерватория (ГФО) «...для производства физических наблюдений... и вообще для исследования России в физическом отношении». Любопытно, что этот документ был подписан 1 апреля (по старому стилю), что дало шутникам повод называть этот день «днем синоптика». Первым директором ГФО стал Купфер. На 23-й линии Васильевского острова в Санкт-Петербурге для обсерватории было построено специально спроектированное здание.



А.Я.Купфер (1799—1865).

## Лучшая в мире метеорологическая сеть

Результаты измерений на станциях за несколько месяцев посылались в обсерваторию, где они проверялись и систематизировались перед последующей публикацией. Однако в первое время эти данные были весьма несовершенными: сроки наблюдений не выдерживались, среди разнокалиберных приборов не было эталонных, поэтому их сравнения и проверки проводились редко. Наблюдения на станциях, как правило, вели неспециалисты — помещики, представители городской и сельской интеллигенции (учителя, врачи, фельдшеры, агрономы). Впрочем, работали они бесплатно, а оплачивать труд наблюдателей, и то частично, стали лишь в конце XIX в.

Прорыв в создании полноценной сети метеорологических станций в России был совершен под руководством третьего директора ГФО — Г.И. Вильда (1833—1902). Уроженец г. Устера (Швейцария), он учился в университетах Цюриха и Кёнигсберга, в 1858 г. был избран профессором университета в Берне, а в 1866 г. стал его ректором. Тогда же по поручению Союзного Совета Швейцарии Вильд занялся реорганизацией метеорологической службы этой страны, а также провел ревизию системы мер и весов.

Но в маленькой стране его энергии и организаторским способностям было тесно, и в 1868 г. он принял предложение Петербургской академии наук возглавить ГФО. При нем обсерватория стала настоящим центром не только российской, но и мировой метеорологии. Ученый принял активное участие в созыве Первого Международного метеорологического конгресса и в 1879 г. стал

первым президентом Международной метеорологической организации (ММО).

В начале своего директорства Вильд объехал значительную часть европейской части России и Закавказья и ознакомился с состоянием метеонаблюдений на станциях. Следуя своему швейцарскому опыту, он установил метрическую систему мер на наблюдательной сети России, уделяя особое внимание усовершенствованию и унификации имевшихся метеорологических приборов, а также разработке новых приборов. Под руководством и при непосредственном участии Вильда был создан ряд ртутных барометров, в том числе эталонный образец для поверки приборов, который вплоть до недавнего времени использовался метеорологической службой СССР в качестве эталона.

Почти столько же времени успешно служил (и не только в России) знаменитый «флюгер Вильда», который измерял скорость ветра по углу отклонения легкой и тяжелой пластин, подвешенных на горизонтальной оси. Примечательно, что калибровку прибора Вильд проводил в безветренную погоду, устанавливая его на тендере паровоза, проезжавшего по Царскосельской железнодорожной ветке. Введенные Вильдом стандартные будки для приборов до сих пор используются на метеорологических площадках. Кроме того, была установлена служба инспекторов метеостанций, которые с эталонными образцами приборов объезжали станции, проверяя регулярность и качества измерений. С 1872 г. и до конца директорства Вильдом (1895) было обследовано около 600 станций, составлявших метеорологическую сеть России к концу XIX в.

В 1872 г. в ГФО была организована служба погоды с штормовыми предупреждениями, которая



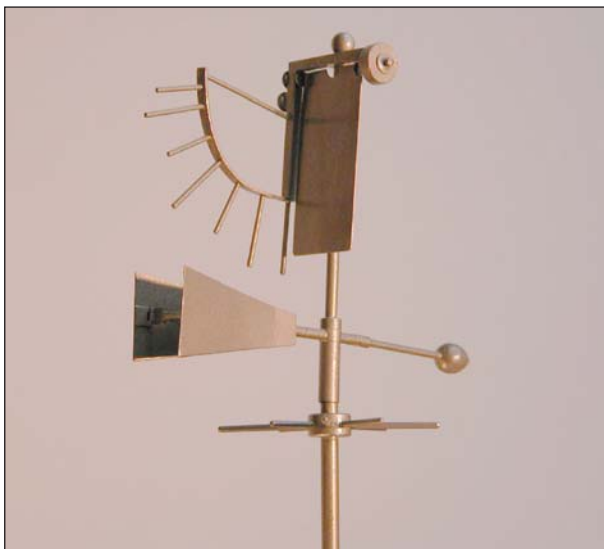
Барометры первой половины XIX в., хранящиеся в музее ГГО.

Здесь и далее фото А.В.Цветкова

использовала телеграфные сообщения ряда российских и зарубежных станций. При Вильде в 1876–1877 гг. был построен филиал ГФО — обсерватория в Павловске, пригороде Санкт-Петербурга, где начали проводить измерения солнечной радиации и наблюдения за атмосферным электричеством и земными токами.

Сбор и систематизация метеорологических наблюдений были существенно расширены, а результаты этой работы публиковались в «Летописях ГФО». В качестве приложения к этому изданию стал выходить «Метеорологический сборник». Этот первый в мире метеорологический журнал выпускался Императорским русским географическим обществом. До 1894 г. вышло из печати 23 тома «Летописей» на немецком и частью на французском языках. Статьи по методике метеорологических наблюдений переводились на русский язык и рассылались на метеостанции. С начала 1890-х годов появляется ежемесячный метеорологический бюллетень для сельского хозяйства, проводятся исследования с приборами для измерения влажности воздуха, осадков и испарения с поверхности водоемов.

Любопытно, что Вильд за 27 лет своего директорства в ГФО и членства в Петербургской академии наук так и не освоил русский язык — большинство сотрудников обсерватории были немцы или жители Прибалтики, знавшие немецкий язык, на котором в ГФО велось делопроизводство. С властями директор общался по-французски или через своего заместителя, в этом отношении обсерватория не была исключением среди научных учреждений Санкт-Петербурга того времени. И только после ухода Вильда с 1895 г. русский в обсерватории стал основным.



Флюгер Вильда.



Г.И. Вильд (1833–1902).

Имена целого ряда выдающихся ученых XX в. были связаны с Главной геофизической обсерваторией. Это основатель сейсмологии Б.Б. Голицын (1862–1916) — директор ГФО с 1913 по 1916 г., знаменитый ученый-кораблестроитель, математик и механик академик А.Н. Крылов, руководивший обсерваторией в разное время физик-теоретик В.А. Фок, выдающиеся гидродинамики и математики Н.Е. Кочин, П.Я. Полубаринова-Кочина, А.А. Дороницын, создатель отечественной атомной бомбы И.В. Курчатов и ряд других российских ученых, принесших мировую славу отечественной науке. Однако рамки журнальной статьи позволяют остановиться лишь на тех ученых, которые создали новые направления в метеорологии.

Активно перестраивая деятельность обсерватории, Голицын особое внимание уделял организации теоретических и экспериментальных работ. Иницилируя исследования климата России, он пригласил в качестве консультанта выдающегося климатолога А.И. Воейкова (1812–1916), именем которого была названа обсерватория в советское время, и привлек к работе аспиранта физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета А.А. Фридмана (1888–1925) — впоследствии ставшего не только известным математиком и физиком, но и одним из основоположников эволюционной космологии [1].

## Школа теоретической метеорологии

Оценив талант молодого сотрудника, Голицын командировал Фридмана в Геофизический институт в Лейпциге [2]. Там в течение нескольких месяцев Фридман вместе с Т. Гессельбергом выполнил работу, ставшую впоследствии основой для создания гидродинамических прогнозов погоды. Они



А.А.Фридман (1888—1925).

составили таблицу порядков величин метеорологических элементов и их производных, которая позволила упростить уравнения динамики атмосферы, сделав их пригодными для предвычисления погоды.

С началом первой мировой войны Фридман ушел добровольцем в армию, создавал метеорологические службы при авиационных отрядах, составлял артиллерийские таблицы и инструкции по бомбометанию и лично в качестве летчика-наблюдателя участвовал в воздушных боях.

Вернувшись в 1920 г. в ГФО, Фридман собрал молодых талантливых людей и организовал отдел теоретической (динамической) метеорологии, где зародилась отечественная школа динамической метеорологии — основы изучения атмосферных процессов и научного прогноза погоды.

Поскольку характерной чертой реальных воздушных потоков в атмосфере является существование вращательной составляющей движения в каждой точке потока, Фридман предложил использовать для изучения движения атмосферы уравнение вихря, которое стало основой большинства современных моделей климата и гидродинамического прогноза погоды.

В работах по исследованию распределения температуры атмосферы по высоте в условиях лучистого равновесия ученый в известной мере предвосхитил положения, лежащие в основе современных широко используемых моделей климата. Предложенный им (вместе с Л.В.Келлером) на международном конгрессе в Дельфте в 1924 г. подход к описанию турбулентности через корреляции турбулентных составляющих в разных точках пространства отвечает современной точке зрения на эту проблему.

Начало развития краткосрочных гидродинамических методов прогноза погоды связано с именем метеоролога и математика И.А.Кибеля (1904—1970). В настоящее время одной из основных про-



И.А.Кибель (1904—1970).

грамм Всемирной метеорологической организации является Всемирная служба погоды, в рамках которой распространяются данные, получаемые в различных пунктах земного шара с помощью различных наблюдательных систем. Ежедневно три мировых, 35 региональных и 183 национальных метеорологических центра обмениваются по высокоскоростным линиям связи числовыми данными (15 млн) и картами погоды (~2 тыс.). В таких центрах на мощных современных компьютерах рассчитываются прогнозы погоды с использованием сложных физико-математических моделей, основанных на решении системы нелинейных уравнений гидродинамики, учитывающих процессы, протекающие в атмосфере. Благодаря постоянному развитию глобальной системы наблюдений за погодой, совершенствованию физического содержания моделей и увеличению их пространственного разрешения, а также быстрому развитию вычислительной техники постоянно улучшается качество прогнозов погоды и оправдываемость краткосрочного прогноза (на 2—3 сут вперед) — ныне она достигает 90—95%.

О таких успехах не мечтали более 40 лет назад, когда Кибель опубликовал свое «Приложение к метеорологии уравнения механики бароклиной жидкости». В этой работе, удостоенной позже Государственной премии, впервые был предложен новый подход к решению задачи прогноза погоды, основанный на упрощении уравнений динамики атмосферы с учетом характерных значений метеорологических величин, рассчитанных еще Фридманом. Это позволило выделить в численном решении таких уравнений основные факторы, определяющие крупномасштабные изменения метеорологических процессов, и открыло путь к эффективному гидродинамическому прогнозу полей давления и температуры воздуха. Отсутствие в то время надлежащих вычислительных средств не дало возможности реализовать на



П.П.Молчанов (1893—1971).

практике подход, предложенный Кибелем, и только после войны, уже вне стен обсерватории, его ученики Н.И.Булеев и Г.И.Марчук реализовали эти идеи в первой отечественной реально действовавшей численной схеме краткосрочного прогноза погоды.

Еще один «крестник» Голицына — П.А.Молчанов (1893—1941) — был им привлечен для составления учебника по метеорологии для летчиков-воздухоплавателей и впоследствии стал директором обсерватории. А дата 30 января 1930 г. навсегда останется знаменательной вехой в исследовании атмосферы Земли. Тогда в Павловске был запущен первый в мире радиозонд, сконструированный Молчановым. Прибор достиг стратосферы на высоте 9 км и его сигналы были приняты на земле [3]. Именно с этого времени начинается бурное развитие и расширение сети аэрологических наблюдений во всем мире.

В настоящее время мировая сеть наблюдений за погодой включает четыре полярно-орбитальных и пять геостационарных спутников, около 10 тыс. наземных и 7 тыс. судовых станций и 300 автоматических метеорологических станций на морских дрейфующих буях, а также проведение самолетных наблюдений, ракетных и радиолокационных зондирований атмосферы и т.д. Однако основную наиболее точную информацию о состоянии атмосферы поставляют приборы, запускаемые на аэрологических станциях. Современные радиозонды, поднимающиеся до высот 30 км, представляют собой сложное радиотехническое устройство, с помощью которого измеряются давление, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра и другие метеорологические величины на разных высотах по всей толще атмосферы. Сеть аэрологического зондирования атмосферы включает около 900 станций, расположенных во всех частях земного шара, включая Антарктиду. Примерно третья их часть входит в ми-

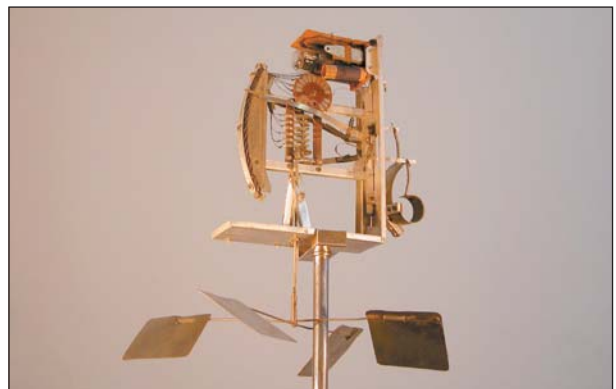


М.И.Будыко (1920—2001).

ровую систему станций, осуществляющих регулярное зондирование атмосферы два раза в сутки. Хотя их число сравнительно невелико, именно эти данные аэрологического радиозондирования атмосферы можно считать основой системы наблюдений.

Внимание мирового сообщества к проблеме климата Земли и его вероятных изменений в ближайшем будущем с каждым годом усиливается. Первым, кто указал на предстоящее потепление климата еще в начале 70-х годов, был выдающийся отечественный ученый, директор ГГО в 1954—1972 гг., М.И.Будыко (1920—2001). Более того, ему удалось изменить сам характер климатологической науки. Из чисто описательной науки, рассматривавшей особенности среднего многолетнего распределения температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, осадков и других метеорологических характеристик того или другого региона земного шара, она стала «дисциплиной количественной» [4].

Под руководством Будыко на основе обширных данных наблюдений были построены карты теп-



Радиозонд Молчанова.



лового баланса Земли. На них показано распределение по поверхности земного шара потоков солнечной радиации и излучения земной поверхности, турбулентных потоков тепла и влаги. Созданный под его руководством «Атлас теплового баланса Земли» был удостоен в 1958 г. Ленинской премии — высшей по тем временам награды за научные достижения. Рассчитанные Будыко характеристики климатических режимов активно использовались во всем мире в качестве исходных данных и материалов для проверки моделей климата.

Работы Будыко и его учеников стали основой для создания нового направления — физической климатологии. Научные труды ученого получили широкое международное признание. Награжденный рядом международных и отечественных премий и медалей, он был в 1998 г. удостоен международной премии «Голубая планета» — аналога Нобелевской премии в области экологии.

## Современные направления научных исследований обсерватории

Можно выделить ряд важных направлений в метеорологии, в которых Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова сохраняет свое ведущее положение. Результаты многолетней работы коллектива послужили основой при создании государственной системы мониторинга и охраны атмосферного воздуха. В настоящее время обсерватория является федеральным центром сбора, обработки и анализа информации о состоянии загрязнения атмосферы в городах и о химическом составе осадков на территории России.

Моделирование радиационных и фотохимических процессов, происходящих в тропосфере и стратосфере и формирующих изменения климата в настоящем и будущем, — одно из приоритетных направлений деятельности ГГО. Особое внимание здесь уделяется проблемам формирования и эволюции озоносферы Земли, оценкам способности различных хлор- и бромсодержащих химикатов, разрушающих озон, и эффекта от введения Монреальского протокола, ограничивающего их использование и выброс в атмосферу [5]. Разработаны новые методы исследования распространения метана в районе западносибирских га-

зовых месторождений или эволюции озоновой дыры в области антарктического циркумполярного вихря.

В обсерватории разрабатывают новые измерительно-информационные системы с использованием компьютерных средств для получения оперативной и режимной метеорологической информации.

В пос.Воейково под Санкт-Петербургом, где располагается филиал обсерватории — Научно-исследовательский центр дистанционного зондирования атмосферы, проводятся экспериментальные исследования в области радиолокации атмосферы, атмосферного электричества, мониторинга содержания в атмосфере озона, метана, углекислого газа и других парниковых газов. Специалисты в области активных воздействий на погоду принимали участие в мероприятиях метеорологического обеспечения празднования 300-летия Санкт-Петербурга.

Разработана и успешно используется в ГГО физико-математическая климатическая глобальная модель, описывающая крупномасштабные движения атмосферы на всем земном шаре, включая перемещение циклонов и антициклонов, формирование и перенос облачных систем, выпадение снега и дождя, эволюцию снежного и ледового покровов, изменение температуры и влажности воздуха на разных уровнях в атмосфере, тепло- и влагообмен в пограничном слое атмосферы, почве, растительном и снежном покровах [6]. В модели также учитываются изменения состава атмосферы, в частности, увеличение содержания в ней так называемых парниковых газов, задерживающих тепловое излучение Земли и тем самым способствующих потеплению климата.

Одной из крупных работ ученых ГГО, выполненных в последнее время, стало исследование возможных изменения климата в XXI в. на территории России. Результаты этих исследований были представлены в пленарном докладе на упомянутой выше Всемирной конференции по изменению климата.

Таким образом, одно из старейших научных учреждений России — Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова, отметившая свое 150-летие, продолжает и развивает традиции, заложенные ее основателями в середине XIX в. в актуальных областях современной метеорологической науки. ■

## Литература

1. Тропп Э.А., Френкель В.Я., Чернин А.Д. Александр Александрович Фридман. М., 1988.
2. Кароль Б.П. Академик Б.Б.Голицын и метеорология. Л., 1982.
3. Селезнева Е.С., Тудоровская Е.А. П.А.Молчанов — выдающийся советский аэролог. Л., 1958.
4. Голицын Г.С., Израэль Ю.А. М.И.Будыко — лауреат премии «Голубая планета» // Природа. 1998. №12. С.98—101.
5. Кароль И.Л., Киселев А.А. Оценка ущерба «здоровью» атмосферы // Природа. 2003. №6. С.25—30.
6. Мелешко В.П., Катцов В.М., Спорышев П.В. и др. Изучение возможных изменений климата с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Изменения климата и их последствия. СПб., 2002. С.13—35.

# Проект NGRIP завершен, продолжение следует

П.Г.Талалай,

кандидат технических наук

Санкт-Петербургский горный институт им.Г.В.Плеханова

С проектом колонкового бурения в Северной Гренландии — North Greenland Ice core Project (NGRIP) читатели «Природы» уже знакомы [1, 2]. И вот, спустя 7 лет после старта, преодолев все препятствия, он практически завершен.

Напомним, что с самого начала перед буровыми исследованиями в Гренландии была поставлена задача извлечь колонку льда (керна) по всему разрезу ледникового покрова в месте его наибольшей мощности. NGRIP — уже пятый подобный проект, но все предыдущие точки бурения — станция Кэмп Сенчури на северо-западе, база Дай-3 на юго-востоке и Саммит на самой верхушке Гренландского щита — были выбраны не совсем удачно и в силу разных обстоятельств не могли дать исчерпывающей и достоверной информации об изменениях климата Земли за последние 100—150 тыс. лет, а именно эта задача стояла перед учеными.

NGRIP, главными спонсорами которого выступили научные фонды Дании и Германии, начался в 1996 г., но в следующем году при продолжении бурения в скважине произошла авария, и на глубине 1371 м снаряд оказался намертво прихвачен к забою. В 1998 г. в 25 м от



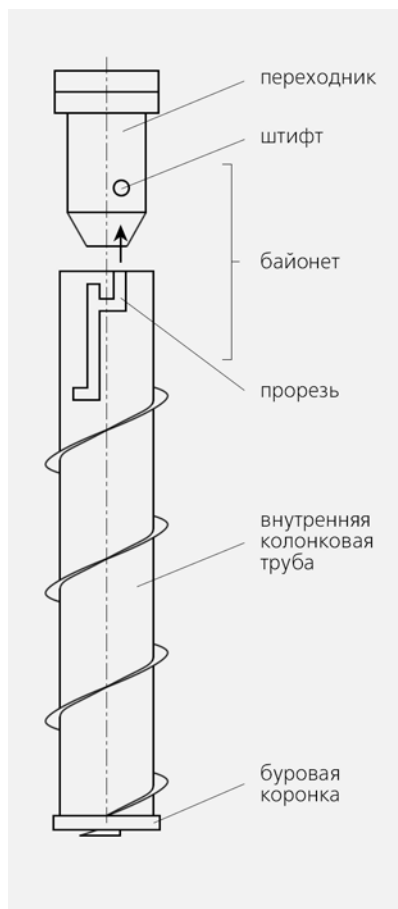
Вход в склад «Костел Люхта» пришлось откапывать лопатами.

Здесь и далее фото участников экспедиции NGRIP

© Талалай П.Г., 2004



Гараж, полностью засыпанный снегом за два года, прошедшие с предыдущей экспедиции



Конструкция соединения колонковой трубы с переходником.

предыдущей пробурили новую скважину, которая через пять лет прошла через всю толщу Гренландского ледникового щита и к удивлению ученых попала в подледниковые водные отложения. Я не был непосредственным участником этих последних событий, но выступал с докладом на тему «Бурение на базе NGRIP» на «NGRIP симпозиуме», который проходил 30 октября 2003 г. в Копенгагене и был посвящен памяти Нильса Гундеструпа, известного датского полярного исследователя, скончавшегося в 2002 г. На симпозиуме впервые подвели предварительные результаты, полученные при проходке скважины и исследовании керна.

О перипетиях ее бурения до отметки 3001 м автор уже писал в предыдущих статьях [1, 2]. Здесь же речь пойдет о проходке только последнего интервала, проходившей в последний полевой сезон 2003 г., который, как обычно, начался в середине мая.

Первые дни были заняты главным образом расчисткой станции от снега, скопившегося здесь за два года (в 2002 г. работы на станции не проводились).

Даже видавшие виды полярники удивлялись столь обильным осадкам: палатки-дома оказались почти полностью погребенными под снегом. Вход в склад, именуемый «Костел Люхта», оказался засыпанным 4-метровым слоем, а так как механические снегоуборщики находились именно там, всем полярникам сначала пришлось изрядно поработать лопатой.

Бурение скважины продолжили только через две недели после высадки на лед. Кроме уборки, налаживали забойное и поверхностное буровое оборудование. Главной модернизации была подвергнута система управления лебедкой, теперь ее скорость вращения контролировалась с помощью высокоточного частотного преобразователя, что позволило плавно подавать кабель в скважину при бурении. Раньше предусматривалась его дискретная подача, что негативно сказывалось на процессе удаления частиц льда с забоя скважины.

Первые попытки продолжения бурения оказались крайне неудачными. После второго рейса, разобрав снаряд на поверхности, буровики были крайне удивлены, не обнаружив там внутренней колонковой трубы. Конструкция снаряда такова, что она прикрепляется к верхней части снаряда при помощи соединения, которое в технике называют байонет. Попробуем разобраться в его работе при помощи приведенного рисунка. Цилиндрический штифт, закрепленный на переходнике, при подаче на него внутренней трубы входит в прорезь и при повороте фиксирует ее. По всей видимости, оператор случайно привел в действие реверсивное вращение двигателя, после чего внутренняя колонковая труба отсоединилась и осталась на забое скважины. Потребовалось шесть дней и девять аварийных или, как шутя говорят сами буровики, рыболовных рейсов, чтобы насадить трубу на переходник бу-

рового снаряда и извлечь ее на поверхность.

Но и дальше дело пошло не сразу. Следующие семь рейсов принесли в среднем только по 11 см керна: очень быстро буровая коронка покрывалась шламом. Как следствие, стремительно нарастало напряжение в цепи питания электродвигателя, и приходилось останавливать проходку.

Затем на забой доставили 60 л водного раствора этилового спирта, как это делалось при бурении «теплого» льда на Куполе С в Антарктиде. Но и это не дало ожидаемых результатов: из восьми последующих рейсов только один принес 0,9 м керна.

Руководство проекта решило испытать еще одну возможность повышения производительности бурения — заменить электро-механический снаряд, при помощи которого велась проходка всего верхнего интервала, на термобур конструкции Университета штата Огайо (США). К огорчению разработчика снаряда, бывшего нашего соотечественника В.Загороднова, все шесть привезенных на станцию тепловых коронки «перегорели» в момент касания буровым снарядом забоя скважины. Максимальная глубина, на которой использовался раньше этот снаряд в Антарктиде, не превышала 1000 м, и скорее всего устройство электропитания снаряда оказалось не приспособленным к большим глубинам и высокому гидростатическому давлению в скважине.

После нескольких дней неуспешных экспериментов с этим снарядом решили вернуться к электро-механическому способу бурения и попробовать наладить проходку, подбирая оптимальное количество и концентрацию водно-спиртового раствора, доставляемого на забой скважины в каждом рейсе. Эта технология не дала серьезного улучшения процесса, хотя количество извлекаемого на поверхность шлама увеличилось



Геофизические наблюдения проводились с помощью лебедки, установленной на поверхности в специальной палатке.

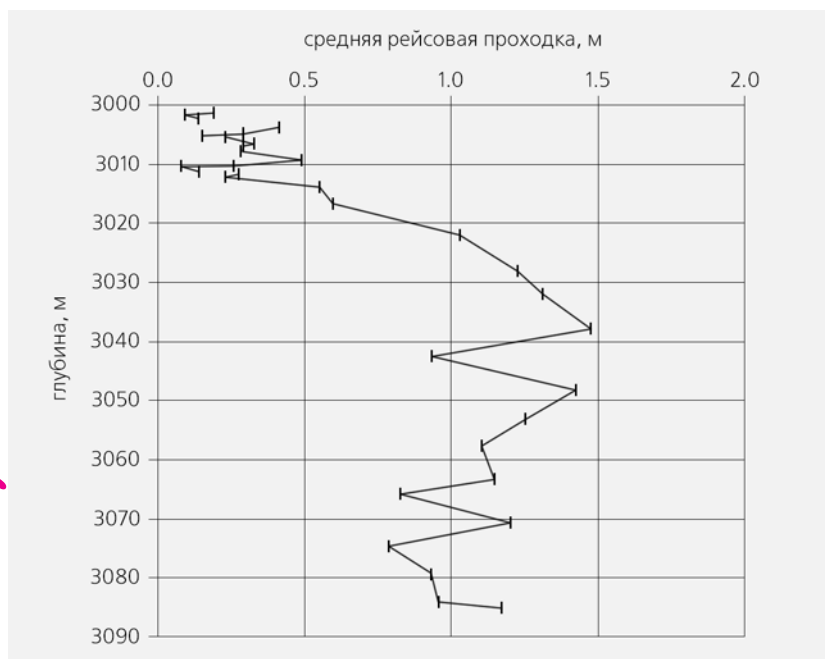


Вход в буровую.

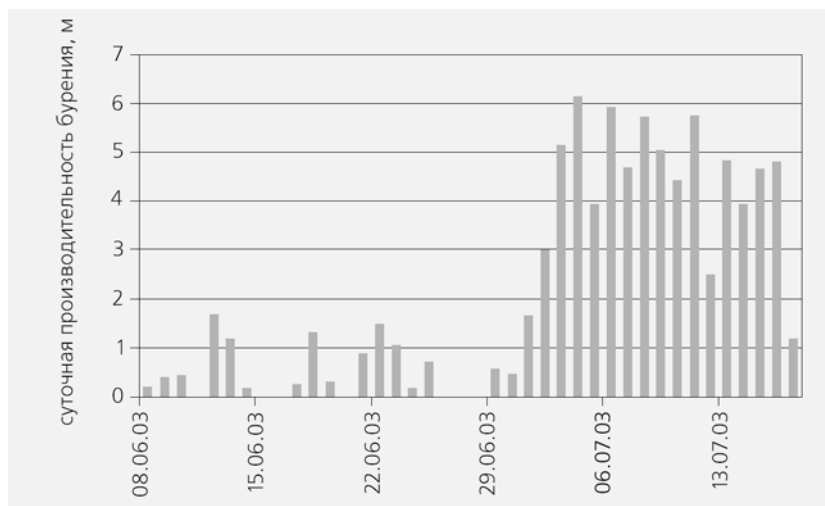
многokrатно за счет повторного вымораживания влаги из водно-спиртового раствора. Тем не менее, стало возможным извлекать в среднем по 0,3 м ледяного керна.

Буровые работы во льду нельзя назвать шаблонными, протекающими по заранее уста-

новленному порядку, как это зачастую происходит при бурении горных пород. И сейчас наступило время «нормальных» осложнений. Сначала было обнаружено, что одна из стальных проволок в оплетке грузонесущего кабеля порвалась, тем самым существенно снизив уси-



Зависимость средней рейсовой проходки в сутки от глубины скважины (сезон 2003 г.).



Суточная производительность бурения (сезон 2003 г.).

лие, при котором он может разорваться. Чтобы избежать подобной угрозы, кабель решили заменить на новый, имеющийся в запасе на станции. В течение всего полутора дней на пустую катушку был смотан старый кабель (а это делается вручную без применения каких-либо механизмов!), и на барабан лебедки

через специальное тяговое устройство намотан новый.

Работу продолжили, но тут из снаряда выкрутился латунный винт, и обычные аварийные устройства типа магнитной ловушки оказались в этом случае бесполезны. Потребовалось несколько аварийных рейсов, чтобы при помощи специаль-

ного приспособления, засасывающего мелкие предметы с забоя скважины, извлечь на поверхность сильно поврежденный винт.

Затем сломался датчик осевой нагрузки — один из основных источников забойной информации. После замены перегоревшего диода и транзистора, прибором снова стало можно пользоваться. Но вскоре опять пришлось извлекать с забоя скважины винт, на этот раз изготовленный из нержавеющей стали. Прежде чем его удалось поднять на поверхность, он успел серьезно повредить резцы буровой коронки.

Бурение продолжалось в поисковом режиме (экспериментировали с водным раствором этилового спирта, скоростью подачи и формой резцов). В результате удалось найти оптимальное соотношение перечисленных факторов, значительно улучшившее эффективность проходки. Возможно, произошли изменения свойств и самого льда за счет ослабления его внутренних напряжений.

С глубины 3015 м рейсовая проходка существенно увеличилась и до завершения буровых работ она в среднем была равна 1.12 м. Один из рейсов принес 1.66 м керна, что составляет абсолютный максимум для данного типа снаряда. Процесс бурения стабилизировался, и среднесуточная производительность бурения составила 4.5 м.

17 июля 2003 г., возможно, назовут «красной» датой в истории гляциологии. Совершенный в этот день первый рейс был совершенно обычным, принесшим 1.17 м керна. Усилие его отрыва от забоя не превышало нормы, и бугристая поверхность на месте отрыва представляла собой характерный рисунок ледяных кристаллов. КERN очень трудно вынимался из колонковой трубы — теперь мы можем предположить, что в этом, по всей видимости, была виновна подледниковая вода, уже поступившая в скважину.

В следующем рейсе при подходе к забою скважины, в полуметре от него, осевая нагрузка внезапно упала с 5.3 до 4.85 кН, как будто в этом месте буровой снаряд на что-то встал. Включение вращения приводного двигателя привело лишь к короткому замыканию в электросети снаряда. При медленном подъеме осевая нагрузка стала увеличиваться — что-то удерживало снаряд. Дойдя до 6.5 кН, она резко упала, как если бы это был «легкий» отрыв керна.

Когда снаряд оказался на поверхности, к общему удивлению оказалось, что примыкающая к снаряду часть грузонесущего кабеля (примерно 12 м) и сам 8-метровый снаряд покрыты тонким слоем льда. К буровой коронке примерз светло-коричневый ледяной кусок диаметром, сопоставимым с диаметром самого снаряда, и длиной примерно 30 см. На наружной поверхности этого «чуда» оказались небольшие каналы, по всей видимости, следы работы промывочной жидкости при подъеме. Стало очевидно, что скважина вышла в подледниковые водные отложения, и вода к этому моменту поднялась в нее примерно на 20 м.

Уровень промывочной жидкости в скважине перед последним рейсом находился на глубине 132 м. Через два дня после выхода в подледниковые отложения он повысился до 96 м, а еще через день — до 87 м. Дальнейшие наблюдения не выявили каких-либо изменений уровня жидкости, который стабилизировался на этой отметке, что говорит о произошедшем выравнивании скважинного давления и давления подледниковых водных отложений. В итоге это дает примерно 45 м подледниковой воды, поступившей в скважину.

Еще в конце 1950-х годов известный советский ученый Н.Н.Зубов доказал, что наземные ледяные щиты могут иметь под льдом слой воды, возникающий в результате таяния льда за счет



Первый образец подледниковой воды оказался примороженным к буровому снаряду.

тепла, поступающего из недр Земли. Сегодня существование подледниковых водоемов в Антарктиде ни у кого не вызывает сомнений: там уже найдено 67 относительно небольших подледниковых озер и один крупный водоем, оз.Восток, площадью около 14 тыс. км<sup>2</sup> — чуть меньше Ладожского озера [3].

В северной части оз.Восток происходит таяние вышележащего ледникового льда, а на его южной окраине, где расположена российская научная станция, вода замерзает на нижнюю поверхность ледника. При таянии льда в воду должны переходить не только нерастворимые включения. На каждый квадратный километр тающей нижней поверхности льда, по подсчетам российского гляциолога И.А.Зотикова, в год будет выделяться около 20 тыс. м<sup>3</sup> воздуха. Под действием давления ледникового покрова весь воздух должен раствориться в воде.

Это создает в подледных водоемах условия, благоприятные для поддержания жизни. Возможно, она там существует, по крайней мере, в каких-то

простейших проявлениях, — формах, которые могут существовать без процесса фотосинтеза. Не исключено, что это организмы, принесенные к ложу с поверхности ледникового покрова, выдержавшие давление и холод ледяной толщи, или сохранившиеся во время образования ледникового покрова, отрезанные от внешнего мира мощными толщами льда.

Весь керн, извлеченный из скважины NGRIP, упакован в специальные контейнеры и доставлен в Копенгаген для дальнейших исследований. С особой тщательностью был собран материал последнего рейса, ведь в нем могут быть найдены не только минеральные частицы, характеризующие геологический состав ложа Гренландского щита, но и микроорганизмы, существовавшие на Земле примерно 2 млн лет назад.

Здесь может пригодиться опыт Института микробиологии РАН и Института ядерной физики РАН, которые совместно с Санкт-Петербургским горным институтом занимаются изучением микроорганизмов, находящихся во льдах Антарктиды.

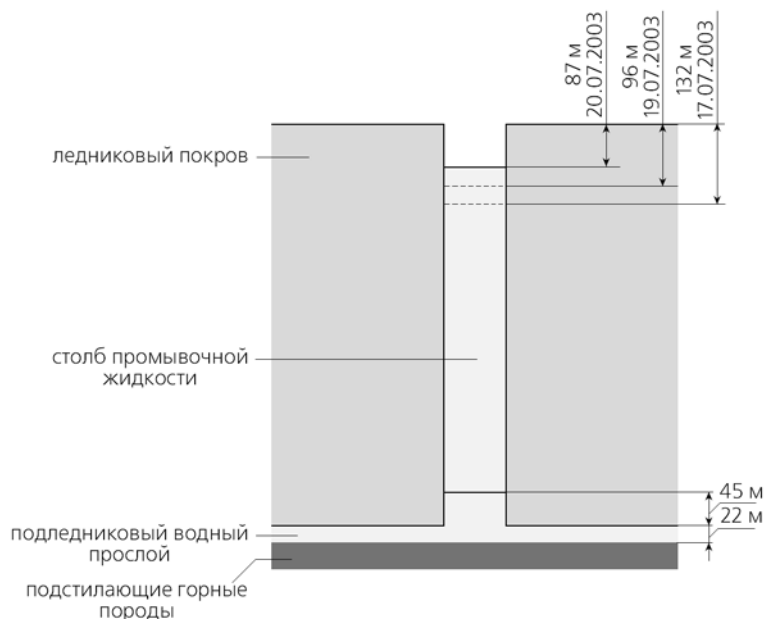


Схема подъема подледниковой воды в скважине.

В результате проведенного два года назад молекулярно-биологического анализа образца, извлеченного с глубины 3607 м на станции Восток в Центральной Антарктиде, где уже наблюдаются слои льда, образовавшегося в результате намерзания подледниковой воды на нижнюю поверхность ледника, обнаружено три вида бактерий, относящиеся к умеренным термофилам, т.е. организмам, нормально существующим при температуре 40–55°C. Находка этих бактерий может поменять современные представления о гидротермальном режиме, газовом составе и микробиоте подледниковых водоемов [4].

Наличие таких водоемов под Гренландским ледниковым щитом долгое время ставилось под сомнение. В скважине, пробуренной на станции Кэмп-Сенчурри в 1966 г., температура на ложе ледника на глубине 1391 м составила –13°C. Такой же оказалась температура у ложа в юго-восточной части ледника (скважина 1981 г. глубиной 2037 м), несколько выше (–9°C) — в центральной части Гренландского ледникового щита (скважина 1992 г. глубиной 3029 м).

До недавнего времени считали, что «Гренландский ледниковый щит — это типичный высокополярный ледник с отрицательной температурой во

всей толще льда» [5]. Теперь этот вывод можно признать ошибочным. В северной части Гренландского щита распределение температуры по глубине необычное: в верхней части оно то же, что и в других областях, а в нижней, начиная примерно с глубины 2500 м, происходит резкое нарастание температуры с градиентом более 3°C на 100 м высоты, достигая на ложе ледника точки плавления (под давлением вышележащей толщи, а это примерно 27 МПа, лед плавится при температуре –2.5°C).

Сейсмические исследования, проведенные в 2003 г. на базе NGRIP, подтвердили наличие водного прослоя мощностью примерно 22 м между ледниковым щитом и горными породами. Однако говорить о том, что весь он представлен водой, неверно — это, скорее всего, пульпа, смесь тонкозернистого минерального материала с водой. Термодинамические расчеты показывают, что, поднявшись в скважину, эта смесь должна замерзнуть примерно в течение одного месяца.

Исследование этой замерзшей пульпы имеет важное значение для науки, а ее извлечение на поверхность можно даже сравнить с доставкой на Землю образцов лунного грунта. Итак, проект NGRIP завершился, выполнив основную задачу сквозного бурения Гренландского щита с полным отбором керна, в следующем году планируется его продолжить с уже новой целью — извлечь замерзшие образцы подледниковой воды. ■

## Литература

1. Талалай П.Г. Через Гренландский ледниковый щит // Природа. 2001. №8. С.44–53.
2. Талалай П.Г. Возвращение в Гренландию // Природа. 2003. №5. С.18–23.
3. Зотиков И.А. Антарктический феномен — озеро Восток // Природа. 2000. №2. С.61–68.
4. Булат С.А., Алехина И.А., Васильева Л.П. Молекулярно-биологическое исследование атмосферного и озерного льда керна со станции Восток // Тезисы докладов научной конференции «Исследования и охрана окружающей среды Антарктики». Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2002 г. СПб., 2002. С.23–24.
5. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Ледники. М., 1989.

# Вертишейка

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН  
Москва

**В**ертиголовка, крутиголовка, вертишейка, большая пестрая дуплянка, тикун — так в России издавна называют птичку, известную многим, но больше по детским книжкам. В жизни она скрытна и малозаметна, хотя нередко живет подле человека, в старых парках и садах.

В языках Западной Европы имя птички тоже тесно связано с характерной чертой поведения: потревоженная, она шипит, крутит распушенной головой и шеей, имитируя раздраженную змею. По-английски имя птицы *Wryneck* (кривошейка) или реже употребляемое в народе *Snake-bird* (птица-змея), у немцев — *Wendehals* (вертишейка), у французов — *Torgol fourmilier* (крутишейка-муравьед), поляки зовут ее *Kretoglow* (крутиголовка).

Вертишейка (*Jynx torquilla*) — родственница дятлов, но дальняя, троюродная. С дятлами ее роднит строение ног, языка и тип полета, а отличает небольшой клюв, ноздри, не прикрытые щетинками, и мягкий хвост. С таким по древесным стволам не полазаешь. Но вертишейке этого и не нужно, кормится она на земле, в основном муравьями и их яйцами,



Вертишейка возле дупла.

Здесь и далее фото автора

© Булавинцев В.И., 2004





С кормом для птенцов.

передвигаясь прыжками, или собирает насекомых на ветках деревьев.

Троюродное родство с дятлами не оговорка. Есть у тех более близкие родственники — малые дятлы или, как их называли в конце 19-го столетия, во времена одного из отцов-основателей русской орнитологии М.А.Мензбира, дятелки. У них обычный для дятлов крепкий и довольно длинный клюв и ноздри, прикрытые щетинками, но мягкий, как у вертишейки, хвост. И в поведении дятелков больше дятлиного. Дупла себе сами долбят. Вертишейки же занимают уже готовые или используют естественные полости в стволах, толстых ветвях, гнилых пнях, а изредка и птичьи норы в обрывах. Живут дятелки в тропиках Южной Америки, Африки и Индокитая.

Кроме евроазиатского вида вертишейки, распространено от стран Западной Европы до Дальнего Востока и Японии, известен еще один — с африканского континента.

Вертишейка нынче стала редкостью во многих странах Западной Европы. Виной тому изменения, производимые человеком: вырубка и чистка лесных массивов, применение пестицидов и гербицидов.

Эта перелетная птица в нашей стране только гнездится. В конце апреля — начале мая она возвращается с зимовки и селится по опушкам смешанных лесов, в старых заброшенных садах и парках, где всегда найдется укромное местечко с захлавленными канавами и ямами. Шесть—восемь белых яиц вертишейка откладывает в дупле или какой-нибудь есте-

ственной нише на древесную труху. Зачастую выгоняет из жилища горихвостку, синицу или зарянку и занимает гнездо прежних хозяев.

Как и положено у большинства птиц, насиживает яйца в основном самка, самец подменяет ее только изредка. Птенцов выкармливают оба родителя в течение 23—27 дней, принося за один раз до 100 муравьиных яиц (такая порция весит чуть меньше одного грамма). Взрослые птицы очень осторожны у гнезда, а вот подрастающая молодежь шумна не в меру, особенно когда голодна.

Вскоре после вылета птенцов семья распадается. На зимовку в Центральную Африку или на юг Азии летят эти птицы поодиночке или небольшими группами с августа по сентябрь.

Уже на следующий год молодые птицы могут завести собственную семью, найдя подходящий участок, а старые возвращаются на место прежнего гнездования. В это время они очень активны и много кричат в поисках партнеров, издавая однообразно гнусавое кии-кии-кии, похожее на весенний крик малого пестрого дятла. Впрочем, таков же сигнал тревоги у мелких соколов. Скрытную в поведении вертишейку услышать проще, чем увидеть, особенно по весне. Но осторожно подойдя на крик, раздавшийся где-нибудь на опушке леса или в старом саду, не пожалейте! Невзрачная издали коричневатого-серая птичка изящной формы вблизи поражает изысканным сочетанием неброских красок в оперении. А что она шипит, как змея, так это для обороны от врагов. ■

# Земляные белки

С.А.Шилова

В последние десятилетия увеличилось число эколого-этологических исследований, основная цель которых — выявление особенностей индивидуального и социального поведения животных в разнообразных условиях внешней среды. Несомненно, чтобы получить объективные сведения об образе жизни животных, изучать их надо непосредственно в природе. Как писал знаменитый французский энтомолог и популяризатор науки Ж.А.Фабр, собравший уникальные данные о поведении насекомых: «Среди развалин меня окружающих одна часть стены стоит непоколебимо на своем прочном фундаменте — это моя любовь к научной истине <...> я изучаю животное живым, я наблюдаю под голубым небом под пение цикад. Я изучаю инстинкт в самых возвышенных его проявлениях» [1].

Среди позвоночных животных трудно выбрать более удобную и доступную для длительных наблюдений в природе модель, чем земляные белки. Помимо африканских земляных белок (*Xerus*) к этой группе животных условно относят сусликов (*Spermophilus* и *Spermophilopsis*) и луговых собачек (*Cynomys*). Все они предпочита-

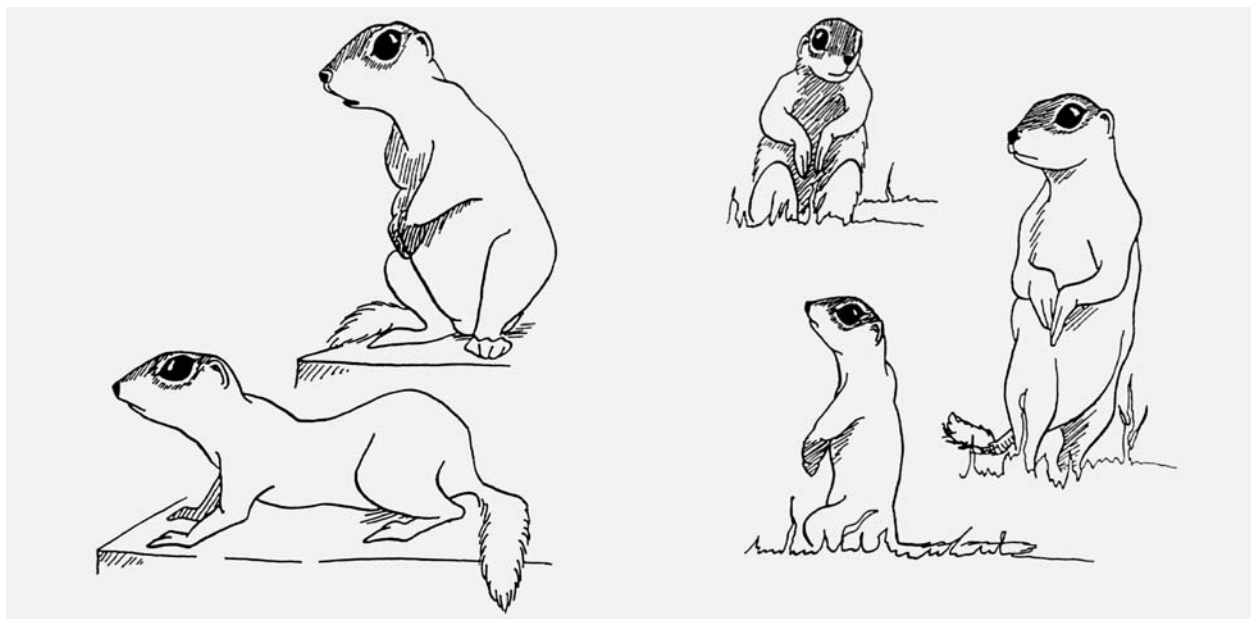


*Светлана Александровна Шилова, доктор биологических наук, профессор, руководитель группы популяционной экологии Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН. Специалист в области популяционной экологии млекопитающих. Занимается изучением особенностей пространственно-этологических структур различных видов животных под влиянием экзогенных (в том числе антропогенных) факторов и авторегуляторных механизмов, поддерживающих популяционный гомеостаз. Руководитель ежегодных экспедиций в различные регионы (Средний Урал, Туву, Чукотку, Калмыкию, Саратовское Заволжье, Южный Вьетнам и т.д.).*

ют жить на открытых пространствах (в тундрах, степях, пустынях) и активны в дневное время, благодаря чему и стали прекрасной моделью для визуальных наблюдений. Все они создают сложную систему нор, которые используют сотни лет, и не склонны к далеким миграциям. И почти все они обладают одной очень важной эколого-физиологической особенностью — впадают в длительную зимнюю спячку, которая может продолжаться до девяти месяцев.

Благодаря хорошо развитому зрению земляные белки прекрасно ориентируются на от-

крытом пространстве, общаются друг с другом на расстоянии, демонстрируя разнообразные формы выразительных движений. Но возможно это лишь в низкой и разреженной траве, слишком густые и высокие заросли затрудняют обзор и могут даже стать причиной снижения численности зверьков. Не меньшее значение в жизни всех земляных белок имеет звуковая сигнализация, которая детально изучена в разнообразных жизненных ситуациях — при надвигающейся опасности, при реакции на поведение членов группы и т.д. В России эти исследо-



Позы настороженности тринадцатиполосой земляной белки в сидячем и стоячем положении [12].

вания ведутся под руководством А.А.Никольского.

Встречаются земляные белки почти на всех континентах: самый северный вид — берингийский, или арктический, суслик (*Spermophilus parryi*) — обитает в Заполярье (на Чукотке, Аляске и в Канаде), самый южный — капюшонная земляная белка (*Xinauris*) — в Южной Африке.

## Суслики Евразии

В Евразии живут 13 видов сусликов рода *Spermophilus* и тонкопалый суслик (*Spermophilopsis leptodactylus*), по систематическому положению близкий к африканским земляным белкам [2]. Среди сусликов встречаются как мелкие формы весом всего в 200—300 г (малый, европейский, крапчатый и др.), так и очень крупные зверьки, напоминающие сурков. Вес желтого суслика перед спячкой может достигать двух килограммов.

Специальные этологические исследования проведены лишь на немногих видах. Большой вклад в изучение поведения некоторых европейских сусликов

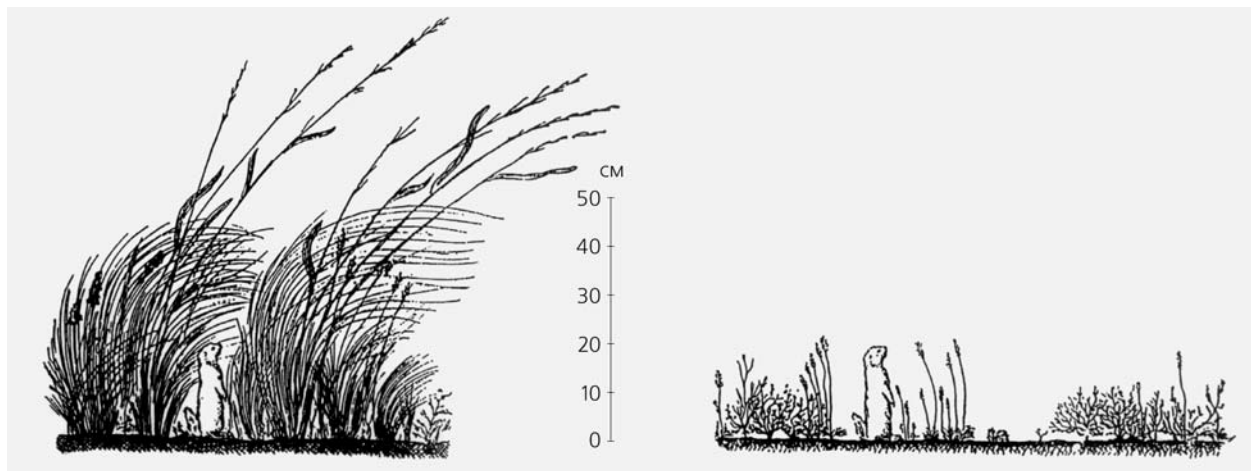
внесла школа В.П.Денисова (Пенза). Сейчас это направление исследований успешно развивают его ученики, изучающие социальную организацию крапчатого суслика. Судя по данным С.В.Титова и О.А.Ермакова, крапчатый суслик не относится к видам со строгой системой доминирования-подчинения. По сведениям В.А.Лобкова, на Украине каждое поселение образует группа, которая совместно использует территорию и не имеет строгой социальной структуры. Не менее известна школа А.Н.Формозова, ученицы (К.С.Ходашева и А.Н.Солдатова) которого получили первые данные о поведении малого суслика в Северном Казахстане. Дальнейшие исследования подтвердили, что зверьки разного пола и возраста используют территорию совместно и строгой социальной структуры в их поселениях не возникает.

С 1973 г., т.е. уже более 30 лет, мы изучаем особенности социальной организации и поведения сусликов (длиннохвостого, берингийского, малого, крапчатого, большого и желтого), населяющих различные ландшафты

в разных районах России (на Чукотке, в Туве, Калмыкии, Нижнем Поволжье и на юге Московской обл.). Чтобы получить полноценные данные о взаимоотношениях животных в природе и проследить за поведением каждой особи, сусликов либо метили урзолом, либо надевали на них цветные ошейники.

Длиннохвостый суслик (*S.undulatus*) населяет высокогорные районы Центральной Азии и прилегающих к ним областей. Наблюдения за пространственной и социальной организацией этого вида мы проводили в горных щебнистых степях Тувы, используя традиционные методы индивидуального мечения зверьков с последующей регистрацией разнообразных поведенческих актов.

Группировки длиннохвостого суслика отличаются сложной социальной структурой, которая формируется на протяжении лета после расселения молодняка. Во главе группировки находится самец-доминант, который охраняет территорию от пришельцев и следит за перемещением сородичей. Остальные зверьки (взрослые самки, мо-



Малый суслик на фоне профиля типичной растительности ковыльной степи (слева) и полынной полупустыни [13].

лодья) занимают подчиненное положение и никогда не провоцируют доминанта на конфликт. Не отмечено проявления агрессии и между особями, находящимися на близких иерархических уровнях.

Ранговое положение зверька в сформировавшейся социальной группе определялось с помощью метода, который ранее использовался при работе в Северной Америке с сусликом Ричардсона. Показатель иерархического ранга вычислялся как разность числа побед и поражений данной особи. В результате была составлена общая схема социальной структуры, убедительно свидетельствующая о довольно строгой иерархии в поселениях длиннохвостого суслика. Эта же модель пригодилась нам и для выяснения значимости агрессивных форм поведения в поддержании стабильности социальных групп, для чего сусликам скормили зерновую приманку с добавлением нейролептика резерпина [3].

Применение резерпина вызвало серьезные изменения в этологической структуре группы. Самец-доминант не проявлял больше агрессии к соседям, перестал охранять территорию и его место занял взрослый самец — пришелец с другого участка. До начала опыта доминант,

замечая на своей территории чужака, бежал к нему, издавая характерный свист, и после непродолжительной схватки выгонял пришельца с участка. Получив резерпин, бывший доминант едва увидев незнакомца, скрывался в ближайшей норе или затаивался среди камней. Поскольку территория опытной группы не охранялась, туда стали стекаться и кормиться суслики с соседних участков. Зверьки кормились в две смены: заторможенные нейролептиком аборигены выходили из нор, лишь когда по-

близости не было пришельцев. Очевидно, в данном случае агрессивность и соответственно успешная охрана территории, которую осуществляет самец-доминант, служит важным фактором сохранения стабильности группы и рационального использования кормовых ресурсов.

Эксперимент позволил выявить еще одну важную особенность взаимоотношений в группировках длиннохвостого суслика. Под действием нейролептика уровень агрессивности



Желтый суслик. Взрослый самец.

Здесь и далее фото М.В.Касаткина



Крапчатые суслики, помеченные цветными ошейниками.

снизился у всех членов группы, и принципиальная схема социальных взаимодействий в ней не изменилась. Самец-доминант, почти потерявший способность проявлять агрессивность, все же продолжал контролировать пе-

ремещения своих партнеров, провоцируя контакты с ними. Таким образом, общее падение агрессивности в группе не повлияло на ее социальную организацию. Это еще раз подчеркивает высокую социальную актив-

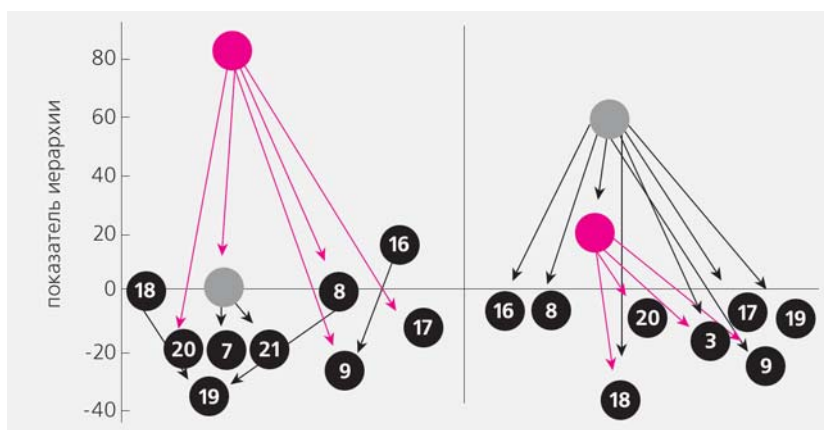


Схема изначально сформировавшейся социальной группы длиннохвостых сусликов (слева) и изменения социальных взаимоотношений в группе, произошедшие под действием нейролептика. Для определения рангового положения зверька подсчитано число побед и поражений данной особи. Разность этих чисел принимается за показатель иерархического ранга. Красным цветом выделен самец-доминант, серым — суслик пришелец, цифрами — остальные члены группы.

ность длиннохвостого суслика и устойчивость социальных связей у этого вида.

Малый суслик (*S. pygmaeus*) — объект наших многолетних наблюдений в Калмыкии. В противоположность длиннохвостому малый суслик не имеет сложной социальной структуры. Зверьки совместно используют территорию, но никто из них не стремится к лидерству. Взаимоотношения между зверьками хаотичны и иерархическая структура, основанная на агрессии, отсутствует в течение всего периода активности. Уровень агрессивных контактов возрастает лишь при увеличении численности, и то лишь среди молодняка. Так, в поселениях, где число зверьков не превышало 20 особей на одном гектаре, драки молодых особей составляли всего 34.2% от всех контактов. Когда же численность сусликов возрастала вдвое, количество драк увеличилось до 63.3%.

На примере малого суслика нам удалось проследить одну из важных и интересных форм социальных взаимоотношений — игры молодняка. Малыши подолгу играют между собой сразу же после выхода из материнской норы. Они возятся в траве, гоняются друг за другом, подпрыгивают. По мере взросления детенышей их игры становятся более разнообразными и спустя 20–25 дней после выхода из гнезд — наиболее интенсивными, а чуть позже зверьки во время игры чаще проявляют агрессию. Дружелюбные контакты сменяются позами угрозы, боксированием и даже схватками. К этому периоду молодняк начинает покидать материнскую территорию, а еще через пару недель игры переходят в жесткие агрессивные драки.

Смена игровых контактов агрессивными известна почти для всех видов земляных белок, у которых изучены социальные взаимодействия. Так, у берингского суслика на Чукотке после выхода молодняка из нор игровые контакты составляли

23.3%, агрессия же вовсе отсутствовала. Через три недели игры полностью прекращались и сменялись агрессией (86.7% от всех контактов). Такая же закономерность известна для суслика Ричардсона, калифорнийской и колумбийской земляных белок и других видов. Считается, что игра служит важной формой социальных контактов у многих млекопитающих, это своеобразная подготовка к взрослой жизни, когда надо будет защищать свой участок от конкурентов.

Берингийский суслик интересен для нас прежде всего тем, что две его популяции — азиатская (в Якутии, в Магаданской обл., на Чукотке и Камчатке) и американская (на Аляске и в Канаде) — изолированы на протяжении длительного периода, с тех пор как исчез Берингийский мост, соединявший Евразию с Северной Америкой. Сравнение пространственной и социальной организации разных популяций одного и того же вида может быть полезно для выявления общих закономерностей эволюции социальности.

Берингийского суслика мы изучали в Чаунском р-не Магаданской обл. Под наблюдением находилась группа зверьков, живущая в полигональной тундре с участками хорошо дренированной почвы, пригодной для устройства нор. По нашим данным, берингийские суслики на Чукотке рассредоточены на индивидуальных участках довольно больших размеров: для взрослых самцов они составляют в среднем 6.8 га, для самок — 6.2 га. Каждый зверек весьма привязан к своему участку, форма и расположение которого в течение лета не меняется. Друг с другом суслики контактируют достаточно редко. При встречах как молодые, так и взрослые особи обычно нейтральны или даже дружелюбны (в 65.8%). Если и возникают ссоры, то зверьки, как правило, ограничиваются позами угрозы, боксирования — так называемые ритуализированные формы агрессии.

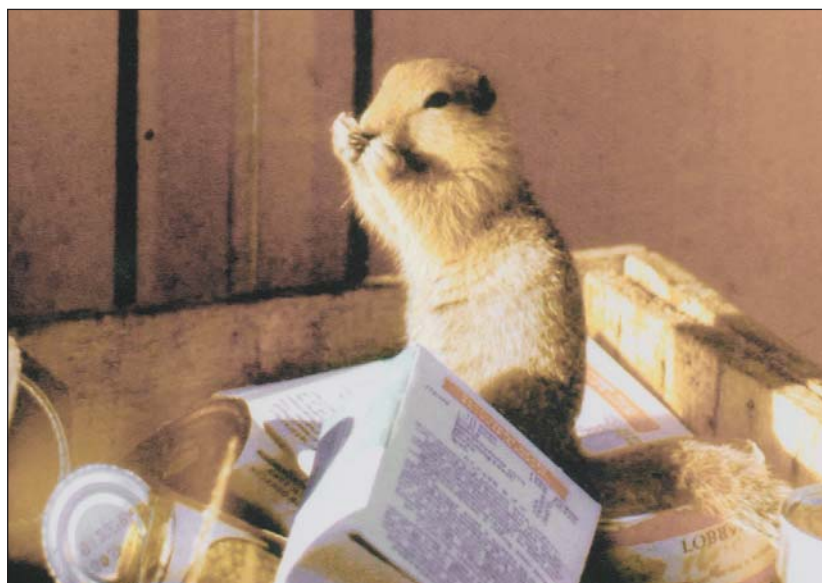
Все эти факты говорят о достаточно высоком уровне социальности вида, тем не менее, мы не обнаружили какой-либо иерархической структуры в естественных поселениях берингийского суслика. В то же время на участках с хорошими кормовыми и безопасными условиями, где суслики собирались небольшими группами, признаки социального поведения проявлялись у них достаточно ярко. Так, на стоянке экспедиции, участке площадью всего в один гектар, поселились 15 сусликов, которые нередко (в 83.4% от всех контактов) проявляли агрессию друг к другу. В группе сложились отношения, напоминающие линейную иерархию. Лидером стала взрослая самка, которая в большинстве случаев была инициатором конфликтов с сородичами и всегда одерживала победу, причем она могла напасть на любого члена группы независимо от пола и возраста. Таким образом, в определенной обстановке чукотский берингийский суслик способен к образованию социальной структуры по принципу доминирования-подчинения.

Замечено, что на Чукотке берингийский суслик стремится

селиться вблизи человека, которого абсолютно не боится. Местное население на севере Чукотки, в том числе и жители городов Анадырь и Певек, привыкли к соседству сусликов. Евразийские (местное название чукотских сусликов) зимуют в фундаментах зданий, устраивают норы в наземных коммуникациях, постоянно кормятся на помойках.

На стоянке экспедиции они спокойно проникали в помещения, не обращая внимания на людей, обследовали наши продуктовые запасы, что-то съедали, что-то уносили с собой и прятали. Могли даже подойти к человеку и взять корм из рук. Вот отрывок одной из записей регистрации поведенческих актов, сделанной 30 июля 1984 г.: «Рыжий (взрослый самец) проник в палатку. Запрыгивает на раскладушку и вынимает из кармана штормовки пакетик с приманкой, тут же ее съедает, не обращая внимания на человека, лежащего на раскладушке. Обследует коробки. Уносит остатки приманки».

Порой нам даже казалось, что вместе с сусликами мы образуем нечто похожее на единую социальную группу, в кото-



Берингийский суслик кормится в мусорном ящике.

рой взаимоотношения между членами вполне регламентированы. Утром в столовой, только заслышав, что разводят примус, появлялась Маринка — взрослая самка, абориген лагеря. Взобравшись на стол, она неспешно собирала остатки ужина и ждала, когда проснуться люди, чтобы отправиться на обследование палаток. Там она пыталась достать материал для гнезда, продельвая дырки в спальных мешках. Годовалые самцы караулили что-нибудь съестное у мусорного ящика. Каждый знал свое место, при этом сообщая они охраняли территорию нашего лагеря от сусликов-пришельцев.

Наблюдая за сусликами, мы убедились, что в определенных условиях у них возникают необычные формы поведения (смещенная активность). Так например, случилось с Маринкой. Оказавшись в условиях невиданного изобилия пищи, она почти все время занималась организацией собственных запасов: перетаскивала в нору крупу, макароны, сухие овощи и другие яства. Маринка оставалась худой и взъерошенной, в то время как остальные суслики усиленно кормились и набирали жир для зимней спячки. Для питания ей попросту не хватало времени. Вряд ли она пережила зиму: следующей весной мы ее уже не встретили. Возможно, этот пример может быть поучительным не только для сусликов.

При сравнении результатов наших наблюдений с литературными данными ученых, хорошо изучивших поведение берингского суслика на американском континенте [4, 5], выяснилось, что в социальной организации чукотских поселений суслика и его американских популяций есть общие черты. Так же как и на Чукотке, суслики на Аляске и в северной Канаде при высокой плотности охраняют свою индивидуальную территорию. В наиболее благоприятных для жизни биотопах образуются стабильные группы, в которых

встречаются особи с высоким социальным рангом, однако строго выраженная иерархия или доминирование отдельных особей даже в оседлых размножающихся поселениях не обнаружена. Хотя сведения о социальной организации азиатского берингского суслика пока ограничены (нужны дополнительные наблюдения за другими азиатскими группами), тем не менее, некоторые общие особенности поведения, описанные для обитателей обоих материков, в дальнейшем могут служить началом широких сравнительных эколого-этологических исследований.

### Американские и африканские земляные белки

Изучение поведения и социальной организации земляных белок Евразии не идет ни в какое сравнение с этологическими исследованиями видов, обитающих на других континентах. Достаточно сказать, что число специальных публикаций об евразийских видах на порядок меньше, чем посвященных сусликам Нового Света.

Обширные материалы, собранные в природе, по поведению североамериканских земляных белок позволили разработать градацию социальности этой группы [6, 7]. Критерием высокого уровня социальной организации считается образование многогруппных стабильных групп, в которых выделяются особи, занимающие доминантное положение — инициаторы социальных контактов. У них ярко выражен «территориализм» — охрана занимаемой площади не только в период размножения, но и в течение всего периода активности. Социальные виды характеризуются сложными и разнообразными контактами между членами поселения. Например, такие агрессивные взаимодействия, как прямые схватки, могут заменяться

ритуализованными формами агрессии (позы угрозы).

Каждый вид сусликов живет в разнообразных природных условиях. Внешние факторы (температура воздуха, высота снежного покрова, обилие пищевых ресурсов и т.д.) существенно влияют на сроки и продолжительность спячки. Например, у некоторых видов, живущих на севере США или в горных районах (суслик Белдинга, тринадцатиполосая земляная белка и др.), спячка продолжается до девяти месяцев. В то же время обитатель южных пустынь Африки (капюшонная земляная белка) вообще не впадает в спячку.

Чем короче период активности зверьков, тем в более сжатые сроки проходят основные этапы их размножения (спаривание, беременность, лактация, созревание детенышей, формирование поведения). Все земляные белки, впадающие в спячку, размножаются один раз в год. Виды с круглогодичной активностью могут приносить в течение года несколько пометов.

Длительность спячки, особенности размножения и жировки определяют одновременное или разобщенное по времени появление на поверхности различных половых и возрастных групп зверьков. У земляных белок, не залегающих в спячку, как и у других видов млекопитающих, активных круглый год, в популяции одновременно присутствуют все половые и возрастные категории животных: взрослые самцы и самки, молодняк обоих полов и различного возраста.

Совершенно иная картина наблюдается у спящих зимой видов. Пробуждение и залегание в спячку зверьков различного пола и возраста у них может происходить в разные сроки. Чаще всего сначала пробуждаются взрослые самцы, затем — самки, готовые к спариванию. Обычно к моменту выхода молодняка из гнезд взрослые самцы уже впадают в спячку. Таким образом, активный период жиз-

ни отцов и детей может вообще не совпадать.

По мнению американских авторов, именно эта особенность популяционной структуры сусликов определяет уровень социальности того или иного вида. Наиболее сложной социальной организацией обладают земляные белки, у которых активны и одновременно встречаются все половые и возрастные группы. Высокая степень разнокачественности особей в таких популяциях приводит к образованию устойчивой системы социальных взаимоотношений. На этом основании авторы выделяют пять градаций социальности земляных белок. Чем короче спячка и длиннее совместный период наземной активности, тем сложнее социальные взаимоотношения зверьков (пятая градация социальности).

Очень сложной социальной структурой отличаются поселения африканской капюшонной земляной белки. По данным Д.Ватермана, этот вид, живущий в пустыне Калахари, роет систему нор площадью до 1 га [8]. Каждая группа животных изолирована от других поселений в течение всего года и поддерживает стабильную пространственную структуру. Основу группы составляют несколько оседлых самок различных возрастов. Их индивидуальные участки перекрываются. В группе поддерживается строгая линейная иерархия. Охрану территории осуществляет самка-доминант. Вокруг группы самок располагаются оседлые группы самцов (банды), включающие до 20 зверьков разного возраста. В них так же сохраняется строгая линейная иерархия. В период эструса, который у самок проходит в разные сроки, самцы проникают на их территорию и спариваются. Однако состав и структура групп самцов стабильно сохраняются и в другие периоды, т.е. в течение всего года.

Такая же сложная система территориальных и социальных отношений свойственна амери-

канской чернохвостой луговой собачке, которая также не впадает в спячку. Интереснейшие исследования образа жизни, поведения и социальных взаимоотношений этого вида на протяжении 20 лет проводит американский этолог Дж.Хуглянд [9].

Основу поселений чернохвостых луговых собачек составляют сплошные подземные сооружения — так называемые города площадью 100 га и более, которые разделяются на районы (варды), каждый в несколько гектаров. Все члены поселения охраняют границы вардов, которые занимают семейные группы (котерии). Семья состоит из взрослого самца-доминанта, одной или двух самок и их потомства. Формируется система доминирования-подчинения. Характерно, что дружелюбные контакты (тактильные, чистка и др.) наблюдаются только между членами семейной группы. Между жителями разных вардов отмечена ритуализированная агрессия, вызванная необходимостью охраны территории. Однако при опасности акустический сигнал тревоги одновременно подают зверьки из различных вардов.

Совершенно иная картина пространственной и социальной структуры поселений наблюдается у близкого вида — белохвостой луговой собачки, спячка которой продолжается до шести месяцев. Зверьки образуют маленькие неорганизованные колонии. Территориальность (охрана своего участка) проявляется только во время размножения. Агрессивное поведение по отношению к соседям направлено лишь на охрану выводковой норы.

Среди всех американских земляных белок наименее социальным видом считается тринадцатиполосая белка, которая по структуре социальной организации напоминает упомянутого малого суслика. Таким образом, обобщение данных по социальным взаимоотношениям американских и африканских

земляных белок демонстрирует зависимость социальной структуры от природных условий.

\* \* \*

Итак, сравнительный анализ пространственно-этологической структуры земляных белок, населяющих разные континенты, показывает, что характер использования территории и социальная организация этих животных во многом зависят от условий внешней среды и тесно связаны с особенностями экологии каждого вида. Так, природные условия, в которых живут северные или южные виды определяют длительность спячки, асинхронность активного периода различных половых и возрастных когорт и, в конечном счете, уровень социальности вида. Эта связь не всегда носит строго закономерный характер, но, безусловно, ярко выражена у сусликов с длительной спячкой в сравнении с видами, которые активны круглый год.

Таким образом, материалы по пространственной и социальной организации земляных белок земного шара предоставляют исследователям уникальную возможность решить, какова роль внешних природных факторов в эволюции социальных систем млекопитающих или этот процесс определяется другими причинами. Замечу, что отдельные формы поведения представителей семейства беличьих (Sciuridae), населяющих одни и те же регионы, достаточно сходны у наземных и древесных форм, т.е. занимающих совершенно разные места обитания. Так, Р.Ф.Ивер, описывая пищевое поведение африканской земляной белки *X.erythropus*, отметил, что у этого вида способ запасаения пищи сходен с древесными белками [10]. Живущий в норах *X.erythropus* не собирает запасы в свои подземные убежища, но рассеивает их по территории так же, как это делает обыкновенная белка (*Sciuris vulgaris*), которая живет на деревьях. Другая африканская земля-





Тонкопалый суслик.

Фото А.В.Чабовского

ная белка *X.rutilus*, как пишет О'Шеа, по выразительным движениям и социальной организации схожа с древесной обыкновенной белкой, живущей в лесах [11]. Внутрипопуляционные группировки обоих видов построены по принципу линейной иерархии. По мнению автора, обе группы имеют единый центр происхождения; расселяясь на новые территории, они заняли совершенно разные места обитания (леса и пустыни).

На Чукотке мы наблюдали за берингийским сусликом вместе

с замечательным зоологом формозовской школы — В.И.Осмоловской. Изучая особенности питания сусликов, она убедилась, что по характеру поиска корма они напоминают древесных белок: подолгу разрывают подстилку на земле, питаются «кислой шишкой», а найдя крупные зерна, рассеивали свои запасы по округе. Возвращаясь из тундры, Варвара Ивановна взволнованно повторяла: «Это не суслик, это белка!». (В тот сезон, в августе 1986 г., мы отметили ее семидесятилетие.)

Эти примеры заставляют задуматься о том, что эволюция социальной организации не всегда прямо зависит от условий внешней среды, но определяется и многими другими факторами. Решить проблему могут лишь профессионалы-этологи. Жаль, что недостаток данных по поведению сусликов Евразии не позволяет более глубоко рассмотреть гипотезу, высказанную американскими зоологами. На нашем материке, например, живет единственный представитель рода *Spermophilopsis* — тонкопалый суслик, который не впадает в спячку. По систематическому положению он близок к африканским земляным белкам. Мы ничего не знаем о его социальной структуре, хотя сравнительный анализ поведения обоих видов помог бы подтвердить (или опровергнуть) гипотезу О'Шеа, равно как и любые конкретные наблюдения или обобщающие работы, посвященные поведению сусликов России, могут стать хорошим вкладом в решение общей проблемы эволюции социальных систем млекопитающих. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 02-04-48029; программы «Интеграция», проект Э-308; а также спонсора полевых работ В.Банкина (США).**

## Литература

1. Фабр ЖА. Инстинкты и нравы насекомых. М., 1993. Т.1. С.2.
2. Павлинов ИЯ. и др. Млекопитающие Евразии и сопредельных стран. Т.1. Rodentia. М., 1995.
3. Шилова СА. Популяционная экология как основа контроля численности мелких млекопитающих. М., 1993.
4. Carl EA. // Ecology. 1971. V.52. P.395—413.
5. Hubbs AH. et al. // J. Animal Ecology. 1997. V.66. №4. P.527—541.
6. Armitage KB. // Oecologia. 1981. V.48. №1. P.36.
7. The Biology of Ground-Dwelling Squirrels: Annual Cycles, Behavioral Ecology and Sociality / Eds. J.O.Murie, G.R.Michener. Lincoln; L., 1984.
8. Waterman JM. // Animal Behavior. 1997. V.53. P.809—817.
9. Hoogland JL. The Black-Tailed Prairie Dog. Chicago; L., 1995.
10. Ewer RF. // Z. Tierpsychologie. 1965. V.22. P.321—327.
11. O'Shea TJ. // J. of Mammalogy. 1976. V.57. P.450.
12. Wisstrand H. // J. of Mammalogy. 1974. V.55. №2. P.329.
13. Бурдуля НБ. // Зоологический журнал. 1941. Т.20. Вып.1. С.135.

# Супермодель нейроспора

С.Ю.Филиппович,  
кандидат биологических наук  
Г.П.Бачурина,  
кандидат биологических наук  
М.С.Крицкий,  
доктор биологических наук  
Институт биохимии им.А.Н.Баха РАН  
Москва

Если бы в середине XIX в. во Франции булочнику сказали, что заразившая почти все пекарни страны оранжевая хлебная плесень через столетие станет для биологов одним из излюбленных объектов изучения, он бы ни за что не поверил. Помимо пекарен эта плесень столь же быстро распространяется на недавних пожарищах и в кратерах остывающих после извержения вулканов.

В 1927 г. микологи К.Шиэр и Б.Додж отнесли этот организм к новому роду *Neurospora*, принадлежащему к классу грибов аскомицетов, и описали его жизненный цикл. Род содержит десять видов, из которых наиболее хорошо изучена нейроспора густая (*N.crassa*) [1]. В 1941 г. Д.У.Бидл и Э.Л.Тейтем получили для него первые биохимические мутанты. Исследуя *N.crassa*, они предложили гипотезу «один ген — один фермент» (один ген кодирует синтез одного специфического белка-фермента), которая теперь цитируется во всех учебниках по биохимии и генетике. В 1958 г. авторы получили Нобелевскую премию, и считается, что их работа смела барьеры между биохимией и генетикой. С этого момента началась эра биохимической генетики и молекуляр-

ной биологии. Нитчатый гриб *Neurospora* наравне с дрозофилой стал чрезвычайно удобной моделью эукариотического организма для экспериментов в этих областях науки. Популярность нейроспоры объясняется довольно простой ее структурой, легкостью и быстротой культивирования в лабораторных условиях, позволяющего за короткое время исследовать несколько поколений.

В начале 60-х годов для упрощения работы со все возрастающим количеством мутантов *Neurospora* в американском городе Канзасе был основан Грибной центр по хранению генетического материала этого организма (Fungal Genetic Stock Center — FGSC). Каталог имеющихся в центре более 7.5 тыс. грибных мутантов размещен во Всемирной паутине на сайте [www.fgsc.net](http://www.fgsc.net). В коллекции центра содержатся как генетически охарактеризованные клетки нейроспоры дикого типа и разнообразные мутантные штаммы, так и штаммы гриба, выделенные из более 4 тыс. природных популяций. Научные исследования оранжевой плесени приобрели такой размах, что параллельно с созданием Грибного центра стали созываться специализированные конференции, посвященные нейроспоре, и выпускается ежегодник

«*Neurospora Newsletter*». С 1986 г. в связи со значительным ростом числа работ по генетике грибов к названиям конференции и ежегодника было добавлено слово «генетический» — «Fungal Genetics Conference» и «Fungal Genetics Newsletter».

С использованием различных мутантов *N.crassa* были сделаны крупные открытия в генетике. Одно из них выполнено в лаборатории Э.Селкера в 1987 г.: обнаружены уникальные для грибов специфические RIP-мутации (от англ. repeat-induced point), затрагивающие гены в удвоенных сегментах ДНК перед началом мейоза. Не вдаваясь в подробности, заметим, что существование такого рода мутаций — важный защитный механизм генома эукариот [2]. Вершиной же генетических исследований *N.crassa*, конечно же, стала расшифровка генома этого организма, законченная в 2003 г. совместными усилиями более 70 ученых [3]. Установлено, что семь хромосом гриба содержат около 10 тыс. генов. Это в два раза больше, чем у дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* и лишь на четверть меньше, чем у плодовой мушки дрозофилы. Анализ генов позволил обнаружить неожиданные особенности биологии

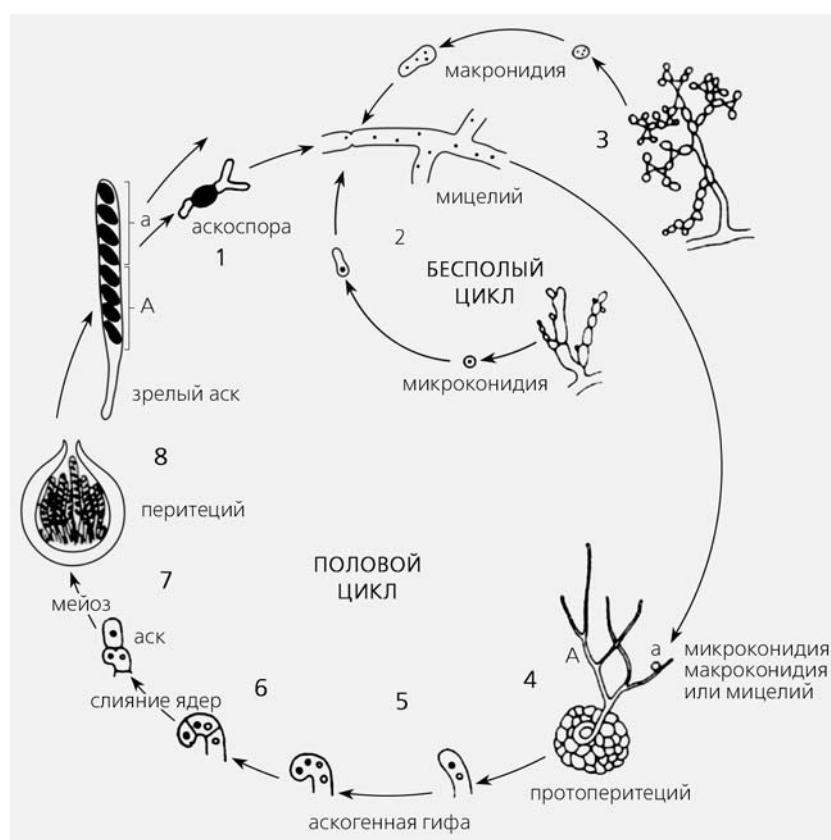
нейроспоры, касающиеся работы генов вторичного метаболизма и различий в действии  $Ca^{2+}$  сигнализации по сравнению с растениями и животными. Кроме того, выяснилось, что RIP-мутации могут оказывать существенное влияние на эволюцию генома, резко замедляя появление новых генов и приводя к образованию генома с необычно низким содержанием близкородственных генов.

Как и все аскомицеты, нейроспора способна размножать-

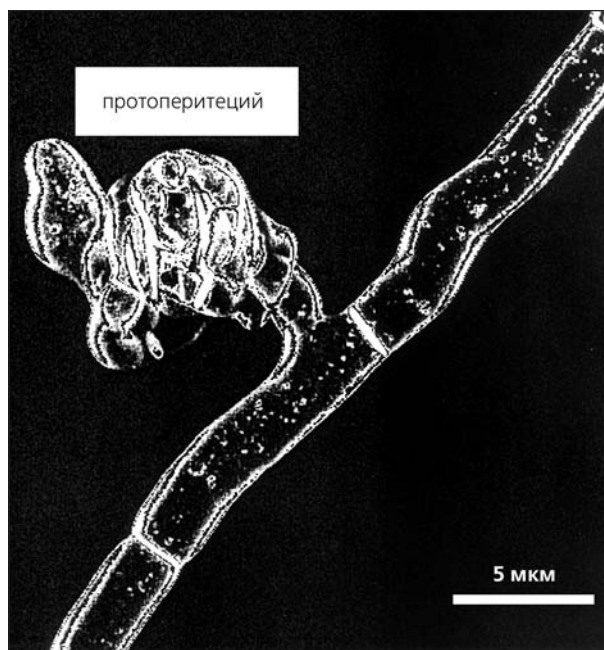
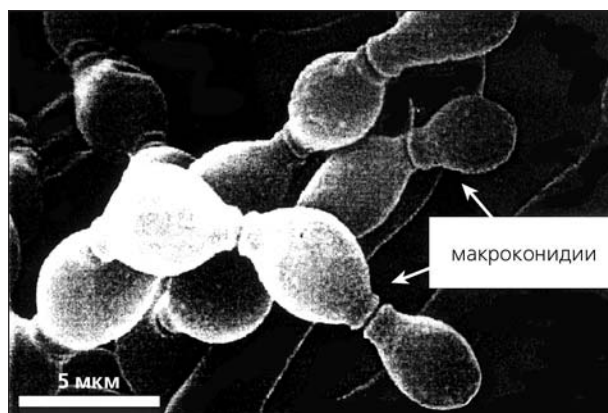
ся двумя различными путями — бесполом (за счет спор, образуемых отдельной особью) и половым (соединением двух особей). Для исследователей крайне важно, что фазы развития *N.crassa* четко различимы морфологически, а их смена регулируется совершенно определенными факторами среды (например, действием воды, света и голода). Гриб способен расти на среде, состоящей из неорганических солей, витамина биотина и источника углерода. Ис-

ключая или добавляя определенные элементы питания, можно следить за соответствующими изменениями морфогенеза этого аскомицета. Так, нейроспора густая — один из наиболее простых эвкарриотических организмов — стала ценнейшей моделью для изучения явлений клеточной дифференцировки, особое место среди которых занимают процессы, регулируемые светом.

Обычно жизненный цикл *N.crassa* начинается с того, что спора прорастает на подходящем субстрате, образуя мицелий. При росте в поверхностной культуре ветвящиеся гифы гриба покрывают среду, в состав которой входит агар-агар, равномерной белой пленкой. В оптимальных условиях мицелий способен расти со скоростью 10 см в день. Для того чтобы отделить мицелий от агар-агара и использовать его для дальнейших манипуляций, поверхность среды в чашках Петри перед внесением спор выстилают целлофановой пленкой. При бесполом развитии на мицелии через несколько дней образуются воздушные гифы, на которых формируются круглые вегетативные споры макроконидии, обычно называемые просто конидиями. Их интенсивная оранжевая окраска обусловлена присутствием каротиноидных пигментов, в основном — нейроспороксантина. Мицелий штаммов гриба дико-го типа со временем также становится оранжевым. При половом развитии на мицелии образуются предшественники женских плодовых тел — протоперитеций. В которых происходит слияние с клетками гриба (конидиями или мицелием) противоположного типа спаривания (их у гриба может быть два — А и а). Через сутки они увеличиваются в размере, темнеют и превращаются в женские половые структуры — перитеции. Спустя несколько дней в них созревают черные половые споры — аскоспоры. В каждом пе-



Жизненный цикл *Neurospora crassa*. Стадии 1—4 — от прорастания аскоспор до оплодотворения — вегетативная фаза; стадии 4—8 — от оплодотворения до созревания аскоспор — половая фаза. Черные аскоспоры (17×26 мкм) выстреливают из перитеция. Прорастающая аскоспора показана с гифами, растущими с обоих концов (1). Мицелий представлен нитчатыми ветвящимися многоядерными гифами, разделенными клеточными перегородками, через которые способны проходить ядра и цитоплазма (2). На мицелии образуются вегетативные споры (3) двух типов — многоядерные макроконидии и одноядерные микроконидии. Скручиваясь вокруг аскогониальных клеток, гифы образуют клубок и формируют протоперитеций (4). После оплодотворения гаплоидные ядра А- и а-типов делятся (5, 6), сливаются и затем происходит мейоз (7), завершающийся образованием асков в перитеции (8) [1].



Конидии *N. crassa* (слева) и протоперитеций на ее мицелии. Микрофотографии публикуются с любезного разрешения Американского общества микробиологов ([http://www. microbelibrary.org](http://www.microbelibrary.org)).  
Фото М.Л.Спрингера

рители по 200—400 сумок (асков), содержащих по восемь овальных аскоспор.

Каким же образом гриб выбирает путь развития и какие метаболические процессы, протекающие в клетке, за это ответственны? До начала нашей работы молекулярные механизмы, лежащие в основе переключения с бесполого на половой путь развития и обратно, не были изучены не только у нейроспоры, но и у других грибов.

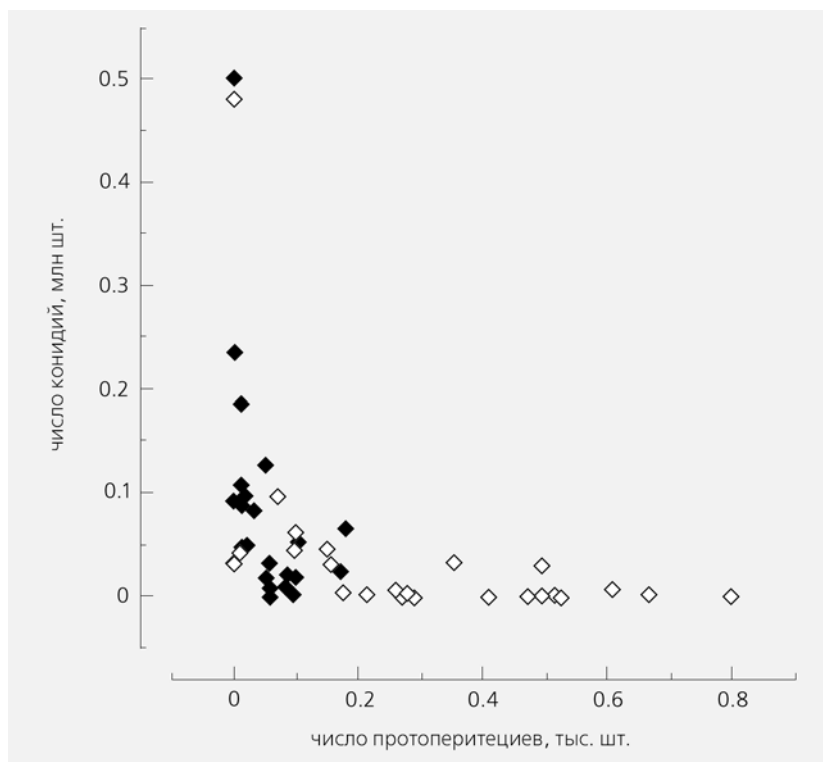
Замечено, что синий свет влияет на образование половых и вегетативных спор *N. crassa*, при этом крайне важен состав среды, на которой растет аскомицет. Мы выяснили, что при половом пути развития гриба на среде, из которой удален источник азота, освещение синим светом приводит к увеличению образования протоперитециев и одновременно с этим к уменьшению формирования конидий. При бесполом же спорогенезе в условиях голода по углероду синий свет, напротив, стимулирует образование конидий. Напомним, что их созревание сопровождается накоплением каротиноидных пигментов. Вместе с тем, регуляцию их биосинтеза можно наблюдать и на бо-

лее простой системе — фотокариотиногенезе в вегетативном мицелии, не сопровождающемся морфологическими изменениями.

Известно, что процессы развития и клеточной дифференцировки контролируются ферментативным метилированием азотистых оснований ДНК (в основном цитозина), для краткости обычно именуемым метилированием ДНК [4]. Надо сказать, что основными объектами для исследований в этой области ранее служили клетки млекопитающих и растений, однако для них мутации по ДНК-метилированию часто летальны. Оранжевой плесени и здесь нет равных: поскольку для нее метилирование ДНК не столь обязательный процесс и возможно получение жизнеспособных мутантов с его нарушением. Считается, что модификация хроматина (в состав ДНК входят еще и специфические белки — гистоны) и регуляция экспрессии генов тесно связаны не только с введением и удалением ацетильных остатков в гистоновых белках, но и с метилированием и деметилированием цитозина в ДНК. Несмотря на то, что геном

*N. crassa* метилирован слабо, содержание 5-метилцитозина у гриба варьирует по мере превращения прорастающей конидии в вегетативный мицелий, что говорит о наличии определенной связи между уровнем метилирования ДНК и генной экспрессией [5]. Возникновение RIP-мутаций у гриба также связывают с метилированием ДНК, но эти мутации вряд ли влияют на его выбор способа развития, так как происходят они только на ранних стадиях мейоза.

В качестве инструментов для оценки возможного участия метилирования ДНК в регуляции путей развития *N. crassa* были выбраны специфические ингибиторы этого процесса — 5-азациитидин и метотрексат. Встраивание в молекулу ДНК 5-азациитидина вместо цитидина делает ее недоступной для ферментов метилтрансфераз, и таким образом нарушается нормальный процесс метилирования остатков цитозина. Метотрексат проявляет ингибирующее действие на более широкий круг реакций метилирования, в частности на биосинтез пуринов и тимина. Помимо этого, обработка клеток 5-азациитидином может вызывать активацию так называемых



Образование конидий и протоперитециев после обработки мицелия гриба 5-азациитидином в темноте (темные символы) и после освещения [9].

мых молчащих генов, модификацию хроматина и ингибирование различных стадий транскрипции, что, возможно, происходит вследствие деметилирования ДНК.

Учитывая наши довольно ограниченные финансовые возможности и помня старый добрый принцип «голь на выдумки хитра», мы разработали достаточно простую схему эксперимента. Действие ингибиторов на светочувствительные этапы половой и бесполой споруляции *N.crasa* начали изучать на штаммах дикого типа, любезно предоставленных Грибным центром FGSC. После трех суток роста в темноте целлофановый диск с мицелием гриба перенесли на свежую безазотную среду, в которую предварительно добавляли 5-азациитидин. Спустя сутки одну часть содержащихся в темноте чашек Петри освещали в течение двух минут синим

светом (именно такой режим оптимален для запуска формирования протоперитециев на среде с дефицитом азота), а другую — использовали в качестве контроля (продолжали держать в темноте). Через двое суток под бинокулярным микроскопом при красном свете подсчитывали количество образовавшихся протоперитециев, а еще через два дня темновой инкубации культур с чашек смывали конидии и определяли их количество, для чего предварительно высеивали их на полноценную среду.

В условиях азотного голодания добавление 5-азациитидина в широком диапазоне концентраций (от 3 до 300 мкМ) приводило к ингибированию формирования протоперитециев и увеличению выхода конидий. Влияние синего света и ингибитора ДНК-метилирования на образование вегетативных спор было

очень сильным. Так, свет подавлял конидиогенез более чем в 100 раз, а обработка 5-азациитидином в этих условиях приводила к более чем 700-кратному возрастанию количества конидий по сравнению с контрольным мицелием. Таким образом, после обработки мицелия 5-азациитидином, как в темноте, так и после действия света, образование протоперитециев сопровождалось обратнопропорциональным уменьшением количества конидий.

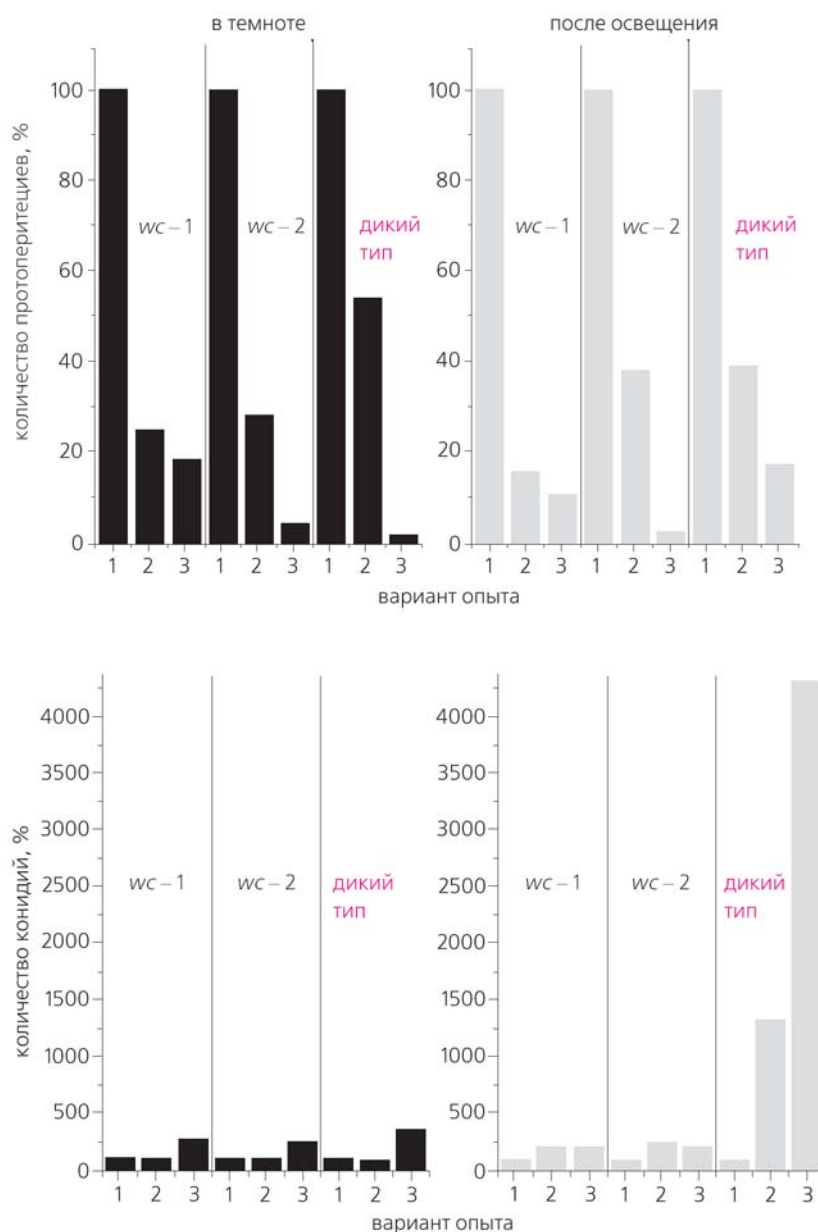
Накопление в клетках *N.crasa* каротиноидных пигментов — часть программы индивидуального развития этого организма. Образование каротиноидов, напомним, сопровождает процесс конидиогенеза и, хотя генетическое нарушение синтеза пигментов не препятствует формированию спор, их отсутствие у мутантов группы *albino* заметно снижает устойчивость конидий к действию ультрафиолета. Ингибиторы метилирования ДНК влияют на фотокаротиногенез гриба гораздо слабее, чем на образование репродуктивных структур [6]. Обработка мицелия *N.crasa* 5-азациитидином (3–30 мкМ) приводила к стимуляции фотокаротиногенеза, но не более чем на 30%, а дальнейшее повышение его концентрации тормозило не только этот процесс, но и рост клеток. Интересно, что метотрексат — антиметаболит фолиевой кислоты и ингибитор более широкого спектра действия — действовал практически так же.

Итак, в условиях азотного голодания метилирование ДНК становится одним из механизмов регуляции активности генома при формировании репродуктивных структур грибов. Его влияние затрагивает, по-видимому, ранние этапы выбора полового или бесполого пути развития *N. crassa* и в меньшей степени распространяется на контроль активности генов, экспрессия которых происходит на поздних стадиях дифференцировки. Принимая во внимание

низкую степень метилирования ДНК *N.crassa*, можно предположить, что лишь небольшая часть генома ответственна за выбор грибом полового или бесполого пути развития.

Ранее было установлено (в том числе и в нашей лаборатории), что у *N.crassa* синий свет влияет не только на образование аскоспор и конидий, но сказывается и на других функциях гриба [7]. Среди них — электрогенез клеточных мембран, положительный фототропизм перитециев и изменение их полярности, а также ингибирование или сдвиг циркадных (суточных) ритмов конидиогенеза. Выяснилось, что все эти разнообразные реакции оранжевой плесени на синий свет опосредованы действием генов *white collar-1* и *white collar-2*, а ядерный белок WC-1, кодируемый геном *wc-1*, представляет собой фоторецептор синего света у этого гриба, содержащий флавиновый хромофор, ФАД (флавинадениндинуклеотид) [8]. Открытие такого фоторецептора — одно из выдающихся достижений последнего времени, так как это пример принципиально новой биохимической функции коферментов в белках — фотосенсорной.

Поэтому мы решили проверить, не связана ли данная система и со светозависимым метилированием ДНК? Для этого описанный выше ингибиторный анализ был проведен на клетках *wc-1* FGSC и *wc-2* FGSC штаммов *N.crassa*. Мицелий этих мутантов всегда белый (в нем не происходит свойственный дикому типу синтез каротиноидов, хотя в конидиях биосинтез этих пигментов протекает без изменений). Оказалось, что эти штаммы — «слепые», иными словами, в отличие от клеток дикого типа, синий свет не вызывает у них увеличения образования протоперитециев и уменьшения формирования конидий. Поэтому можно предположить, что гены *wc-1*



**Влияние 5-азацитидина на образование протоперитециев (вверху) и конидий у разных штаммов *N.crassa* в условиях азотного голодания. Варианты опыта: 1 — контроль (без обработки ингибитором), принятый за 100%; 2 — в присутствии 30 мкМ 5-азацитидина; 3 — в присутствии 300 мкМ 5-азацитидина.**

и *wc-2* участвуют в регуляции образования репродуктивных структур, вызванного синим светом при росте *N.crassa* на среде без азота. Сравнительный анализ формирования протоперитециев в темноте и после кратковременного освещения

мицелия синим светом свидетельствует об усилении ингибирования процесса по мере увеличения концентрации 5-азацитидина в среде как для клеток дикого типа, так и для *wc*-мутантов. В противоположность этому при бесполом развитии по-

сле обработки этим же ингибитором лишь у *ws*-мутантов *N.crassa* в световом и темновом вариантах опыта и у дикого штамма, развивающегося в темноте, результаты оказались сходными. Вместе с тем, в освещенном синим светом диком штамме в тех же условиях происходило резкое увеличение образования конидий по сравнению с необработанными ингибитором клетками. Из этого следует, что гены *ws-1* и *ws-2* участвуют в процессе метилирования ДНК во время светозависимого конидиогенеза *N.crassa*.

Таким образом, впервые удалось установить существование связи светозависимых процессов дифференцировки с метилированием ДНК [9]. Это выражается в том, что свет и ингибитор 5-азациитидин оказывают прямо противоположное воздействие на образование репродуктивных структур *N.crassa*. Можно заключить, что механизм, диктующий окончательный выбор развития гриба (в условиях азотного голодания) по

половому либо по бесполому пути, чувствителен к синему свету и, судя по данным ингибиторного анализа, связан с метилированием ДНК. Можно предположить, что при высоком уровне метилирования ДНК на мицелии *N.crassa* образуются протоперитеции, а гипометилирование генома сдвигает баланс в пользу формирования конидий. Функционирование генов *ws-1* и *ws-2* связано со светозависимым образованием репродуктивных структур, причем при бесполом пути развития гриба в этом задействован процесс метилирования ДНК.

Полученные результаты также важны и для практики, поскольку открывают перспективу управления процессами развития грибов при помощи изменения состава среды, действия синего света и ингибиторов метилирования ДНК. Это особенно значимо для оптимизации процессов в биотехнологии, использующей грибы в качестве продуцентов биологически активных соединений.

В связи с этим стоит также упомянуть о новом применении ингибиторов метилирования ДНК с использованием клеток нейроспоры в качестве модели для тестирования их действия [10]. Американские ученые исследовали способность зебуларина (аналога цитидина) реактивировать молчащие гены гриба и это свойство ингибитора затем использовали при работе с опухолевыми клетками млекопитающих для реактивации генов-супрессоров. Известно, что эти гены в активном состоянии блокируют развитие многих раковых опухолей, поэтому если получится подобрать регулирующие их активность ингибиторы метилирования ДНК, то возможно, что в будущем это поможет в борьбе с этими заболеваниями. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 98-04-48328а, 01-04-468а и 02-04-08064.**

## Литература

1. Perkins A.D., Radford A., Sachs M.S. The Neurospora Compendium. Chromosomal Loci. San Diego, 2001.
2. Selker E.U., Tountas N.A., Cross S.H. et al. // Nature. 2003. V.422. №6934. P.893—897.
3. Galagan J.E., Calvo S.E., Borkovich K.A. et al. // Nature. 2003. V.422. №6934. P.859—868.
4. Ng H.-H., Bird A. // Current Opinion in Genetics and Development. 1999. V.9. №2. P.158—163.
5. Russel P.J., Rodland K.D., Rachlin E.M., McCloskey J.A. // J. Bacteriol. 1987. V.169. №6. P.2902—2905.
6. Крицкий М.С., Филиппович С.Ю., Афанасьева Т.П. и др. // ДАН. 2001. Т.378. №5. С.691—693.
7. Potapova T.V., Levina N.N., Belozerskaya T.A. et al. // Arch. Microbiol. 1984. V.137. №1. P.262—265.
8. He Q., Cheng P., Yang Y. et al. // Science. 2002. V.297. P.840—843.
9. Kritsky M.S., Russo V.E.A., Filippovich S.Yu. et al. // Photochem. Photobiol. 2002. V.75. №1. P.79—83.
10. Cheng J.C., Matsen C.B., Gonzales F.A. // J. Nat. Cancer Inst. 2003. V.95. №5. P.399—409.

# Мельничные плотины на реке моего детства

А.И.Рыжиков,

кандидат экономических наук,  
действительный член Русского географического общества  
г.Темников, Мордовия

Река моего детства находится на Орловщине и называется Орлик. В 1959 г. я научился фотографировать и снимал реку на протяжении многих лет. Так и получилась ее почти полувековая история, подтвержденная документальными фотографиями. Она не только типична для малых рек, но и достаточно поучительна.

В описании крупнейшей карты России XVII в., «Книге Большому Чертежу, что сделан... всему Московскому государству, городам, и полю, и рекам и всяким полевым именным урочищам», Орлик именовался Орлом. Но никакого отношения к гордой птице это название не имело. Слово «ор» ведет свое начало из тюркского языка и означает ров, русло, овраг, речка. Слово «ел» — ключ, родник — происходит из угрофинских языков (а если читать «ель», то лесной ручей, речка). До славян на Орловщине обитали мордовцы, которые называли речку Ел или Ель. Тюрки же, занявшие впоследствии эту территорию, стали называть ее Ор. Позже оба имени слились в одно — Орел.

Речка незначительная — длиной всего-то около 60 км, ширина и глубина, по образному выражению, «курице переи-

ти». Но дала название большому городу — Орел. На Руси было заведено именовать поселение в устье речки так же, как саму речку: Кострома, Воронеж, Липецк (от р.Липенки), Царицын (от р.Царицы). Но вернемся к нашему Орлику. Начиналась речка в болотах нынешнего Урицкого р-на, ее бассейн, несомненно, был когда-то покрыт лесами. В то время Орлик — довольно полноводный, как и все лесные речки Русской равнины. Но земледельцам понадобились свободные пространства, и постепенно леса уступали свое место пашням. С исчезновением леса начал мелеть Орлик. Положение улучшилось, когда на реке появились плотины водяных мельниц: Орловская, в центре нынешнего г.Орел, Стрелецкая, Телегинская, Звягинская, Солнцевская, Масловская. Возможно, были и другие, выше по течению, но я их не знаю.

Удивительно просты, дешевы и эффективны были деревянные и разборные плотины водяных мельниц. Их подъемные щиты-затворы поднимались, чтобы пропустить летние паводковые воды после сильных ливней. «Плечи» мельничной запруды в месте, где плотина примыкала к берегам, делались из хвороста и земляного грунта. Чтобы сделать такое сооружение, требовался всего десяток людей с ло-

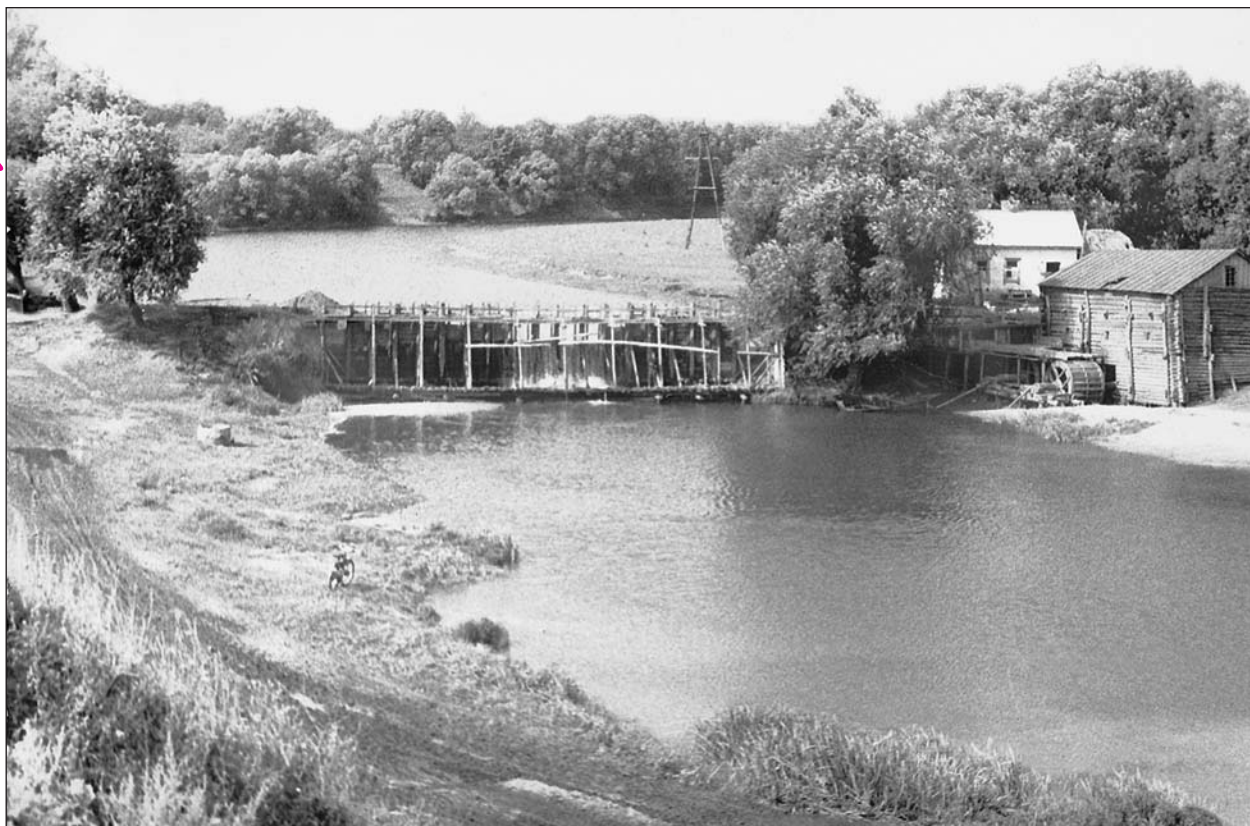
патами и четыре-пять лошадей с «телегами-самосвалами».

Эффект от мельничных запруд был значителен. Такое водохранилище поднимало воду в Орлике почти вровень с берегами русла. Песчаные аллювиальные грунты поймы пропитывались водой. В любое лето пойменные луга Орлика представляли собой зеленое буйство, среди которого мы, ребятишки, играли в прятки. Луга «заказывались» на все лето, т.е. там нельзя было пасти скот, их использовали только для сенокосения.

В среднем глубина запруды достигала 2 м, но были и более глубокие ямы (до 4—5 м). Плотва, окуни, голавли и другое рыбье население прекрасно себя чувствовали в таком водоеме. Весной и в начале лета мелководья хорошо прогревались и представляли собой прекрасные нерестилища.

До революции весной мельничные плотины разбирали, чтобы пропустить лед и талые весенние воды. Срыв плотины верхней по течению мельницы оказывался роковым для тех, что были расположены ниже — водяной вал сметал все на своем пути. Но не всегда виной такой катастрофы было быстрое снеготаяние, часто это была банальная конкуренция, желание нанести ущерб «нижнему» мельнику-соседу, и мельники сами





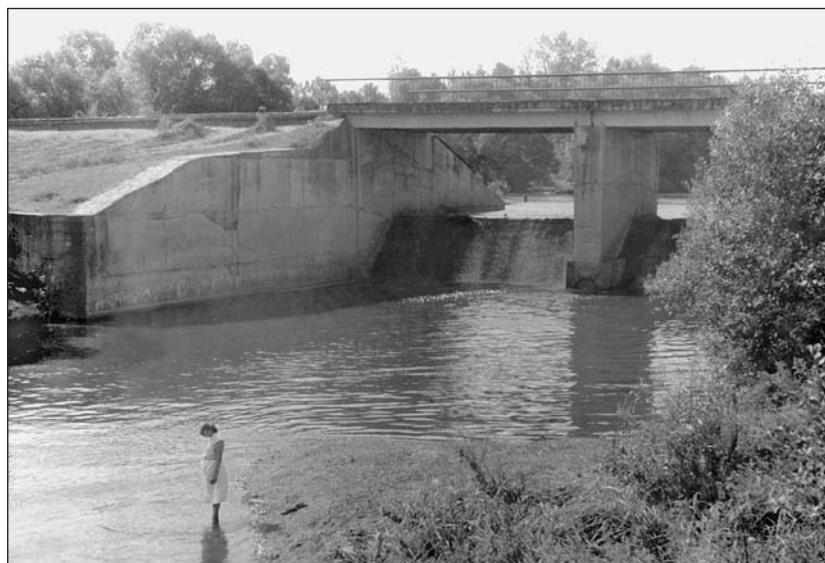
Телегинская мельница в 1960 г.

Здесь и далее фото автора



Речка Орлик в районе д.Образцово, в 1.5 км ниже по течению от Телегинской водяной мельницы. В 1960 г. можно было нырять и купать коней.

Орлик близ д.Образцово после того, как плотину Телегинской водяной мельницы перестали сооружать.



Постоянная плотина на месте Телегинской мельницы.



Орлик выше плотины на фотографии 2003 г.

(чаще всего ночью) разбирали свои плотины. И в первом, и во втором случае экологический эффект был одинаков — русло Орлика промывалось от всех наносов, которые накапливались на дне мельничного водохранилища в течение года. Чистое песчаное дно, чистые отмельные пляжи становились идеальными нерестилищами для рыбы.

Мощное половодье выносило все илистые наносы (прекрасное удобрение — смытый с полей гумус) на пойменные луга, и они получали великолепную подкормку. Последнее половодье, причиной которого, правда, было дружное весеннее снеготаяние, случилось на Орлике в 1971 г. — к этому времени мельниц на реке не осталось ни одной. Во времена же водяных мельниц такие половодья были не исключением из правил, а нормой и происходили ежегодно.

После весеннего паводка мельники стремились как можно быстрее восстанавливать мельничные запруды — каждый был заинтересован скорее начать свое мукомольное производство. Чем раньше заполнялись водохранилища, тем быстрее создавались благоприятные условия для нереста рыбы и ее становилось больше. Не страшна была весенняя засуха пойменным лугам. До революции кирпичная плотина (ее взорвали немцы в 1942 г.) была даже на притоке Орлика — р. Сухая Орлица. Я ее видел уже тощим ручейком, но старики говорили, что это была весьма солидная, богатая рыбой речка.

Революцию мельники сначала особенно и не почувствовали. Всем нужна была мука. Они и мололи зерно, в годы НЭПа став чуть ли не самыми богатыми крестьянами нашего края. Но в коллективизацию мельницы у них отобрали в пользу кол-

хозов, а поскольку других специалистов не было, оставили работать на бывшей собственности. Весьма мудрое решение на общем фоне «разрушения старого мира». (Своеобразная национализация, которая впоследствии в широких масштабах была проведена в Китае, где владельцы оставались директорами национализированных предприятий.)

И все же при социализме мельницы приходили в упадок — из-за неумелости чиновничьего руководства, из-за наступления технической революции, а, главное, из-за отсутствия зерна у частных. Первой закрылась мельница в черте Орла. Затем закрыли мельницу Стрелецкой слободы, а уже после войны все остальные, кроме Телегинской. Долгие годы она молола и колхозное зерно, и зерно колхозников, которые получали от 50 до 150 г на трудень (!).

В 50–60-е годы эта мельница кое-как поддерживала водный режим и долину реки на протяжении трехкилометрового участка русла от д. Телегино до д. Русский поселок, но, как правило, мельничную плотину восстанавливали, когда нерестовый период уже проходил. Поэтому рыбное население реки существенно изменилось и сократилось, ухудшилось и состояние пойменных лугов. В 1967 г. колхоз «Пробуждение» оказался не в состоянии построить плотину Телегинской мельницы. И сразу же Орлик по всей длине превратился в слабенький ручеек, а вода в нем — в мутную жижу с кислой реакцией, поскольку все болотные воды в верховьях Орлика сбрасывались в него. Исчезла рыба, захирели заливные пойменные луга, по ним пустили скот. Поредели луговые травы, начали исчезать прибрежные ивняки.

И тут кому-то в голову пришла мысль создать на Орлике постоянную бетонную плотину. Мне неизвестно, сколько она стоила, но, очевидно, немало. Плотина оказалась сравнительно низкой и не создавала нужного для увлажнения пойменных лугов уровня воды в водохранилище. Все, что сносилось с полей во время весенних и летних паводков, осаждалось на дне, постепенно заиливая водохранилище. В 2003 г. почти по всей ширине русла Орлика выше плотины появились заросли осоки. Там, где когда-то мы в детстве купали лошадей, сейчас «пешком» ходят утки. Ил заполнил даже самые глубокие ямы. По берегам появилась ольха, которой на Орлике никогда не было. Моя дочь еще могла побродить по мелководьям речки, а внучке так и не пришлось искупаться в реке моего детства.

Нельзя сказать, что проблемами малых рек не занимаются. Опубликованы солидные исследования [1, 2] по этому вопросу. Думается, чтобы восстановить малые реки Русской равнины, нужно вернуться к разборным плотинам, напоминающим плотины водяных мельниц. Эти гидротехнические сооружения проверены практикой на протяжении нескольких сотен лет. Затраты минимальны. Экологический эффект огромен. Важно также обеспечить нормальный режим их работы — весной разбирать и вовремя вновь собирать. В противном случае положительного эффекта не дожидаться.

И главное, на реке должна быть не одна плотина, а целый каскад, построенный с таким расчетом, чтобы следующая плотина возводилась в конце водохранилища нижней плотины. Так это было во времена водяных мельниц. ■

## Литература

1. Восстановление и охрана малых рек. Теория и практика. М., 1989.
2. Водогрецкий В.Е. Антропогенное изменение стока малых рек. Л., 1990.

---

# КОНРАД ЛОРЕНЦ — ОСНОВАТЕЛЬ ЭТОЛОГИИ

## К 100-летию со дня рождения



Конрад Лоренц. 7.XI.1903—27.II.1989.

В 2003 г. научный мир отмечал 100-летие со дня рождения основателя этологии Конрада Лоренца. В начале декабря в Мюнхене, где Лоренц многие годы читал в университете лекции по этологии, состоялся международный симпозиум, посвященный этому юбилею. Участники рассказывали о творческой биографии Лоренца и о его личности, но большинство докладов было связано с идеями ученого, которые продолжают разрабатываться и влияют на современные исследования. Особое внимание уделялось развитию лоренцовских представлений в сфере изучения человека, в таких областях, как биология человеческого поведения, культура, философия, психология, а также психиатрия и психотерапия. Спектр обсуждаемых на симпозиуме вопросов говорит о многогранности научных интересов и энциклопедичности знаний Лоренца.

Отмечая 100-летие отца этологии, хочется вспомнить, что его научная работа на русском языке впервые появилась на страницах нашего журнала в 1969 г. И в этом номере мы предлагаем читателю не только научно-биографический очерк Е.А.Гороховской, но и фрагмент из научно-философского трактата «Введение в сравнительное изучение поведения», написанного Лоренцом в советском плену (1944—1947). Согласно замыслу автора труд должен был стать вводной частью будущей большой книги. «Предмет этой книги... не зоопсихология, хотя в ней по большей части говорится о животных, а в сущности говоря сам человек!.. Путь к пониманию человека ведет прямо через понимание животного, так же, как путь к возникновению человека, без всякого сомнения, прошел через животное!» — так писал Лоренц.

# «Гусиный отец»

Е.А.Гороховская,

кандидат биологических наук

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

Конрад Лоренц, знаменитый австрийский зоолог, блестящий натуралист и создатель этологии (науки о поведении животных), широко известен как автор увлекательных книг о животных, — одна из самых ярких фигур в интеллектуальной истории XX в. Идеи его волновали умы не только естественников, но и философов, писателей, политиков и религиозных деятелей. Он приобрел множество горячих поклонников и не менее горячих противников.

Во второй половине 1930-х — начале 1940-х годов Лоренц заложил теоретический фундамент этологии, в центре внимания которой был анализ инстинктивного поведения животных. В создании теории важную роль сыграл и Николас Тинберген. В 1973 г. Нобелевская премия по медицине и физиологии за открытия, связанные с созданием и установлением моделей индивидуального и группового поведения животных, была присуждена К.Лоренцу, Н.Тинбергену и К.фон Фришу.

Лоренц, бросив вызов доминирующей в то время рефлекторной теории, предложил совершенно новую физиологическую гипотезу для объяснения

поведения животных. Благодаря такому подходу изучение видоспецифичного поведения животных в естественных условиях превратилось из преимущественно описательной области в быстро развивающуюся экспериментальную дисциплину. В этологию начался активный приток молодых исследователей, стремившихся совместить бескорыстную любовь к животным с занятием серьезной наукой.

С тех пор этология прошла большой путь от небольшой школы до науки с множеством специальных направлений. Современным этологам многие представления Лоренца кажутся устаревшими. Однако новая общая теория поведения пока не появилась.

Подробности научных и публицистических взглядов Лоренца и детали его жизни мало известны в нашей стране, чему есть исторические причины. Вплоть до середины 1960-х годов в СССР этология, в сущности, была под запретом и считалась «буржуазной лженаукой», а этология человека сохраняла этот статус вплоть до 1990-х годов. Научные работы Лоренца в нашей стране так и не были изданы, если не считать одной небольшой статьи, опубликованной в «Природе» в 1969 г., и книги «Оборотная сторона

зеркала», вышедшей совсем недавно. Знаменитая «Агрессия» появилась на русском языке только через 30 с лишним лет после ее выхода на Западе. Однако любители животных в нашей стране давно знают Лоренца как автора переведенных у нас в 1960—1970-е годы блестящих научно-популярных книг «Кольцо царя Соломона», «Человек находит друга» и «Год серого гуся».

Конрад Лоренц родился 7 ноября 1903 г. в Вене в семье преуспевающего врача-ортопеда А.Лоренца. С детских лет его отличала безмерная любовь к животным и стремление проводить с ними большую часть времени. Конрад был поздним, незапланированным ребенком, и, возможно, это объясняет поразительную терпимость домашних к его увлечению. Весь дом и сад в семейной усадьбе в деревушке Альтенберг, расположенной на берегу Дуная близ Вены, юный Лоренц наводнил разнообразной живностью, явное предпочтение отдавая птицам. Он мечтал стать зоологом. Но когда пришла пора выбирать свой жизненный путь, отец решил, что детскую возню с животными нужно бросить и, следуя семейной традиции, пойти учиться на врача, которым уже стал старший брат Конрада. Очень любивший и уважавший

отца, Лоренц подчинился требованию, но возню с животными не бросил. Напротив, еще во время учебы на медицинском факультете Венского университета занялся серьезным изучением поведения животных. В выборе спутницы жизни Конрад также пошел против воли отца — он женился на подруге детства Маргарите Гёбхардт, хотя отец предполагал для него совсем другую партию.

Начав изучать в университете под руководством профессора Фердинанда Хохштеттера сравнительную анатомию, Лоренц пришел к мысли о необходимости создать аналогичную дисциплину, посвященную сравнительному анализу поведения, и смело взялся за эту задачу. Хохштеттер его поддерживал и, когда Лоренц стал его ассистентом, предоставил ему полную свободу заниматься поведением животных. Хотя Лоренц получил степень доктора медицины, вся его профессиональная карьера была связана с зоологией. Окончив медицинский факультет, Лоренц продолжил свое образование и в 1933 г. получил докторскую степень теперь уже в области зоологии. Практической медициной ему пришлось заниматься только во время второй мировой войны.

С начала 1930-х годов Лоренц начал разрабатывать свою собственную теорию поведения. Наибольшее влияние на него оказал немецкий орнитолог, куратор отдела аквариумов Берлинского зоопарка Оскар Хайнрот, ближайшим учеником и другом которого он стал. Большое значение имели также идеи немецкого физиолога Якоба фон Иксюля, с которым Лоренц был лично знаком, американского орнитолога Уоллеса Крейга и известного австрийского психолога Карла Бюлера, в семинаре которого Лоренц долго занимался.

В 1935 г. увидела свет знаменитая статья «Компаньон в мире птицы», где уже присутство-

вали многие важнейшие понятия лоренцовской теории. С этой публикации и отсчитывают рождение «классической этологии». Вначале Лоренц пытался объяснять инстинкты с помощью рефлексов. Однако это вызывало у него массу затруднений, но альтернативного физиологического подхода пока не находилось. А в такой ситуации любой отход от теории рефлексов он считал уступкой витализму. В 1936 г. Лоренц познакомился с молодым немецким физиологом Эрихом фон Хольстом, который убедил его отказаться от рефлекторного объяснения инстинктов. Опираясь на результаты его исследований, Лоренц сформулировал физиологическую гипотезу, которая объясняла главные особенности инстинктивного поведения — спонтанность и целенаправленность. В том же году произошла встреча с Тинбергеном. Голландский зоолог с энтузиазмом воспринял идеи Лоренца. На следующий год они увиделись уже в Альтенберге, чтобы начать совместную экспериментальную работу. Как вспоминал Лоренц, их взгляды «совпали до неправдоподобной степени». Одним из итогов этого содружества стала единственная статья, написанная ими в соавторстве. Дискуссии с Тинбергеном помогли Лоренцу сформулировать окончательный вариант теории, который он представил в 1939 г.

Полностью изложить этологическую теорию нет возможности, поэтому напомним только ее некоторые положения, относящиеся к модели инстинктивного поведения. По Лоренцу, основу видоспецифичного поведения животных составляют врожденные «инстинктивные действия», или «наследственные координации» — движения, имеющие постоянную генетически закрепленную форму. Получивший широкое распространение английский вариант этого термина — *fixed action patterns* —

следовало бы перевести на русский как «фиксированные формы действия». Существование таких движений Лоренц связывал с постоянной автоматической генерацией в центральной нервной системе ритмически организованных нервных импульсов. Однако поступление этих импульсов к мышцам блокируется, пока не срабатывает особый нейросенсорный механизм — врожденный пусковой механизм — в ответ на особые ключевые стимулы, характеризующие объекты, на которые должны быть направлены инстинктивные движения. Но для их осуществления недостаточно наличия ключевых стимулов: необходим определенный уровень внутренней физиологической мотивации. Когда он достигнут, у животного включается активность, направленная на поиск ключевых стимулов, которая может включать ориентировочные реакции, условные рефлексы или даже интеллектуальное поведение. Завершается все инстинктивным действием.

Лоренц ввел еще одно важное представление об импринтинге — способности животных на ранних стадиях развития почти необратимо запечатлеть в памяти в подробностях облик объекта некоторых инстинктивных реакций. Например, гуси и утки сразу после появления на свет запоминают облик своих родителей, за которыми будут неотступно следовать. Но если первым движущимся объектом, который они увидят, будет человек, они будут в дальнейшем следовать только за ним.

Все это время дом в Альтенберге оставался исследовательской базой Лоренца. С 1935 г., после прихода к власти реакционных клерикалов, отрицательно относившихся к эволюционной биологии, он потерял оплачиваемую работу: числился в Венском университете приват-доцентом и бесплатно читал лекции по поведению живот-



Общий вид Института физиологии поведения в Зевизене близ Штарнберга, Германия.



Лоренц в своем кабинете в Институте физиологии поведения в Зевизене вместе с сотрудниками Германом Кахером и Вольфгангом Виклером перед огромным аквариумом с рыбами, предметом его постоянных наблюдений. 1959 г.

ных. Сводить концы с концами удавалось только благодаря помощи отца и тем деньгам, которые зарабатывала его жена (врач-акушер), беззаветно верившая в талант и призвание мужа. В 1936 г. Лоренц принял активное участие в организации Немецкого зоопсихологического общества, издававшего свой зоопсихологический журнал,

который после войны стал одним из главных этологических журналов.

Отвращение, которое питал Лоренц к установившемуся в Австрии режиму, во многом объясняет его отношение к Аншлюссу (присоединению Австрии к Германии в 1938 г.). Он, как и большинство австрийцев, приветствовал Аншлюс. Тогда профес-

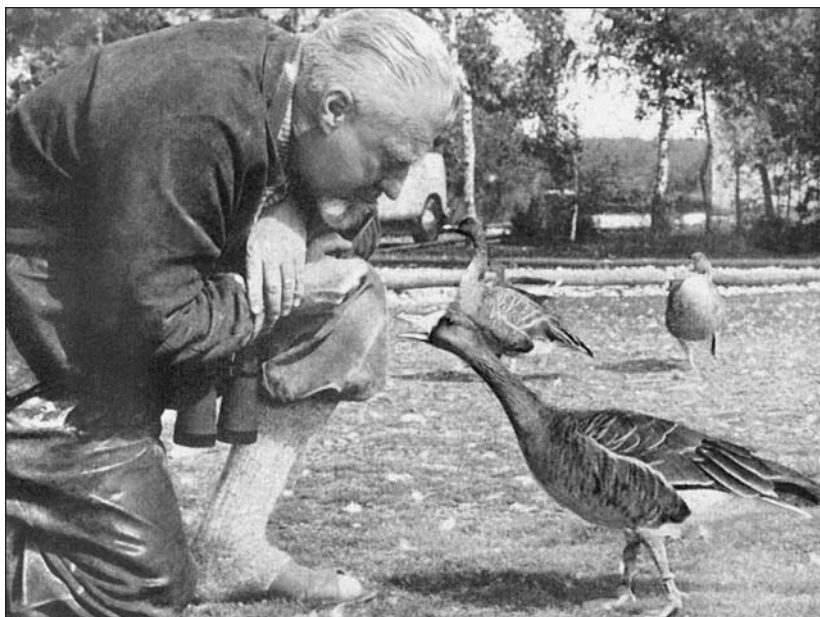
сиональное положение Лоренца улучшилось. Немецкое научное Общество кайзера Вильгельма согласилось организовать для него специальный исследовательский институт в Альгенберге. Помешала этим планам разразившаяся война.

В 1940 г. Лоренц занял престижную должность главы кафедры психологии в Кенигсберге-

ском университете. Назначение зоолога на этот пост вызвало у многих в университете настоящий шок, особенно когда новый заведующий у себя в кабинете установил аквариумы с рыбками (он изучал их поведение вместе со своим аспирантом, будущим известным этологом Паулем Леихаузеном).

Преподаватели кафедр философии и психологии в обязательном порядке были членами Кантовского общества. Активное участие в заседаниях этого общества послужило мощным импульсом интереса Лоренца к философии знания. В 1941 г. в немецком философском журнале появилась большая статья Лоренца «Учение Канта об априорном в свете современной биологии», в которой он изложил свою «эволюционную теорию знания». Ее кредо состоит в том, что особенности человеческого познания и, следовательно, самого знания определяются спецификой познавательного аппарата (нервной системы, органов чувств и поведения), который сформировался в ходе приспособительной биологической эволюции. Отсюда анализ нашего познавательного аппарата и исследование его функционирования обязательны для построения философии знания. С точки зрения Лоренца, априорное у Канта есть проявление свойств этого аппарата как итога эволюции. Статья не вызвала отклика у профессиональных философов, но автор был вознагражден, получив весьма одобрительный отзыв на нее от знаменитого физика Макса Планка. Сегодня Лоренца считают одним из основателей эволюционной эпистемологии (теории познания), активно развивающейся в настоящее время.

В конце 1930-х — начале 1940-х годов в творчестве Лоренца появилась еще одна тема, интересовавшая его всю жизнь, — судьба западной цивилизации. Однако начало было не слишком удачным. Мысли об



Конрад Лоренц со своими любимцами серыми гусями, Зевизен.



Дом в Зевизене, в котором Лоренц жил с семьей и работал с 1954 по 1973 г.

опасностях, которые ей угрожают, побудили Лоренца опубликовать ряд статей, в которых было написано немало такого, о чем ему позже пришлось горько сожалеть. Он думал, что жизнь в больших городах ведет к деградации человеческой природы, обусловленной явлением, которое он назвал domestikацией (или самодомestikацией) человека. Под ней он понимал изменения в поведении человека, по своему характеру сходные

с изменениями, которые возникают у животных при их одомашнивании. В результате domestikации многие сложные врожденные формы поведения могут исчезать, а другие, чаще всего более примитивные врожденные формы, напротив, гипертрофироваться. Лоренц считал необходимым принять специальные меры, чтобы помешать этому и элиминировать деградировавшие нежелательные элементы.



Надо сказать, что в первую треть XX в. была очень популярна евгеника и сходные взгляды высказывали тогда многие биологи в разных странах. Позже Лоренц утверждал, что под элиминацией он не имел в виду никаких репрессий и тем более убийств. Но, конечно, писать подобные вещи при Гитлере было крайне недопустимо. Лоренц также уверял, что о всех злодеяниях нацистов он узнал только в 1943 г., уже после того, как все это было написано. Такое невежество может показаться неправдоподобным, однако он разделял его со многими своими соотечественниками. Как показывает история XX в., подобный социально-психологический феномен чрезвычайно характерен для тоталитарного государства, и не только для гитлеровской Германии.

В статьях того периода Лоренц не только обсуждает беды цивилизованного человечества, но и пытается сформулировать основы этиологии человека в целом. Наиболее полно его концепция этиологии человека представлена в статье «Врожденные формы возможного опыта» (он писал ее в 1942 г., находясь на службе в армии, а вышла она в 1943 г.). В ней он анализирует с этологической точки зрения антропогенез, рассматривая доместикацию уже не только в отрицательном, но и в положительном ключе как необходимое условие возникновения человека, его свободы и дальнейшей историко-культурной эволюции. Лоренц описывает здесь и врожденные компоненты человеческого поведения, прежде всего, связанные с восприятием, в частности, ставшую широко известной «схему ребенка» — комплекс признаков, характеризующих внешность малыша, который вызывает у взрослых покровительственное поведение.

С началом войны Лоренц параллельно с научной и преподавательской деятельностью занимался на курсах полевой хирур-

гии. Его забрали в армию в октябре 1941 г. Считая свою медицинскую квалификацию недостаточной, Лоренц при призыве среди «особых умений» указал вожделение мотоцикла. Дело в том, что в юности мотоциклы были для него большим увлечением, он даже испытывал их для известной британской фирмы. В 1930 г., работая в Венском университете, Лоренц разъезжал по городу на рычащем мотоцикле, что было весьма необычным зрелищем. Как вспоминают знавшие его тогда люди, внешность Лоренца была поэтому известна всему городу. На фронте он сначала попал в мотоциклетный дивизион. Инструктор, увидев с изумлением, как почти сорокалетний профессор выделывает на мощной машине лихие трюки, тут же назначил его своим помощником. Но все же этот род войск не был подходящим для Лоренца, и друзья вскоре устроили его в отдел военной психологии, который в мае 1942 г. расформировали. После этого Лоренц служил в качестве врача-невролога в резервном госпитале в г. Познань (Польша). Оттуда в апреле 1944 г. его отправили на русский фронт под Витебск, где около двух месяцев был хирургом в полевом госпитале.

В последних числах июня 1944 г. во время спешного отступления немцев Лоренц попал в плен, в котором провел примерно три с половиной года. За это время он сменил несколько лагерей и везде выполнял обязанности врача. Но этим его деятельность не ограничивалась. По его собственному выражению, для своих товарищей по плену он выступал в роли медика, отца-исповедника и клоуна, причем последнее было не менее важно. Он регулярно устраивал вечера самодеятельности, даже поставил первую часть «Фауста» Гёте (это единственная книга, которая у него с собой была), а заинтересованным слушателям прочел в лагере целый курс лекций по

поведению животных и человека. Он научился бегло говорить по-русски и легко устанавливал дружеские отношения. Дольше всего Лоренц пробыл в двух лагерях. Около года находился в спецгоспитале для военнопленных под Кировом. Там он вел отделение на 600 коек, где лежали пациенты, страдавшие от «полевого неврита», вызванного стрессом, холодом и недостатком витамина С. Советские врачи в госпитале не смогли разобраться, от какого заболевания погибали больные. Лоренц правильно поставил диагноз, назначил простое и доступное лечение (большие дозы аскорбинки, покой и тепло), чем спас жизнь многих людей.

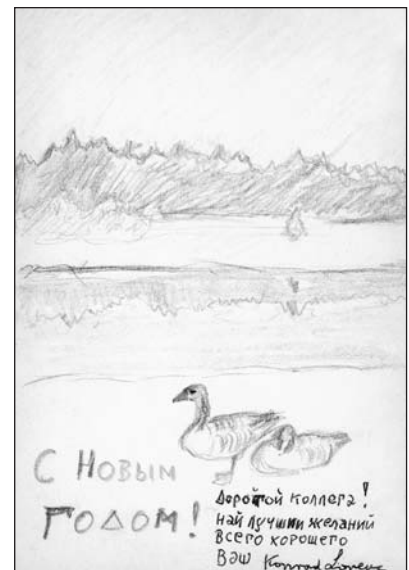
Около полутора лет Лоренц провел в лагере под Ереваном. В Армении у него было достаточно свободного времени. Он даже сумел вырастить двух ручных птиц — жаворонка и скворца, благодаря которому приобрел славу волшебника: скворец однажды присоединился к пролетающей мимо стае сообразьев, а Лоренц вернул его свистом. Но большую часть своего досуга он посвятил написанию обширного научного труда (писал марганцовкой, реже чернилами, на кусках бумажных мешков изпод цемента). Согласно замыслу, этот труд должен был охватывать этологию животных и человека, причем конечной целью был именно человек. Этология животных рассматривалась как необходимое условие для понимания поведения человека. Лоренц успел написать только вводную часть, где большое место отводил философии знания. Когда подошел срок его репатриации, он обратился с просьбой взять рукопись с собой. Ему пошли навстречу и перевели в привилегированный лагерь в Красногорск под Москву. Там он перепечатал свой текст на машинке (объем рукописи составил свыше 200 страниц через один интервал), после чего его отправили цензору. Трудно сказать, сколько бы еще

времени дожидался Лоренц ответа цензора, но начальник красногорского лагеря принял неординарное решение. Под свою ответственность он позволил Лоренцу увезти на родину рукописный вариант, взяв с него честное слово, что в рукописи нет никакой политики, а только наука. Лоренц был потрясен таким доверием и в письме к своему другу О.Кёнигу отмечал «неслыханно великодушную поддержку советских властей» в отношении его рукописи. После возвращения из плена Лоренц хотел доработать и опубликовать свой труд, но потом передумал и использовал его во многих последующих работах.

Машинописный вариант остался в СССР, и в 1990 г. его обнаружили в Центральном государственном архиве СССР отечественные зоологи В.Е.Соколов и Л.М.Баскин (об этом была их публикация в «Природе»). Приступив к изучению этой рукописи, которая хранится теперь в Российском государственном военном архиве, я решила сравнить машинописный вариант с увезенным Лоренцом рукописным вариантом, который опубликовали уже после его смерти. В результате я сделала неожиданное открытие: оказалось, что машинописный вариант весьма заметно отличается от рукописного, по существу это другая версия\*.

В Австрию Лоренц вернулся в феврале 1948 г. Как вспоминала его дочь Агнес, он привез из плена небольшой багаж: рукопись, двух ручных выращенных им птиц, деревянную статуэтку утки, вырезанную им в подарок жене, самодельную трубку из кукурузного початка, жестяную ложку и необходимые туалет-

\* По сравнению с опубликованным в Германии рукописным вариантом целые куски в нашем машинописном тексте заменены. При перепечатке внесено много добавлений и почти везде имеется редакционная правка и существенно изменены формулировки. (Гороховская Е.А. // ВИАТ. 2002. №3. С.529—559.)



Новогодние поздравления, присланные К.Лоренцом своему коллеге и другу известному отечественному физиологу Л.В.Крушинскому, исследователю поведения и интеллекта животных. Справа — рисунок Лоренца.

ные принадлежности. На родине получить серьезную должность не удалось, пришлось задуматься об эмиграции. В конце концов, его друг Эрих фон Хольст сумел организовать для Лоренца в Германии небольшой исследовательский центр, который разместился на территории замка Бульдерн близ Мюнстера, куда Лоренц переехал в 1950 г. А через четыре года было принято решение о строительстве в местечке Зевинзе недалеко от города Штарнберг для фон Хольста и Лоренца большого научного института по изучению поведения, который фактически стал международным центром этологических исследований. Сначала Лоренц руководил отделом, а после смерти фон Хольста в 1962 г. — всем институтом.

После войны началось стремительное развитие этологии, в разных странах ширился круг ее приверженцев, в том числе и в СССР, несмотря на общую негативную позицию официальной науки. Среди немногих сторонников идей, развиваемых Лоренцом, был известный

физиолог, изучающий поведение животных, Л.В.Крушинский. Он многое сделал для того, чтобы познакомить отечественных ученых с работами Лоренца; с 1961 г. у них завязалась многолетняя переписка.

Идеи Лоренца получили широкую популярность, но одновременно стали объектом критики даже среди его последователей. Особенно резкой она была со стороны американских сравнительных психологов (бихевиористской ориентации), которые придерживались принципиально иных теоретических установок. Эта критика послужила стимулом для серьезной ревизии этологической теории, начавшейся с середины 1950-х годов. Лоренц опять же сыграл в преобразовании этологии ведущую роль. Итогом этой работы стала его книга «Эволюция и модификация поведения» (1965).

Центральный момент этой модернизации касался представлений о врожденном и приобретенном поведении. Если раньше в этологии само поведение подразделяли на такие кате-

гории, то теперь понятия «врожденное» и «приобретенное» применялись к отдельным свойствам любого поведения. При этом фиксированные формы действия рассматривались не как полностью врожденные, а как наименее пластичные компоненты поведения, менее всего подверженные изменениям под влиянием опыта и обучения. Лоренц ввел также представление о врожденных видоспецифичных основах обучения, определяющих, прежде всего, его адаптивность, а также предрасположенность и ограничения.

С конца 1950-х годов Лоренц обратился к анализу агрессивного поведения, что, несомненно, было связано с пережитыми им событиями второй мировой войны. В 1963 г. появилось немецкое издание книги «Так называемое зло: К естественной истории агрессии», а в 1966 г. — ее английское издание, с коротким названием «Об агрессии». На русском языке «Агрессия (так называемое “зло”» вышла лишь в 1994 г. Хотя большая часть книги рассказывает о животных и только последние главы посвящены человеку, именно человек — по сути, главный герой повествования. Обращенная к широкой публике, несущая сильный публицистический заряд и блестяще написанная, книга произвела эффект разорвавшейся бомбы. Она появилась, когда этология человека была еще в пеленках, и Лоренц позволил себе высказать непроверенные гипотезы, оправдывая их актуальностью проблемы. На «Агрессию» обрушился шквал критики со стороны специалистов, особенно психологов. Самые большие возражения вызывали утверждения, что агрессивное поведение человека, как и у животных, имеет врожденные основы и автономную внутреннюю мотивацию. Очень многие считали это поведение целиком результатом обучения и были убеждены в возможности его полного искоренения. Споры вокруг этой книги про-

должались долгие годы, и до сих пор к ней не пропал интерес читателей из-за ее способности побуждать к серьезным размышлениям.

Когда Лоренц узнал о присуждении ему Нобелевской премии, его первой мыслью было то, что это камень в огород американских сравнительных психологов, его главных научных противников, а вторая — об отце. Он пожалел, что его нет в живых, и представил, как тот говорит: «Невероятно! Этот мальчишка получает Нобелевскую премию за дурачества с птицами и рыбами».

В 1973 г. Лоренц ушел в отставку с поста директора института в Зевизене и вернулся в Австрию. Там он возглавил специально созданный для него Этологический институт социологии животных. Он снова жил в своем доме в Альтенберге.

Последний период жизни Лоренца, 1970—1980-е годы, был по-прежнему насыщен высокой творческой активностью. В 1978 г. вышел объемный труд «Сравнительное изучение поведения: Основы этологии» — самая поздняя версия его этологической теории. Однако тогда размышления Лоренца, пожалуй, в большей степени сосредоточились на гуманитарной области. Его, как и раньше, волновали проблемы человеческой цивилизации, и он по-прежнему видел угрозу самому ее существованию. Правда, теперь он уже почти не обращался к своей концепции доместикации и не придавал сколько-нибудь серьезного значения возможности генетической деградации. Учитывая скорость, с которой развивались тревожащие его негативные социальные явления, Лоренц считал ответственной за них современную западную культуру, ориентированную на технику и анонимное массовое общество, но надеялся, что этология способна помочь преодолеть эти опасности. Этой теме он посвятил свои поздние книги: в 1973 г. — «Восемь смертных

грехов цивилизованного человечества», а в 1983 г. — «Упадок человеческого».

Дальнейшей разработке своей эволюционной теории знания Лоренц посвятил книгу «Оборотная сторона зеркала»\* (1973). Когда Лоренц вернулся в Австрию, вокруг него образовался тесный круг единомышленников, биологов и философов, приверженцев эволюционной эпистемологии. Его друг, американский психолог и философ Дональд Кэмпбелл, автор самого термина «эволюционная эпистемология», привлек внимание к философским работам Лоренца знаменитого философа Карла Поппера. Интересно, что с Поппером Лоренц дружил в детстве в Альтенберге, но потом их пути разошлись. В 1983 г. они снова встретились в доме Лоренца в Альтенберге (позднее их беседа была опубликована).

Лоренц умер 27 февраля 1989 г. в Вене. Свою последнюю книгу, опубликованную в 1988 г., «Я здесь, где ты: Этология серых гусей», он посвятил любимому животному. Лоренц даже получил прозвище «гусиный отец». Многим известны его фотографии, на которых за ним, по суше или по воде, следует выводок гусят, для которых он благодаря импринтингу был, скорее, матерью, чем отцом. Лоренц умел дружить и с людьми, и с животными.

Это был парадоксальный мыслитель, непримиримый противник идеализма и витализма. Однако свою этологическую теорию он разрабатывал под сильнейшим влиянием виталистов Я.фон Икскуля и психолога У.Мак-Дугала. В свое время это дало некоторым повод обвинять его в витализме. Но он создал теорию, которая объясняла поведение животных без обращения к их психике, и теперь его нередко критикуют за механистический подход к жи-

\* Интересно, что это название в свое время было предложено Циммером, товарищем Лоренца по плену в Ереване.

вотным. При этом Лоренц всегда питал глубокий интерес к внутреннему миру животных, что особенно хорошо заметно по его книгам, обращенным к широкому читателю. И, конечно, было немало тех, кто ругал его за антропоморфизм. Да, Ло-

ренц боролся с идеализмом и все особенности живого, казалось, был готов объяснить естественным отбором. И все же он заявлял о существовании в живой природе красоты, которая не связана с пользой для выживания организмов. Он был убеж-

ден, что все живое изначально обладает творческими способностями и стремлением к гармонии и красоте. Я думаю, что идеи Лоренца рано сдавать в архив, и они еще долго будут предметом серьезного интереса и горячих споров. ■

## Что такое сравнительная этология?\*

К.Лоренц

<...> При сравнительно-филогенетическом анализе поведения животных и человека мы столкнулись со сложнейшей системой врожденных видоспецифичных форм поведения, или, говоря языком физиологии, безусловных рефлексов и эндогенных автоматизмов. Они представляют собой характерный для вида опорный скелет человеческого поведения в целом и социального поведения в частности. Вместе со всеми другими жесткими структурами организмов они выполняют двоякую функцию: с одной стороны, *служат опорой*, а с другой — *лишают их пластичности*. Как все опорные органы, они обеспечивают выживание вида и могут приспосабливаться к изменившимся условиям окружающей среды лишь с медленной скоростью, с которой обычно изменяются виды (т.е. за гео-

логическое время для самых маленьких приспособлений). Подобно органам, эти видоспецифичные нормы поведения меняются от особи к особи только внутри узко ограниченных видовых пределов изменчивости. Понимание такого основополагающего свойства врожденных форм поведения помогает правильно оценивать результаты особых генетических процессов, которые мы обычно называем *доместикацией*. Обусловленные доместикацией изменения, прежде всего *выпадение* врожденных норм реакций, с одной стороны, обеспечивают появление в филогенезе беспримерных степеней свободы поведения, настолько основополагающих для человечества, что понятие «неодомашненных», в генетическом смысле слова «диких» людей — противоречие в определении! С другой стороны, существуют и обусловленные доместикацией <...> мутационные выпадения, а именно уменьшение или же гипертрофическое увеличение некоторых инстинктивных действий. Они возникают по совер-

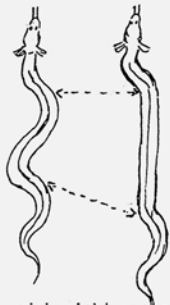
шенно сходным причинам, но со свойственной всем мутациям слепотой превращаются в тяжелые и враждебные для жизни нарушения, в настоящие «летальные факторы» <...>, поскольку разрушают функциональную гармонию норм поведения, которые необходимы как опорные структурные элементы социального поведения в современном культурном обществе.

Но <...> жесткость врожденных форм поведения человека может также, независимо от обусловленных доместикацией, «ненормальных» изменений, т.е. при наличии всех свойственных виду типичных норм реакций, вызывать серьезные нарушения социального поведения и существенные помехи в развитии человеческого общества. Организация человеческого общества безмерно изменилась и усложнилась за историческое время, мгновенное в сравнении с геологической историей, а развитие врожденных форм поведения, приспособление социальных «инстинктов» к новым условиям за это время, разумеется, было невозможно. При этом, ес-

\* Вводная глава машинописной версии трактата «Введение в сравнительное изучение поведения» (известное также под названием «Русская рукопись», хранится в Российском государственном военном архиве: Ф.4П. Оп.24А. Д.36. Л.6—12).

© Лоренц К., 2004

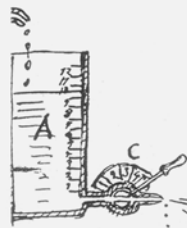
die ersten Ergebnisse von HOLTZE erwiesen schlagend die Vollständigkeit dieser Annahme. Das vollständig vom Körper freipreparierte biologische Kochsalzlösung aufgehängte Bauchmark des Regenwurms unveränderter Weise aufeinanderfolgende Impulse der Kriechbewegung sich auf elektrischem Wege nachweisen läßt. Eine gleichartige auch dem Rückenmark der Fische zu. Durchtrennt man einen Aal, gars, oder einen Lippfisch, Labrus, in Urethan-Narkose das v in Höhe des Austritts des zehnten Hirnnerven und sorgt für die des Präparates, so beginnt nach Überwindung des Operations-Selbst überlassene Rückenmark die motorischen Impulse zu den koordinierten Schwimmbewegungen des intakten Fisches auszusenden. Ordination dieser Bewegungen ändert sich auch dann nichts, wenn afferenten, d. h. von der Peripherie zum Zentrum leitenden Nerven durchtrennt und damit jede Möglichkeit zu einem Ablauf von solchen Vorgängen mit Sicherheit ausschaltet. Der Aal schlängelt sich der Weise und der Lippfisch zeigt unverändert dieselbe Formation des Flossenschlages, wie in intaktem Zustande. Grobansatz völlige Fehlen jeglicher Beteiligung von Kettenreflexen an dem Ablauf dieser Bewegungen ist folgender Versuch: Dem in der beschriebenen Weise gestellten Rückenmarkspräparat eines Aales werden im Bereich des vorderen Körperabschnittes nicht nur die sensorischen, sondern auch die motorischen Wurzeln der Rückenmarksdurchtrennt, sodaß die Muskulatur dieser Region und stillgelegt ist. Die am Vorderende beginnende Welle der Schlängelbewegung verläuft nun wie ein Eisenbahnzug in einem Tunnel, bis zum hinteren Ende wieder zu erscheinen. Durch dies ist bündig erwiesen, daß es nicht die Kontinuität der Muskelsegmente ist, die die Bewegung auslöst.



Von großer Wichtigkeit für das Verständnis hier in Rede stehenden Reizvorgänge Tatsache: In Gegensatz zum intakten Organismus das isolierte Bauchmark des Regenwurms und das isolierte Rückenmarkspräparat von Aal buchstäblich ununterbrochen nur überhaupt überlebt. Der endogene Automatismus seine Impulse ohne Unterbrechung auszusenden der Bewegung am intakten Organismus setzt die Unterbrechung der Reizproduktion, sondern Lagerung derselben durch eine Hemmung, die von Übergeordnetem ausgeht wird.

Das ununterbrochene Weiterlaufen der endogenen Automatismus sich aber auch während jener Zeiträume nachweisen, während de

wegungsweise wird sie wieder emporgetrieben. Diese Tatsache Vorstellung von so erstaunlicher mechanistischer Simplizität immer wieder erstaunt sind, wie wenige und wie einfache wir benötigen, um sie mit allen bekannten Tatsachen in Einklang zu bringen. Man muß nämlich auf Grund der beschriebenen Tatsachen und daß irgend eine Form von reaktions-spezifischer Erregung die Ursache der Bewegung ist, die durch den Ablauf wieder verbracht wird. Wir wollen diese Vorstellung veranschaulichen, die tatsächlich allen Wesen des Gesamtvorganges gerecht wird und besonders die Notwendigkeit der doppelten Quantifizierung von Reizwirkung und Antwort gut verständlich macht. Wir werden später sehen, was zwanglos sich auch komplizierende Sondergesetzmäßigkeiten Phänomene, z. B. die theoretisch so ungenau wichtige "Resonanz" aber auch viele andere in diesem Gleichnis eibauen lassen dafür spricht, daß es eben weit mehr als nur gleich der untersuchten Vorgänge trifft!



Nehmen wir an, in das Gefäß A tropfenweise ein konstantes Flüssigkeitsvolumen eintritt. Dieser Zufluss stellt die fortlaufende aktions-spezifische Energie dar, die durch den Mechanismus, das angegebene Symbolisiert rechts unter C, der durch verschieden stark wirksamen Reiz verschieden weit geöffnet wird durch das Abfließen der angesammelten Erregung in Form des Ablaufes der Bewegungsfolge gestattet. Die selbst veranschaulicht der hervorstechend, ihre Intensität wird durch die Höhe des Strahles symbolisiert und durch die Skala D abgelesen. Dieses Modell vermittelt die Vorstellung davon, in welcher Weise jedes einzelnen konkreten Ablaufes von Reizvorgängen abhängig ist: Die Spitze der Kurve an der Skala D ablesen, wird durch den Flüssigkeitsstand und durch den Öffnungsgrad des Hahnes C bestimmt, der jeweiligen Stand der inneren Reaktions-Bereitschaft und von auslösenden Reizen. Was wir nun annehmen können, ist nur, welche Reize einwirken und die Reaktion im Einzelfall ausfällt. In die Sprache unserer Wissenschaft übersetzt: Bei der Untersuchung der Wirksamkeit eines Reizes wissen wir zunächst nicht, wie weit wir den Hahn C öffnen müssen, um zu wissen, wie hoch die Flüssigkeit in dem Behälter

Рисунки из машинописной версии книги (в первом экземпляре рукописи их всего восемь, а во втором экземпляре только один, под номером 7). Слева (рис.6) — фазы движения угря, справа (рис.7) — схема инстинктивного акта.

тественно, возникает расхождение между видоспецифичными нормами реакций и требованиями, предъявляемыми к индивиду высокоуровневым обществом, т.е. к конфликту между древними, приспособленными к доисторической структуре общества «инстинктивными» наклонностями и нормами, которые диктует культура. Целый ряд видоспецифичных реакций, «инстинктов», как обычно говорили раньше, за время быстрого развития человеческого общества полностью утратили свою изначальную функцию, обеспечивающую выживание вида. Они превратились в бесполезные для этого вида вещи, доставшиеся по наследству, в сравнительно-филогенетическом смысле в рудименты. Но такие формы поведения, лишённые целесообразности, проявляют упрямую неистребимость и животную неисправимость, которые отличают все врожденные

нормы реакций. Они неуклонно принуждают людей к поведению, не только бесполезному для выживания вида, но и враждебному по отношению к жизни и обществу. По этой причине наивный религиозный человек воображает, что в побуждениях, исходящих от его собственных «рудиментов инстинктов», он слышит наущение внутренней нечистой силы. А глубинной психологии это даёт повод говорить об особом регрессивном «влечении к смерти», по своему значению противоположном творческому принципу платонического эроса. Мы покажем, что такие инстинкты, потерявшие свою функцию, могут возводить трудно преодолимые препятствия для прогрессивного развития общественного устройства, соответствующего современным потребностям, а при известных условиях даже представлять собой непосредственную угрозу. Преодолеть эти пре-

пятствия и справиться с опасностями можно, лишь исследовав их причины.

Утверждая это, мы ни в коем случае не биологизируем поведение человека и не посягаем на его особые специфические закономерности. Мы только утверждаем, что социология как индуктивно развивающаяся наука должна учитывать обнаруженные нами бесспорно реальные процессы. Мы также считаем их особенно важными в практическом отношении. И как раз потому, что рассматриваемые нарушения и ошибки социального поведения обусловлены окружающей средой, подобно почти всем другим функциональным нарушениям человеческой общественной жизни, исследуемым научной социологией, нельзя ожидать, что с устранением определенных дефектов сегодняшнего общественного устройства они сами собой исчезнут! Напротив,

наверняка потребуются особые средства по борьбе с ними! Как справиться с этими проблемами, это уже особая задача специальной социологии. Наша же задача состоит только в том, чтобы <...> *обратить ее внимание* на некоторые, отчасти граничащие с патологическим, процессы, происходящие в глубинных пластах человеческой психики, ознакомить ее с конкретными фактами, лежащими в основе наших представлений, и, исследуя причины таких явлений, создать основу для борьбы с определенными нарушениями.

Совершенно аналогично складываются отношения этологии\* с учением о морали и нравственности, с *этикой* <...>. Разумеется, наша критика чисто идеалистической этики и выдвинутого ею тезиса о существовании извечных внеприродных законов нравственности оправданно принимает другие и более категорические формы, чем наше очень осторожное вмешательство <...> в интересы индуктивной научной социологии. Но по содержанию эта критика сходна. Благодаря сравнительному исследованию любви, семейной и общественной жизни высших животных мы пришли к твердому убеждению, что и у людей многие детали социального поведения, которые этика <...> считает результатом ответственного разума и морали, в действительности основаны на врожденных видоспецифичных (гораздо более примитивных) реакциях... Среди них особый интерес и значение имеют те, которые в субъективном плане переживаются как восприятие ценностей <...>. Далее мы можем потребовать от научного учения о морали и от этики, равно как и от социологии, чтобы они разобрались с уже упомянутыми

ошибками атавистических инстинктов. По нашему убеждению, их понимание совершенно необходимо для познания всего того, «что называют грехом, порчей, корочей, злом» и к чему поэтому напрямую имеют отношение этика и учение о морали. Если же сравнительная этология прямо-таки навязывает специальной науке определенные результаты своих исследований, это делается из тех самых практических соображений, которые мы приводим относительно социологического значения наших научных выводов. Мы также думаем, что можем содействовать преодолению определенных опасностей в этическом отношении.

Человечество находится в особой ситуации, обусловленной его филогенетической эволюционной историей, на которую мы считаем необходимым указать учению о морали и этике. В последнем разделе книги, посвященной предпосылкам возникновения человека, мы охарактеризуем человека как «специалиста в неспециализированности», как существо, *потерявшее* многие специализации, имевшиеся у его дочеловеческих предков. Мы покажем, как в самом начале развития человечества отмирание более жестких «инстинктов» создало предпосылку для <...> духовного развития. Аналогичные процессы отмирания более жестких специализаций происходили в разных формах и областях, но всегда и везде <...> они неизбежно сопровождалась определенной *потерей безопасности*. Этот феномен, сопутствующий в большей или меньшей мере всем эволюционным процессам, не определяет человеческое. В развитии всех органических систем неизбежно имеются переходные фазы, когда возникает угроза целостности из-за того, что некоторые структуры уже исчезли, а новые, призванные заменить их функции, еще не готовы к работе. Линяют ли рак или птица, или молодой че-

ловек в подростковой фазе переходит от структуры личности ребенка к структуре личности мужчины, или же человечество в целом переходит из одной стадии своего общественного развития в другую, всегда приходится преодолевать моменты, когда разрушение старого принимает хаотические формы и поддерживающая жизнь гармония целого находится под угрозой. Но для человека и для особого характера его развития, оставившего далеко позади себя весь органический мир, важно, что он *постоянно* находится в таком процессе линьки, в состоянии пластического распада структур. С одной стороны, это оставляет для него неограниченную возможность развития в самых разных аспектах, а с другой, постоянно подвергает его всем опасностям (придерживаясь нашего сравнения) беззащитного, только что перелинявшего рака!

Эти особенности в развитии человека важны с позиции морали и этики в следующем отношении. Характерная для человека потеря безопасности из-за редукции специализаций по отношению к его социальным формам поведения принимает особенно угрожающий масштаб благодаря своеобразному совместному и взаимноантагонистическому действию разных процессов. Обусловленное доместикацией отмирание инстинктов <...> ведет к новой свободе поведения, к новым возможностям структуры общества, которые, со своей стороны, снова делают ненужными другие, еще сохранившиеся инстинкты и позволяют их редукцию. Но чем больше человек освобождается от инстинктов, тем свободнее он становится и от других общественных структур и специализаций. Возникает лавинообразное нарастание, настоящая оргия отмирания специализаций, которая, безусловно, не должна вести к добру и нуждается в стабилизирующей регуляции. <...> Здесь необходим

\* В русском переводе немецкий термин Vergleichende Verhaltensforschung, буквально обозначающий «сравнительное изучение поведения», здесь и далее заменен словом этология, его общепринятым синонимом.

новый регулирующий принцип, специализация на новом уровне как следствие отмирания всех специализаций, форма в бесформенности, закон в свободе, отрицание отрицания, что означает шаг к качественно новому, более высокому уровню социальных достижений. Но этот шаг совершается благодаря той новой, в высшем смысле основополагающей для человека работе нового коллективного сознания, *con-scientia*, которая заключается в том, что человек отвечает перед обществом за свои индивидуальные действия. Эта в узком смысле социальная мораль становится тем необходимой в качестве регулирующего фактора, что к типичной потере безопасности, вызванной <...> отмиранием специализаций, присоединяются специфические ошибки сохраняющихся атавистических «инстинктов». <...> Это нарушающее гармонию стойкое сохранение отдельных структурных элементов из уже пройденных фаз развития также представляет собой феномен, вовсе не специфический для человека. Когда линяет рак или птица, подросток меняет свою структуру личности или человечество в ходе революции меняет свою общественную структуру, для конечного результата <...> всегда есть вполне реальная опасность: в новом состоянии, *сохраняющем остатки старых специализаций, которые нарушают функционирование целого*, не будет полной гармонии! Биологу и работнику зоопарка хорошо знакомо патологическое явление «не полностью удавшейся линьки» и «застревание в состоянии линьки», точно так же, как психиатру и психологу — аналогичные патологические нарушения, проистекающие из стойкого сохранения инфантильных черт после подросткового периода, и, наконец, социолог видит одну из своих важнейших задач в преодолении

мешающих остатков общественных форм. Аналогия между этими явлениями заходит так далеко, что совершенно невольно одно привлекают в качестве подобия и иллюстрации другого! Стойкое сохранение атавистических инстинктов у культурных людей — также типичный частый случай этого распространенного нарушения развития!

Таким образом, регулятивный принцип социальной морали человека предполагает необычную борьбу на два фронта. С одной стороны, против «слишком человеческого», против крайне быстрого, хаотического пластичного разрушения всей структуры и специализации во врожденном видоспецифичном социальном поведении, потерю которых мораль должна компенсировать. А с другой стороны, против «слишком животного» в человеке, упрямых, отживших, анахроничных и «злых» инстинктов, которым она с переменным успехом противопоставляет свои запреты и требования. Естественно, мы вовсе не утверждаем, что эта двойная работа, компенсирующая выпадение необходимых и сдерживание вредного действия ненужных «инстинктов», — единственная задача свободной ответственной морали человека, а само утверждение, что она очень важна, представляется излишним как само собой разумеющееся. Но существенно другое — на основании конкретных фактов мы можем указать, *что* именно замещается или подавляется. Как эту компенсацию осуществлять, не наша задача, а проблема этики! Этология ни в коем случае не решает этических проблем, она только исследует, с какими задачами должна справиться компенсаторная работа ответственной морали и этики. Мы даже могли бы сделать еще один шаг дальше и утверждать, что научное учение о морали и этике также не в состоянии «разре-

шить» эти проблемы в прямом смысле! Признающие необходимость компенсировать эти нарушения общественная мораль и этика <...>, на наш взгляд, вовсе не создаются умышленно с помощью науки, а просто с развитием человеческого общества органично *возникают* сами, без нашего сознательного участия!\* Мы считаем утопическим заблуждением полагать, что устройство человеческого общества можно изменить исключительно благодаря «учению». Напротив, мы думаем, что наука может оказывать влияние на человеческую мораль и этику, в первую очередь, учась создавать такие условия <...>, в каких могла бы органично развиваться свободная ответственная этика и мораль, это та дорога, на которую марксистская социология вступила и уже достигла серьезных успехов! Что же касается нарушений поведения из-за сохранения рудиментарных атавистических норм реакций, мы уже сказали, что они, будучи эндогенными явлениями, не обусловленными непосредственно окружающей средой, требуют особых мер. Я не расцениваю такой взгляд как фаталистический культурный пессимизм. Подобная вещь — позиция, на которую естествоиспытатель встанет в самую последнюю очередь, а опасность, причина которой распознана, тем самым больше не столь угрожающая, как раньше! Мы даже совершенно определенно полагаем, что широчайшее и всеобщее распространение простого знания об этих явлениях само по себе уже было бы достаточно, чтобы обеспечить это естественное развитие компенсирующей морали! ■

© Перевод и публикация  
Гороховской Е.А., 2004

\* В первом, рукописном, варианте Лоренц утверждал, что философия, опираясь на научную социологию и этологию, будет создавать новую мораль и этику.

## Астрономия

### Безголовая комета

Космический аппарат «SOHO» («Solar and Heliospheric Observatory» — «Солнечная гелиосферная обсерватория») за шесть лет активной работы в межпланетном пространстве провел наблюдения более чем за 600 кометами, проходящими в относительной близости к светилу.

Большая часть комет, подходя к Солнцу, просто испаряются. Редким исключением стала комета SOHO-614: только она (и еще одна, слабо изученная) подошла на расстояние всего 0.1 радиуса Солнца, т.е. всего на 70 тыс. км от его поверхности, углубившись в солнечную корону. Это произошло 24 мая 2003 г. Ядро кометы и ее кома (голова) быстро испарились, но состоящий из пылевых частиц хвост сохранился. Наблюдения с помощью коронографа показали, что мощный хвост (очевидно, все, что осталось от ядра кометы) быстро удаляется от светила. Его отгоняет давление солнечного ветра. Исследование пылевого облака безголовой кометы позволит установить количественное распределение частиц, входящих в его состав.

Astronomy and Geophysics. 2003. V.44. №4. P.427 (Великобритания); soho.nascom.nasa.gov/pickoftheweek/old/27may2003

## Метеорология

### Молнии над городами

Повышение температуры и загрязнение воздуха активно способствуют возникновению молний над городами — к такому выводу пришли К.П.Наккарато (К.Р.Нассарато; Национальный институт космических исследований Бразилии) и его коллеги на основании 31 тыс. наблюдений за молниями, которые были зарегистрированы

над тремя мегаполисами юго-запада Бразилии в течение трех летних сезонов. Оказалось, что разряды молний над городами происходят почти в два раза чаще, чем над прилегающими сельскими районами, причем число их тем больше, чем выше концентрация газов-поллютантов. Заключение бразильских ученых совпадает с выводами их американских коллег, сделанными в 1995 г. по результатам исследований в 16 городах США.

Science et Vie. 2003. №1033. P.36 (Франция).

## Энергетика

### Урон науке от «затемнения»

Авария в американской сети энергоснабжения, случившаяся в августе 2003 г., не только лишила света и привычных удобств население восточных районов Северной Америки, но и нанесла ущерб многим научным работам. Так, в известной Брукхейвенской национальной лаборатории, находящейся в Нью-Йорке, 250 ученых бессильно взирали на прерывающийся эксперимент, когда начал замирать один из крупнейших в мире синхротронов, а его мощный рентгеновский пучок стал угасать.

Канадские ученые в Институте теоретической астрофизики при Торонтском университете почти на неделю лишились самого быстродействующего в стране компьютера, без которого прервалось построение математических моделей, описывающих процессы в космических черных дырах.

В медицинских лабораториях Университета штата Мичиган в Анн-Арборе «затемнение» продолжалось 29 ч. Лишь некоторые сумели перейти на автономное энергоснабжение и тем спасли свои эксперименты; в остальных погибли все подо-

пытные крысы и часть образцов тканей и клеток. Биологи же из Университета штата Нью-Йорк в Стони-Бруке срочно закупили в ближайшем кафе-мороженом сухой лед, не дав тем самым погибнуть образцам, полученным в долгих опытах.

Пострадали исследования в области белковой кристаллографии, погибли чувствительные к перепаду температур образцы, оказавшись без действующего криогенного оборудования.

В полной темноте шла в Колд-Спринг-Харборской лаборатории конференция по изучению дрожжевых клеток. Чтобы успеть на нее, биологи из Торонтского университета, которых «конец света» застал в Нью-Йорке, вынуждены были купить велосипеды (обычный транспорт встал) и добираться таким путем.

Science. 2003. V.301. №5636. P.1029 (США).

## Метеорология

### Год торнадо

Под таким названием вошел в американскую историю 2003 г.: только между 2 и 11 мая это природное явление отмечалось более 430 раз. Никогда ранее такого числа торнадо за один месяц не регистрировалось — предыдущий рекорд (принадлежавший июню 1992 г.) составлял 399 случаев.

Метеорологи объясняют ситуацию 2003 г. тем, что циклоны продвинулись на запад дальше обычного. Их столкновение над равнинами центральной и западной частей США с теплыми, влажными воздушными массами, пришедшими из Мексиканского залива, создало идеальные условия для формирования мощных грозových образований, которые и привели к зарождению торнадо.

Science et Vie. 2003. №1030. P.35 (Франция).



# ВИКТОР ПРОКОПЬЕВИЧ СОЛОНЕНКО В СЕЙСМОГЕОЛОГИИ

Коренные сибиряки – народ особый. Неприсязательные и скромные, они отличаются целеустремленностью и упорством. Истинный сибиряк Виктор Прокопьевич Солоненко (1916–1988) – личность в кругах геологов и сейсмологов известная, но не до конца оцененная.

Малоприметный внешне, он нес в себе огромный заряд энергии, трудно представимый в некрупном сухом теле. Научные интересы Солоненко были обширны: от водоснабжения войск в условиях вечной мерзлоты до сейсмогеологии транссибирской сейсмической зоны. Он опубликовал более 400 работ, в том числе 30 монографий.

В годы Великой Отечественной войны Виктор Прокопьевич занимался поиском и разведкой стратегически важного сырья на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Реализация его научных разработок на практике привела к открытию более 20 месторождений.

Солоненко был научным руководителем и организатором многочисленных сейсмогеологических исследований. Полученные им результаты дали теоретическое обоснование инженерно-сейсмогеологических условий, сеймотектонической обстановки и оценки сейсмической опасности Прибайкалья, а также Удоканского, Молодежного, Холоднинского горно-обогатительных комбинатов, Зейской, Мокской и ряда других проектируемых ГЭС и АЭС, районов строительства (тоннелей, мостовых переходов, обходных путей и др.) трассы БАМ и территориально-производственных комплексов в зоне ее экономического влияния, многих гражданских, промышленных и энергетических объектов. Совместно с ведущими учеными страны Виктор Прокопьевич выступал против сооружения губительных для Байкала производств.

Главные научные достижения Солоненко лежат в области инженерной геодинамики и палеосейсмогеологии. Он стоял у истоков этих направлений, зародившихся в России и позднее развившихся за рубежом. Первое – это разработка подходов к оценке динамической неустойчивости горных склонов. Второе направление открыло совершенно новые и, что признано во всем мире, необходимые в атомный век возможности долговременных оценок сейсмической опасности.

Идея палеосейсмогеологического метода принадлежит Н.А.Флоренсову, но основателем направления по праву считают Солоненко. Именно он создал эту методику, осуществил и развил ее в самых разных сейсмических областях бывшего СССР, создал коллектив, который под его руководством выпустил несколько фундаментальных региональных работ. По праву Виктора Прокопьевича считают родоначальником сибирской школы палеосейсмогеологии. Солоненко стоит в ряду таких крупнейших российских геологов, основателей сеймотектонического направления и макросейсмических обследований, как И.В.Мушкетов, К.И.Богданович, В.Н.Вебер.

Прогрессивные, действительно важные не только для конкретного региона, но для науки вообще, идеи живут и спустя 30–40 лет. Публикации Солоненко в «Известиях АН СССР» (1962), в журнале «Геоморфология» (1973) и др. не потеряли своего значения до сих пор. Изложенные в них результаты, новые полученные данные (например, классификация сейсмогенных нарушений) – все это было востребовано в процессе развития палеосейсмогеологии.

Виктор Прокопьевич оставил не только фундаментальные работы, но и много сильных учеников и последователей, созданное им направление развивается весьма активно, имя его не забыто. Счастливая судьба ученого, не так ли? Фактически же, и это известно не только в Сибири, в жизни Солоненко была непрерывная череда не только мучительных раздумий, поиска убедительных доказательств, но и борьба с непониманием, неприятием, прямым противодействием, которая становилась гражданской, публичной.

Борьба Солоненко с управленцами разных калибров за БАМ, за чистоту Байкала – особая, еще не написанная, но полная драматизма страница в истории российской науки.

Не знаю, было ли это свойство у Виктора Прокопьевича изначально, но собственные научные открытия и разработки заставили его (в условиях консерватизма системы, более обширной, чем собственно наука) стать борцом и даже бойцом, но в моей памяти он таков. Солоненко по праву принадлежит к золотому фонду интеллектуальной России.

© Никонов А.А.,  
доктор геолого-минералогических наук  
Москва

# Учитель и его школа

## Вспоминая В.П.Солоненко

В.В.Ружич,  
доктор геолого-минералогических наук  
Институт земной коры СО РАН  
Иркутск

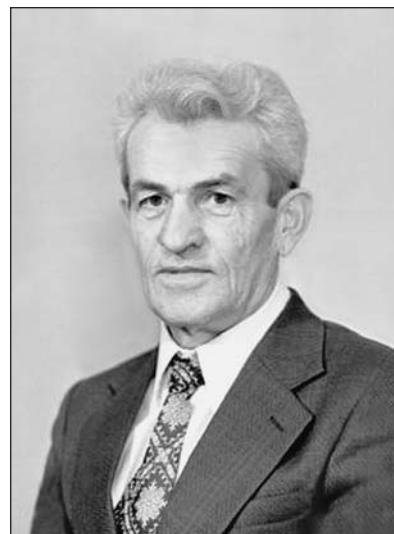
Май 1963 г. выдался необычайно теплым. В коридорах геологического факультета Иркутского государственного университета наступило затишье — практически закончилась экзаменационная сессия. В памяти всплывает довольное лицо моего закадычного друга-сокурсника В.Дзасохова: «Все, я договорился, на вторую полевую практику едем в горы с отрядом от лаборатории Солоненко из Института земной коры, начальник — Слава Хилько».

Честно говоря, лично я собирался по уже имевшейся договоренности отправиться в геолого-съёмочную партию, но тут же забыл об этом. Судьба! День этот оказался решающим, как я понял много лет спустя. В тот памятный полевой сезон мы даже тяжелые горные маршруты проходили по солоненковской марафонской методике: медленно, но безостановочно долго, преодолевая с тяжелыми рюкзаками сложные перевалы, сплавляясь на лодках по горным рекам в поисках следов двух девятибалльных землетрясений 1958 г. (Усть-Нюкжинского и Олекминского). Впечатлений было предостаточно, но самое главное — возник интерес к сейсмическим явлениям. Именно тем летом в одном из ночных споров у ме-

ня возник вопрос о прогнозе землетрясений. Начальник отряда задумчиво и лаконично ответил: «Ну какой сейчас, к черту, прогноз».

Вернувшись в сентябре с полевых работ, я поступил в Институт земной коры в лабораторию тектоники, где была вакансия. Сообщая об этом читателю только для того, чтобы пояснить, как формировалось мое отношение к сейсмогеологии и, конечно, к Виктору Прокопьевичу Солоненко за многие годы совместной работы в институте.

Несомненно, по своим интеллектуальным и психологическим качествам Солоненко был бесспорным лидером, именно таким, который шел вперед, когда другие опускали руки. Он как-то рассказал мне о Гоби-Алтайском землетрясении 4 декабря 1958 г., когда возникла необходимость организовать экспедицию по изучению макросейсмических последствий катастрофы. Советская бюрократическая система явно буксовала: время уходило, а денег не было. Виктор Прокопьевич как гениальный организатор нашел «очень простой» выход — пошел и снял все свои сбережения (кажется, копил на машину) и пустил в дело, которое, наконец, удалось сдвинуть с мертвой точки. Позднее подоспели государ-



В.П.Солоненко.



По следам Гоби-Алтайского землетрясения. 1958 г.

ственные субсидии: знаменитую экспедицию удалось начать в сентябре 1958 г. и закончить к 18 ноября, когда лежал снег, начались ураганные ветры, а морозы достигали 25°C.

Наверное, не только меня в свое время интересовал вопрос о том, как, когда и у кого зародилась идея об углубленном изучении следов палеоземлетрясений, которые остаются в виде протяженных зон сейсмодислокаций на земной поверхности. (Они особенно долго сохраняются в открытом рельефе Монголии и несомненно были замечены участниками экспедиции при детальных исследованиях.) Ответ Виктора Прокопьевича был недвусмысленным — идею впервые высказал еще Флоренсов во время экспедиции 1958 г. Позднее, в 60-м, появились публикации в печати. Однако сам Флоренсов признавал, что все заслуги по разработке палеосейсмогеологического метода принадлежат Солоненко. Начиная с 1962 г. его статьи выходят в престижных научных журналах. Кипучая и неумная натура Виктора Прокопьевича, его упорство, настойчивость и исследовательская скрупулезность составили сплав, из которого сформиро-

вался палеосейсмогеологический метод. В отечественных литературных источниках есть указания на то, что сейсмодислокации как следы древних сильных землетрясений отмечались еще ранее в работах, описывающих, в частности, последствия таких сейсмических событий, как Цаганское на Байкале (1862) и два Хангайских в Северной Монголии (1905). Однако это лишь следы и не более. Именно Солоненко стал первым, по крайней мере среди отечественных специалистов, кто основательно занялся разработкой палеосейсмогеологического метода.

В Советском Союзе 60-х годов был несомненный прорыв в области сейсмогеологии и в сейсмораионировании. Понадобились три необходимых условия: сейсмическая катастрофа, идея и незаурядный лидер-организатор, способный преодолеть консерватизм коллег, сложившиеся традиции и мнения авторитетов. Тогда же школа сибирских сейсмогеологов приобрела серьезный авторитет и многих последователей, а период ее расцвета пришелся на 70–80-е годы.

Существовавший тогда в стране железный занавес, от-

городивший нашу науку от достижений зарубежных исследователей, затруднял решение вопроса о приоритете в детальном изучении следов палеоземлетрясений и разработке метода. Из бесед с японскими и американскими сейсмогеологами — Й.Кинугасой, Дж.Маккэлпином и др. (мне довелось работать с ними в экспедициях) — складывалось впечатление, что в этих странах начали более углубленно изучать сейсмо- и палеосейсмодислокации уже в 70-х годах. Зарубежные специалисты, особенно в США, стали наращивать масштаб исследований и достигли успехов в области изучения сейсмодислокаций с помощью проведения горных работ по вскрытию их на глубину и тщательной регистрации разреза с абсолютными датировками палеосейсмических событий. Укоренилось более сокращенное название метода — палеосейсмология. В 1996 г. Маккэлпин издал замечательную монографию с таким же названием, она пока не переведена на русский язык. Разработка палеосейсмогеологического метода была несомненным успехом и сопровождалась признанием уже сформировавшейся сибирской школы сейсмогеологов на уровне международных научных завоеваний.

В Сибири раскопки сейсмодислокаций начали проводиться с 1980 г. в районе Муйского землетрясения, а с 1985 г. — в зоне Хангайских сейсмодислокаций, но до датирования вскрытых вещественных свидетельств методом  $C^{14}$  дело не дошло. Об успехах американских сейсмогеологов нам тогда еще не было известно из-за недоступности литературы. Лишь в самом конце 80-х, когда в Иркутск приехал Маккэлпин (благодаря энтузиазму В.С.Хромовских, ученика и преемника Солоненко), метод «тренинга» был освоен досконально, и с тех пор используется и даже совершенствуется отечественными специалистами.

Возникновение и существование в Сибири самостоятельной и самобытной школы сейсмогеологов, возглавляемой неуступчивым, одаренным и энергичным лидером, было принято далеко не всеми. Столкновение мнений в оценке сейсмической опасности, в выборе и обосновании методов сейсмозонирования и, наконец, в выводах о том, где можно (или нельзя) строить важные объекты и коммуникации, напоминало военные действия. (А бороться Виктор Прокопьевич умел всегда, недаром в годы войны он был авторитетным инженером-геологом.) Поэтому сведения о сейсмическом потенциале и данные, полученные с помощью палеосейсмогеологического метода, стали важным критерием при составлении карт общего и детального сейсмического районирования уже в 60-е годы, позднее полностью оправдали себя, особенно в оценках малоизученного в сейсмологическом отношении Восточно-Сибирского региона.

На Кавказе был в полной мере использован разработанный метод изучения палеосейсмодислокаций. В 1988 г., после ставшего катастрофой Спитакского землетрясения, были очевидны допущенные ранее просчеты в оценке исходной балльности. К предупреждениям сибирских сейсмогеологов о явном занижении уровня сейсмической опасности в этом регионе далеко не все отнеслись с должным вниманием.

Уместно напомнить и о другой, менее известной и не такой трагичной истории под названием «Дело о Трубе», закончившейся для населения Прибайкалья более благополучно. «Дело» было примерно в 1984–1985 гг., когда я уже работал в составе лаборатории сейсмогеологии и Виктор Прокопьевич кое-что рассказывал мне сам. Тогда, под мощным прессом общественного мнения о необходимости защиты Байкала от губительного действия сбрасывае-



Фрагмент Гоби-Алтайской сейсмодислокации.

мых в его акваторию отходов целлюлозно-бумажного комбината, расположенного в Байкальске, додумались «исправить положение» — направить отходы в другое, «более безопасное» место. Таким местом была выбрана р.Иркут, приток Ангары, откуда выбросы попадали в Енисей. Реализация подобного решения привела бы к медленному отравлению жителей населенных пунктов не только Иркутской обл., но и всего Красноярского края. Работы были начаты, но прокладку трубопровода удалось затормозить, а затем окончательно остановить. Решающими аргументами послужили расчеты и материалы, представленные Солоненко, который доказал, что трубопровод будет слишком уязвим при воздействиях наледей, селей, лавин и вполне реальных сильных местных землетрясений, а возможные повреждения неизбежно приведут к тяжелым последствиям. Доводы ученого и его авторитет, похоже, спасли от возможной экологической катастрофы два сибирских региона. Виктор Прокопьевич не получил никаких наград, скорее потерял здоровье, но признанием его заслуг стали благодарности и уважение людей.

Успехи сибирской школы сейсмогеологов отчасти связаны с тем, что она возводилась на

прочном фундаменте, поскольку сейсмические явления порождаются геологическими процессами. Такой подход полностью себя оправдал. Было достигнуто существенное преимущество перед специалистами, которые опирались на ряд сейсмологических наблюдений и результаты их статистической обработки, не имея возможности, да и желания, глубоко вникать в суть геофизических процессов. К сожалению, именно они руководили и задавали тон в сейсмозонировании, поэтому ошибки типа «пропуск цели», т.е. недооценка потенциальной сейсмической опасности, были нередкими и трагическими. Достаточно вспомнить хотя бы Нефтегорскую трагедию 1995 г. на Сахалине.

На ошибках учатся все. В конце 80-х — начале 90-х годов часть недочетов, выявленных ранее палеосейсмодислокаций, при зрелом критическом рассмотрении, инициированном Солоненко, сочли малообоснованными и исключили из каталога древних землетрясений.

Если сосредоточиться на обобщенном, философском понимании определения «научная школа», то существуют две наиболее распространенные модели взаимоотношений учителя и учеников. Первая предполагает эти отношения как непосред-

ственные, т.е. ученики работают вместе с учителем, под его личным руководством. Во втором случае ученики могут успешно продолжать исследования в достаточном отдалении, но связаны с учителем общими идеями, разделяя его интеллектуальные достижения и зачастую развивая их самостоятельно. Каждый из учеников и последователей Виктора Прокопьевича был наиболее склонен к той или иной модели работы с учителем в рамках научной школы. К примеру, можно отметить, что О.В.Павлов, выйдя из лаборатории сейсмогеологии, начал самостоятельно развивать инженерно-сейсмологическое направление и реализовался как научный руководитель созданной им и до сих пор существующей лаборатории. Как мне известно, в 1988 г. так же собирался поступить и В.С.Хромовских, однако неблагоприятные стечением обстоятельств помешало, позднее он стал руководителем лаборатории сейсмогеологии. На этом посту до августа 1997 г. Владимир Сергеевич продолжал палеосейсмологические традиции и сумел внедрить новые подходы, осваивая и широко

применяя метод «тренинга», а также приемы экспертного анализа к полуквантитативному решению задач по оценке сейсмической опасности с использованием программы «ГЕО».

Как социальное творение научные школы живут своей жизнью, проходя при этом путь от зарождения до угасания. Их путь зависит от ряда условий: научного и чисто человеческого авторитета учителя, значимости и глубины его идей и методов, достигнутого уровня знания. К сожалению, сложившиеся в стране условия оказали большей частью губительное влияние на развитие и сохранность научных школ. При политическом и экономическом спаде в стране невостребованность научных достижений и плохое финансирование привели к оттоку талантливой, энергичной молодежи в другие сферы общественной жизни и, следовательно, к упадку отечественной науки и научных школ. Наступившая пора зрелости сибирской школы сейсмогеологии, возможно, самая трудная стадия в ее развитии, совпала с кончиной учителя и началом перестройки в стра-

не, со временем борьба за выживание и преодоление. Проходит время, меняются научные парадигмы, в формирующемся обновленном обществе возникают новые задачи и требования. Хотелось бы верить, что после многочисленных реформ по «оптимизации» науки обстановка в стране начнет улучшаться. Сейчас в число востребованных задач по сейсмогеологии включены не только принципиально иные методы сейсмораионирования, но и различные виды прогноза землетрясений, разработка новых подходов к предупреждению сейсмических катастроф и снижению ущерба от их негативных последствий. От успешного решения таких вопросов будет во многом зависеть и благополучие школы. Но независимо от всех современных жизненных коллизий, переживаемых сибирской научной школой сейсмогеологии, Виктор Прокопьевич Солоненко — как ее основатель и идейный вдохновитель, как учитель, как замечательный человек — несомненно, останется в числе наиболее почитаемых и достойных представителей отечественной науки. ■

Во время океанологической экспедиции «Norfan», которая проходила в мае—июне 2003 г. в Тасмановом море, новозеландские и австралийские ученые обследовали 14 потухших подводных вулканов, лежащих на глубинах от 600 до 2000 м. Обнаружены богатейшие фаунистические сообщества — более 500 видов рыб и 1300 видов беспозвоночных, в том числе 350—400 ранее не известных. Собранные специалистами коллекции, в которые вошли редчайшие виды морских животных, стали существенным дополнением к тем, что уже были составлены французскими специалистами, проведенши-

ми с 1984 г. в этом районе Тихого океана 24 экспедиции. Власти Австралии считают, что результаты экспедиции послужат им веским аргументом в отстаивании права на охрану подводных гор, расположенных в территориальных водах страны.

Science et Vie. 2003. №1031. P.25 (Франция).

Интродукция, преднамеренная или случайная, представляет собой одну из основных угроз биоразнообразию, а связанные с ней издержки доходят до 400 млрд долл. ежегодно. Недавно специалисты назвали виды-

мигранты, угрожающие влажным тропическим лесам Африки. Их не менее семи — зеркальный и луизианский карпы, водяной гиацинт и др.

Terre Sauvage. 2003. №182. P.18 (Франция).

В конце 90-х годов прошлого века методами спутниковой картографии была проведена перепись островов Индонезии. Их число значительно превосходит прежние оценки и составляет 17 тыс., из них 6 тыс. необитаемы.

Terre Sauvage. 2003. №182. P.15 (Франция).

## Хорошо ли в России измерять кристаллы?

Министр народного просвещения Лев Аристидович Кассо (1865—1914) навеки вошел в историю русской науки как гонитель университетов и профессоров. Когда в январе 1911 г. в Московском университете состоялась очередная студенческая сходка, сюда по распоряжению правительства, недовольного непротиплением профессуры студентам, был направлен наряд полиции, передавший распоряжение поставить ректорат и Совет университета под контроль градоначальника Москвы.

Все университетское руководство подало в отставку. Вместе с руководством ушли более 130 профессоров и приват-доцентов — треть общего состава преподавателей. Однако две трети остались, вполне искренно полагая, что университет — не место для каких бы то ни было общественных выступлений, тем более студенческих.

Можно ли эффективно научно работать в России и не участвовать в ее общественной борьбе — вопросы, по сей день волнующие каждого ученого.

Вот, например, какой ответ на них давал более столетия назад Андрей Николаевич Краснов (1862—1914), известный русский натуралист, первый доктор географии в России и основатель Батумского ботанического сада. Узнав о желании своего друга В.И.Вернадского эмигрировать, он писал в 1890 г.:

*«Покидать Россию теперь не только не хорошо, но и, на мой взгляд, даже не честно. Так же не честно, как и не честно солдату в минуту поражения его армии перейти на сторону противника. Русская культура при всех на нее воздвигаемых гонениях понемногу делает успехи. Большие организмы развиваются медленнее и мы не вправе требовать, чтобы в пол-*

*столетия мы переросли Европу. Азиатские элементы в нас сильны и с ними надо бороться. Долг всякого порядочного русского принять участие в этой борьбе. Кто ее у нас вел до сих пор? Толпы необразованных фанатиков? Это стадо баранов, озлобленно лезущих, не отдавая себе отчета, в огонь, которые называются студентами, прогрессивной молодежью.*

*Это люди и не знавшие ни России, ни ее внутренней жизни, сами с жизнью не знакомые, с гимназической скамьи желавшие переделать то, чего нельзя переделать, и игнорировавшие то, что улучшено, чему можно содействовать. Если бараны гибнут и тонут в реке, разве из этого следует что-либо. Фанатиков умерщвляли и казнили везде. Дело же делалось хладнокровными, спокойными, разумными деятелями, работавшими последовательно и разумно. Когда у них было согласие и союзы, вроде того, как у той шайки, которая заправляет делами в России, тогда все... по их будет. Когда же эти деятели, преследуя свои интересы, не хотели друг друга знать — тогда, конечно, дело на лад не шло, а гибло. Так было и везде с так называемой либеральной, русской интеллигенцией, говорящей много и при первом щелчке вроде ложного, опровергнутого, зла не причинявшего вопроса, приходящей в отчаяние и разбегающейся. Но допустим (чему я не верю), что тебе не дорога Россия и ее счастье. Ты хочешь заняться чистой наукой. Но кто тебе это возбраняет? Частные люди, наукой занимавшиеся в России, никем не преследуются. <...> В квартире твоей вечная толчея. Ты член 22 обществ, толкущих воду по 22 политическим вопросам, и редкий гость в научных заседаниях. Брось все это и тебя никто не тронет, и в России ты также хорошо будешь измерять кристаллы,*

*как в лаборатории какого-нибудь заграничного профессора.*

*Ты хочешь работать для науки, для человечества. Хотя я не понимаю, как можно любить человечество, не любя окружающих тебя людей, но допустим это так. Но ведь и чистая наука сильная тогда, когда у нее много деятелей. <...> Каждую науку отличает свой вклад в... сокровищницу, и чем больше этот вклад, тем более ее заслуг. Один ты многого не сделаешь. Русские хотя за границей и не в загоне, но там слишком много голодных ртов, чтобы тебе дали дорогу. <...> Но даже пройдя через все это, ты один будешь содействовать развитию иностранной науки, где и без тебя деятелей много. Влияние твое не только в книге. Оно и отражается на окружающих. Здесь ты содействуешь как частный человек развитию русской науки. Деятели чувствуют, что они не одни. <...> Если же и последние разбегутся <...>, не будет русской науки, не будет со стороны ее вклада в общую сокровищницу, содействию равноправного процесса. Тогда вправе будет Европа перерезать и закабалить Россию как стадо диких варваров — и хорошо сделает. Государство, и имеющее сыновей его любящих, достойно презрения. Я никогда на тебя не имел влияния, но имел на меня ты, но если тебе дорого мое уважение и любовь — подумай хорошенько, прежде чем решиться на эту измену.*

*Остаюсь любящий тебя друг А.Краснов.*

*Прости меня, дорогой Владимир Иванович, что я сгоряча написал тебе резко. <...> я говорил по душам — а между людьми дружбы все должно высказываться откровенно. Горячо любящий тебя друг Андрей»\*.*

**С.М.С.**

\* АРАН. Ф.518. Оп.3. Д.850. Л.18—20об.

# Новости науки

## Организация науки

### НЕПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ПРЕМИИ

#### Демидовские премии 2003 года

Комитет по премиям Демидовского научного фонда определил лауреатов общенациональной неправительственной Демидовской премии 2003 г. Премии удостоены академики:

– *Борис Васильевич Литвинов* в номинации «физика» — за выдающийся вклад в развитие физики ударных волн, детонации, разработку ядерных устройств, составляющих основу ядерного арсенала России;

– *Ирина Петровна Белецкая* в номинации «химия» — за выдающийся вклад в развитие химии металлоорганических соединений и металлокомплексного катализа в органическом синтезе.

– *Олег Алексеевич Богатиков* в номинации «науки о Земле» — за выдающийся вклад в исследование глобального магматизма, геодинамики и магматизма и работы по уменьшению негативных последствий вулканических извержений».

Напомним, что Демидовскую премию в 1831 г. учредил, «желая содействовать преуспеянию отечественных наук и словесности», Павел Николаевич Демидов, принадлежавший известной российской династии уральских горнопромышленников. Согласно положению, эту премию, присуждаемую экспертной комиссией Императорской Академии наук, должны были вручать с момента учреждения еще в течение 25 лет после смерти

П.Н.Демидова. Традиция продержалась до 1865 г., за это время ее получили 58 выдающихся российских ученых, среди которых такие славные имена, как И.Ф.Круженштерн и Ф.П.Врангель (география), Д.И.Менделеев и К.К.Клаус (химия), Н.И.Пирогов (медицина), А.И.Данилевский (история).

В период с 1866 по 1992 г. премию не присуждали. И вот после более чем столетнего перерыва, в 1993 г. усилиями Президиума Российской Академии наук, предпринимателей и администрации Свердловской области Демидовский научный фонд был воссоздан, его работой руководят сопредседатели попечительского совета академик Г.А.Месяц, вице-президент РАН и Н.И.Тимофеев, президент Уральской золото-платиновой компании. Ежегодно премия присуждается по трем из шести номинаций — физике, математике, химии, биологии, наукам о Земле и гуманитарным наукам. За последние годы ее лауреатами стали Ж.И.Алферов, Н.К.Кочетков, Б.В.Раушенбах, А.А.Баев, Н.П.Лавров, Л.Д.Фадеев, В.С.Савельев и другие выдающиеся российские ученые.

В 2003 г. возрожденный Демидовский научный фонд отметил свой 10-летний юбилей увеличением размера денежной премии (с прежней, эквивалентной 10 тыс. долл., до 470 тыс. руб.). К премии прилагается также именная серебряная медаль, хранящаяся в малахитовой шкатулке.

#### Лауреаты премии «Триумф» 2003 года

Попечительский совет Фонда «Триумф — Новый век» учредил в 2000 г. ежегодные премии, присуждаемые российским ученым за выдающиеся достижения в экспериментальных и теоретических исследованиях, внесших значительный вклад в развитие отечественной и мировой науки. До этого премия «Триумф», основанная в 1992 г., вручалась только деятелям культуры и искусства. Дополнив ее шестью научными номинациями, Президиум Российской академии наук, Попечительский совет и Дирекция Фонда сформировали жюри научной секции, в состав которого вошли ведущие ученые Российской академии наук, Российской академии медицинских наук и Российской академии сельскохозяйственных наук. Каждый член жюри, как правило, участвует в его работе не более трех лет подряд, а председатель избирается ежегодно из состава жюри.

В 2003 г. премией «Триумф» — Российской независимой премией поощрения высших достижений в области науки<sup>1</sup> — по решению жюри отмечены академики: *Александр Федорович Андреев* (физико-математические науки), *Генрих Васильевич Новожилов* (технические науки), *Владимир Александрович Тартаковский* (химия и науки о материалах),

<sup>1</sup> Пресс-релиз Независимого благотворительного фонда «Триумф», декабрь 2003 г.

Олег Георгиевич Газенко (науки о жизни, медицина), Борис Сергеевич Соколов (науки о Земле), Григорий Максимович Бонгард-Левин (гуманитарные науки).

Напомним, что впервые лауреатами премии «Триумф» в области науки стали по итогам 2001 г. академики: Николай Николаевич Красовский (математика, механика, информатика), Григорий Григорьевич Девятых (химия и науки о материалах), Гарри Израилевич Абелев (науки о жизни), Леонид Вениаминович Келдыш (физика, энергетика) Николай Павлович Лаверов (науки о Земле), Сергей Леонидович Тихвинский (гуманитарные науки).

В 2002 г. премией «Триумф» были награждены академики: Виктор Павлович Маслов (математика, механика, информатика), Илья Иосифович Моисеев (химия и науки о материалах), Александр Иванович Коновалов (науки о жизни, медицина), Виталий Лазаревич Гинзбург (физика, энергетика) Леонид Максимович Бреховских (науки о Земле), Валентин Лаврентьевич Янин (гуманитарные науки).

Фонд премии «Триумф» в области науки составляет 300 тыс. долл.; каждому из шести лауреатов, помимо денежного вознаграждения, эквивалентного 50 тыс. долл., вручаются памятная золотая медаль, значок и диплом.

## Космология

### Эпоха космического ренессанса

Астрономы М.Бремер (M. Bremer; Бристольский университет, Англия) и М.Ленерт (M. Lehnert; Институт внеземной физики им. М.Планка, Германия) смогли заглянуть во Вселенную на рекордное расстояние и обнаружить там галактики, возраст которых всего на 10% меньше возраста самой Вселенной<sup>1</sup>. Эти галактики родились в самом начале эры космического возрождения (Cosmic Renaissance), наступившей сразу после «темной» эпохи (Dark Ages),

которая в контексте человеческой истории ассоциируется с мрачным средневековьем.

Космологическая модель Большого взрыва указывает, что возраст Вселенной составляет сейчас 13.7 млрд лет. Сразу после первичного взрыва горячее плотное вещество и излучение, однородно заполнявшие пространство, стремительно расширялись и охлаждались. Через несколько сотен тысяч лет температура вещества и излучения понизилась до нескольких тысяч кельвинов; в эту эпоху электроны стали объединяться с ядрами, образуя нейтральные атомы, отчего космологи называют те времена эпохой рекомбинации. Лишенное свободных электронов, вещество стало прозрачным для охладившегося длинноволнового излучения, которое почти беспрепятственно доходит до нас из той далекой эпохи в виде радиоволн. Именно это излучение мы и называем реликтовым, или, более официально, микроволновым фоновым космическим излучением. После эпохи рекомбинации вещество, оставаясь практически однородным, продолжало остывать и уже не излучало света. Наступила «темная» эпоха.

Но и темноте приходит конец: мелкие неоднородности плотности вещества, амплитуда которых поначалу не превышала 0.001%, под действием гравитации постепенно нарастали и по прошествии нескольких сотен миллионов лет достигли значительной величины — родились первые звезды, начали формироваться галактики, появились квазары. Их ультрафиолетовое излучение нагревало окружающее вещество; вокруг каждого яркого источника росла сфера ионизованного газа, и постепенно они перекрывали друг друга; наконец, все межгалактическое вещество вновь стало ионизованным и горячим — наступила эпоха космического возрождения, или, на языке астрономов, — эпоха повторной ионизации. Чрезвычайно интересно знать, когда точно и какие именно объекты рождались во Вселенной первыми; поэтому астрономы и пытаются об-

наружить эти объекты, стараясь «дотянуться» взглядом телескопа до границы между космическими средневековьем и возрождением.

Очередную, и весьма удачную, попытку в этом направлении предприняли Бремер и Ленерт, используя тот факт, что в спектрах горячих звезд, а значит, и в спектрах молодых галактик на волне 912 Å наблюдается глубокая ступенька — так называемый лаймановский скачок, вызванный тем, что все кванты с меньшей длиной волны интенсивно поглощаются атомами водорода, отрывая у них электрон. У близких к нам галактик наблюдать оптическим методом лаймановский скачок практически невозможно, поскольку он лежит в далекой УФ-области. Но в излучении, приходящем от далеких галактик с красным смещением  $z = 5-6$ , лаймановский скачок попадает в оптический диапазон (4500—5500 Å) и проявляется весьма заметно: с красной стороны от него спектр намного интенсивнее, чем с голубой. Следовательно, галактики, лежащие на расстоянии, соответствующем красному смещению 5—6, должны выглядеть значительно ярче при их наблюдении через красный светофильтр, чем, скажем, через зелено-голубой.

Этим и воспользовались астрономы Европейской южной обсерватории, организовав поиск сверхдалеких галактик с помощью 8-метрового телескопа VLT-Yerun (на местном чилийском наречии Йе-пун означает «утренняя звезда», т.е. Венера) и его штатного многофункционального приемника света FORS2. На площади неба в 40 квадратных минут дуги (5% от площади лунного диска) они обнаружили 20 «красных» галактик. Полученные затем спектры подтвердили, что все они имеют красное смещение в интервале  $z = 4.8-5.8$ . Более того, есть подозрение, что одна из них имеет  $z = 6,6$ ! Если это подтвердится, то она получит чемпионский титул самого далекого среди известных объектов Вселенной. До сих пор этот титул носил квазар SDSS J1148+5251, наблюдаемый в со-

<sup>1</sup> ESO Press Release 24/03. 21 August 2003.



звезды Большой Медведицы и имеющий  $z = 6.4$ . А самой далекой галактикой считалась система J022803-041618 в созвездии Кита, имеющая  $z = 6.17$ .

Изучение спектров экстремально далеких галактик показало, что это очень молодые системы с активным звездообразованием, их возраст не превосходит 100 млн лет, однако светимость не очень велика и в пространстве они распределены довольно редко, так что одного лишь их излучения недостаточно для наступления эпохи космического возрождения. Вероятно, помимо обнаруженных наиболее ярких галактик тогда существовало и значительное число менее ярких систем, помогавших процессу повторной ионизации межгалактического вещества. Кроме того, в нашу эпоху наблюдается заметно больше крупных галактик, чем их было, когда Вселенной исполнился первый миллиард лет, следовательно, все это время происходил их рост, вероятно путем объединения малых в более крупные.

Полученный результат стал первым весомым вкладом астрономов Великобритании в работу Европейской южной обсерватории, в состав которой ученые туманного Альбиона вошли в июле 2002 г. Это вновь продемонстрировало эффективность коллективной работы европейских организаций, способных объединенными усилиями создавать великолепные приборы, такие как гигантские 8-метровые телескопы VLT с их замечательным научным оборудованием.

© Сурдин В.Г.,

кандидат физико-математических наук  
Москва

## Астрономия. Техника

### Космический телескоп «Спитцер»

18 декабря 2003 г. Национальное агентство США по аэронавтике и космическим исследованиям (НАСА) представило первые научные изображения, полученные на Космическом инфракрасном теле-

скопе (Space Infrared Telescope Facility). В тот же день было объявлено о присвоении ему имени знаменитого американского астронома Лаймана Спитцера (Lyman Spitzer; 1914—1997). В отличие от Космического телескопа «Хаббл», который предназначен для наблюдений в видимом свете (с некоторым захватом ближней инфракрасной и ближней ультрафиолетовой областей), «Спитцер» — исключительно инфракрасный телескоп. Он фактически открывает новую наблюдательную эпоху, что в особенности касается плотных газово-пылевых облаков, как правило, непрозрачных в видимом или ближнем ИК-диапазоне. «Спитцер», приспособленный к наблюдениям в более длинноволновой части спектра, чем «Хаббл», поможет проникнуть сквозь пылевую завесу, раскрывая загадки рождения звезд и планет.

«Спитцер» способен обнаружить слабое тепловое излучение, приходящее с огромных расстояний. Для этого инструмент охлаждается криогенной установкой с жидким гелием до температуры 5.5 К (–268°C). К сожалению, запас охладителя ограничен, и телескоп не сможет проработать более 6 лет. В отличие от «Хаббла», обслуживание «Спитцера» производиться не будет: он находится на такой орбите, что космические челноки просто физически не в состоянии подлететь к нему. Проектировщики впервые приняли решение вывести подобный прибор не на околоземную, а на околосолнечную орбиту. Причина проста: Земля — сама мощный источник инфракрасного излучения, и потому ИК-телескоп желательно отвести как можно дальше от нее. «Спитцер» помещен на орбиту, близкую к гелиоцентрической орбите Земли, и движется по ней, слегка отставая от нашей планеты.

Новый телескоп оснащен 85-сантиметровым зеркалом и тремя мощными инструментами: инфракрасной камерой IRAC (Infrared Array Camera), способной одновременно вести наблюдения в четырех участках длин волн, центрированных на 3.6, 4.5, 5.8

и 8.0 мкм; многополосным панорамным фотометром MIPS (Multiband Imaging Photometer for Spitzer), позволяющим проводить фотометрическое картографирование и получать изображения с высоким разрешением на длинах волн 24, 70 и 160 мкм; инфракрасным спектрографом IRS (Infrared Spectrograph), который будет получать спектры в диапазоне от 5.3 до 40 мкм.

Запуск «Спитцера» осуществлен 25 августа 2003 г. С августа по сентябрь проводились тестирование и настройка различных его систем. Они показали, что аппарат превосходит возлагаемые на него эксплуатационные и научные ожидания. По признанию руководителей проекта, имя для телескопа было припасено уже давно, но они не решались раскрывать его, не убедившись, что с телескопом все в порядке.

«Спитцер» — четвертая и последняя из Великих обсерваторий НАСА, в числе которых, кроме него, Космический телескоп «Хаббл», Гамма-обсерватория Комптона и рентгеновская обсерватория «Чандра». «Хаббл» и «Чандра» действуют по сей день, а Гамма-обсерватория выработала свой ресурс и была затоплена в Тихом океане 4 июня 2000 г.

<http://sirtf.caltech.edu/Media/releases/ssc2003-06/>

## Планетология

### Тепловая индукция марсианской поверхности

Установленный на космическом аппарате «Mars Odyssey» прибор THEMIS (Thermal Emission Imaging System — Система, строящая изображение тепловой эмиссии) уже больше года картирует геологические структуры на поверхности Красной планеты и анализирует их состав. Разрешающая способность «тепловизора» чрезвычайно высока, в отдельных случаях — до 18 м. Результаты изучения полученных данных опубликовала большая группа американских специалистов, возглавляемая Ф.Р.Кристенсенем (Ph.R.Christensen).

Еще десятилетие назад, когда аппарат «Viking» прислал на Землю первую информацию о тепловом излучении планеты (измерения проводились в инфракрасном диапазоне с разрешением около 60 км), начались споры, насколько такие данные важны для раскрытия геологического прошлого Марса. Существенным параметром поверхности служит ее тепловая инерция — скорость, с какой меняется температура при изменении освещенности, что связано с размерами частиц, составляющих поверхность, их цементированностью и т.п. «Viking» позволил открыть на Красной планете обширные районы с очень низким уровнем тепловой инерции. По-видимому, там на поверхности преобладает мелкозернистая, слабо связанная пыль. В других районах, составляющих до трети поверхности всего Марса, обнаружены отдельные скалы и камни диаметром более 10 см; особенно это характерно для мест посадки аппаратов «Viking» и «Mars Pathfinder». Но поскольку просторнейшее разрешение приборов составляло всего около 60 км, различить выходы коренных пород было невозможно, и поэтому для картирования поверхностного слоя использовались данные о тепловой инерции и альбедо (отражающей способности). Они, однако, мало что говорили о геологии Марса; судить об этом можно было лишь косвенно — по морфологии, различимой на фотографиях, сделанных аппаратом «Viking» в видимой части спектра. Несколько большую информацию специалисты получили, когда тепловая инерция была измерена спектрометром аппарата «Mars Global Surveyor» с разрешающей способностью около 3 км.

Однако результаты «тепловизора» THEMIS совершенно меняют прежние представления ученых: тепловые портреты Марса в масштабе 100 м позволяют широко и непосредственно судить о физической природе его пород. Оказалось, в некоторых районах тепловая инерция поверхности настолько высока, что она может

быть связана лишь с обнаженными коренными породами, а не с пылью и изолированными утесами. Многие области Марса представляют собой равнины, покрытые толстым слоем мелкозернистой, слабо цементированной пыли; другие же отличаются большим разнообразием физических свойств. Новые данные позволяют различать даже свежие выбросы из молодых кратеров, образующие полосы из каменных блоков или мелкозернистых материалов, по которым можно определять их возраст.

Science. 2003. V.300. №5628. P.2043, 2056 (США).

### Экология

#### Куда девать парниковый газ?

Эта проблема все более беспокоит развитие в промышленном отношении страны. Опасное воздействие на климат, экологические условия и здоровье человека, оказываемое в первую очередь диоксидом углерода, доказано с несомненностью, а между тем его выбросы в атмосферу с каждым годом возрастают. Количественные оценки весьма приблизительны: согласно одним, во всем мире так или иначе предстоит избавляться от сотен гигатонн  $\text{CO}_2$ , а согласно другим — от многих десятков тысяч гигатонн. Такой разброс говорит о недостаточной изученности проблемы.

Назрела необходимость выявить потенциальные возможности захоронения парниковых газов в различных регионах. В числе рассматриваемых мер — предложение закачивать эти газы в подземные пустоты, где они должны находиться неопределенно долгое время. Среди стран, сделавших первые шаги в этом направлении, — Австралия, приступившая к выполнению программы GEODTSC, возложенной на Управление наук о Земле и на Университет штата Новый Южный Уэльс в Сиднее.

Было установлено, что в 1999 г. (последние данные) с территории

Австралии в атмосферу поступило около 0.46 Гт  $\text{CO}_2$  (не считая выделенного при расчистке земель). Из числа неподвижных его источников (т.е. без учета транспорта) на первом месте стоят тепловые электростанции — они выделяют примерно по 0.26 Гт, что составляет 56.7% от общего количества по стране. Но именно выбросы таких источников больше всего подходят для «обуздания». Составлены карты их размещения с оценкой развития на ближайшие 20 лет. Выяснилось, что 35 первых по величине выброса источников отвечают за 90% эмиссии парникового газа. Большинство из них расположено достаточно компактно, что облегчает изоляцию выделяющихся продуктов.

Геологи провели оценку всех осадочных бассейнов Австралии на предмет их потенциальной способности служить местами захоронения  $\text{CO}_2$ . Всего рассмотрено около 300 бассейнов, из которых 48 признаны подходящими, а в их пределах выявлено 656 точек, наиболее пригодных для такого использования. Если принять, что весь объем этих пустот можно заполнить  $\text{CO}_2$  на 100% (что нереально), то они вместили бы около 3900 Гт углекислого газа. Однако следует учитывать, что различные геологические структуры по-разному способны поглощать и удерживать  $\text{CO}_2$ . Сейчас специалисты строят математические модели реально существующих условий и определяют факторы риска для каждой из потенциальных точек. Наименее привлекательными признаны гидродинамические ловушки газа: если он сможет мигрировать на край геологического бассейна, возникнет опасность, что газ вырвется на свободу.

В качестве подходящего предложен геологический бассейн Петрел: условия в нем таковы, что весь закачанный углекислый газ в течение 10—100 тыс. лет способен полностью раствориться, а возможность его перемещения под землей за это время не превысит десятков километров, так что к окраине бассейна он не подой-

дет ближе 120 км. По всей Австралии обнаружены потенциальные природные емкости для размещения 740 Гт — этого объема хватило бы на 1600 лет выброса CO<sub>2</sub> в стране при сохранении уровня, достигнутого в 1998 г.

Одна из важных проблем — экономическая оценка стоимости таких мероприятий, она весьма приближена и колеблется между 13 млн и 1.3 млрд долл. США (в последнем случае она включает учет расстояний между местом эмиссии газа и точкой его закачивания, степень скученности крупных и мелких источников и другие факторы). Следует иметь в виду крайнюю неравномерность географического расположения промышленных и энергетических объектов по стране, их разную удаленность от потенциальных газохранилищ. Так, восточная часть Австралии — развитая промышленная и энергопроизводящая зона, а подходящих мест захоронения газа там мало; на западе страны заводов и электростанций намного меньше, а подходящие подземные пустоты в изобилии. Сооружение специальных газопроводов протяженностью более 300 км значительно повысит стоимость реализации программы GEODTSC.

При всей первичной приближенности данная работа служит примером подхода к решению проблем, которые поставлены Китотским протоколом, призывающим сохранять и улучшать природную среду обитания.

AusGeoNews. 2003. №69. P.11 (Австралия).

## Геофизика

### Скорость распространения крупных сдвигов

К числу наиболее сильных землетрясений нашего времени относятся события, произошедшие 14 ноября 2001 г. в горах Куньлунь, на юго-западе Тибета. В результате толчка, магнитуда которого достигала редкой величины — 8.1 по шкале Рихтера, образовался разрыв в земной коре, его длина на поверхности превышала 400 км.

Несколько сейсмических станций китайской и монгольской сетей, расположенных в этом регионе и записывающих колебания в широкой полосе частот, предоставили уникальную возможность изучить скорость распространения подобных разрывов. Ею воспользовались французские сейсмологи М.Бушон и М.Валье (M.Bouchon, M.Vallee; Университет им.Ж.Фурье и Геофизическая лаборатория в Гренобле).

До сих пор считалось, что скорость распространения сейсмического разрыва не может превышать скорость волн Релея — упругих поверхностных волн, которые свойственны относительно малые скорости, большая интенсивность и быстрое затухание с глубиной. В земной коре скорость волн Релея обычно составляет 0.92 скорости поперечных сдвиговых волн, т.е. находится в пределах 3—3.2 км/с, что характерно для хрупкой части коры. Лишь трещины сантиметровой величины, как показывали лабораторные эксперименты, могут распространяться со скоростями, превышающими релееву. (Правда, некоторые теоретические работы указывали на принципиальную возможность существенного превышения релеевой скорости разрыва и возможность достижения даже сверхзвуковых значений, но такие утверждения оставались в основном теоретическими.)

За год до мощного Куньлуньского события в том же регионе произошел еще один толчок магнитудой 5.4. Это позволило путем сопоставления определить скорость распространения звуков в литосфере. Согласно существующим моделям, мощность коры в обширном регионе, охватывающем Тибетское плато, составляет от 50 км в северо-восточной части КНР (сейсмостанция Пекин) до 65 км (Улан-Батор, Монголия). Точка эпицентра, по данным Геологического управления США, располагалась в координатах 90°32.4'в.д.; 35°57.0'с.ш., что указывает на общую дистанцию сдвига как близкую к 400 км. Причем в западном направлении он был сла-

бее (даже не очень заметным на поверхности), и значительного количества энергии здесь не выделялось. Глубина залегания гипоцентра определена близкой к 15 км.

Разделив 400-километровый разрыв на четыре условных стокилометровых отрезка, исследователи установили, что средняя скорость распарывания земной коры составляла 3.9 км/с, причем в ближайшем к эпицентру отрезке она близка к 2.4 км/с (ниже релеевской), а в остальных трех отрезках даже достигала максимума — около 5 км/с. Средняя скорость для трех первых отрезков оказалась равной приблизительно 3.7—3.9 км/с. Такие величины заметно превышают скорости сдвиговых волн, установленные для хрупкой части земной коры.

Science. 2003. V.301. №5634. P.729 (США); [www.sciencemag.org/cgi/content/full/301/5634/824/dc1](http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/301/5634/824/dc1)

## Сейсмология

### Сейсмические последствия террористической атаки

День 11 сентября 2001 г. вызвал не только волну негодования во всем мире, но и... сейсмические волны в земной коре, которые были зарегистрированы современными высокочувствительными приборами. Американские геофизики В.Я.Ким, Л.Р.Сайкс и Дж.Х.Армитейдж (W.Y.Kim, L.R.Sykes, J.H.Armitage) с коллегами из Обсерватории Ламонта и Доэрти по изучению Земли (Палисейдс, штат Нью-Йорк) собрали и проанализировали всю научную информацию, связанную с этим трагическим событием<sup>1</sup>. На сейсмозаписях отчетливо зафиксированы толчки, возникшие не только при обрушении самих башен Всемирного торгового центра, но даже при столкновении с ними самолетов. Такие данные оказались среди рутинных записей, сделанных в пяти окрестных штатах США, в частности на сейсмостанции Лисбон в штате

<sup>1</sup> Kim WY. et al // Eos, Transactions of the Amer. Geophysical Union. 2001. V.82. №47. P.565, 570.

Нью-Гэмпшир, в 428 км от места событий. Вместе с тем на ближайшей обсерватории в Палисейдсе (всего 34 км от места событий) почти никаких признаков сотрясения не обнаружилось.

Наиболее сильные толчки возникли при падении северной башни: оно вызвало локальное землетрясение магнитудой 2.3 по шкале Рихтера. Самыми мощными сейсмическими волнами оказались поверхностные; время их распространения и очередность «прибытия» в разные пункты способны многое сказать специалисту о среде, по которой они пробежали.

Исследователям удалось вычислить магнитуды толчков отдельно для каждого удара самолета о башню и для трех крупнейших эпизодов падения их структур на земную поверхность. Спектры шумов обоих толчков сходны между собой, но у северного максимальный пик (около 1 Гц) более отчетлив.

Еще в 70-х годах американские геофизики Дж.Андерсон и Дж.Дорман (J.Anderson, J.Dorman) изучали групповые волны с низкими скоростями, порожденные взрывами в каменоломнях<sup>1</sup>. Исследователей тогда интересовали пути распространения волн главным образом в пределах Ньюаркского бассейна, а также в районе оконечности о.Манхэттен, где их скорость несколько выше. По наблюдениям, наибольшее время распространения у короткопериодных волн Релея. Известно, что они активно возбуждаются только на поверхности или от неглубоко залегающих источников, как в случае с нью-йоркскими небоскребами. Андерсон и Дорман отметили тогда интенсивную латеральную (боковую) рефракцию (преломление) волн Релея, вызываемую контрастом между свойствами неглубоко залегающих слоев на границе высоко- и низкоскоростных пород оконечности о.Манхэттен и Ньюаркского бассейна. Анализ поляризации показал, что некоторые из волновых пакетов шли совсем не с тех направлений, которые

<sup>1</sup> Anderson J., Dorman J. // Bull. Amer. Seismol. Soc. 1973. V.63. P.1487.

предсказывались для случая их распространения по прямой (на станции Манхэттен интервал между двумя волнами достигал 10 с).

Сравнив сигналы, поступившие на станцию Палисейдс в результате падения северной башни небоскреба, и тех, что были зафиксированы во время слабоощутимого землетрясения 17 января 2001 г. по южную сторону о.Манхэттен, авторы выяснили: при схожих амплитудах и магнитудах их сейсмограммы были совершенно разными — волны Р (продольные) и S (поперечные) четко выделялись лишь при естественном землетрясении. Глубина залегания естественного очага (7 км) как бы подавляла возбуждение короткопериодных волн Релея, которые оказались столь заметными после падения небоскреба. Волны, возбужденные катастрофой Всемирного торгового центра, напоминают записанные региональными сейсмостанциями при обрушении одной из соледобывающих шахт западной части штата Нью-Йорк 12 марта 1994 г., когда магнитуда толчка составляла 3.6. Оба источника сотрясений сохраняли свою активность дольше, чем характерно для слабого землетрясения. Еще в 1993 г. тот же Торговый центр подвергся диверсии: грузовик с 0.5 т взрывчатки вызвал толчок, не зарегистрированный ни одной из сейсмостанций, даже находившейся всего в 16 км оттуда.

7 января 1983 г. вблизи г.Нью-Арк (штат Нью-Джерси) взорвалось крупное бензохранилище. Это событие вызвало продольные, поперечные, а также короткопериодные волны Релея ( $M=3$ ); последние оказались аналогичны тем, что возникли при падении северной башни, а времена поступления этих волн были сходны с зафиксированными при взрыве бензохранилища в 15 км от него на станции о.Манхэттен. Интересно, что эта станция тогда зарегистрировала и заметную атмосферную акустическую волну, очевидно, тоже связанную с данным событием. Какие-либо атмосферные микробарографические записи от по-

следствий крушения Всемирного торгового центра отсутствуют.

Исследователи надеются, что их работа окажется полезной как геофизикам-сейсмологам, так и строителям, которые сооружают новые высотные здания и стремятся уменьшить опасность, возникающую при естественных и противоестественных чрезвычайных обстоятельствах во всем мире.

© Силкин Б.И.

Геофизический центр РАН  
Москва

## Минералогия

### Гигантские кристаллы рудника Найка

В апреле 2000 г. рабочие серебряной шахты Найка — братья Элой и Жавьер Дельгадо — пробиwali очередной штрек на глубине 300 м. Шахта расположена в горах центральной части Мексики. Неожиданно в известняке вскрылась полость диаметром около 20 м. Температура чрезвычайно влажного воздуха в ней доходила до 65°C. По ее стенам косо нависали друг над другом огромные, похожие на древесные стволы, полупрозрачные кристаллы гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), сверкавшие, как разбитое зеркало. Месяц спустя рядом была обнаружена вторая такая же полость, несколько больших размеров. В дополнение к кристаллам-колоннам, достигавшим 15 м в длину и 1 м в диаметре, стены каверн покрывали кристаллические щетки метровой высоты.

В этом горном районе гипс имеет гидротермальное происхождение: из магматической камеры, находящейся на глубине 4—5 км, поднимаются к поверхности обогащенные серой и металлами горячие растворы; по пути сквозь трещины в известняке из них отлагаются полиметаллические руды (серебро, свинец, цинк и золото добывают в окрестностях шахты Найка с 1794 г.). Но в найденных кавернах эти растворы вымывают из карбонатных стенок большое количество кальция, который в свою очередь реагирует с содер-

жащимся в растворе сульфат-ионом. В результате образуются уникальные кристаллы гипса. По мнению Р.Вильяусо (R.Villasuso), руководителя геологоразведочных работ шахты Найка, в условиях, существующих в обнаруженных полостях, кристаллы гипса росли до своих нынешних размеров от 30 до 100 лет.

Поначалу администрация рудника, опасаясь вандализма, закрыла доступ в каверны, но сейчас делаются попытки организовать их посещение. Главным препятствием остаются жара и высокая влажность: люди могут находиться внутри без риска для здоровья буквально считанные минуты. По словам Р.Фишера, фотографировавшего кристаллы для американского Клуба исследователей (Explorers Club), «в каверну войти, как в раскаленную печь. Одежда мгновенно промокает от пота, а эмоции меняются от благоговения до паники. Минут через 6–10 наступает полная дезориентация...»

До сих пор крупнейшими природными кристаллами на Земле считались гипсовые кристаллы, найденные в 1910 г. здесь же, в районе шахты Найка.

The Explorers Journal. 2003. V.81. №1. P.10–13 (США).

## Климатология

### Прогноз Ла-Нинья не оправдался

В мае 2003 г. американские климатологические учреждения (как государственные, так и частные) опубликовали прогноз, согласно которому уже происходящее похолодание в тропическом регионе Тихого океана летом еще более усилится, что предвещает наступление крупномасштабного явления Ла-Нинья. Однако реальные события оказались диаметрально противоположными. В июле 2003 г. метеорологи США признали необходимость новых наблюдений и более осторожных предсказаний.

Надо отметить, что первоначальный прогноз грядущего Ла-

Нинья и связанных с ним событий (учащение ураганов в Атлантике, усиление зимних снегопадов на Аляске и др.) уже тогда прозвучал для многих специалистов несколько неожиданно. Правда, в марте температуры в тропических областях Пацифики действительно несколько понизились, но в апреле и мае снова выровнялись и к июлю предпосылки Ла-Нинья почти полностью исчезли. Это заставило метеоролога Э.Барнстона (A.Barnston; Международный институт климатологического прогноза при Колумбийском университете) отказаться от своей прежней оценки вероятности наступления Ла-Нинья как близкой к 55%. Ход событий, при которых зарождающееся явление Ла-Нинья «умерло» и сменилось тенденцией к Эль-Ниньо, он назвал «невероятным фактом».

Причина столь серьезного заблуждения, вероятно, в том, что в 2003 г. атмосферная циркуляция отличалась особой интенсивностью: над акваторией Индийского океана разразились чрезвычайно сильные грозы; несущие шторм облака, подчиняясь ветрам противоположного обычному направления, распространились почти по всей тропической Пацифике. Охлаждающее влияние глубинных вод ослабело, поверхность Тихого океана потеплела и наступление Ла-Нинья было сорвано.

Другой опытный прогнозист В.Коуски (V.Kousky; Центр прогнозов климата при Национальной метеослужбе США в Кемп-Спрингсе), который считал, что шансы наступления Ла-Нинья близки к 70%, теперь полагает, что при существовании множества воздействующих факторов некоторые из них непредсказуемы.

Science. 2003. V.301. №5631. P.286 (США).

## Климатология

### Климат Украины в XX веке

В.В.Ефимов и Е.В.Губанова (Морской гидрофизический институт, Украина) проанализировали хранящийся в Центре климати-

ческих исследований (Climate Research Unit Data Distribution Center) массив данных за 95 лет и дополнили их данными архивных наблюдений на метеостанциях Украины и судовых измерений в Черном море. На основе этого материала были определены изменения основных климатологических характеристик Юго-Восточного региона Европы на протяжении 20-го столетия.

Над сушей повышение средней январской температуры воздуха достигло 3°C. В соответствии с этим сократилось число дней с заморозками на почве (на четыре–восемь), повысилась абсолютная влажность воздуха в январе (на 10–25%). В восточных областях Украины увеличилось количество осадков (на 0.3 мм/сут). Летом проявились устойчивые тенденции роста температуры (в среднем на 1°) и влажности (на 5–10%); уменьшились интервалы суточных изменений температуры на 1–3°; на 0.2–0.6 балла повысилась облачность. Изменение средних величин повлекло за собой 5–10-кратный рост повторяемости экстремальных показателей. В летний сезон значения отдельных климатических параметров (влажности, суточного диапазона температур, облачности), повторявшиеся в начале века один раз в 50 лет, в конце века стали соответствовать средним величинам.

Для Черного моря выявлено аномальное понижение поверхностной температуры воды при отсутствии заметного тренда температуры воздуха зимой и значительном положительном тренде летом. Наиболее вероятной из возможных причин такой аномалии названо изменение толщины верхнего деятельного слоя.

Таким образом, в течение XX в. на территории Юго-Восточного региона Европы произошли заметные изменения всех основных климатических параметров, выходящие за пределы оценок глобальной изменчивости.

Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы докладов. М., 2003. С.388 (Россия).

## Климатология

### Климат Арктического побережья и Центральной Сибири

Л.С.Евсеева и О.И.Мочалова (Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова) сравнили произошедшие за последние 100–150 лет изменения климатических условий в прибрежной зоне Северного Ледовитого океана и в Центральной Сибири. Были проанализированы среднемесячные и среднегодовые ряды наблюдений за температурой воздуха по станциям: Мурманск, Архангельск, Кемь-Порт, Сыктывкар, Нарьян-Мар, Воркута, о.Диксон, Хатанга, Чокурдах, Ханты-Мансийск, Верхоянск, Тура, Оймякон. Это позволило выявить хорошо выраженные во времени и пространстве смены периодов потеплений и похолоданий, оказавшиеся синхронными на побережье и в Центральной Сибири.

С конца XIX в. до настоящего времени дважды наблюдалась смена холодных и теплых периодов. Потепление в течение примерно равных по продолжительности отрезков времени происходило в 1930–1940-х годах и в 1989–2002 гг., но в зоне побережья оно было значительнее в первой половине XX в., а в Центральной Сибири — в последние годы.

Наблюдаемое за последнее время потепление климата происходит в основном за счет сокращения холодного периода. В Центральной Сибири увеличилась продолжительность переходных сезонов, а летний период стал жарче и сократился до двух месяцев, что связано с трансформацией атмосферных циркуляционных процессов. Общее содержание озона в различные сезоны хорошо коррелирует с изменениями динамической ситуации в атмосфере. Для ряда рек Сибири прослеживается взаимосвязь процессов изменения климата с величиной речного стока.

Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы докладов. М., 2003. С.391 (Россия).

## Палеогеография

### Древнейшие люди Старого Света

На 72-м совещании Американской ассоциации физических антропологов (American Association of Physical Anthropologists — AAPA), состоявшемся в Темпе (Аризона, США, апрель 2003 г.), обсуждались новые данные о древнейших людях. Кроме американцев, участвовали специалисты из многих стран, а в докладах рассматривались разные аспекты антропологии, но мы остановимся лишь на тех, где затрагивались древнейшие находки *Homo*<sup>1</sup>.

По признакам, которые имел моляр, найденный в Стеркфонтейне (ЮАР), его обладатель был отнесен к плиоцен-плейстоценовым гоминидам, но таксономическая его принадлежность оставалась неясной. Ф.Е.Грайн (F.E.Grüne; Университет Стони Брук, США) с коллегами взяли для сравнения моляры трех видов горилл (*Gorilla gorilla gorilla*, *G.gorilla berengei*, *G.gorilla graueri*), приматов *Pan troglodytes*, *P.poniscus*, *Pongo pygmaeus*, а также *Australopithecus africanus*, *Paranthropus robustus*, *Homo ergaster*, *H.habilis* и *H.rudolfiensis*. Выяснилось, что изученный моляр принадлежит *Homo*, который стоит ближе к *H.habilis*, чем к *H.ergaster* или *H.rudolfiensis*. Возможно, этот зуб окажется самой древней из находок *Homo* в районе Стеркфонтейна.

Л.С.Бишоп (L.C.Bishop; Ливерпульский университет) с группой английских и американских специалистов при раскопках в Южной Канджере, на побережье оз.Виктория (Кения) обнаружили в слоях, датированных 2–2.6 млн лет назад, многочисленные остатки гоминид, фауны млекопитающих и артефактов олдувайской культуры. Все ископаемые имеют четкое стратиграфическое положение и хорошую анатомическую сохранность. Благодаря этому удалось применить различные методы экологического исследования.

Эти находки показали, что древнейшие носители олдувайской культуры заселяли открытые луговые пространства; а более поздние их стоянки приурочены к лесным местообитаниям. Теперь доказано, что олдувайский человек имел более широкие экологические границы распространения, чем принято думать.

Останки *Homo*, найденные в 2000 г. в песчаниках свиты Коби-Фора восточнее оз.Туркана (Кения), датированы по соотношению с возрастом туфового комплекса Коби-Фора временем между 1.5 и 1.6 млн лет назад. Находка отнесена к *H.erectus*, однако при этом ее отличия от типичных форм сближают данный экземпляр с находкой в Дманиси (Грузия). Д.Лордкипанидзе (Грузинский государственный музей в Тбилиси) сообщил, что палеонтологические, археологические, геохронологические и палеомагнитные данные позволяют датировать находку в Дманиси (шесть фрагментов черепа) около 1.7–1.8 млн лет назад. Ранее она считалась более молодой. Отмечается, что *Homo* из Дманиси ближе к ранним африканским *Homo*, чем к типичным азиатским *H.erectus* или раннеплейстоценовым европейским гоминидам. Морфологически и по возрасту *Homo* из Дманиси представляет собой звено, связующее гоминид Африки, Азии и Европы.

Время существования древнейших гоминид Индонезии еще дискутируется. Американские антропологи и геологи вместе с индонезийскими коллегами изучали ландшафты Центральной Явы, где обитал *H.erectus*. Самые древние из них — гравийные слои верхней части свиты Сангиран (древнее 1.58 млн лет) и конгломераты вышележащей свиты Бапанг (около 1 млн лет). Когда выяснилось, что эти грубообломочные отложения не дают материала для реконструкции среды обитания древнего человека, были изучены палеопочвы. В свите Бапанг они характерны для открытых пространств с травянистой растительностью, а в верхней части свиты Сангиран

типичны для заболоченных берегов озера; там сохранились и обломки стволов деревьев. Гоминиды Явы часто рассматривают как популяцию *H. erectus*. Ю.Кайфу (Yu. Kaifu; Национальный музей науки в Токио) с соавторами, исследовав зубы *Homo* из Сангирана, установили различия между древнейшими и более молодыми находками: самые древние примитивны по сравнению с *H. ergaster* из Африки, а более молодые имеют сходство со среднелепистоценовыми *H. erectus* Китая. Таким образом, на Яве уже в древности намечилось разделение двух ветвей *Homo*.

Различиям между *H. erectus* Африки и Китая посвятил свой доклад Д.Е.Хорвуд (D.E. Horwood), причем рассмотрел их не с антропологических, а с поведенческих позиций. Типы орудий, сырье, транспортировка ресурсов, расположение стоянок изучены им для разных этапов в контексте изменений окружающей среды. В Китае такие изменения были менее значительны, а в Африке *H. erectus* вынужден был из-за существовавшей конкуренции искать более эффективные пути использования ресурсов, делать более разнообразные орудия и совершенствовать социальные взаимоотношения.

Надо отметить, что на совещании было сравнительно мало докладов, посвященных древнейшему населению Китая. Удивительно, что и на XVI конгрессе ИНКВА, проходившем в 2003 г. и собравшем очень много китайских ученых, эта тематика почти отсутствовала. Исключение составляет, пожалуй, доклад Х.Ли, в котором был показан более древний возраст известных стоянок в Ниховани. Детальные палеомагнитные исследования позволили Ли дати-

ровать культурные слои стоянок Донггута и Сяочанлян около 1.25 млн лет вместо принятых до недавнего времени 0.9–1 млн лет<sup>1</sup>. Тенденция удревления поддерживается и другими китайскими исследователями: так, по данным Лу Теншэна (Lu Tungsheng), стоянка Сяочанлян имеет возраст даже более 1.25 млн лет, а каменным индустриям Дананг (?) и Фанчанг — около 2.5 млн лет<sup>2</sup>.

© Лаухин С.А.,  
доктор геолого-минералогических наук  
Москва

### Охрана окружающей среды

#### Канадская Арктика в опасности

Канадская Арктика, почти не затронутая человеческой деятельностью, входит в число регионов, наиболее подверженных экологическим нарушениям. Причина такого парадокса в том, что основные агенты, загрязняющие природную среду (например ДДТ, полихлорированные бифенилы), в холодном и влажном климате разлагаются крайне медленно и десятилетиями накапливаются в почве, атмосфере и воде.

В марте 2003 г. были подведены итоги исследований, выполнявшихся на протяжении 10 лет в рамках канадской государственной программы «Северное загрязнение» (ее бюджет составил 38 млн долл. США). Особую тревогу вызвали результаты наблюдений за состоянием здоровья 199 детей в возрасте до года, родившихся в эскимосском поселке Нунавик.

<sup>1</sup> XVI INQUA Congress. Abstracts. Reno, 2003.

<sup>2</sup> Lu Tungsheng et al. // Paleolithic Men's Lives and Their Sites. Chungbuk. 2003. P. 3–27.

Специалисты установили, что подверженность младенцев заболеваниям верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта четко коррелирует с содержанием пестицида ДДЕ в крови матери. Выяснилось также, что дети, рожденные женщинами, у которых в организме повышена концентрация полихлорированных бифенилов или тяжелых металлов (свинца и ртути), страдают нарушениями памяти: им необходимо большее время на запоминание информации.

В ряде районов Канадской Арктики в последние годы найдены не известные ранее агенты — полибромированные дифенилэфиры. Эти соединения, используемые в электронике, обнаруживают теперь в организмах всех млекопитающих — от кита до человека. Лабораторными исследованиями доказано, что у крыс они вызывают заболевания щитовидной железы; в Европе их применение запрещено, но в Северной Америке подобно закону пока нет.

Еще одна группа выявленных недавно вредных соединений — перфторированные кислоты (они входят в состав гербицидов, красок, пен для тушения пожара). Особенно опасно быстрое накопление сульфоната перфтороктана — например, у обезьян присутствие в организме этого вещества приводит к резкому снижению массы тела. Для белого медведя такое последствие смертельно опасно.

Специалисты призывают правительство Канады тщательно изучить итоги широкомасштабного обследования и немедленно приступить к исправлению опасной ситуации.

Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, 2003; Science. 2003. V.299. №5613. P.1642 (США).

# Быть собой и остаться собой

## Памяти Ю.А.Данилова

Член-корреспондент РАН Д.И.Трубецков  
*Саратовский государственный университет*

Нет больше с нами Юлия Александровича Данилова. Ушел из жизни мудрый, разносторонне талантливый человек, проживший далеко не простую жизнь в разных временах, оставаясь самим собой. Он представлял собой отдельную вселенную, в которую входили совершенно разные люди: от брюссельского булочника, о котором у него был замечательный устный рассказ, до Ильи Романовича Пригожина, относившегося к нему с искренним уважением, от школьника из Саратова и студента химфака МГУ до Даниила Семеновича Данина, которому он помог найти кентавров для его кентавристики, до Михаила Александровича Леонтовича, из уст которого прозвучала хвалебная фраза: «Сами говорите, что математик, но разговариваете не на их собачьем языке, а так, будто всю жизнь были физиком», и еще много-много разных людей, которых объединили его обаяние, тактичность, доброта, интеллект. В этой вселенной было знание практически всех европейских языков, три полки написанных и переведенных им книг (когда закончилась третья полка, он шутливо назвал это событие юбилеем), его блистательные статьи-эссе, его удивительные и по форме и содержанию лекции, его устные рассказы, которые можно было слушать часами.

Первое заочное знакомство с Ю.А.Даниловым-переводчиком — книги серии, посвященной занимательной математике, которые выходили в советское время в издательстве «Мир». Конечно, это «Математические новеллы», «Математические досуги», «Математические головоломки и развлечения», «А ну-ка, догадайся!», «Путешествие во времени» и другие сочинения Мартина Гарднера, переведенные с английского. Юлий Александрович любил своих авторов, о чем свидетельствуют написанные им предисловия к переводам. Вот, например, что он пишет о Гарднере. «Каждому, кто прочитал хотя бы одну книгу Мартина Гарднера, совершенно ясно, что ее автор — человек необычайно одаренный и увлеченный, великолепно владеющий пером и способный передавать свою увлеченность читателю... Эрудиция и обилие привлекаемого им свежего материала поражают не



Юлий Александрович Данилов (1936–2003).

только любителей, но и специалистов. При этом Гарднеру в высшей степени присуща особенность, отличающая, по мнению Я.И.Перельмана, истинного творца занимательной науки от ремесленника, — умение удивляться, видеть необычное в обычном» [1]. Написанное в полной мере относится к самому Данилову. Думаю, что Гарднер был близок ему и как неутомимый издатель и комментатор Льюиса Кэрролла, которого Юлий Александрович любил, знал, высоко ценил и пропаганди-





С участниками саратовской школы по нелинейным явлениям. 1990-е годы.

ровал. Чтобы убедиться в этом, достаточно прочитать его предисловие — гимн Кэрроллу и современной русской кэрроллиане — к книге Рэймонда М.Смаллиана «Алиса в стране смекалки» и его замечательную статью «Льюис Кэрролл как нелинейное явление» [2].

Перебираю стопку книг на столе: И.Леман «Увлекательная математика» — перевод с немецкого; Д.Бизам, Я.Герцег «Игра и логика. 85 логических задач» — с венгерского; Г.Штейнгауз «Задачи и мышления» — с польского; Д.Бизам, Я.Герцег «Многоцветная логика. 175 логических задач» — с венгерского; С.Страшкевич, Е.Бровкин «Польские математические олимпиады» — с польского; Э.Эббот «Флатландия», Д.Бюргер «Сферландия» (в одной книге) — с английского и голландского. Список языков перевода можно продолжить. На вопрос: «А зачем ты выучил венгерский?» — ответ: «Чтобы читать в подлиннике Реньи» — замечательного венгерского математика.

Книги были его жизнью, он любил их и умел привить эту любовь другим. Приезжая на конференции, привозил много книг и дарил их своим друзьям, удивительно точно угадывая их вкусы.

А еще его чемодан был полон конфет. На наших конференциях для школьников устраивались чаепития с лекторами. В комнату, где жил Юлий Александрович, набивались дети, приходили и взрослые, чтобы послушать его рассказы, задать вопросы, посоветоваться. И пили чай с московскими даниловскими конфетами...

У поэта Владимира Корнилова есть строчки, написанные как будто о Юлии Александровиче:

*Достается, наверно, непросто  
С болью горькой, острей, чем зубной,  
Это высшее в мире геройство  
Быть собой и остаться собой.*

*Устоять среди потока и ветра,  
Не рыдать, что скисают друзья,  
И не славить, где ругань запретна,  
Не ругать там, где славить нельзя.*

Это было главным в нем. Он тяжело переживал любую несправедливость и вступал в борьбу со злом без раздумий. Иногда с убийственной иронией звучали его вежливые фразы: «Это вы так думаете»; «ваше мнение для нас особенно ценно».

Конечно, в нем были черты Дон Кихота, но его шпагой были энциклопедичность знаний, тонкий юмор и ирония, чувство ситуации и доброта, доброта, доброта.

Его удивительный юмор, по счастью, сохранился не только в устном фольклоре школ и конференций, но и в книгах, и в статьях. Чего стоит эпиграф к его замечательной книжечке «Многочлен Чебышева», которая начинается так: «Знаете ли вы, что такое многочлен? Нет, вы не знаете, что такое многочлен. Простота знакомого всем определения многочлена обманчива». А эпиграф из «Веселой семейки» Н. Носова сразу заставляет прочитать книгу, которая выходит сейчас вторым изданием в издательстве «Едиториал УРСС»: «Мишка такой человек, ему обязательно надо, чтоб от всего была польза. Когда у него бывают лишние деньги, он идет в магазин и покупает какую-нибудь полезную книжку. Один раз он купил книгу, которая называется «Обратные тригонометрические функции и полиномы Чебышева». Конечно, он ни слова в этой книжке не понял и решил прочитать ее потом, когда немножко поумнеет. С тех пор эта книга лежит у него на полке — ждет, когда он поумнеет.»

Известен и его великолепный розыгрыш редколлегии одного издания, в редакцию которого пришло письмо от ученика физико-математической школы Пети Васечкина с новой интерпретацией сказки Андерсена «Новое платье короля». Пете в школе замечательный учитель рассказывал о фракталах, и талантливый мальчишка неожиданно понял, «что события, изложенные Андерсеном, могут быть истолкованы совершенно иначе. Представьте себе, что в город, где жил король-щеголь, прибыли два искуснейших мастера, умевших вышивать по тончайшей ткани прекрасные фрактальные узоры. Ткань была тончайшая, узоры едва видимыми, и у неискушенного наблюдателя вполне могло создаться впечатление, что нет ни ткани, ни узоров. А поскольку линии узоров имели бесконечную длину (ведь узоры были фрактальными), ясно, что никакого запаса шелка и золота в королевстве не могло хватить. Но не станешь же объяснять свою правоту всем профанам! Вот мастерам и пришлось попросту дать деру. Народ действительно видел сквозь тонкую ткань голого короля, потому что ничего не знал о фракталах. И со страху молчал. А мальчишка, во всеуслышанье заявивший, что король голый,

тоже не подозревал о фракталах. Но он крикнул, потому что был смелый. Мне кажется, что именно Андерсена мы должны считать первым человеком, осознавшим феномен фракталов, хоть это слово и придумал значительно позднее Бенуа Мандельброт.

Дорогая редакция! Как по-вашему, имеет ли право на существование моя интерпретация? Жду ответа, как соловей лета. Петя Васечкин».

Редколлегия, конечно, угадала в Пете Васечкине Юлия Александровича Данилова и откликнулась добрыми и справедливыми словами в его адрес.

«Только Юлий Александрович Данилов знает все про фракталы. А все, к примеру, что мы знаем про Пригожина и его идеи, мы знаем только от Юлия Александровича, потому что он его и других умных людей для нас переводит. Сейчас, по слухам, готовит новый перевод Шредингера «Жизнь с точки зрения физика». Беспokoить его нашими догадками мы не сочли возможным».

Сейчас книга вышла, и Юлий Александрович нашел в оригинале новые тонкости и новые детали по сравнению с известным переводом. Он действительно знал все про фракталы и очень обрадовался, когда при последней встрече я подарил ему копию статьи о фрактальном исследовании картин известного американского художника-абстракциониста Поллака [3].

Мы познакомились с Юлием Александровичем на одной из горьковских школ «Нелинейные волны», по-моему на той, где он прочитал великолепную лекцию «Льюис Кэрролл как нелинейное явление», и быстро подружились. Он умел дружить: звонил именно тогда, когда этот звонок был нужен, делал надпись на подаренной книге такую, что сразу становилось легче, мягко отвлекал от грустных мыслей своими рассказами. Вот передо мной его последний подарок — переведенная им книга чилийцев В.Матурана и Ф.Х.Варела «Древо познания». Он знал, что я переживаю непростые дни, устав от предательства людей, которым верил, устав от давления власти. Поэтому на книге надпись: «Дорогой Дима: в Библии сказано: “И это проходит”. 9.10.2003». Да, все проходит. Не пройдет только боль от того, что не услышишь в телефонной трубке его голоса, что не увидишь его доброй улыбки, не услышишь его лекций. Увы, ворон каркнул: «Nevermore».

Нас особенно сблизил «Нелинейные дни в Саратове для молодых», где он читал лекции и беседовал за вечерним чаем со школьниками, студентами, молодыми преподавателями и друзьями-коллегами. Беседы о науке, о жизни затягивались часто до глубокой ночи. Именно на этих школах прозвучали его лекции о Мандельштаме, Фарадее, Максвелле, Минковском, Перельмане, Галилее, Кеплере. Он рассказывал о фракталах, об автомодельности, о разных маятниках, о том, как в библиотеке МГУ отыскали «Начала» Ньютона.

Кстати, он был членом общества SIN (сэр Исаак Ньютон) и весьма забавно рассказывал, как впервые увидел портрет Ньютона без парика («Довольно противный тип»). Он не мог простить Ньютону его отношения к Гуку, в частности того, что Ньютон уничтожил все портреты Гука после его смерти, а, возможно, и украл закон всемирного тяготения.

На одной из школ Юлий Александрович читал цикл лекций «Самоподобие и хаос. Золотое сечение»; «Последовательность Морса-Туэ» и «Квазикристаллы». Первую лекцию он начал с изложения трех правил У.Шокли, относящихся к чтению лекций: 1) расскажите им то, что вы будете рассказывать; 2) изложите содержание лекции; 3) расскажите то, что вы рассказали. Данилов блестяще использовал эти правила при чтении лекций. На знаменитых нижегородских школах «Нелинейные волны» он всегда получал призы как лучший лектор.

Приезжал он и на школы по хаосу и даже на наши электронные школы. Юлий Александрович говорил, что ездит только в два города — Брюссель и Саратов. После первого приступа тяжелого заболевания он оставил себе только «Нелинейные дни», отказавшись в прошлом году от поездки к Пригожину, совпавшей по времени с нашей школой. Он умел создать впечатление, что мы вместе ходим по Брюсселю и вместе беседуем с разными людьми: с мальчишкой — торговцем фруктами, с хозяином магазина всяких необычных вещей, с директором школы, поднимающимся по пожарной лестнице; с хранителем библиотеки, который в знак уважения к тому, что профессор читает письма Эйнштейна к королеве, подкладывает ему на стол лупу; с двумя продавцами в книжном магазине — пожилой дамой и молодой девушкой, — которые встречали и провожали его как родного... Помню его рассказ о том, как к Пригожину приехал очередной иностранный гость, и секретарь мэтра Надин посоветовала обратиться к Юлию Александровичу за ответом на вопрос: «Что посмотреть в Брюсселе?» Она лукаво заметила: «Мы спим по ночам. Спросите у него». Да, он не спал по ночам: днем он работал, а ночью изучал Брюссель. Некоторые эпизоды его брюссельской жизни запомнились.

Прочитаны лекции во французском университете. Очередь за фламандским, что через дорогу. Читать на фламандском? Изящный выход из положения: «Господа! Я великий странник в этом мире, и уже путаюсь, на каком языке должен читать лекцию, поэтому я буду читать на современной латыни — на английском». Потом кто-то из местных профессоров говорил ему: «Правильно, разве можно читать на этом собачьем языке».

Юлий Александрович покидает Брюссель. Тяжеленные от книг чемоданы, которые могут раскрыться или даже порваться при транспортировке. Таможенник: «Что у вас там, месье?» — «Кни-

ги». — «О!» И чемоданы обклеиваются лентами с надписью «Таможня Бельгии». Теперь за сохранность книг можно не беспокоиться.

К Данилову подходит молодой человек и представляется внуком одного из российских эмигрантов первой волны. «Дед, наслышавшись о вас, хочет поговорить на хорошем русском языке, что так редко сейчас». И замечательный разговор со старым русским, который до сих пор тоскует о Родине.

Юлий Александрович необычайно много сделал, чтобы издавалась серия «Классики науки». Гамильтон, Гейзенберг, Эйлер... Он много сделал и для издательств «Мир» и «Наука». Передо мной книга «Лекции по нелинейной динамике» — курс лекций, который он читал в МИФИ, МГУ и университетах Западной Европы. Это книга математика с четким и точным изложением основных понятий, немного сухая. Но он подготовил и другой, расширенный вариант. Он не успел его издать. Думаю, что сделать это надо нам — его друзьям и коллегам.

Юлий Александрович много сделал для популяризации науки, не только переводами книг, но и работая в журналах «Знание — сила» и «Природа». Его эссе «Нелинейность» в «Знание — сила» невозможно пересказывать, столь вдохновенно оно написано. Запомнились и придуманные им для этого журнала страницы с рисунком и кратким описанием того или иного физического явления.

В предисловии Данилова к статье Дж.фон Неймана «Математик», опубликованном в журнале «Природа», есть такие слова, принадлежащие известному математику С.Уламу: «Причина его неуемной любознательности крылась в некоторых математических мотивах и в значительной мере была обусловлена миром физических явлений, который можно судить, еще долго не будет поддаваться формализации...» [4]. Думаю, эти слова в полной мере относятся к Юлию Александровичу. В частности, неуемной любознательностью объясняется и то, что он был одним из вдохновителей семинара «Синергетика», заседания которого проходили в МГУ и собирали аудиторию различных специалистов.

Он сделал необычайно много для развития нелинейной динамики в России своими замечательными статьями и переводами многих сборников и монографий, занимая в этой области огромный ареал, который сейчас опустел.

## Литература

1. Гарднер М. Путешествие во времени. М., 1990. С.5.
2. Данилов Ю.А. Льюис Кэрролл как нелинейное явление // Изв. высш. уч. зав. Прикладная нелинейная динамика. 1997. Т.4. №1. С.119—125.
3. Тейлор Р. Искусный хаос // В мире науки. 2003. №4. С.70—75.
4. Данилов Ю.А. Математик Дж.фон Нейман и его «математик» // Природа. 1983. №2. С.86—87.

В октябре этого года в Саратове на его любимых «Нелинейных днях» мы виделись мало, поскольку я метался между санаторием «Волжские дали» и Москвой. Поговорили только 12 октября. Я обратил внимание, что он дважды рассказал о похоронах отца, о том, как он в нужном порядке раскладывал его ордена, как небрежно обит был гроб... Как всегда он говорил о своей семье, которую нежно любил. Вспомнил историю, как с еще маленькой Аней ехал в поезде и его попутчиком оказался какой-то высокий морской чин. Тот стал задавать Ане всякие вопросы по морскому делу и был потрясен ее знаниями. Потрясение достигло наивысшего предела, когда на вопрос: «Кто твой папа?», девочка ответила: «Адмирал».

Мы обнялись на прощание и договорились, что встретимся здесь же через год.

И вот 28 октября. Церемониальный зал госпиталя. Впервые я увидел его в костюме, он любил мягкие куртки, джинсы и ковбойки. Много людей, много добрых слов, которые лучше было бы сказать при жизни. Александр Кушнер написал:

*Ушел от нас... Ушел? Скорее убежал.  
Внезапный смерти вид побег напоминает.  
Несъеденный пирог, недопитый бокал.  
На полуслове оборвал  
Речь: рукопись, как чай, дымится, остывает.*

*Не плачьте. Это нас силком поволокут,  
Потащат, ухватив за шиворот, потянут,  
А он избавился от пут  
И собственную смерть, смотри, не счел за труд  
Надеждой не прельщен; заминкой не обманут.*

Ушел из жизни человек, который светил людям, но не только светил — его свет был теплым, он грел. В терминологии Данина Юлий Александрович Данилов — удивительное явление даже для кентавристики, поскольку в нем гармонично сочеталось много несочетаемого. По его собственной терминологии, он, несомненно, — нелинейное явление.

Перечитываю предисловие к моей книге «Синергетика. Колебания и волны» под названием «Предисловие друга автора», слышу его голос, вижу его. Я и все мы потеряли близкого человека. Должно пройти время, чтобы мы все поняли, кого потеряли. Замены нет. Потеря невозполнима.

# Путешествие к Красной планете

А.Г.Тоточава,  
кандидат физико-математических наук  
Москва

В Солнечной системе сейчас нет места более романтического, чем планета Марс, на поверхности которого побывало больше аппаратов, чем в Марианской впадине. Однако наше отношение к нему уже стало меняться: слишком много технических подробностей поступает от космических зондов, слишком узки профессиональные интересы тех, кто рассказывает нам сегодня о Марсе.

Первопроходцы увидели поверхность этой планеты и первыми попытались понять ее природу. Героический период в исследовании Марса с Земли занял примерно столетие — с середины XIX до середины XX в. Были моменты, когда весь просвещенный мир только о Марсе и говорил. Например, всеобщий интерес вызывали марсианские каналы, дискуссия о природе которых вышла далеко за рамки научных публикаций. В 1898 г. была написана «Война миров» Г.Уэллса — роман о нашествии марсиан на Землю. Английский литератор создал свой шедевр под влиянием последних на тот момент астрономических открытий. Очарование Марсом еще долго не оставляло великих писателей: «Аэлита» А.Толстого (1923), «Марсианские хроники» Р.Брэдбери (1950), «Путь марсиан» А.Азимова (1955). В те годы каждое сближение Марса с Землей, называемое в астрономии противостоянием, вызывало новый

всплеск интереса к Красной планете. Особенно долгожданными были великие противостояния, подобные случившемуся в 2003 г.

Начало космической эры открыло эпоху героического прорыва к Марсу (1960—1976 гг.), когда СССР и США боролись за право первого полета, первой посадки и прочие «первые места» на пьедестале космонавтики. С середины 90-х началось планомерное изучение этой все еще загадочной планеты, более других по условиям поверхности напоминающей Землю и разочаровавшей отсутствием долгожданных марсиан.

Конечно, сегодня Марс уже не так привлекает фантастов, но для ученых именно сейчас он становится передовым рубежом практической работы. Марс более изучен, чем дно Мирового океана или поверхность близкой к нам Луны. И чем детальнее мы знакомимся с Марсом, тем больше обнаруживается привлекательного для самых разных специалистов. В ближайшие годы деятельность многих инженеров, геологов и даже журналистов окажется связанной с Марсом. Поэтому самое время вспомнить, как все начиналось, какие прорывы и заблуждения были на этом пути, как выглядит эта сравнительно небольшая планета, ареографию которой мы скоро будем вынуждены учить так же подробно, как географию Земли.

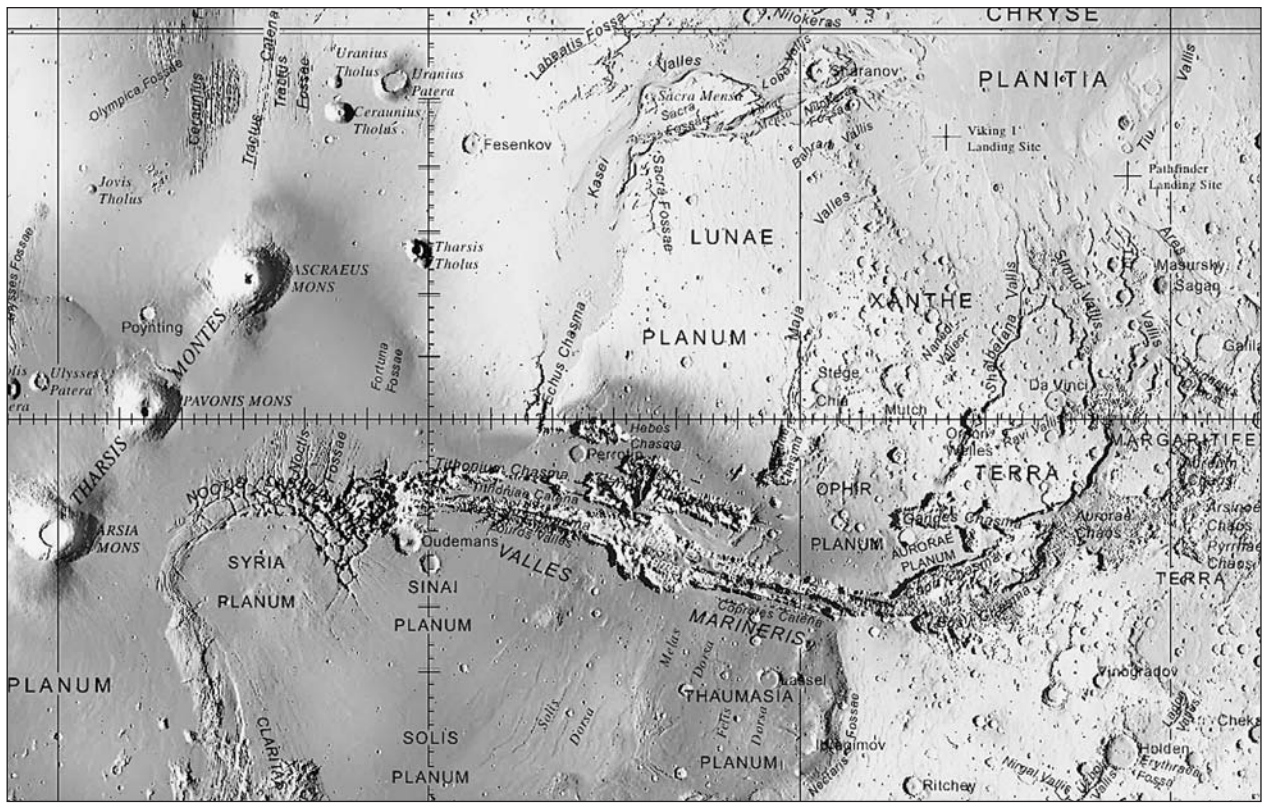
Знакомство с планетой можно начать с книги «Марс: вели-



МАРС: великое противостояние. Ред.-сост. В.Г.Сурдин.

М.: Физматлит, 2004. 224 с.

© Тоточава А.Г., 2004



Поверхность Марса с орбитального аппарата «Mars Global Surveyor» (НАСА).

кое противостояние», подготовленной астрономами для широкого круга читателей. В самом ее названии заключено сразу несколько драматических марсианских тем, или тройное противостояние: это дискуссии в отношении к марсианским каналам, борьба фантазии и фактов по поводу жизни на Марсе и, наконец, это война астрономов с астрологами, обострившаяся в год великого противостояния Марса. Но вопреки мрачным предсказаниям, 2003 г. предвещает счастливый период для космической науки: новые мощные автоматы начинают сейчас изучать поверхность планеты, обещая много интересных и неожиданных находок. Следить за их работой помогут сопровождающие эту книгу карты Марса, составленные американскими и российскими специалистами.

В книге собраны многочисленные изображения поверхности планеты, как классические,

так и современные. Описаны названия форм марсианского рельефа, дана старая и новая номенклатура. Приведены списки наиболее примечательных деталей поверхности, положения крупных образований рельефа, в частности, всех кратеров диаметром более 100 км. Собранные результаты современных исследований планеты, новейшие топографические карты и фотографии ее поверхности, полученные в августе 2003 г. В обширных цитатах, взятых из произведений знаменитых астрономов, рассказана история открытия и изучения марсианских каналов, по сей день хранящих свою загадку.

Среди авторов книги классики астрономии — француз Н.К.Фламарион (1842—1925), американец П.Ловелл (1855—1916) и франко-американец Жде Вокулёр (1918—1995). История исследований Марса и дискуссий о природе его по-

верхности представлена выдержками из книг известных британских ученых: Дж.Гершеля (1792—1871) и Г.С.Джонса (1890—1960), а также российских астрономов, профессоров Московского университета, П.К.Штернберга (1865—1920) и И.Ф.Полака (1881—1954). На их глазах началось исследование марсианских каналов, отмеченное двумя великими наблюдателями-астрономами, итальянцем Дж.Скиапарелли (1835—1910) и греко-французом Э.Антониади (1870—1944). Современная работа над картами Марса и поиск воды на его поверхности описаны в статьях московских астрономов, Ж.Ф.Родионовой и Л.В.Ксанфомалити, известных своими научно-популярными публикациями. История противостояний Марса и изучение планеты автоматическими аппаратами рассказаны составителем книги В.Г.Сурдиным. ■

## Естествознание

**И.А.Резанов.** ЖИЗНЬ И КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ. М.: Агар, 2003. 240 с.

Чтобы понять будущее и оценить влияние человека на окружающую его природу, необходимо оглянуться на прошедшие века.

Книга стала итогом многолетних размышлений автора (каменную летопись Земли он изучает уже 50 лет). Как специалист-геолог он хотел показать, что многие кардинальные проблемы истории Земли нуждаются в пересмотре.

Автор стремился дать предельно объективное толкование всем неординарным явлениям в жизни нашей планеты, привести альтернативные точки зрения, оценить масштабы влияния каждого из предполагаемых источников отрицательного воздействия на эволюцию биосферы. Но не следует исключать и возможность положительных сдвигов в эволюции, вызванных колебаниями природных условий. Так, эпизодически возникавшие на Земле ледниковые периоды стали стимулом к появлению более совершенных механизмов жизнедеятельности и более эффективной эволюции бактерий, животных и даже человека.

## История науки

**В.Н.Танасийчук.** ПЯТЕРО НА РИО ПАРАГВАЙ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2003. 253 с.

За несколько месяцев до начала первой мировой войны пятеро молодых петербуржцев (биолог И.Д.Стрельников, зоолог Н.П.Танасийчук, этнографы Г.Г.Манизер, Ф.А.Фиельструп и С.В.Гейман) отправились в Южную Америку, намерева-

ясь собрать этнографические и зоологические коллекции для русских музеев. За полтора года странствий по малоисследованным областям Бразилии, Аргентины, Парагвая, Чили им пришлось испытать немало трудностей и опасностей. В итоге отважное предприятие увенчалось успехом и в Россию были доставлены ценнейшие научные материалы. Путно один из путешественников, Г.Г.Манизер, описал драматическую историю первой российской экспедиции во внутренние районы Бразилии (1821—1829), руководимой естествоиспытателем, этнографом и дипломатом академиком Г.И.Лангсдорфом.

Повесть основана на документальных событиях.

## История науки

ИСТОРИКО-АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Вып. 28. Отв. ред. Г.М.Идлис. М.: Наука, 2003. 355 с.

Очередной, 28-й, выпуск сборника, подготовленный Институтом истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН, содержит публикации по истории отечественной и мировой астрономии. Как и все предыдущие выпуски, он тематически подразделяется на несколько основных разделов: «Астрономия и космология XX века», «Исследования и находки», «Астрономия и общество», «Космические исследования», а также «Палеоастрономия», «Астрономия средневековой Руси», «Российская астрономия XVIII века». Сборник включает материалы дискуссий, посвященных Фазтону — планете Ольберса, и описание научных революций в точном естествознании.

Среди наиболее интересных тем этого выпуска — Пе-

тербургская академия наук XVIII в. и ее роль в распространении ньютоновства; жизнь и достижения выдающегося астрофизика XX в. С.Чандрасекара; современные представления о динамике планетных колец; история исследования космического пространства; полярные сияния как космологический образ древней мифологии; история астрономии Южной Америки и многое другое.

## История науки

**М.В.Пропп.** НОМО NATURALIS. Кто мы? Зачем мы? Куда идем? М.: Лабиринт, 2003. 320 с. (Из сер. «Человек: между прошлым и будущим».)

Кто мы по своей природе? Почему мы такие? В направлении какого будущего движется человечество? На эти и другие вопросы отвечает книга. Слово ученого, размышляющего о корнях человека как биологического вида, на фоне разнообразных культурологических трактовок звучит непривычно. Научный подход автора к человеку превращается в философию современной науки, изложенную доступным даже неспециалисту языком.

Автор книги — доктор биологических наук, профессор — один из пионеров подводных исследований в нашей стране. Более 40 лет он работал на глубинах всех океанов, участвовал в экспедициях в те годы, когда были совершены самые значимые открытия в отечественной морской биологии.

Эта книга не исследование и не результат научной работы автора по изучению морской биологии. Это набор эссе, связанных общей идеей, итог размышлений о науке и ее месте в обществе, о ее значении в жизни человека.

# Неизвестный исследователь Арктики

В.А.Волков,

кандидат исторических наук

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

Просматривая старые номера журнала, я обнаружил рецензию О.Ю.Шмидта на только что вышедший в Германии капитальный труд Л.Л.Брейтфуса «Исследование крайнего Севера Евразии. 30 лет исследовательской и культурной работы на Северном Ледовитом океане. 1898—1928 гг.» (см.: Природа. 1930. №4). «Автор, один из видных наших деятелей по изучению Севера», — писал рецензент, его работа «составляет ценный вклад в нашу литературу о Севере и было бы желательно появление ее на русском языке».

В Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона помещена биографическая справка о Брейтфусе. Оказалось, что он зоолог и гидрограф, в 1892—1897 гг. занимался в Берлинском университете, получил степень доктора философии за работу по арктической морской фауне. С 1898 г. работал в Мурманской научно-промышленной экспедиции [1]. Дальнейшие поиски я провел в Государственном архиве Российской Федерации (ГАРФ), где сохранились интересные документы, представляющие Брейтфуса как неутомимого исследователя Арктики.

Имя Леонида Львовича Брейтфуса (1872—1950) мало

что говорит широкому кругу читателей. Причина, очевидно, в том, что, покинув Россию, с 1921 г. он жил в Германии, где и скончался.

2 февраля 1926 г. профессор зоологии К.М.Дерюгин [2] обратился к управляющему делами Совнаркома СССР Н.П.Горбунову с письмом, в котором сообщал: «Проездом через Берлин я виделся на днях с Л.Л.Брейтфусом, который состоит членом “Internationalen Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktik mit dem Luftschiffe”. По его словам, правление этого Общества обратилось в Москву с предложением назначить трех представителей от России для участия в работах этого Общества. Может быть, до Вас дошло известие об этом. Полагаю, что в интересах дела было бы весьма желательно одним из представителей назначить Л.Л.Брейтфуса. Он живет в Берлине и недавно опубликовал большую работу по истории полярных исследований. В настоящее время он получил паспорт гражданина РСФСР и очень хочет хотя бы работать по установлению научных связей между Россией и Германией. Советское правительство неоднократно обращалось к нему по некоторым вопросам <...>».

Если Вы в курсе дела об участии представителей СССР в Об-



Л.Л.Брейтфус. 1936 г.

шестве по исследованию Арктики на воздушном корабле, то мои сведения о согласии Брейтфуса принять участие в работе Общества может быть будут не бесполезны. Л.Брейтфус вообще охотно берется реферировать наши различные исследования для немецкой научной литературы» [3].

Письмо Дерюгина написано на бланке Зоологического кабинета Ленинградского университета. К нему приложена «Краткая биография» Брейтфуса, написанная в Берлине 11 декабря 1925 г. Вот ее полный текст:

«Леонид Львович Брейтфус, сын портных дел мастера, родился в Петербурге. Среднее образование получил в Петропавловском лютеранском училище по классическому отделению. Затем занимался самообразованием и собирался в университет по естественным наукам, увлекался философией и социальными науками и, так как был не чужд по части просвещения рабочих, был арестован и привлечен к ответственности по делу Павла Точисского\* и его кружка. Отсидев с апреля по ноябрь 1889 г. в одиночном заключении в Крестах на Выборгской, отправился за границу. В Германии и отчасти в Швейцарии предался изучению естественных наук, причем в Берлине у профессора Ф.Э.Шульце занимался зоологией и опубликовал целый ряд работ по известковым губкам. Занимался также и океанографией и метеорологией, оставив совершенно интерес к общественным наукам. В 1898 г. получил приглашение в Мурманскую научно-промысловую экспедицию, учрежденную для работ в Северном Ледовитом океане. С 1898 по 1901 г. работал ассистентом экспедиции, а с 1902 по 1908 г. начальником. За время своей службы,

помимо программных научных и международных работ, выполнил ряд практических мероприятий, как то: сделал промеры промыслового пространства, организовал «Промысловый телеграф», сообщающий о ходе рыбы и наживки, ценах, погоде и т.п.; организовал спасательные станции с парусными крейсерами; построил для промышленников бани; утвердил в Александровске при Экспедиции общежитие для детей колонистов, посещающих школу, и пр. По всем действиям имеются печатные работы. С 1908 г., т.е. с момента ликвидации экспедиции и до начала революции, получил от Министерства земледелия средства на обработку и опубликование результатов работ экспедиции. С 1902 по 1910 г. я, кроме того, состоял уполномоченным по Мурманским спасательным станциям Общества спасения на водах и ведал их работой.

В 1912 г. был командирован Управлением торговых портов в Белое море и Северный Ледовитый океан для устройства там гидрометеорологических станций. Тогда же был приглашен на службу в Главное гидрографическое управление на пост начальника гидрометеорологической части. Служа в Управлении и работая в разных комиссиях по вопросам Севера, дожил до великого переворота и уже советским правительством был в июне 1918 г. командирован в г.Александровск. Командировка эта имела целью восстановление Мурманской биологической станции, пострадавшей от реквизиции морских ведомств во время войны. <...> В марте 1920 г. был командирован в Норвегию для снаряжения экспедиции в помощь ледоколу «Соловей Будимирович».

Моими трудами, при содействии профессора Ф.Нансена и капитана Шеклтона был получен из Англии ледокол «Святогор» и на нем совместно с капитаном О.Свердрупом совершена экспедиция в Карское море ле-

том 1920 г. Ледокол был найден во льдах. Снабжен углем и направлен в Архангельск. Об успешности этого мероприятия свидетельствует радиотелеграмма народного комиссара Г.В.Чичерина от 20 июня 1920 г., а также мой отчет [4] и статья в норвежской печати. По возвращении из Карского моря на «Святогоре» в Норвегию, мне предстояла ликвидация экспедиции, а также исполнение некоторых поручений, полученных от Академии наук по делам исследований на Севере. Мне пришлось пробыть в Христиании до октября 1921 г., но в это же время я посетил Берлин и был здесь зачислен работником Зоологического музея. Возвращаться в Россию в то время из-за голода я не решился. В конце 1921 г. я переехал в Берлин и с тех пор так и живу в нем безвыездно, занимаясь научно-литературной деятельностью. Особенно близко прикоснулся я к СССР с 1923 г., когда стал принимать близкое участие в работах Международного общества по исследованию полярной области с помощью воздушного корабля (проект капитана Брунса). На этой почве у меня возникла довольно значительная переписка с русскими учеными и учреждениями, особенно с Ленинградом. В самое последнее время мною опубликован в «Ergangung heft der Petermans Geographischen Mitteilungen» за 1925 г. обзор всех полярных исследований, проведенных с 1912 по 1924 г. Из этого обзора усматривается, какое громадное количество научных работ было произведено русскими.

В будущем году исполнится 30-летний юбилей моей ученой деятельности на пользу Русского Севера и, чувствуя в себе еще немало сил для дальнейшей работы, мне хотелось бы и впредь быть полезным своим опытом и знаниями на этой полярной ниве.

В общей сложности я имею на русском и иностранных языках до 120 печатных работ, касающихся исключительно науч-

\* Точиский Павел Варфоломеевич (1864—1918) — организатор и руководитель «Товарищества Санкт-петербургских мастеровых», одной из первых марксистских организаций в России, действовавшей в 1885—1888 гг.



ных вопросов по океанографии, метеорологии, биологии, рыболовству, тюленьему промыслу преимущественно на нашем Севере.

Л.Брейтфус» [5]

Брейтфус опубликовал статью «Проект капитана Брунса трансарктического воздухоплавания из Европы в страны, лежащие к югу от Берингова пролива, а также организации с помощью воздушного корабля гидрометеорологической службы России и Сибири» (см.: Природа. 1924. №7—12).

О дальнейшей судьбе Брейтфуса рассказывается в статье С.В.Попова [6]. С 1931 г. Брейтфус руководил подготовкой, а затем обработкой материалов, собранных международной экспедицией в Советскую Арктику на дирижабле «Граф Цеппелин». С приходом Гитлера к власти Международное научное общество по изучению Арктики воздушными средствами прекратило существование. Подготовленный Брейтфусом «Обзор полярных путешествий», содержащий сведения о 3 тыс. полярных экспедиций, снабжен-

ный систематическим указателем, содержащим 35 тыс. литературных источников, и множеством карт, сгорел во время пожара в издательстве. Его многолетний труд «Промыслы Арктики», над которым он работал в 1938—1943 гг., также погиб при штурме Берлина 1945 г. Последние годы жизни Брейтфус работал в Гидрографическом институте в Гамбурге. После смерти он оставил 82 печатных работы, посвященные Северной и Южной полярным областям, мемуары, написанные на немецком языке. ■

## Литература

1. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Биографии. Т.2. / Отв. ред. В.М.Карев, М.Н.Хитров. М., 1992.
2. Соловьев М.М. Памяти профессора К.М.Дерюгина // Природа. 1939. №3. С.37.
3. ГАРФ. Ф.5446. Оп.37. Д.48. Л.111—112.
4. Брейтфус Л.Л. // Записки по гидрографии. 1921. Т.3. С.119—127.
5. ГАРФ. Ф.5446. Оп.37. Д.48. Л.211—212.
6. Попов С.В. // Земля и Вселенная. 1990. №5. С.47—50.

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь  
**Е.А.КУДРЯШОВА**

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

Литературный редактор  
**М.Я.ФИЛЬШТЕЙН**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Младший редактор  
**Г.С.ДОРОХОВА**

Перевод:  
**П.А.ХОМЯКОВ**

Набор:  
**Е.Е.ЖУКОВА**

Корректоры:  
**В.А.ЕРМОЛАЕВА**  
**Е.А.ПИМЕНОВА**

Графика, верстка:  
**Д.А.БРАГИН**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:  
Российская академия наук,  
президиум  
Адрес издателя: 117997,  
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,  
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (095) 238-26-33  
Подписано в печать 13.02.2004  
Формат 60×88 1/8  
Бумага типографская №1,  
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,  
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2  
Заказ 8113  
Набрано и сверстано в редакции

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