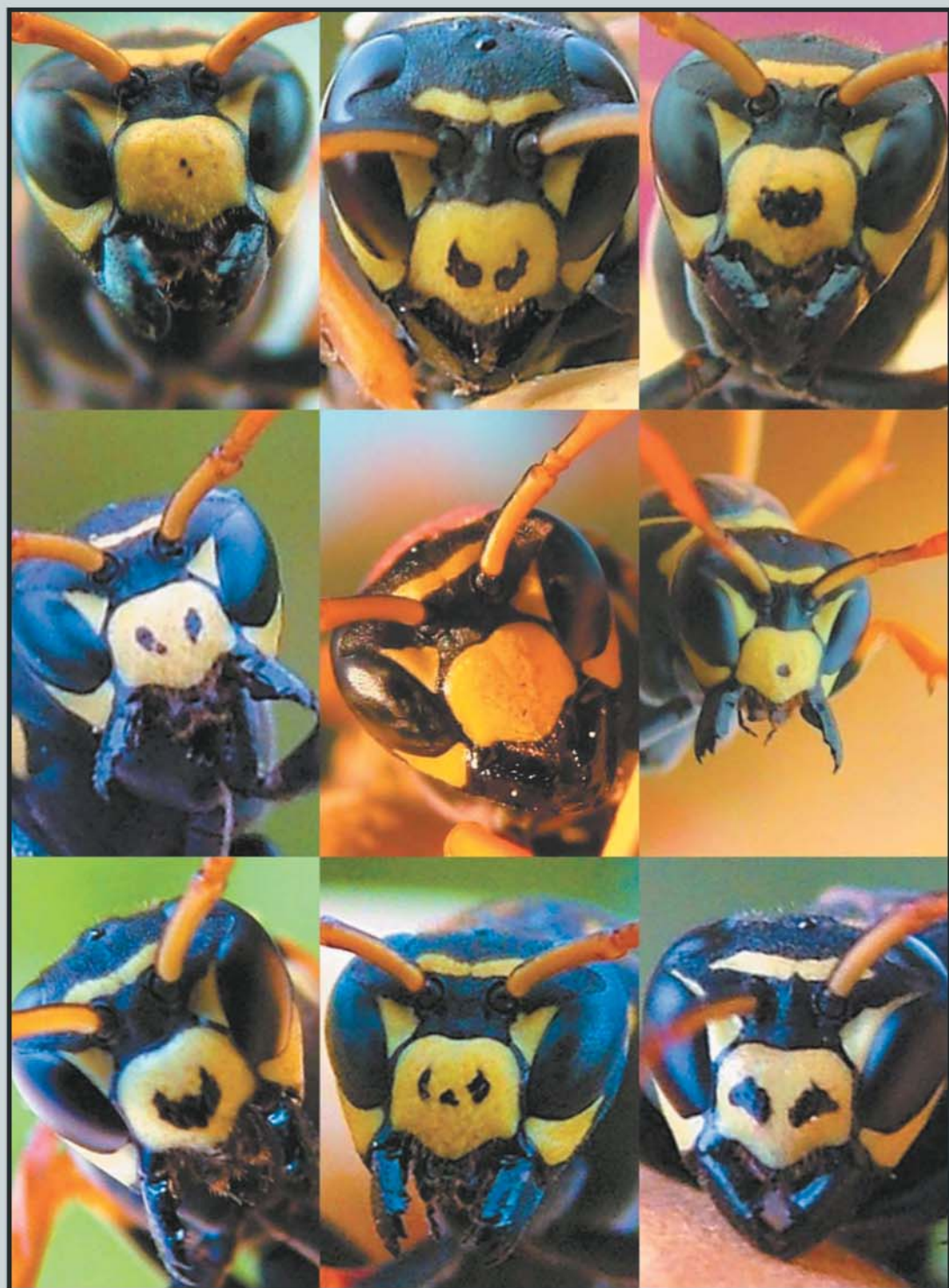


# ПРИРОДА

8 08



**В НОМЕРЕ:****3 Заварзин Г.А.****Мегабиология**

Мегабиология, изучающая мегатоннажные биологические процессы превращения веществ в биогеохимических циклах, связана с оценкой явлений по их масштабу. Катализ биогеохимических процессов осуществляется преимущественно микроорганизмами.

**11 Демьянов Ю.А., Малашин А.А.****Почему звучат струнные музыкальные инструменты?**

Новые результаты, полученные в теории колебаний струн, заставляют пересмотреть представления о звучании струнных музыкальных инструментов.

**16 Калейдоскоп**

Стандарт ночного неба (16). Дельфины у берегов Японии заражены ртутью (16). «Ленивые» самцы пауков-тенетников (16).

**17 Володина Е.В., Володин И.А.****Дуэли и серенады в мире животных: на носах и голосах**

Зачем сайгаку большой нос? Выяснить это удалось, когда к исследованиям морфологов подключились биологи другой специальности — биоакустики.

**Лекторий****23 Резникова Ж.И.****Жизнь в сообществах: формула счастья**

Разнообразие форм социальной организации в мире животных поражает воображение. Есть ли в этом какие-то закономерности? Какую роль играет интеллект в общественной жизни?

**35 Долуханов П.М.****Происхождение и расселение современного человека: новые факты и гипотезы****Вести из экспедиций****42 Харук В.И., Двинская М.Л., Им С.Т.****Лесные пожары в Эвенкии****Заметки и наблюдения****48 Булавинцев В.И., Самойлов Б.Л.****Чтобы в городе были птицы****Рыжиков А.И.****Шокша — малый народ Мордовии (53)****58 Стернин Л.Е.****«Все, что создал Валентин Петрович Глушко, он создавал впервые»**

К 100-летию со дня рождения

**68 Рахманин В.Ф.****С.П.Королев и В.П.Глушко: сотрудничество и амбиции****77 Новости науки**

Последняя сверхновая в Млечном Пути. **Вибе Д.З.** (77). Астрономическая обсерватория в Антарктиде (77). Черенковское излучение льда (78). Наноманетизм (78). Монитор с катодом на основе углеродных нанотрубок (79). Квантовый компьютер решает классические задачи (79). Температурная реверсия пола у пресмыкающихся. **Семенов Д.В.** (80). Как муравьеподобные науки контактируют с муравьями. **Михайлов К.Г.** (80). Открыт переносчик вируса Марбурга (80). Глубинные газы Черного моря (81). Карта геологических опасностей России (82). «Электромагнитная птица» измеряет толщину льда. **Виноградов В.Н.** (82). Цунами 2000-летней давности. **Никонов А.А.** (83). Неоднородность вод Невской губы. **Померанец К.С.** (83). Древние озера Соловецкого архипелага. **Субетто Д.А.** (84). Следы первобытного тура в Туве (85).  
Коротко (34, 41)

**Рецензии****86 Корякин Е.Д.****Морская гравиметрия**

(на кн.: П.А.Строев, В.Л.Пантелеева, З.Н.Левицкая, Т.С.Чеснокова. Подводные экспедиции ГАИШ. Из истории науки)

**88 Новые книги****Встречи с забытым****90 Смирнов Н.Н.****Владимир Геннадиевич Дуров — 20 лет в «Фаунистической комиссии»**

## CONTENTS:

### 3 **Zavarzin G.A.** **Megabiology**

*Megabiology explores megatonnage biological processes of substance transformations in biogeochemical cycles and includes assessment of related phenomena by their scale. Catalysis of biogeochemical processes is performed mainly by microorganisms.*

### 11 **Demyanov Yu.A., Malashin A.A.** **Why Do Stringed Musical Instruments Resound?**

*The new results obtained in the theory of strings oscillation compel to revise existing views on resounding of string musical instruments.*

### 25 **Kaleidoscope**

The Standard of Night Sky (16). Dolphins Near Japan Shores Are Mercury Contaminated (16). «Lazy» Males of Orb-weaving Spiders (16).

### 17 **Volodina E.V., Volodin I.A.** **Duels and Serenades in Animal Kingdom: On Noses and Voices**

*What for saiga needs a large nose? This became clear when morphological analysis was supplemented by results of another biological discipline, bioacoustics.*

### Lectures

### 23 **Reznikova Zh.I.** **Life in Communities: A Receipt of Happiness.**

*Diversity of forms of social organization in animal kingdom startles imagination. Are there any patterns? What is the role of intellect in social life?*

### 35 **Dolukhanov P.M.** **Origin and Settling of Euhominid: New Facts and Hypotheses**

### Notes From Expeditions

### 42 **Kharuk V.I., Dvinskaya M.L., Im S.T.** **Forest Fires in Evenkiya**

### Notes and Observations

### 48 **Bulavintzev V.I., Samoilov B.L.** **Let Birds Live in Cities**

**Ryzhikov A.I.**

### **Shoksha – a Minor People of Mordovia (53)**

### 58 **Sternin L.E.** **«Everything what Valentin Petrovich Glushko was creating, he was creating for the first time» To the Centenary of the Scientist**

### 68 **Rakhmanin V.F.** **C.P.Korolev and V.P.Glushko: Collaboration and Ambitions**

### 77 **Science News**

The Last Supernova in Milky Way. **Wiebe D.Z.** (77). Astronomical Observatory at Antarctica (77). Cherenkov Radiation of Ice (78). Nanomagnetism (78). Monitor with Carbon Nanotube Cathode (79). Quantum Computer Solves Classical Problems (79). Temperature-driven Sex Reversal in Reptiles. **Semenov D.V.** (80). How Ant-Mimicking Spiders Interact with Ants. **Mikhailov K.G.** (80). Marburg Virus Infection Carrier Is Discovered (80). Black Sea Abyssal Gases (81). Map of Russia Geologic Hazards (82). «Electromagnetic Bird» Measures Ice Thickness. **Vinogradov V.N.** (82). 2000 Years Old Tsunami. **Nikonov A.A.** (83). Heterogeneity of Nevskaya Bay Waters. **Pomeranets K.S.** (83). Ancient Lakes at Solovetsky Archipelago. **Subetto D.A.** (84). Traces of Primordial Aurochs in Tuva (85).  
In Brief (34, 41).

### Book Reviews

### 86 **Koryakin E.D.** **Marine Gravimetry** (on a book: P.A.Stroev, V.L.Panteleeva, Z.N.Levitskaya, T.S.Chesnokova. GAISH under water expeditions. From history of science)

### 88 **New Books**

### Encounters With Forgotten

### 90 **Smirnov N.N.** **Vladimir Gennadievich Durov – 20 Years in «Faunistical Committee»**

# Мегабиология

Г.А.Заварзин

**М**егабиология изучает биологические процессы в масштабе миллионов и миллиардов тонн превращения веществ в биогеохимических циклах. Эта наука, развившаяся в последние десятилетия в связи с интересом к глобальным изменениям среды, и прежде всего климата, связана с оценкой явлений по их масштабу. Единицей измерения здесь служат миллионы тонн, или мегатонны (Мт) вещества в региональном масштабе, а глобальные потоки составляют Гт/год, или миллиарды тонн,  $10^{15}$ г/год. Величины потоков и резервуаров обычно оценивают геологи и геохимики, используя методы этих наук. Вне области мегабиологии в биосфере находятся процессы физического преобразования и перемещения веществ, растворения, кристаллизации, гидротермальные процессы, фотохимические реакции в атмосфере. Эти процессы относятся к области наук о Земле, с географической оболочкой как вместилищем биосферы. Таким образом, мегабиология безусловно входит в биогеохимию глобальных и региональных процессов и тесно связана с географией.

Мегабиология прежде всего предполагает смену традиционных приоритетов от уникальных сенсационных явлений к массовым и потону яковы банальным. Такая расстановка приоритетов яснее всего выявляется при построении количественных моделей. В мегабиоло-



*Георгий Александрович Заварзин, академик РАН, заведующий отделом микробных сообществ Института микробиологии им.С.Н.Виноградского РАН. Основные научные интересы связаны с изучением разнообразия микробных сообществ. Член редколлегии журнала «Природа» с 1982 г. Наш постоянный автор.*

гии опенок и сфагновые мхи оказываются несопоставимо значимее, чем пятнистый олень или амурский тигр. Мегабиология рассматривает преимущественно региональные биомы и дает количественную оценку происходящих в них процессов. Масштаб мегабиологии заставляет изменять размерную шкалу интересов. Так, в физиологии сосудистых растений преимущественное значение по сравнению с пикосекундными процессами фотосинтеза приобретают геобioфизические процессы, в которых важны транспортные потоки, например воды при транспирации, в сотни раз превышающие потоки ассимилируемого углерода. В отличие от стремления к познанию элементарных процессов, мегабиоло-

логия ставит своей задачей интегральные процессы в системах. Иная иерархия приоритетов в мегабиологии вызывает психологические затруднения при междисциплинарном общении. Парадоксально, наиболее важным для мегабиологии оказывается понимание деятельности микроорганизмов, т.е. микробиология.

К области мегабиологии относятся биогеохимические циклы: органического ( $C_{орг}$ ) и неорганического углерода ( $C_{неорг}$ ), кислорода, азота, серы, отложений карбонатов кальция и магния, кальция, цикл фосфора, завершающийся образованием фосфоритов, железа и марганца, кремнезема. Первое место занимает цикл органического углерода, реализация которого пол-



ностью контролируется биотой. Важнейшую часть мегабиологии составляет микробиология, поскольку и сейчас главным образом микроорганизмы катализируют круговороты веществ, изначально полностью обусловленных деятельностью микроорганизмов [1]. В расшифровке биогенных процессов участвуют в первую очередь микробиологи.

К числу биологически опосредованных процессов, к которым относятся превращения веществ в биотически измененной среде, происходящие спонтанно, без прямого катализа организмами, следует отнести: реакции выветривания с образованием алюмосиликатов как конечных продуктов; раннего диагенеза в биотически контролируемой среде; сорбции, в которых сорбентом служат тела микроорганизмов или же продуцируемые ими неклеточные вещества; трансформации минералов соответственно биотически устанавливаемым окислительно-восстановительным условиям.

Особого внимания заслуживает почва как субаэральная среда обитания. В ее образовании как биокосного тела первое место занимает литогенный путь, ведущий к формированию глинистых минералов, а второе — биогенный, способствующий образованию гумуса как ус-

тойчивого органического вещества. Выветривание горных пород происходит после гидратации  $\text{CO}_2$  химическим путем при растворении или же с участием фермента карбоангидразы. Высокая локальная концентрация  $\text{CO}_2$  возникает при разложении частиц органического вещества, первоначально синтезированного из углекислоты атмосферы первичными продуцентами, а затем перешедшего в состояние мортмассы. Глинистые минералы формируются из компонентов алюмосиликатного скелета литогенных минералов. Образование гумуса включает разложение органического вещества с синтезом высокомолекулярных устойчивых органических соединений. Картину событий в самых общих чертах можно представить следующей схемой (рис.1).

В актуалистическом подходе главный предмет изучения мегабиологии составляют процессы седиментогенеза (накопления и преобразования осадков) и выветривания, в итоге образующие коры выветривания и почвы («soil» в широком смысле слова). Наиболее очевидными областями применения подходов мегабиологии служат химический состав атмосферы, поскольку биогенные элементы, за исключением фосфора, обла-

дают воздушной формой миграции, а в прошлом — осадочные породы биогенного происхождения и литогенез.

Наиболее интенсивно метатоннажные биологические процессы протекают в продукционном фотическом слое океана и в почвенно-растительном покрове. Если продукционные слои океана имеют относительно ясную структуру и помимо цикла углерода там идут масштабные процессы, связанные с циклами кальция и кремния, то положение с почвой значительно сложнее. Растительный покров пересекает три среды: приземный слой атмосферы (аэротоп, где идет автотрофный фотосинтез и эвапотранспирация), транспортную колонну сосудистого стебля, подземную гетеротрофную часть, взаимодействующую с почвенным раствором. Здесь из мортмассы создается резервуар относительно инертного органического вещества, который оценивается в 1500 Гт  $\text{C}_{\text{орг}}$  для мира, в то время как динамический резервуар наземной растительности составляет 550 Гт  $\text{C}_{\text{орг}}$ . Для России соответствующие цифры составляют 296 Гт органического углерода в почвах и 39.8 Гт в растительности [2]. Под почвой располагается кора выветривания. Литогенные минералы в почве трансформируются в педогенные. Почвенные растворы участвуют в формировании вод суши, и поверхностных, и подземных, которые первоначально фильтруются через почву. Таким образом, почва с растительным покровом представляет концентрированную область процессов мегабиологии. Однако приходится признать, что почвоведение природных ландшафтов как у нас в стране, так и в мире находится на обочине сознания естествоиспытателей, заслоненное вниманием к агробиоценозам и их продуктивности. Интерес к глобальным изменениям природной среды заставляет сместить приоритеты в почвоведении.

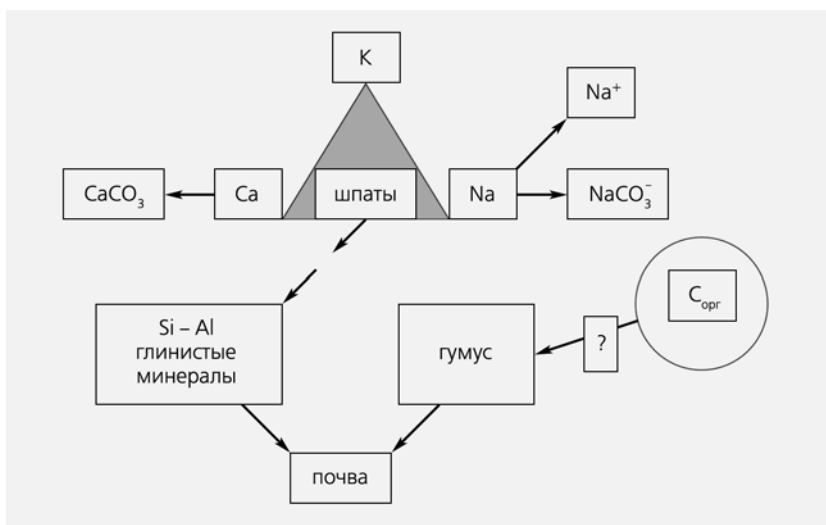


Рис.1. Схема формирования почвы.

## Карбонаты и цианобактериальное общество

Для существования биосферы первостепенное значение имели два процесса, обусловившие состав атмосферы Земли: удаление из нее избыточного количества диоксида углерода, поступившего при дегазации планеты, и частичная его замена эквивалентным количеством кислорода, что привело к окислительному характеру процессов на поверхности контакта с воздушной средой.

Дегазация осуществляется в цикле неорганического углерода и сопряжена с циклами Ca и Mg: избыточная  $\text{CO}_2$  связывается в нерастворимые карбонаты с захоронением их в осадочных оболочках и последующим рециклом. Процесс обусловлен извлечением Ca и Mg из изверженных пород в водной среде согласно условному равновесию  $\text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{SiO}_2 \downarrow$ . Реакция имеет место дважды: сначала в зоне подводных гидротерм при контакте свежих изверженных пород с  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; затем субаэрально при углекислотном выветривании пород. Подводная реакция серпентинизации ограничивает перенасыщение океана углекислотой дегазации и последующий вынос  $\text{CO}_2$  в атмосферу. В атмосферном гидрологическом цикле  $\text{CO}_2$  поглощается из воздуха и мигрирует в виде бикарбонатных растворов до бассейнов седиментации. Карбонаты осаждаются в теплых мелководных морях при нарушении pH-зависимого равновесия  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 + \uparrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  в результате снижения растворимости  $\text{CO}_2(\text{газ})$ . Спонтанную физико-химическую реакцию гидратации в биотических условиях катализирует фермент карбоангидраза.

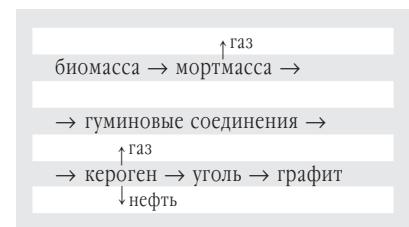
Установлено, что в протерозое и, вероятно, в позднем архее отложение карбонатов в виде доломитов соответствовало развитию цианобактериального сообщества, образующего сло-

истые биогенно-осадочные породы — строматолиты. В фанерозое действовал преимущественно рецикл  $\text{CO}_2$ , обусловленный метаморфизмом карбонатных осадков и биогенным осаждением известняков. В протерозое в основном формировались кислотоустойчивые формы карбонатов в виде доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  с соотношением Ca : Mg = 1 : 1. Такой же состав имеют доломитовые породы, но они могут быть сложены магнезиальными кальцитами или же содержать существенные примеси  $\text{CaCO}_3$  (кальцит, арагонит) и  $\text{MgCO}_3$  (магнезит, который осаждается при более высоком pH, чем кальцит). Принимается, что доломиты полифацциальны и полигенетичны. Образование доломита и его связь с цианобактериальными сообществами можно объяснять либо физико-химическими условиями гидросферы протерозоя, благоприятными и для цианобактерий, и для осаждения доломита, либо тем, что благоприятные для образования доломитов условия создавало цианобактериальное общество.

Накопление неорганического углерода карбонатов сопряжено с мобилизацией кальция и магния. В истории Земли известняки начинают снова преобладать с распространением эукариот и внутриклеточным синтезом скелетных структур. Доломиты устойчивы к воздействию кислот и поэтому могут сохраняться при микробном брожении. Сульфидогены удаляют органические кислоты. Участие сульфатредукторов в образовании первичного доломита сейчас доказано на примере чистой культуры алкалофильного *Desulfonatronovibrio hydrogenovorans*. При полигенетичности доломитов нужно искать какой-то иной общий фактор кристаллизации карбонатов в этой форме. К этим факторам безусловно относятся щелочная среда и повышенное содержание магния и солей (в соленых водоемах), но жела-

тельно пониженное содержание сульфатов (хотя сульфиды могут присутствовать). Образованию карбонатов способствуют окислительные условия. Однако пока получить доломиты в лабораторных условиях с цианобактериальным сообществом не удалось. Образуются магнезиальные кальциты.

Накопление кислорода в атмосфере происходит благодаря избыточным продуктам окислительного фотосинтеза, образующимся в соответствии с балансовым уравнением  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = [\text{CH}_2\text{O}] + \text{O}_2$ . Дисбаланс в глобальном масштабе определяют устойчивые, не подлежащие окислению, соединения восстановленного углерода, возникающие в ходе деструкции или захоронения и выведенные из цикла. Последовательность здесь реакций такова:



Деоксигенированные углеводороды газа (преимущественно метан) и нефти при поступлении в среду с окислителем могут окисляться микроорганизмами до  $\text{CO}_2$ , но дегидрогенизированный уголь остается биологически инертным. Порогом между органическим веществом и предшественниками горючих ископаемых служит переход из аэробной зоны в анаэробную (так образовались предшественники нефти в зоне Персидского залива). Начиная с гуминовых соединений, последовательность реакций представляет абиотические превращения в процессе диагенеза или катагенеза. Ключевой этап в выводе соединений органического углерода из цикла составляет реакция мортмасса → гуминовые соединения. Хотя четких представлений о том, как она происходит, нет, но масштаб процесса, безусловно, мегатоннажный.

При захоронении биомассы в тонкодисперсных осадках (приводящем, например, к образованию горючих сланцев) существует переход мортмасса → кероген. Оба перехода осуществляются в биотически контролируемых условиях раннего диогенеза, т.е. биотически опосредованно. Вместе с тем компоненты биомассы превращаются в недоступные для действия микроорганизмов органические соединения в силу физических и химических причин (рис.2).

Вопрос состоит в том, преобразуются ли органические вещества в гумус в результате чисто химических реакций, опосредованно биогенно, или же благодаря побочному действию ферментов? Формирование гумуса представляет переход в область замедленных биотических процессов и служит своего рода клапаном-ловушкой для  $S_{орг.}$ , определяющим биогеохимическую сукцессию в системе. Образование гумуса представляет масштабное отступление от правила Виноградского, согласно которому все синтезируемые биотой вещества подвергаются микробной деструкции.

В середине прошлого века М.М.Кононова предположила, что гуминовые вещества образуются в результате гомогенной

фенольной конденсации. Она ведет к возникновению поликонденсированного высокомолекулярного соединения, которое вследствие своего нерегулярного строения энзиматически не разлагается, а разрушается под действием неспецифических агентов, таких как активный кислород. Образовавшиеся в растворе полимерные соединения могут сорбироваться на твердых поверхностях, создавая защитный слой. Недавно А.Г.Заварзина предложила альтернативную гипотезу ферментативного гетерогенного катализа. Она заключается в том, что на твердой поверхности, обычно модифицированной гидроокислами (например, алюминия), сорбируются низкомолекулярные предшественники, которые под действием сорбированных экзоферментов (например, полифенолоксидаз) конденсируются в виде нарастающей пленки с образованием макромолекулярных продуктов >75 кД. При гетерогенном катализе преодолевается концентрационное ограничение. Такое полимерное покрытие защищает материал от разрушения. Вероятно, возможны как гомогенная, так и гетерогенная поликонденсация. Масштабы конденсации с образованием гуминовых соединений для России составляют величину

порядка нескольких сотен мега-тонн  $S_{орг.}$  в год.

Для мегабиологии существенно воздействие биоты на циклы неорганического и органического углерода, который есть главное геохимическое выражение деятельности биосферы. Для биолога важно отметить резкое противопоставление двух процессов: во-первых, удаление  $CO_2$  атмосферы в карбонатные породы в присутствии строматолитобразующих цианобактериальных сообществ, часто с локальными красноцветами, но с низким содержанием остаточного органического вещества; во-вторых, сохранение  $O_2$  атмосферы за счет эквивалентного геологического захоронения  $S_{орг.}$  в глинистых терригенных породах. Существует дилемма: либо диоксид углерода уходит в карбонаты в результате полного окисления органического вещества, либо сохранение  $S_{орг.}$  приводит к накоплению кислорода. В обоих случаях ключевое значение имеет микробная деструкция в сообществе продуцентов-цианобактерий с бактериями-деструкторами. Окислительные условия сами по себе, несмотря на высокую продукцию кислорода фотосинтеза, не служат источником кислорода атмосферы. В глобальном балансе его обеспечивают восстановительные условия с неполным разложением органического углерода из-за физического захоронения.

На глинистом субстрате цианобактериальная пленка не успевает разложиться либо из-за быстрого захоронения, либо вследствие медленного ацетогенного и метаногенного анаэробного распада в отсутствие серы. Индикатором восстановительных условий служит отношение  $Fe(II)/Fe(III)$ . В настоящее время за деструкцию отвечают аэробные организмы, но в раннем докембрии при дефиците кислорода создавались условия для рассеяния фотосинтетического кислорода в атмосфере. Для быстрого захороне-

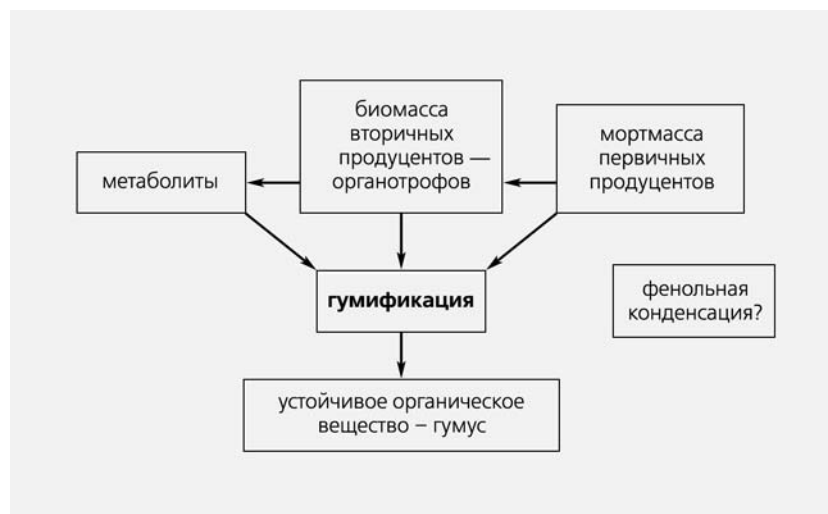


Рис.2. Упрощенная схема гумификации.

ния терригенного материала особенно благоприятен снос с глинистыми потоками в водотоки и осаждение коллоидов (при коагуляции) в условиях несколько повышенной солёности бассейна седиментации. Отсюда имеет значение развитие цианобактерий на глинистом грунте и их участие в образовании сапропеля. Оба процесса идут при низком содержании соединений серы. Примером могут служить углеродистые породы архея и преимущественно протерозоя юго-востока Балтийского щита, образывавшиеся в пресных водах — шунгиты. Другую сторону проблемы представляет новообразование глинистых (почвенных) минералов в отличие от тонкой фракции литогенных минералов.

В современном цианобактериальном сообществе в присутствии сульфатов органическое вещество полностью распадается в трофической цепи:  $C_{орг}$  → → аэробные органотрофные деструкторы → анаэробные деструкторы → (ацетат и  $H_2$ ) → сульфатредукторы → ( $H_2S$ ) → серные аноксигенные бактерии → → ( $SO_4^{2-}$ ). Окислительным процессам способствует избыток кислорода, физически удерживаемого цианобактериальным сообществом в виде пузырьков и создающего локальное переизбытие.

Ключевой механизм мегабиологии в ее взаимодействии с геосферой есть результат взаимодействий микроб—минерал.

## История биосферы

Самостоятельным аспектом мегабиологии служит крупномасштабная история биосферы, которую можно разделить на историю трех основных экосистем: океана, моря и континента.

История глубокого океана определяется циклом органического углерода в продукционном верхнем слое фотосинтеза и, неизмеримо меньше по мас-

штабу, — хемосинтезом глубинных гидротермальных источников. В биосферном плане глубокий океан — область доминирования физических и химических процессов. В геологическом плане это область подвижного океанического дна с сильным влиянием эндогенных процессов, обновляющаяся за ~200 Ма и поэтому не сохранившая древней осадочной летописи, с зонами биогенных карбонатных осадков до уровня компенсации вследствие повышения растворимости  $CO_2$ , биогенных силикатов (радиоляриевые илы), глубоководных красных глин.

Моря (здесь под ними подразумеваются участки континентальной коры, находящиеся под сообщаемой с океаном водой) — это основные области осадконакопления и главный источник геологической и палеонтологической летописи. Особое место занимают эпиконтинентальные моря талассократических эпох. Континенты — это наземные экосистемы и области субаэриального выветривания и денудации.

Для грубой временной оценки шкалу удобно разделить на удваиваемые по продолжительности периоды от 0 (настоящее время) до 300 Ма (сосудистая растительность), до 600 Ма (скелетная фауна), до 1200 Ма (начало доминирования эукариот), до 2400 Ма (цианобактериальное сообщество), до 4600 Ма (начальные этапы жизни с 3800 Ма с возможным участием гидрогенотрофных хемосинтетиков глубинной биосферы и возникновение Земли).

Экосистема каждого периода должна быть функционально полноценной, т.е. включать продуценты и деструкторы; последние, особенно для морских систем, могут содержать консументы (фаго- и зоотрофы). Такая система приблизительно замкнута по циклу органического углерода, с которым стехиометрически сопряжены циклы биогенных элементов, в первую очередь азота и фос-

фора. Для каждой экосистемы и для каждого периода должна быть построена трофическая пирамида, в основании которой лежат доминирующие продуценты.

Количественной мерой деятельности биосферы служит цикл органического углерода, который определяется использованием фотосинтетически активной радиации (ФАР) продуцентами. Относительное постоянство ФАР (возрастание на ~25% за историю Земли) ответственно за постоянство глобальной первичной продукции порядка сотни Гт  $C_{орг}$ /год, обусловленной покровом хлорофилла на единицу заселенной примерно постоянной площади, причем плотность хлорофилла стремится к возможному максимуму. Цикл углерода за последние 20 лет стал предметом особого внимания в связи с глобальными изменениями климата. Существует ряд балансовых подсчетов. Определяющим для накопления  $C_{орг}$  в геологическом масштабе оказывается не только (возможно, и не столько) первичная продукция фотосинтеза, сколько ограничение микробной деструкции, например анаэробнозом. Деятельность наземной биоты определяется гидротермическим режимом вегетационного периода, при этом гидрологическая составляющая имеет едва ли не большее значение.

Доступная для фотосинтеза поверхность планеты обусловлена геократическими или талассократическими эпохами, связанными с эвстатическими колебаниями уровня океана. В той же мере должна меняться и первичная продукция. Колебания уровня океана связаны с климатическими условиями: в эпохи обледенения уровень его ниже. Естественны колебания доступной для фотосинтеза поверхности в периоды теплой и холодной биосферы. Общую картину периодичности мегабиологии можно отразить как соотношение эпох и экосистем



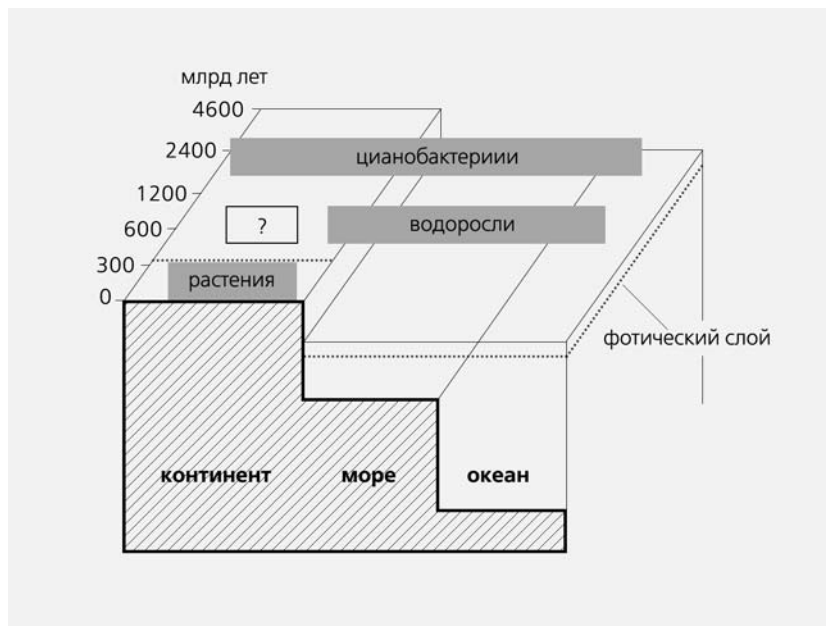


Рис.3. Схема соотношения эпох и экосистем с доминирующими продуцентами. Влажные участки суши сначала заселяли цианобактериальные, затем альгобактериальные и альго-грибные сообщества. Потом последовал короткий период бессосудистых растений. С появлением сосудистых растений возникла эвапотранспирация, и изменился наземный гидрологический цикл, сформировалась почва как корнеобитаемая система, которая сменила древнюю кору выветривания.

с доминирующими экосистемами (рис.3).

История биоты показывает, что новые группы организмов вписываются в уже существующие функциональные группировки, сохраняющиеся в ходе эволюции. В начале последовательности трофических пирамид лежит наиболее древняя продукционная система океана с цианобактериями пикопланктона, а затем планктонными водорослями-протистами (с заменой бесскелетных эвкариотных водорослей на известковые и диатомовые, последние вместе с радиоляриями знаменуют начало биотического цикла кремния). Океанская система лимитируется минеральными элементами — биогенами. Продукционная система моря помимо планктона также включает многоклеточные водоросли, сменившие цианобактериальные маты на литорали, и менее ограничена биогенами ввиду континентального сноса. Современ-

ная наземная система основана на сосудистых растениях и микелиальных грибах-деструкторах. Относительно ранних этапов наземных экосистем существуют более или менее вероятные догадки о цианобактериальных продуцентах протерозоя, затем о наземных водорослях и грибах. И те, и другие образуют луговины — маты, которые создают максимально возможный покров хлорофилла из организмов с коротким жизненным циклом.

Организмы, находящиеся на вершине трофической пирамиды (консументы высших трофических уровней), можно рассматривать лишь как индикаторы состояния экосистем, но не как определяющие в количественном цикле углерода.

В результате региональных мегабиологических изменений формируются ландшафтные и литологические зоны, которые прослеживаются в палеогеографии. Такой анализ удает-

ся провести для окраин континентов. Осадочная летопись пелагиали океанов не только менее доступна для наблюдения, но и уничтожается подвижностью океанической коры. Континентальные участки земной коры более стабильны, но их внутренние части оказываются объектом денудации. Здесь можно выделить области: низкой суши поверхности равнин и противоположные им горные области со склоном и сравнительно ровными участками пенеплена, бассейны аридной или гумидной седиментации, эпиконтинентальные и шельфовые моря.

В морях характер седиментации позволяет различать: шельфовые терригенные и терригенно-карбонатные моря; платформы карбонатные и эвапоритово-карбонатные. В океане с глубиной сменяются доминирующие осадки — от карбонатных выше уровня компенсации к кремнистым (радиоляриевым илам) и красным глубоководным глинам. Следует отметить терригенные области черносланцевого образования как индикатор анаэробных условий консервации органического материала.

В континентальных областях аридного климата отложения подразделяются на сульфатно-карбонатные, сабховые с красноцветами, эоловые, а внутриконтинентальные — на озерно-сабховые с красноцветами, аллювиальные, эоловые, соленосные с гипсом, собственно соленосные. Влажный климат способствует усиленному химическому выветриванию, образованию формаций: красноцветных угленосных, сероцветных озерных, латеритов и бокситов, а в областях усиленного выноса — каолиновых, железорудных [3].

Все эти литолого-палеогеографические характеристики ландшафтов возникают как результат биосферных процессов, в которых микробный диагенез (*sensu lato*) играет ведущую роль и в формировании новых минералов, и в накоплении ос-

таточных продуктов выветривания материнских пород — изверженных, метаморфизованных или же осадочных. В результате действия в экосистемах пары продуцент—деструктор формируются описанные выше области седиментогенеза. В редких случаях из-за недостаточно глубокой переработки первичных продуктов (подавлена деятельность деструкторов) накапливается органическое вещество; типичный пример — образование углей как консервированных тел продуцентов. Обычно цепь деструкции влечет за собой биотически опосредованные изменения вмещающих пород. Каждой области орографического профиля континента соответствует свое микробное сообщество: галофильное в области образования эвапоритов, омброфильное в гумидном климате равнин, алкалофильное в области аридного выветривания.

В геологическом прошлом отчетливо распознается зависимость седиментогенеза от климата и климатических зон. Их распределение модифицируется положением континентальных масс. Например, в перми поднимался суперконтинент Пангея в виде огромного меридионально расположенного блюдца, окаймленного горными цепями. Такое воздымание привело к замыканию и осушению первоначально существовавших эпиконтинентальных морей с образованием соленосных отложений. «Можно полагать, что многие внутриконтинентальные области Пангеи были, по видимому, в значительной степени сходны с бессточными равнинами типа Центрально-Африканской и Ботсванской, и плато, такими как Центрально-Иранское, Гобийское, Центрально-Атласское, Высоких равнин Северной Америки, Западно-Австралийской» [3. С.164]. Если отвлекаться от ограничивающих слов, то можно представить актуалистические модели континентальных процессов далекого

прошлого. С одной стороны, это пересыхающие внутриконтинентальные моря, подобные современному Аралу или Кара-Богазу Голу, как пример талассофильного солеродного процесса с галофильной микробиотой. С другой — аталассофильные содовые озера внутриконтинентальных бессточных бассейнов с алкалофильной микробиотой Центральной Азии. Аналогом орографического профиля в виде блюдца может служить Южная Африка (Калахари).

Если для некоторых растительных ландшафтов прошлого (например, для тропического климата с сезонно длинными высокоширотными днями и ночами в теплой биосфере мела) найти аналогии трудно, то масштабы микробных сообществ с их коротким жизненным циклом позволяют увереннее соотносить результаты их геохимической деятельности с современностью. В фанерозое следует обратить внимание не только на филогенез растений, но и на филогенез растительных сообществ [4].

Вместе с тем для архея-протерозоя интерпретировать разрозненные геологические данные сложно не только из-за отсутствия надежной палеогеографической основы. Для больших промежутков времени без палеогеографии трудно определить, где последовательно изменялись биота и климат, а где — местонахождение вследствие мобилизма. Глобальные обобщения ограничены из-за заведомо существовавшей климатической зональности, географической мозаичности и иной циркуляции атмосферы и гидросферы. Светимость Солнца и состав атмосферы, хотя бы по отличной концентрации биогенного кислорода, различались. Поэтому уровень актуалистической мегабиологии с региональными обобщениями здесь неоправдан, а действуют только более общие модели [5].

Тем не менее можно считать, что элементарные микробиоло-

гические механизмы в прошлом действовали так же постоянно, как действуют химические реакции. Значит, микробиологический подход оправдан для реконструкции раннего докембрия и, видимо, вполне достаточен для реконструкции протерозоя.

## Формирование ландшафта

Приоритеты в мегабиологии определяются способностью сообществ формировать ландшафты, как, например, леса каменноугольного периода или современные хвойные леса Голарктики. В морях такое же значение имеют рифостроители — от современных кораллов до мшанок, губок вплоть до строматолитов докембрия. Ландшафт как вмещатель биомы, состоящего из функционально различных объединенных в систему компонентов — объект экологии в ее научном смысле.

В мегабиологии приоритеты распределяются совершенно иначе, чем в общей, в смысле универсальной, биологии с ее фокусом на немногие примеры — *E.coli*, *Saccharomyces*, дрожифилу, хрустальную травку — в расчете получить общие для всех объектов данной категории закономерности. В мегабиологии важно функциональное разнообразие, а не типовой пример. Приоритеты расставляются по масштабу процесса, который, как уже упоминалось, оценивается количественно по резервуарам и потокам вещества. При этом наибольшее значение приобретают наиболее массовые явления, которые в силу их «банальности» остаются на обочине внимания, психологически концентрирующегося на экстраординарном, сенсационном.

В мегабиологии ландшафт — это результат взаимодействия растительного покрова и почвы в рамках географического рельефа. Сосудистая растительность как основной продуцент обладает безусловным приоритетом.

Тот факт, что растение в природе можно рассматривать как консорциум, все-таки вторичен. Для мегабиологии растение с его автотрофной фотосинтезирующей частью, гетеротрофной подземной и проводящей между ними — основной объект. В этом отношении системный подход к физиологии растений оказывается базовым для мегабиологии. Для него необходимо понимание геобиофизики, области, в которой русская наука оставила имя академика М.И.Будыко как зачинателя современной климатологической тенденции. Сосудистое растение — это структурированная система, в которой, скажем, устьичный аппарат значит больше в эвапотранспирационном цикле, чем тонкая гормональная регуляция. В еще большей степени системный подход необходим для мозаичного растительного покрова. Мегабиология при всей возможности упрощения посылок относится к области больших систем. К сожалению, модельеры-системщики плохо представляют, из какого экспери-

ментального сора они строят свои воздушные замки.

Осознать роль микроорганизмов в формировании ландшафта, а не в его функционировании, почти невозможно из-за невидимости агентов. Оценить их роль можно, лишь наблюдая, как образуются многометровые толщи строматолитов, создававших пояса рифов подобно современным кораллам. Микроорганизмы, за исключением подобных редких случаев, не служат эдификаторами-строителями, которых сейчас представляют растения. У микроорганизмов структурная роль невелика из-за их дисперсности. Однако переход от географических наблюдений невооруженным глазом к такому геологическим понятиям, как седиментогенез и диагенез, сразу меняет эмоциональный характер восприятия: микробная биопленка оказывается формирующей системой.

При геологическом подходе выясняется, что микроорганизмы как прямо, так и опосредованно участвуют в формировании осадочных железных руд,

цикле карбонатов, отложении фосфоритов — во всех циклах, перечисленных в начале статьи. Читателю следует заметить коннотационную ошибку, связанную со словом «микроорганизмы». Обычно под ним подразумевают бактерии, а микробиологию — как бактериологию. Но если придать слову микроорганизмы его подлинный смысл, т.е. невидимые простым глазом организмы, то взаимоотношения микробиологии и мегабиологии резко расширяются: в поле зрения попадают протисты-эвкариоты и грибы-микромикеты. Обе эти группы изучаются в рамках других биологических дисциплин, и междисциплинарное взаимодействие с бактериологами здесь гораздо более ограничено, чем при изучении взаимодействия бактерий и растений в составе консорциумов или же взаимодействия бактерий пищеварительного тракта с животными.

Таким образом, микробиология оказывается базой мегабиологии как по масштабу, так и по приоритету в эволюции. ■

**Работа выполнена в рамках Программ Президиума РАН №16 и 18 и НШ.**

## Литература

1. *Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии. М., 2003.
2. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М., 2007.
3. *Жарков В.А.* Климат в эпохи крупных биосферных перестроек // Труды ГИН. Вып.550. М., 2004. С.158—180.
4. *Работнов Т.А.* // Журнал общей биологии. 1994. Т.55. №3. С.261—270.
5. Седиментация в раннем докембрии: типы осадков, метаморфизированные осадочные бассейны, эволюция терригенных отложений // Труды ГИН. Вып.569. М., 2006.



# Почему звучат струнные музыкальные инструменты?

Ю.А.Демьянов, А.А.Малашин

**К**огда человек впервые берет музыкальный инструмент, ему не нужно изучать физические законы, лежащие в основе его звучания. Достаточно просто начать играть или хотя бы дергать за струны, нажимать клавиши, чтобы понять, как рождается звук.

Наверняка первые музыкальные инструменты человек изготавливал без серьезной «теоретической» подготовки, просто основываясь на чувственных представлениях.

Возможно, мастерам-создателям музыкальных инструментов прошлого и не нужно было изучать сложные математические закономерности, описывающие звучание изготавливаемого инструмента. Все они были хранителями и продолжателями великих тайн и традиций предшествующих им поколений мастеров, найденных эмпирическим путем. Материалы, из которых изготавливались скрипки, гитары и виолончели, их размеры, пропорции, рецепты покрытий (лаков) были известны только им, хранились в строжайшем секрете, передавались от поколения к поколению. Многовековой опыт искусства создания музыкальных инструментов привел к появлению шедевров, подобных творениям таких мастеров, как Страдивари, Амати, Гварнери, Стейнвей.

© Демьянов Ю.А., Малашин А.А., 2008



**Юрий Андреевич Демьянов**, доктор технических наук, профессор Московского государственного университета леса, главный научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института машиностроения. Лауреат Ленинской премии (1961). Заслуженный деятель науки РФ (2002). Специалист в области механики сплошной среды и ее приложений.



**Алексей Анатольевич Малашин**, кандидат физико-математических наук, доцент того же университета. Изучает распространение волн и колебаний в упругих средах, любит играть на гитаре.

Однако трудно добиться совершенства в массовом производстве, не постигнув сущности процесса. Во все времена ученые пытались с математической и физической точки зрения описать процесс звучания инструментов, найти связь между колебаниями струны и тем, как человек воспринимает музыкальные звуки. Перефразируя известное выражение, возникла потребность проверить гармонию алгеброй.

## Формулы тона

Первые исследования природы звука, физических и механических основ строения музыкальных инструментов, дошедшие до нас, появились в Древней Греции. Еще Пифагор отмечал, что существует



связь между высотой тона и длиной струны, его порождающей. Он же создал первый музыкальный строй, основу для которого составляла квинта\*. Древние греки связывали появление звука со сжатием и разрежением воздуха. Первое же аналитическое решение для задачи колебаний музыкальной струны было получено лишь в начале восемнадцатого века англичанином Бруком Тейлором. Он нашел формулу для выражения частоты колебания через отношение силы натяжения к массе и длине струны.

Задача распространения волн в гибкой однородной струне решалась уже в XVIII в. Даниилом Бернулли, Леонардом Эйлером, Жозефом Луи Лагранжем. Уравнение распространения поперечных волн в струне

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = b^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2},$$

где  $b$  — скорость распространения волн, и его общее решение в виде двух бегущих волн

$$y = f_1(x - bt) + f_2(x + bt)$$

были даны французским ученым Жаном Лероном Д'Аламбером еще в 1750 г.

Постановка задачи колебаний струн музыкального инструмента восходит к фундаментальным работам Джона Уильяма Рэля, в частности к его классической книге «Теория звука» [1], в которой подробно обсуждаются различные виды возбуждения колебаний в натянутых струнах музыкальных инструментов, таких как щипковый музыкальный инструмент гитара, смычковые — скрипка, виолончель, клавишные музыкальные инструменты.

Традиционно задача колебаний и динамических нагружений натянутой гибкой музыкальной струны сводилась к анализу только лишь поперечных колебаний. Считалось, что основным источником звука, который может восприниматься ухом человека, служат именно колебания частиц струны поперек первоначального направления. А продольные колебания (вдоль первоначального направления), их вклад в динамику движения самой струны и присоединенной к струне деки (корпуса), которая собственно и является генератором звука любого музыкального инструмента, не учитывались. Продольные колебания рассматривались как колебания, которые не оказывают влияния на процесс формирования звука. Возможно, это связано с малостью «невидимых глазу» продольных перемещений струн по сравнению с поперечными. Более того, основной тон собственных продольных колебаний лежит намного выше основного тона поперечных колебаний — так, для струнных музыкальных инструментов он

\* Квинта — это музыкальный интервал между первой и пятой нотой (например, между до и соль).

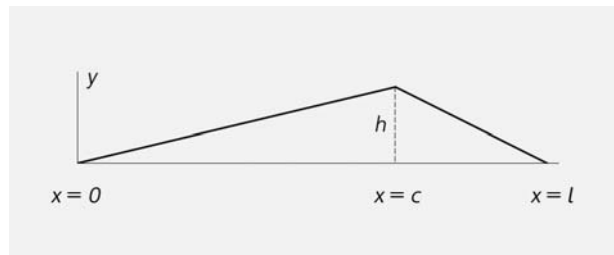


Рис.1. Геометрия начальных условий простейшей задачи о колебании струны.

находится вообще в верхней части акустического спектра, который воспринимается человеком. Лорд Рэлей рассматривал это обстоятельство как отрицательное, негативно сказывающееся на качестве звучания инструмента.

В частности, Бернулли в 1755 г. показал, что свободные поперечные колебания струны, возбуждаемой произвольным образом, могут быть представлены в виде

$$y(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t) \sin \frac{\pi n x}{l},$$

где  $l$  — длина струны,  $\omega_n = \pi n b / l$  — частота колебаний,  $x, y$  — продольная и поперечная координаты,  $A_n, B_n$  — амплитуда колебаний струны.

Например, в основе простейшей теории возбуждения колебаний струн щипкового музыкального инструмента была задача, когда начальное отклонение струны представлялось в виде треугольника с высотой в точке воздействия исполнителя  $x = c$  (в точках  $x = 0$  и  $x = l$  предполагалось жесткое закрепление струны в местах заделки), рис.1.

Как уже упоминалось, продольные колебания в данной постановке во внимание не принимались. Также здесь не учитывается процесс воздействия возбудителя колебаний на струну, считается, что это воздействие снимается мгновенно. Но в таком случае, например, не очень понятно, чем отличается хороший исполнитель от плохого, как особенности звукоизвлечения отражаются на звучании музыкального инструмента.

## Куда влечет струна

В последние годы мы провели цикл работ, из которых стало ясно, что «невидимые» глазу продольные колебания струны играют такую же роль в рождении звука, как и поперечные (а для некоторых инструментов и большую). Установлено, что вклады продольных и поперечных составляющих в динамическое нагружение оказываются одного порядка. Также обнаружено, что вынужденные продольные колебания происходят на частотах поперечных. Поперечные составляющие

играют роль вынуждающей силы для продольных движений частиц струны, при этом возможны резонансные явления. Это означает необходимость рассмотрения продольных составляющих как одного из основных источников колебания деки и, следовательно, формирования звука в музыкальных инструментах.

Впервые на это обстоятельство (распространение продольных волн в струнах музыкальных инструментов) в 1945 г. обратил внимание выдающийся советский ученый Х.А.Рахматулин в работе «О косом ударе по гибкой нити с большими скоростями при наличии трения» [2]. (Интересно отметить, что данная работа была выполнена в рамках сугубо военной темы защиты Москвы аэростатами заграждения от самолетов противника.) Автор подчеркивал, что «при ударе по струне вдоль нее также побегит волна продольного растяжения, которая в обычной теории колебаний струны во внимание не принимается».

В процессе движения струна не только смещается поперек своего первоначального положения, но и испытывает дополнительное растяжение. Простая задача из курса школьной физики поможет понять важность учета продольных движений. Пусть струна закреплена между двух опор. В середине струны (рис.2) поперек ее первоначального направления действует сила  $F$ .

Возникающие силы  $T$  в струне определяются следующим образом:  $T = F/2\sin\alpha$  ( $\alpha$  — угол отклонения струны от первоначального положения).

Очевидно, что в процессе колебаний струны ее отклонения очень малы (порядка одного градуса и меньше). Поэтому знаменатель дроби можно оценить как  $2\sin\alpha \approx 0.005-0.01$ . А следовательно,  $T \approx (100-200)F$ , т.е. продольные силы, возникающие в струне, более чем в 100 раз больше поперечных сил. Поперечные силы оказываются источником продольных движений. Они будут раскачивать деку и станут основным источником звука музыкального инструмента. Понятно, что не учитывать их нельзя.

Из курса физики известно уравнение движения колебательной свободной системы  $d^2x/dt^2 + \omega_0^2x = 0$ . Здесь  $\omega_0$  — собственная частота колебаний системы. Для движения под действием периодической вынуждающей силы это уравнение приобретает вид  $d^2x/dt^2 + \omega_0^2x = A\sin\omega t$ , где  $\omega$  — частота колебаний вынуждающей силы. Хорошо известны яв-

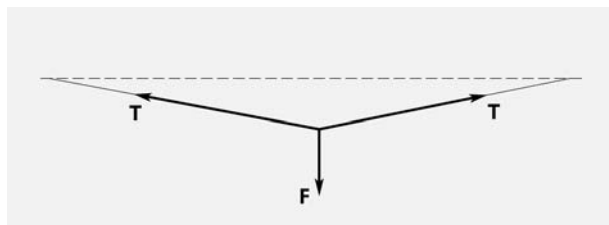


Рис.2. Передача напряжения струне.

ления резонанса при совпадении собственной частоты системы и частоты вынуждающей силы.

Конечно, процессы колебаний струн или деки более сложны, чем движение маятника. Уравнения поперечно-продольных колебаний гибкой предварительно натянутой струны, полученные в работе [3], таковы:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = b^2 \frac{\partial^2 y}{\partial s^2}, \quad \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial}{\partial s} \left[ \frac{\partial x}{\partial s} + \frac{1}{2(1 + e_0)^2} \left( \frac{\partial y}{\partial s} \right)^2 \right],$$

где  $b$ ,  $a$  — скорости поперечных и продольных волн,  $e_0$  — первоначальная деформация струны.

Первое уравнение представляет собой традиционное уравнение поперечных колебаний. Второе — уравнение продольных колебаний. Это уравнение неоднородно, наличие в правой части второго члена говорит, что роль вынуждающей силы для продольных колебаний играют поперечные составляющие. Значит, решение второго уравнения представляет собой суперпозицию продольных колебаний на собственных частотах и вынужденных продольных колебаний на частотах поперечных, при этом возможны резонансные явления, когда амплитуда продольных колебаний резко возрастает.

Аналогичные процессы связывают крутильные и продольные колебания, когда рассматриваются смычковые инструменты. Мы показали, что при игре на смычковых инструментах крутильные и продольные составляющие движения необходимо учитывать наряду с поперечными, для того чтобы наиболее полно описать музыкальное звучание скрипки, виолончели.

Чтобы лучше понять на практике, как все это работает, те читатели, которые имеют свою гитару или скрипку, могут (не ломая инструмент) самостоятельно сделать следующий качественный эксперимент. Прижмите одной рукой струны инструмента, чтобы они не звучали. Другой рукой постучите по той части какой-либо струны, которая находится между колком (с помощью которого натягивается струна) и порожком грифа. Послушайте внимательно, как звучит дека (то есть корпус инструмента). В этой части струны возникают поперечные движения. Они передаются в основную часть струны, которая прикреплена к деке. А так как эта часть прижата рукой, то в ней возникают только продольные движения, которые не видны, но рукой их не удержать. Эти продольные колебания, происходящие с частотами поперечных колебаний части струны между колком и порожком, раскачивают деку и заставляют ее звучать. И при этом звучит дека достаточно громко.

При теоретическом анализе игры на смычковом инструменте используется схема, предложенная А.В.Римским-Корсаковым, — чередования повторяющихся захватов и срывов за счет трения между смычком и струной.

Крутильные составляющие играют роль вынуждающей силы для продольных. Возникновение крутильных движений приводит к появлению продольных. Продольные колебания происходят на собственных частотах, а также на частотах поперечных и крутильных колебаний. Крутильные колебания воздействуют на подставку и приводят к ее вращательному движению. Продольные колебания (наряду с поперечными) раскачивают деку и тем самым вносят свой вклад в акустическое звучание струнных музыкальных инструментов.

Традиционно звучание струн инструментов анализируется в фазе свободных колебаний, когда воздействие исполнителя закончилось. В практических задачах взаимодействие возбудителя колебаний (медиатора, молоточка фортепиано, смычка) со струной не рассматривается. Но ведь именно фаза воздействия на струну (приемы извлечения звука) отличает хорошего исполнителя от плохого!

В классическом решении задачи о колебаниях струны щипкового инструмента не учитывается динамический процесс взаимодействия медиатора со струной, и, как следствие, не принимаются во внимание колебания, возникающие в период возбуждения струны. Такая постановка задачи означает, что воздействие исполнителя на струну происходит мгновенно. На самом деле процесс взаимодействия струны и возбудителя колебаний происходит в течение определенного конечного времени (по экспериментальным оценкам от 0.01 до 0.05 с), воспринимается декой и отражается на звучании музыкального инструмента.

Мы изучили процесс воздействия возбудителя колебаний (медиатора, ногтя или пальца исполнителя, смычка), который рассматривается как взаимодействие со струной в течение времени движения тела [4–7]. Форма тела соответствует форме возбудителя колебаний. Устанавливается возможность различных вариантов движения медиатора в руке исполнителя:

— когда, в силу большей скорости и меньшего времени соприкосновения его со струной, он сохраняет неизменную ориентацию; при этом волновые и колебательные процессы происходят только в одной плоскости;

— когда, в силу меньшей скорости и большего времени соприкосновения, момент силы воздействия струны превысит предельно допустимое значение, позволяющее удерживать медиатор без разворота, — начнется вращение медиатора. В этом случае имеют место пространственные волновые и колебательные процессы и после окончания воздействия исполнителя.

Для смычковых инструментов была решена задача взаимодействия смычка и струны, рассмотрен процесс возникновения автоколебаний. Для клавишных музыкальных инструментов была решена задача взаимодействия (удар и отскок) молоточка со струной с определением дальнейшего движения струны.

## От теории к эксперименту

Существование вынужденных продольных колебаний на частотах поперечных колебаний для гибких деформируемых струн было подтверждено экспериментально. Наблюдалось также явление резонанса между модами (обертонами) продольных колебаний и модами поперечных колебаний.

Суть эксперимента составляет исследование амплитудно-частотных характеристик продольных колебаний и их сравнение с поперечными составляющими [8]. Опыт настолько прост, что может быть воспроизведен в домашних условиях.

Установка, которая использовалась для определения влияния продольных колебаний на динамическое нагружение струны и связанных с ней креплений, схематично представлена на рис.3. В первых экспериментах из-за особой малости амплитуды продольных колебаний и сложности в измерении динамических составляющих напряжений, возникающих в струне в период колебаний, в качестве присоединенного элемента использовалась резонаторная дека гитары. Длинная струна закрепляется таким образом, что один ее конец присоединен к деке, а другой — жестко на колке для возможности регулировки начального натяжения. Струна разделена на несколько частей (в эксперименте — на три) жесткими неподвижными креплениями, которые позволяют ей двигаться на них в продольном направлении, не испытывая при этом поперечных движений.

Эксперимент заключается в том, чтобы сравнить натяжения, возникающие в струне, динамическое нагружение, оказываемое на присоединенный к ней элемент (деку гитары), и возникающие спектры колебаний в двух случаях: 1) при «традиционных» поперечных колебаниях струны, 2) при вынужденном продольном движении струны, источником которого являются поперечные колебания в части струны, которая не прикреплена к деке.

С помощью звукозаписывающей аппаратуры и амплитудно-частотного анализатора исследова-

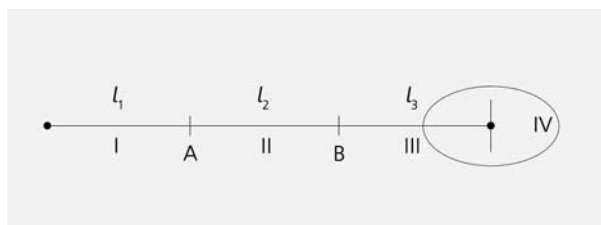


Рис.3. Схема установки. Части струны: I — в которой возможны поперечные колебания, II — между креплениями A, B (нет поперечных колебаний, только продольные), III — закрепленная на деке (нет поперечных колебаний, только продольные), IV — дека гитары.

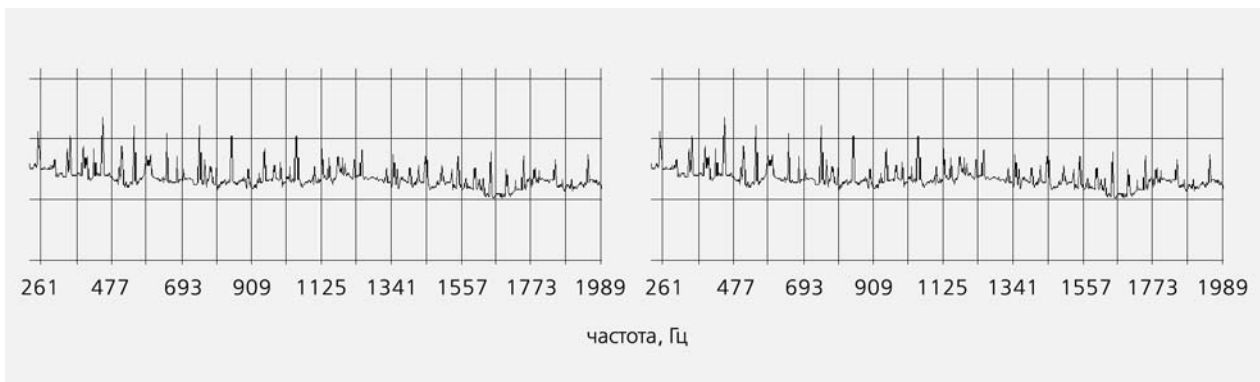


Рис.4. Спектры колебаний струны в случае поперечного (справа) и поперечно-продольного (слева) воздействий.

лась зависимость амплитуды звука, издаваемого декой, а также его частотных характеристик от прикладываемого динамического воздействия.

В первом случае часть струны длины  $l_3 = 65$  см, закрепленная на деке, возбуждается поперечным ударом, и поперечные воздействия передаются на деку. Во втором — две части струны (часть  $l_3 = 65$  см, которая прикреплена к деке, и часть, которая находится между разделительными креплениями, расстояние между которыми  $l_2$ ) демфируются (закрепляются в нескольких точках мягким материалом) для того, чтобы исключить развитие в них поперечных колебаний (продольные колебания при этом не ограничиваются). Третья часть длины  $l_1$  может свободно колебаться в поперечном направлении. Она и служит источником вынужденных продольных колебаний на частотах поперечных колебаний.

В эксперименте по сравнению спектров разделительные крепления делят струну на три равные части  $l_1 = l_2 = l_3$ . В этом случае частоты поперечных колебаний при возбуждении части струны III ( $l_3$ ) совпадают с частотами вынужденных продольных колебаний при возбуждении части I ( $l_1$ ) (рис.4). В случаях поперечного и поперечно-продольного воздействий амплитуды звуковых колебаний различаются незначительно. Обобщенный результат отношения амплитуд  $A_1/A_3 = 0.57$  для различных натяжений говорит о том, что продольные колебания струны являются источником механических колебаний прикрепленного к ней элемента.

Были обнаружены резонансные явления, вызванные совпадением частот обертонов поперечных колебаний с частотами вынужденных продольных колебаний.

При выполнении условия резонанса

$$\frac{\pi n a}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{\pi k b}{l_1}$$

(как и следует ожидать) наблюдается увеличение амплитуды вынужденных продольных колебаний на частотах поперечных (рис.5, частота 1178 Гц).

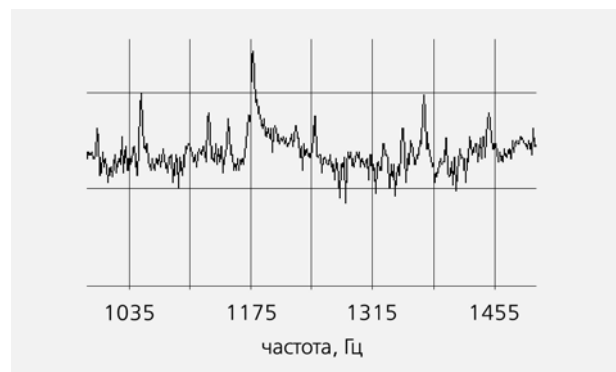


Рис.5. Резонансное усиление амплитуды колебаний на частоте первой моды продольных колебаний. Частота 1178 Гц.

В эксперименте изучалась зависимость амплитуды звуковых колебаний от частоты (в частности, ее увеличение при совпадении частот колебаний).

Условие резонанса для частот поперечных и продольных колебаний в настоящем эксперименте выражается следующими соотношениями

$$\frac{n}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{\sqrt{e_0 k}}{l_1 \sqrt{1 + e_0}},$$

где  $l_1 + l_2 + l_3 = L$  — длина струны,  $n \in 1, 2, \dots$ ,  $k \in 1, 2, \dots$  — целые числа.

Также здесь применялась техника флажолета (особого приема извлечения звука струнных музыкальных инструментов за счет сокращения длины струны, когда присутствуют только высокие обертоны поперечных волн).

Было обнаружено увеличение амплитуды акустических колебаний, соответствующее первой и второй гармоникам продольных колебаний, которое носит резонансный характер. В частности, обнаружено резонансное усиление между этими гармониками продольных колебаний и первой, и второй, и третьей ( $k = 1, 2, 3$ ) гармониками поперечных. Например, при  $L = 380$  см  $\omega_1 = 1174$  Гц,



$\omega_2 = 2348$  Гц (рис.5). Стоит отметить, что при увеличении относительных деформаций струны эффекты, связанные с резонансами между модами колебаний, усиливаются.

За последние годы нам удалось продвинуться в изучении не только колебаний струн, но и движений мембран и пластин (в частности, деки музы-

кальных инструментов), где был обнаружен целый ряд интересных явлений, связанных с взаимным влиянием различных типов волн и колебаний.

Результаты данных исследований уже сейчас могут быть использованы при проектировании и создании электронных музыкальных инструментов. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 07-01-00700-а.**

## Литература

1. *Baron Rayleigh*. The theory of sound. L., 1926; *Рэлей*. Теория звука. Л.; М., 1940. Т.1. С.187—257.
2. *Рахматулин Х.А.* // ПММ. 1945. Т.9. Вып.6. С.449—462.
3. *Демьянов Ю.А.* // Докл. РАН. 1999. Т.369. №4. С.461—465.
4. *Демьянов Ю.А.* // Докл. РАН. 2000. Т.372. №6. С.743—748.
5. *Демьянов Ю.А., Малашин А.А.* // Докл. РАН. 2002. Т.387. №3. С.333—337.
6. *Демьянов Ю.А., Дементьева Д.В., Малашин А.А.* // ПММ. 2003. Т.67. №2. С.273—283.
7. *Демьянов Ю.А., Малашин А.А.* // ПММ. 2003. Т.67. №3.
8. *Малашин А.А.* // Докл. РАН. 2007. Т.413. №5. С.312—315.

### Астрономия

#### Стандарт ночного неба

Квебек (административный центр и порт в провинции Квебек, Канада) — один из самых «светящихся» городов в мире: Монреаль излучает света столько же, сколько и Нью-Йорк, а огни Квебека сравнимы с огнями Парижа.

Для обеспечения качественного стандарта ночного неба в окрестностях обсерватории на горе Мегантик в провинции Квебек создан «международный резерват темного неба» площадью 5500 км<sup>2</sup>. Чтобы уменьшить световое загрязнение неба на 25%, 34 муниципалитета переносят на другие места порядка 2500 рекламных и прочих установок, использующих электричество. Конечная же цель — снизить световой поток более чем на 80%.

Sciences et Avenir. 2007. №729. P.15 (Франция).

### Экология

#### Дельфины у берегов Японии заражены ртутью

В японском порту Тайджи лов дельфинов ведется путем их загона на пляжи. Далее отловленные живыми эти китообразные продаются в центры развлечений, а какая-то их часть попадает к торговцам рыбой. По данным промысловиков из этого порта, анализ мяса дельфинов, продававшегося в супермаркете и поступившего затем в школьные столовые, показал, что концентрация ртути в 10 раз превышает санитарные нормы, принятые в Японии. Впервые сами промысловики воспротивились активному лову. Зараженное ртутью мясо дельфинов было изъято из мясных лавок и кухонь.

Sciences et Avenir. 2007. №729. P.40 (Франция).

### Зоология

#### «Ленивые» самцы пауков-тенетников

Давно известно, что самцы пауков-тенетников строят сети гораздо реже, чем самки, а если строят, то делают это гораздо хуже самок. Исследование биологии паука *Theridion evexum* из семейства Theridiidae, проведенное в Коста-Рике исследователями Г.Баррантесом и Жу Лин Веном (G.Barrantes, Weng Ju Lin; Университет Коста-Рики), дало еще более интересные результаты. Оказывается, взрослые самцы очень редко строят собственную сеть, хотя неполовозрелые самцы перед линькой соорудить такую сеть вполне способны. А в некоторых случаях взрослые самцы просто выгоняют — или даже убивают — совсем молодых, ювенильных паучков и занимают их сети!

Bull. British Arachnol. Soc. 2007. V.14. Pt.2. P.61—65 (Великобритания)

# Дуэли и серенады в мире животных: на носсах и голосах

Е.В.Володина, И.А.Володин

Помните, как в сказке Киплинга любознательный слоненок получил свой длинный нос? Ну, конечно, его вытянул в хобот злой крокодил, который пытался утащить слоненка в реку. Однако так просто бывает только в сказках. На самом деле ученые давно пытаются выяснить происхождение и предназначение столь странного морфологического образования у животных. Надо сказать, что необычным носом обладают не только слоны, но и другие млекопитающие, например сайгак (*Saiga tatarica*) — сравнительно небольшое (масса тела взрослого самца не превышает 35 кг, а самок еще меньше) копытное животное семейства полорогих. Носовая раковина у сайгака редуцирована и смещена так, что ноздри сдвинуты далеко назад, а перед ними над выступающими вперед зубами выросло нечто напоминающее хобот. Биологическая роль этого так называемого носового преддверия долго оставалась неясной, хотя предположений было немало.

## Зачем сайгаку большой нос?

Самая первая и, казалось бы, наиболее очевидная гипотеза — это предположение о роли носа



*Елена Владимировна Володина, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела научных исследований Московского зоопарка. Область научных интересов — изучение структуры и функции звуков, механизмы звукопродукции.*



*Илья Александрович Володин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории поведения животных кафедры зоологии позвоночных Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Занимается социальным поведением млекопитающих и птиц, анализом двигательного поведения и биоакустическим мониторингом популяций.*

как регулятора теплообмена. Дело в том, что сайгак обитает на обширных открытых пространствах степей и полупустынь с резко континентальным климатом — очень сухим и жарким летом и холодной зимой. Во время кочевков сайгаки преодолевают огромные расстояния — до нескольких тысяч километров, т.е. больше, чем какое либо-из

копытных в мире. Укрыться от палящего солнца летом и от морозов с сильным ветром зимой животным негде, поэтому, чтобы выжить, им необходимы какие-то приспособления, регулирующие обмен тепла и влаги в организме. Эту функцию вполне мог бы выполнять большой нос, однако анатомические исследования, проведенные еще в XIX в.

© Володина Е.В., Володин И.А., 2008

Д.Мюрие [1] и в XX в. В.И.Лодыженской [2], практически полностью отвергают такую вероятность. В носовом преддверии сайгака очень мало кровеносных сосудов, да и эпителий внутри носа такой же, как снаружи, т.е. покрыт шерстью. При таком строении нос сайгака не способен выполнять роль теплообменника или сохранять влагу. Поэтому гипотезу участия носа в сохранении тепла зимой и удаления избыточного тепла летом, а также использования носа для сохранения воды приходится отвергнуть как несостоятельную, хотя она и кажется наиболее вероятной.

А.Г.Банников с коллегами предположили, что носовое преддверие сайгака может служить фильтром для пыли [3]. Основана эта гипотеза на изучении найденных погибшими или добытых на охоте сайгаков. Носовые преддверия всех этих животных содержали частицы пыли, склеившиеся в небольшие комочки. Крупный выстланный шерстью нос, способный отфильтровывать пыль, вполне мог бы предохранять чувствительный обонятельный эпите-

лий от повреждений. Но тогда почему такая адаптация появилась только у сайгака? Почему столь впечатляющие дополнительные приспособления для фильтрации пыли не развиваются, к примеру, у лошадей, бизонов, джейранов или каких-нибудь африканских антилоп, также живущих в пыльных степях?

Возможно, возникновение такой адаптации именно у сайгака связано с особенностями его биологии. Это — стадное животное и одно из самых быстрых копытных на планете. Спасаясь от хищников, взрослый сайгак движется со скоростью 70—80 км/ч, а новорожденный сайгачонок спустя всего 10—12 мин уже бежит так быстро, что люди не могут поймать его, чтобы помечить [4]. Для поддержания высокой скорости в течение продолжительного времени сайгак использует наиболее быстрый и одновременно энергетически экономичный аллюр — иноходь, выбрасывая вперед одновременно обе левые ноги, а затем обе правые. Чтобы создать максимальную свободу плечевой мускулатуре, шею сайгак удерживает почти горизонтально, из-за

чего голова опущена очень низко над землей. В результате ноздри постоянно погружены в сплошное пылевое облако, которое поднимается от огромного бегущего стада. Очевидно, что в этом случае дыхательные органы животного подвергаются значительной опасности, и нет ничего удивительного, что в процессе эволюции у сайгака развился орган, выполняющий функцию пылевого фильтра. Такой необходимости нет ни у лошадей, ни у бизонов, поскольку у этих довольно крупных животных голова во время бега находится высоко от земли. Что же касается некрупных антилоп, то ни одна из них не мигрирует на *такие* расстояния, с *такой* скоростью и *такими* огромными стадами, как сайгаки.

Казалось бы, гипотеза о роли носового преддверия как пылевого фильтра логична и обоснована. Единственное, что эта гипотеза не объясняет — ярко выраженный половой диморфизм в размерах носов у сайгака. Ведь пылевой атаке подвергаются как самцы, так и самки, поэтому и увеличенное преддверие носа должно было развиваться в рав-



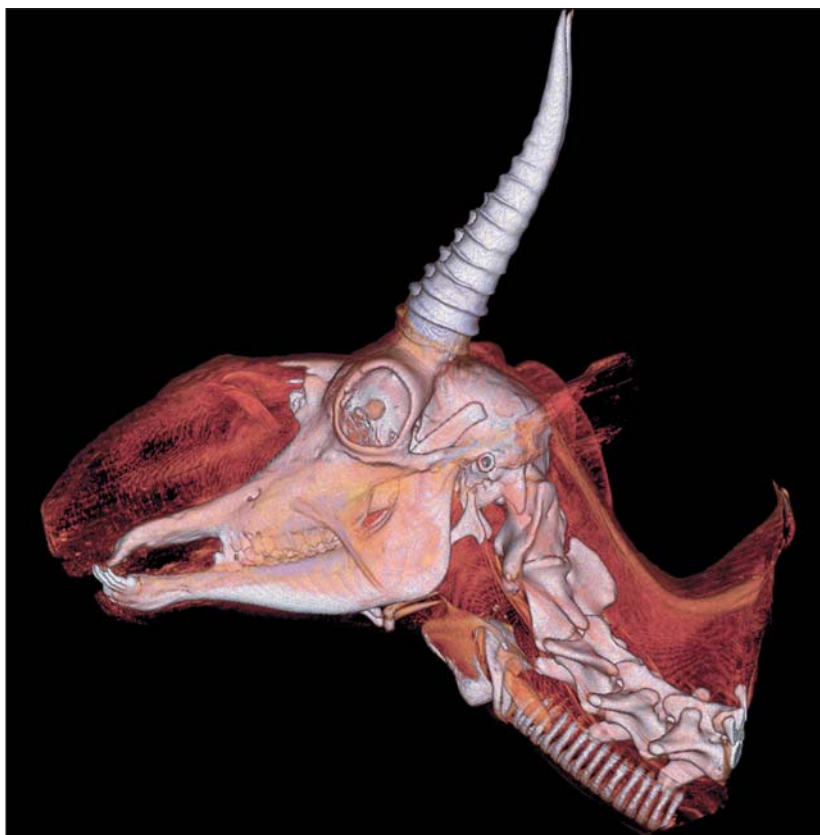
Самец и самка сайгака. Их носы похожи на гофрированный шланг, который легко гнется в любую сторону.

Фото авторов

ной мере и у тех, и у других. Отличаться они должны лишь пропорционально размерам самих животных. Однако носы самцов не только несоразмерно больше, чем у самок, но и еще больше увеличиваются зимой, когда пыли практически не бывает. Как же это можно объяснить?

Пытаясь разобраться в этом, Р.Фрай, морфолог из Института исследований животных в природе и неволе им.Г.В.Лейбница (Берлин), изучил анатомию головы погибшего в Кёльнском зоопарке самца сайгака [5]. Сначала была проведена компьютерная томография головы, а затем сделаны тонкие срезы мягких тканей, причем чтобы сохранить их естественное положение и не допустить сминания, препарат подвешивали в воде. Выяснилось, что все мышцы, управляющие носовым преддверием, чрезвычайно подвижны и тесно связаны плотной соединительной тканью воедино. Поэтому любые изменения его формы обеспечиваются скоординированным действием сразу нескольких мышц, а не какой-то одной. Но не слишком ли это роскошно для простого фильтра от пыли?

Объяснение пришло, когда результаты анатомических исследований дополнились данными из совсем другой области биологии — биоакустики. На протяжении нескольких лет мы изучали двигательное и акустическое поведение самцов сайгака во время гона зимой в Зоопитомнике Московского зоопарка под Волоколамском. Исследования велись не в естественных условиях, а в питомнике потому, что в природе сайгаки близко людей не подпускают, да и спариваются обычно ночью. Возможно, именно поэтому, несмотря на существующую обширную литературу, посвященную сайгаку, о поведении самцов во время гона до недавних пор ничего известно не было, как, впрочем, и о других аспектах поведения этих животных.



Компьютерная томография головы самца сайгака. Видно, что носовая область черепа сильно укорочена и практически сразу перед глазами начинается огромное носовое преддверье — эластичный хобот без каких-либо костных или хрящевых структур. Публикуется с любезного разрешения Р.Фрая.

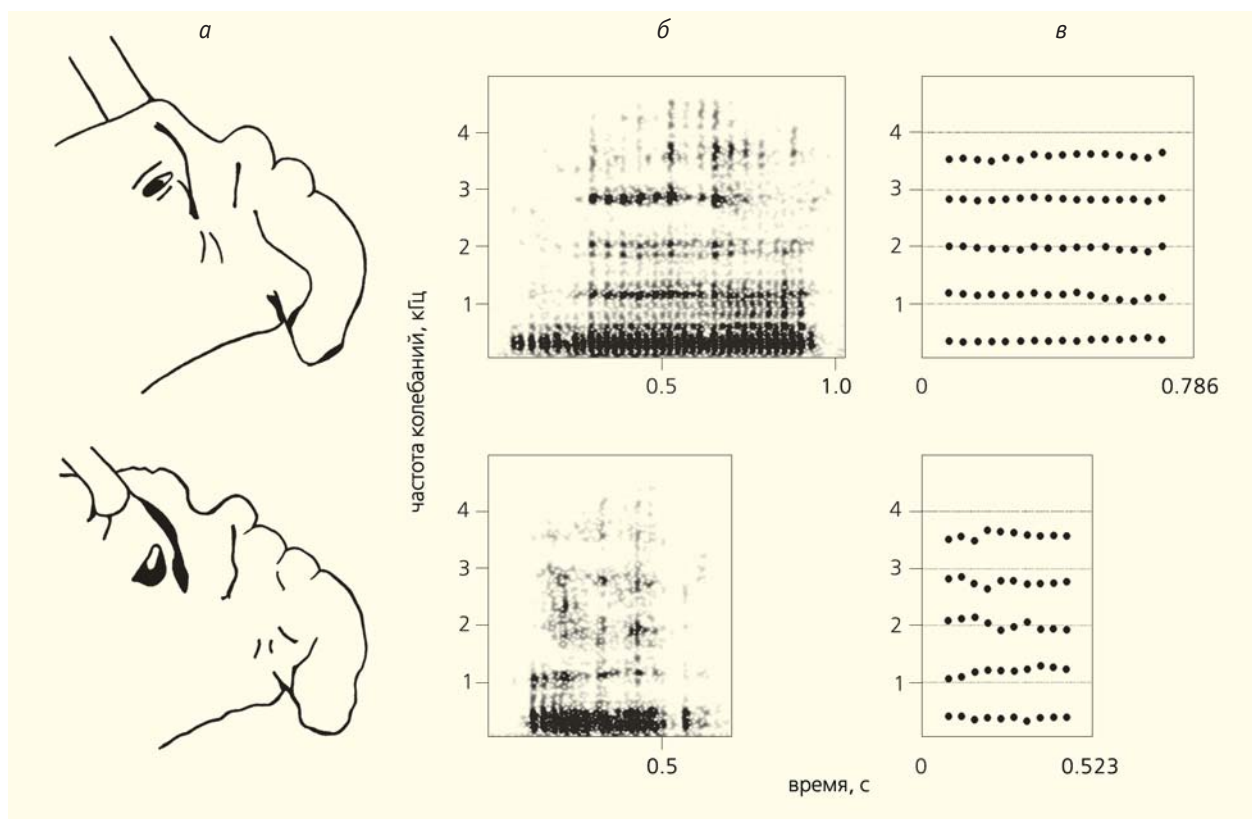
Только в условиях полувольного содержания в больших вольерах, где самцы, с одной стороны, ведут себя естественно, а с другой, не могут полностью исчезнуть из поля зрения, можно сделать высококачественные аудио- и видеозаписи сайгаков. В результате анализа этих записей удалось узнать много нового в биологии и поведении этого удивительного животного.

### Чтобы привлечь и защитить

В период гона самец тщательно охраняет гарем, собирая самок в табун и отгоняя от них других самцов. Столь же агрессивен он и к людям, рассматривая их в качестве соперников (возможно, потому, что люди

примерно того же размера). Охраняя гарем, самец громко хоркает, и при этом принимает специфическую вокальную позу: удерживая шею почти горизонтально, задирает тяжелую рогающую голову вверх и остается в такой позе на протяжении всего крика, который длится около полсекунды. Кричат самцы исключительно через нос, на выдохе, с плотно закрытым ртом. Это было хорошо видно на видеозаписях, сделанных в морозные январские дни, по паре, выходящему из носа сайгаков во время крика. Непосредственно перед тем как издать громкое хорканье, самец сильно напрягает и удлиняет мягкий нос, так что он выглядит как сложная кривая S-образная труба. Носовое преддверие растягивается так, что значительно нависает





Индивидуальные различия в удлинении носа (а) у двух самцов сайгака и акустические признаки их криков — спектрограммы гонных криков (б) и треки, показывающие ход формант на протяжении крика (в).



Самец сайгака во время гона зимой. В этот период он угрожает даже людям — бегаёт вдоль сетки вольера, принимает вокальную позу, при этом его нос удлиняется, и громко кричит — хоркает.

Здесь и далее фото авторов

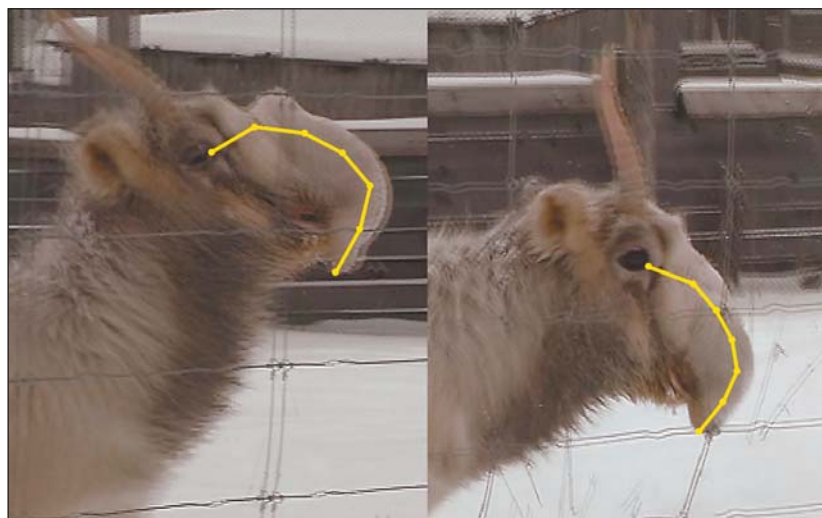
надо ртом, при этом ноздри выгибаются вперед. В вокальной позе заметны индивидуальные различия, особенно в числе складок на поверхности преддверия: у трех самцов было только по одной складке, у одного две, и еще у одного — целых три. Кроме того, изгиб носа у четырех самцов был гладким, а у одного больше напоминал зигзаг.

Собирая самок в табун и отгоняя от них соперников, гаремный самец регулярно вздергивает голову и кричит почти непрерывно. Это требует огромных энергетических затрат, поэтому за несколько дней гона самец может дойти до крайнего истощения. В неволе его, конечно, стараются вовремя изолировать от стада, заменяя другим самцом, но в природе, судя по литературным данным, многие из таких полностью растративших силы самцов погибают [3].

Зачем же самцы тратят столько сил на такое, казалось бы, бессмысленное и энергетически затратное поведение? Для чего им каждый раз перед криком надо задирать голову и делать нос трубой? Ведь известно, что самки, общаясь с детенышами, тоже кричат через нос, но при этом не напрягают его и не закидывают голову. Мы предположили, что гаремный самец принимает специфическую вокальную позу, чтобы изменить структуру звуков, которые для самцов-соперников должны быть устрашающими, а для самок — привлекательными. Мы проанализировали звуки самцов с помощью компьютерной спектрографической программы Avisoft и выяснили, что громкое хорканье гаремного самца представляет собой серию пульсов, которая соответствует частоте колебания голосовых связок животного, т.е. около 40—45 колебаний в секунду. Каждый пульс и соответственно весь звук целиком охватывают широкую полосу частот.

Весь дальнейший анализ звуков был основан на теории источника-фильтра, которая была предложена Г.Фантом в 1960 г. для речи человека и продолжает оставаться ключевой в современной биоакустике как человека, так и животных [6]. В соответствии с этой теорией, сигнал голосового источника (колеблющихся в потоке воздуха голосовых связок) проходит через вокальный тракт (глотку, ротовую и носовую полости), у которого есть свои акустические резонансы и антирезонансы. Это означает, что вокальный тракт выполняет функции своеобразного фильтра, усиливающего и ослабляющего определенные частоты звукового сигнала.

На структуре звука, который мы в итоге слышим, и исходящем у большинства животных из рта, а у сайгака — из носа, сказываются особенности как голосового источника, так и вокального тракта. Параметры голосового источника, такие как



Во время гона у гаремного самца в течение крика носовой вокальный тракт удлинится по сравнению с расслабленным носом после крика в среднем на 21.7%.

длина и массивность голосовых связок, определяют частоту голосового тона. А параметры вокального тракта, так называемые форманты, которые зависят от длины пути звука от голосовых связок до выхода из вокального тракта, определяют тембр звука. Но ведь очевидно, что когда гонный самец сайгака вытягивает нос, путь для звука также должен удлиниться. Таким образом, нашей задачей было посмотреть, как изменяются форманты в криках сайгака, издаваемых с расслабленным и с вытянутым носом.

Такие звуки удалось записать только от одного самца. Издавая крики, он не тратил усилия на то, чтобы принимать вокальную позу и напрягать нос, поэтому его вокальный тракт не был дополнительно удлинён. Для сравнения «зимних» и «летних» криков самцов сайгака мы использовали компьютерную программу Praat.

Э.Ваннони, биоакустик из Италии, показала нам, как она использует эту программу для анализа формант в звуках гаремных самцов лани, которые в период гона кричат, оттягивая вниз гортань так, что она почти достигает грудины [7]. После крика гортань рывком возвращается в исходное положение. Хотя

механизмы удлинения вокального тракта у сайгака и лани кажутся совсем разными, приводить они должны к одному и тому же акустическому эффекту — форманты звука становятся ниже.

Поскольку у сайгака при вокализации задействована не ротоглоточная, а носоглоточная полость, первым делом необходимо было измерить длину назального вокального тракта у самца сайгака. Оказалось, что расстояние от голосовых связок до конца носового преддверия составляет 380 мм, что стало отправной точкой для расчета формант в звуках сайгака. Чтобы оценить удлинение назального вокального тракта во время крика в сравнении с состоянием покоя, мы анализировали видеозаписи. Среди отснятого видеоматериала мы выбирали по два видеокadra от одного и того же самца сайгака: один кадр в момент крика, а второй — с уже расслабленным носом после крика. Важно было выбрать такие кадры, где самец стоял точно боком к камере. Положение головы отслеживали по положению рогов — идеальным считался профиль, где контуры рогов накладывались друг на друга. Если таких не находилось, мы брали профили наиболее

близкие к идеальным. Не всегда также удавалось подобрать кадры с максимальным напряжением или расслаблением носа, поскольку животное могло двигаться в момент крика так, что частично скрывалось за сугробами снега или изгородями. С помощью программы AutoCAD мы проводили кривую линию от угла глаза до кончика носового преддверия сайгака, которая соответствовала длине назального вокального тракта во время и после крика, и сравнивали их длину. Оказалось, что вытягивание носа во время крика удлиняло вокальный тракт самца примерно на 20%; при этом формантные частоты их криков снижались также примерно на 20%. Сомнений не оставалось — формирование носа перед криком и удлинение назального вокального тракта действительно приводят к снижению формант крика у гонных самцов.

Для чего же сайгаку нужно снижать формантные частоты своих гонных криков?

### Это любовь!

Более длинным вокальным трактом обладают, как правило, крупные животные, поэтому, увеличивая его длину за счет вытягивания носа, сайгак старается казаться больше, чем он есть на самом деле. Этот феномен не так уж необычен и носит название вокального преувеличения размера. Помимо уже упомянутых самцов лани, другой яркий

и близкий для нас пример — это наш собственный вид. Действительно, у человека гортань расположена очень низко по сравнению с родственными нам шимпанзе [8]. В отличие от лани, низкое положение гортани человека постоянное, а не динамическое, т.е. встречающееся только во время крика. Развившись в ходе эволюции, низко расположенная гортань дала большую свободу движениям языка, обеспечив тем самым возможность развития речи. Но у мальчиков-подростков, по сравнению с девочками, во время полового созревания гортань опускается еще ниже, что сопровождается ломкой голоса. Голос становится низким и глубоким — и, как показали научные исследования, гораздо более привлекательным для женщин. В своей статье «Голоса мужчин и выбор женщин» С.Коллинс [9] приводит данные, свидетельствующие о том, что когда женщины могут руководствоваться только слухом, то они предпочитают мужские голоса с низкими формантами. Дальнейшие исследования показали, что предпочтения в пользу низкого мужского голоса развиваются у женщин во время полового созревания, тогда как маленькие девочки, наоборот, предпочитают «добрые» высокие голоса [10]. Результаты экспериментов свидетельствуют, что поскольку предпочтение низких мужских голосов может оказывать влияние на выбор супруга, то выбор женщин мог оказаться существенным факто-

ром полового отбора, действующим на дополнительное эволюционное опускание гортани у мужчин.

Почему же самки предпочитают глубокие мужские голоса с низкими формантными или основными частотами? С одной стороны, это понятно — низкий голос, как правило, свойствен более крупным самцам, которые способны не только привлечь и защитить больше самок, но и более опасны для соперников. Однако, по-видимому, есть и еще одна причина — низкий мужской голос свидетельствует о старшем возрасте самца, более опытного и приспособленного, коли он сумел дожить до столь преклонных лет.

Интересно, что эти механизмы полового отбора работают не только у млекопитающих. К примеру, как установили швейцарские исследователи А.Джакот и Х.Шубер, частота криков саморекламирования самцов полевых сверчков также понижается с возрастом [11]. Именно низкие глубокие голоса «мужчин в самом расцвете сил», производимые с помощью модифицированных передних частей крыла, оказываются самыми привлекательными для ищущих спутника жизни самок этого вида.

Так что же это за эволюционная сила, которая превращает голоса и людей, и зверей сразу и в инструмент для исполнения серенад, и в оружие для турниров? Вы уже знаете ответ — и абсолютно правы! Конечно, это любовь! ■

### Литература

1. Murie J. On the Saiga Antelope, *Saiga tatarica* (Pall.) // Proceeding Zoological Society, L., 1870. P.451—503.
2. Лодыженская В.И. К морфологии верхних дыхательных путей сайги (*Saiga tatarica*) // Ученые записки Карело-Финского Университета. 1952. Т.4. Вып.3. С.17—41.
3. Банников А.Г., Жирнов Л.В., Лебедева Л.С., Фандеев А.А. Биология сайгака. М., 1961.
4. Данилкин А.А. Полология. М., 2005.
5. Frey R., Volodin I., Volodina E. // Journal of Anatomy. 2007. V.211. P.717—736.
6. Fant G. Acoustic theory of speech production. Mouton, 1960.
7. Vannoni E., McElligott A.G. // Ethology. 2007. V.113. P.223—234.
8. Fitch W.T. // Trends in Cognitive Science. 2000. V.4. P.258—267.
9. Collins S.A. // Animal Behaviour. 2000. V.60. P.773—780.
10. Saxton T.K., Caryl P.G., Roberts S.C. // Ethology. 2006. V.112. P.1179—1185.
11. Jacot A., Scheuber H. // Ethology. 2007. V.113. P.615—620.



# Жизнь в сообществах: формула счастья

Ж.И.Резникова

Эта статья — попытка этолога-экспериментатора найти основные закономерности в поразительно разнообразии форм социальной организации животных и выяснить, какую роль играет интеллект в их общественной жизни.

Бессчетное число живых существ, от пчелы до слона, живут «в строю», будучи так или иначе связанными множеством общественных обязательств. Можно ли сохранять самостоятельность, если за тобой закреплена определенная социальная функция?

В историю этологии вошла японская мартышка Имо. Более 50 лет назад она догадалась отмывать клубни сладкого картофеля (батата) от грязи в морской воде и стала новатором в своем сообществе, ей начали подражать остальные. Новый обычай распространился, и до сих пор «культура мытья бататов» жива в этой островной колонии. Стала бы обезьянка Имо новатором, если бы ей нужно было денно и ночью, отказывая себе в еде и питье, дежурить при чужих детях, т.е. выполнять в группе роль няни? А может ли быть предприимчивым «разведчик» — муравей или павиан, вынужденный «держаться на замке» вверенный ему участок территориальной границы?

Задаваясь вопросом о месте интеллекта в общественной



**Жанна Ильинична Резникова**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института систематики и экологии животных СО РАН, заведует кафедрой сравнительной психологии в Новосибирском государственном университете. Область научных интересов — экспериментальная этология и экология животных. Автор нескольких учебников и книг, последняя из которых «*Animal Intelligence. From Individual to Social Cognition*» (Cambridge, 2007).

жизни животных, я имею в виду не просто приобретение индивидуального опыта. Значительная доля их поведенческих реакций основана на врожденных стереотипах, а способность к обучению делает поведение животных более гибким и адаптивным. Вместе с исследовательской активностью, побуждающей постоянно пополнять сведения об окружающем мире, накопление индивидуального опыта помогает животным осуществлять «доводку» генетически запрограммированного поведения до требований изменчивой среды обитания. Интеллект же служит им для применения полученных навыков в незнакомых, а часто и принципиально новых ситуациях.

В антиутопии О.Хаксли «Этот дивный новый мир» изображается общество, состоящее из специализированных груп-

пировок, запрограммированных на определенный тип поведения — от умных управляющих «альфа» до «рабочих лошадок» «дельта». Члены каждой касты достигали счастливой гармонии, усвоив с раннего детства, что их образ жизни и есть самый удобный, приятный для них и полезный для общества (правда, эта внутренняя вера поддерживалась еще и ежедневной дозой наркотика). А как достигают гармонии львы, орлы и куропатки, к удовольствию этологов помещенные Чеховым в один список с людьми? Совместима ли специализация с интеллектуальными достижениями, и нет ли горя от излишнего ума?

Чтобы ответить на эти вопросы, прежде нужно упорядочить сведения о разнообразных общественных структурах в животном мире, выявить закономерности их организации и найти ме-





Стая свиристелей — одного из видов птиц, живущих анонимным сообществом.  
Фото Н. Бикбаева



Рысята. Общество сородичей приятно рыси только в детстве.

Фото П. Б. Рябко

ру соотношения гибкого и запрограммированного поведения индивидуума в социуме.

### Классификация социальных «игр»

Естественный отбор создает множество специализированных типов развития, связанных с особенностями жизни вида. Среди них важное место занимает жизнь в сообществах. Одних животных (например, сельдь или шимпанзе) с таким же трудом можно представить одиночками, как других (скажем, взрослых бурундуков или леопардов) — объединенными в стабильную группировку. В животном мире разнообразие форм общественной жизни огромно. Главное свойство, отличающее скопление животных от настоящего сообщества, — коммуникация. Важно при этом, обращены ли сигналы к определенным особям или группам или посылаются безадресно, в пространство. По этому признаку сообщества делятся на анонимные и индивидуализированные. В первых сигналы направлены ко всем существам своего вида. Несмотря на кажущееся отсутствие организации, такие группировки часто проявляют сплоченность и целесообразность совместных действий. Так, перелетные стаи скворцов при появлении в воздухе ястреба плотно стягиваются, спешат ему навстречу и, обтекая со всех сторон, собираются у него в хвосте. Так же реагируют на хищника и многие рыбы. Поскольку члены такого сообщества потенциально равны друг другу в социальном плане, его называют еще и эквипотенциальным.

Природа не подарила нам удовольствия расположить виды в ряд, от животных «попроще», образующих анонимные сообщества, до видов с высокоорганизованной нервной системой и развитой социальной организацией, основанной на индиви-

дуальном распознавании. Есть немало сравнительно близких видов, образующих как анонимные, так и индивидуализированные сообщества. В частности, у рыб наряду с анонимными стаями, характерными для многих видов, существуют стаи, неплохо организованные и основанные на индивидуальных контактах. Индивидуализированные сообщества образуют и позвоночные, и беспозвоночные животные. Например, как обнаружил П.И.Мариковский, пустынные мокрицы селятся в норках парами, и впоследствии супруги опознают друг друга и своих детей, прикасаясь усиками к шипикам и бугоркам на теле. Индивидуальное распознавание выявлено и у некоторых видов ос, возможно, есть оно и у муравьев.

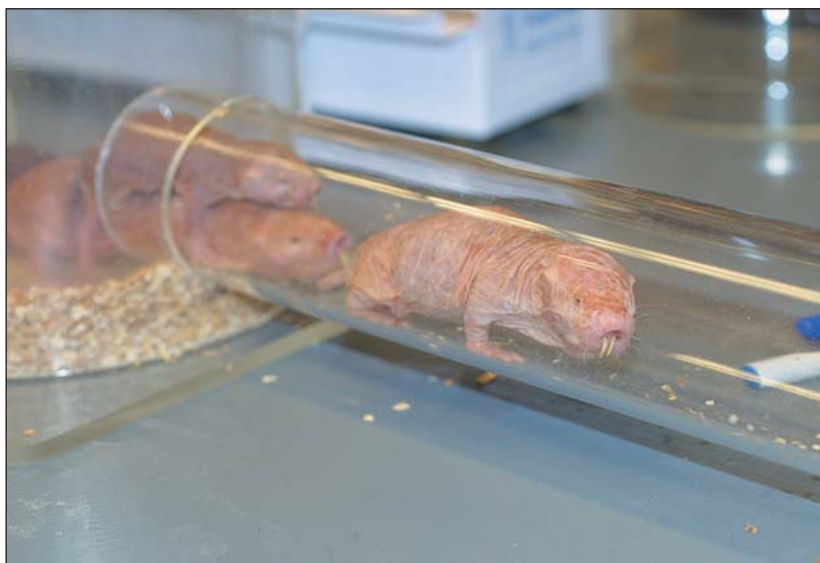
Другой подход к классификации сообществ основан на их делении «по степени социальности». Широко используется схема Э.Уилсона, в которой выделяется несколько уровней: от «одиночного образа жизни» до «эусоциальности». Особый интерес представляет этот последний уровень. К нему относят только те сообщества, чья организация удовлетворяет трем критериям:

— вместе живут представители не менее двух последовательных поколений: материнского и дочернего;

— между членами группы существует кооперация, в частности, они совместно добывают пищу, выкармливают потомство, строят и защищают жилище;

— в группе строго и постоянно разделены репродуктивные функции: одни животные («царицы» и «приближенные к телу» самцы) размножаются, а другие (рабочие) помогают им выращивать потомство, но сами лишены возможности иметь его.

Долгое время к эусоциальным относили только общественных перепончатокрылых насекомых и термитов. Лишь в конце XX в. эусоциальность была выявлена у некоторых видов тлей, жуков, креветок и, что



Рабочие особи голых землекопов в лаборатории К.Катаньи.

Фото С.Баскауфа

самое удивительное, — у млекопитающих. Таковыми оказались грызуны — голые землекопы (*Heterocephalus glaber*), обитающие в Восточной Африке [1]. В их колонии есть единственная «царица» (матка), несколько самцов-производителей и до нескольких сотен помощников — рабочих обоего пола, чьи функции размножения подавлены активным воздействием царицы. Жестко запрограммированное разграничение репродуктивных функций позволяет безоговорочно причислить этих животных, которых зоологи называют «саблезубыми сосисками», к эусоциальным видам. Если колония почему-либо осталась без матки, одна из работниц занимает ее место. С этого времени самка преобразуется: меняется не только ее поведение, но и размеры, причем тело вытягивается за счет удлинения позвонков. Теперь уже новая матка подавляет половую активность всех остальных членов колонии. Сама же она может принести по пять пометов в год (до 700 детенышей за время жизни).

Голые землекопы живут под землей, роют многочисленные туннели для поиска клубней, переваривают целлюлозу с помо-

щью микроорганизмов, живущих в кишечнике, а фекалиями питаются размножающиеся самки и детеныши. Все эти особенности жизни делают землекопов удивительно похожими на термитов. Наблюдения в лаборатории выявили еще одну, очень важную, аналогию с общественными насекомыми — полиэтизм, т.е. наличие в семье групп, каждая со своей поведенческой ролью. В таком распределении у эусоциальных грызунов, как и у насекомых, значимы размеры и возраст: молодые особи специализируются на обслуживающих операциях, вырастая, они могут стать сначала фуражирами, а позже — охранниками или производителями. У эусоциальных животных принято различать кастовый и возрастной полиэтизм. В более общем виде, применительно к множеству социальных видов можно использовать понятие *социальной специализации*, основанной на поведенческой изменчивости в популяциях и связанной с закреплением за индивидуумом определенной социальной функции.

Открытие эусоциальности у позвоночных животных — это аргумент в пользу жизнеспособ-



ности «общих» классификаций, применимых к мировой фауне. «Частные» классификации, работающие в пределах одного таксона, позволяют упорядочить факты и составить представление об эволюции форм общественной организации в исследуемой группе. Так, У.Уилер выделил семь этапов развития материнского поведения у насекомых, возможно, приведшее к появлению у них общественной жизни. На этой основе он предложил классификацию, охватывающую все уровни социальных структур в данном классе. Л.М.Баскин разработал классификацию этологических популяционных структур у копытных животных: компании, парцеллярные группировки, гаремы, косяки, стада [2]. Существуют классификации «коммунальных систем» у птиц, приматов, псовых и других групп животных.

Безусловно, распределение социальных систем по упорядоченным категориям удобно для этолога. Но к попыткам классификации приходится подходить с осторожностью, так как формы общественной организации лабильны. Переход от одной социальной системы к другой может осуществляться в популяции в разные сезоны года. Общественная структура вида может меняться в зависимости от местообитания и плотности популяций. В экспериментальных исследованиях, проведенных на столь разных видах, как луна-рыба и домовая мышь, было обнаружено, что при высокой плотности особей на территории самцы придерживаются системы иерархических отношений в группе, но когда позволяет пространство и существуют укрытия, переходят к одиночному территориальному образу жизни. Экспериментируя с муравьями, мы выяснили, что возможности перебора вариантов, относящихся к разным уровням социальной организации, ограничены для каждого вида своей «линейкой» и зависят от доступности ресурсов.

Итак, разнообразие тактических решений в организации социодемографических систем у животных опирается на набор наследственно обусловленных сценариев поведения, которые, в свою очередь, ограничены особенностями эволюционной стратегии. Социальная специализация связана с закреплением общественно важных функций за носителями определенных поведенческих свойств. Где же место для личной инициативы и проявления интеллекта индивидуума? Чтобы найти ответ на этот вопрос, перейдем от классификации социальных «игр» к анализу их внутренних правил.

### Распределение ролей в социальных и эволюционных пьесах

В жизни социальных животных важное место занимает, как упоминалось, кооперация: совместное добывание пищи, строительство, выращивание потомства. У бобров, например, есть строители хаток, заготовители корма, няньки. У множества видов разделение труда в группах сородичей основано на сочетании наследственно обусловленных поведенческих стереотипов, индивидуального и социального опыта. Соотношение этих компонент поведения выяснено пока лишь для немногих видов, хотя такие сведения очень важны, чтобы составить эволюционную картину социальной жизни. Стабильное разделение ролей в группировках животных так или иначе основано на социальной специализации.

Наиболее полно сочетаются кооперация особей и разделение их ролей в сообществе эусоциальных насекомых. Это проявляется на разных уровнях организации — от координации деятельности особей в небольших рабочих группах до общих реакций всей семьи. Вот лишь некоторые из форм совместной деятельности, известные для му-

равьев: строительство гнезд; разведение грибных садов; поддержание «ферм» тлей и других сосущих насекомых, снабжающих муравьев углеводной пищей; коллективные охота и транспортировка добычи; защита от врагов. Поражают масштабы деятельности насекомых: высота термитников может достигать двух метров, а в подземных «городах» муравьев-листорезов человек может поместиться во весь рост.

Разделение функций в семье эусоциальных насекомых можно объяснить по-разному. Согласно одной точке зрения, такая семья в принципе несопоставима с сообществом, так как ее члены не могут рассматриваться в качестве отдельных полноправных индивидуумов. Население муравейника, термитника или улья представляет собой единый «сверхорганизм», в котором есть репродуктивная часть (размножающиеся самки и самцы-производители), а разделение труда между неспособными к размножению рабочими соответствует разграничению функций между разными тканями в организме. Сходство с целостным организмом усиливается морфологически закрепленными различиями между кастами (солдаты, крупные и мелкие рабочие), которые характерны для многих видов муравьев и для всех термитов. Авторы монографии «The Ants» высказываются в пользу теории сверхорганизма [3]. В частности, они приводят результаты экспериментов с муравьями-листорезами, которые разводят грибы на кусочках листьев для выкармливания своих личинок. Зеленые кружочки муравьи вырезают челюстями-«ножницами» и переносят с деревьев в свои подземные галереи, где работу продолжают уже другие «специалисты». У листорезов рода *Atta* четко выражены морфологические различия у членов субкаст: солдаты и рабочие отличаются размерами, формами голов и челюстей, выполня-

ют разные виды работ. Манипулируя соотношением этих «специалистов» и доступными семьям ресурсами, экспериментаторы пришли к гипотезе адаптивной демографии: семья общественных насекомых реагирует на непостоянство условий изменением численного соотношения каст и субкаст. Индивидуальные же реакции меняются в очень узком диапазоне и чаще всего наследственно закреплены.

Однако разделение функций между морфологически различными «узкими специалистами» — это лишь один из способов оптимального разделения труда. У многих видов общественных насекомых рабочие различаются только размерами, а у некоторых — лишь особенностями поведения. В пользу точки зрения о гибком поведении отдельных особей в семье и о значительной роли интеллекта в самостоятельном «принятии решений» говорит целый ряд наблюдений и экспериментов. Так, в опытах Г.А.Мазохина-Поршнякова медоносные пчелы и общественные осы проявляли незаурядные способности решать задачи, требующие экстраполяции и абстрагирования [4]. Детальными наблюдениями за «рабочими командами» муравьев выявлено разделение ролей в слаженно работающих группах, основанное на обмене информацией между ними и, возможно, на индивидуальном распознавании особей [5]. Можно полагать, что гибкость индивидуального поведения вполне сравнима у некоторых видов общественных насекомых и позвоночных.

Разделение ролей в сообществах животных основано на их индивидуальных различиях, которые, как следствие внутривидовой изменчивости, могут быть морфологическими, физиологическими, поведенческими. Как уже говорилось, даже в столь специализированных сообществах, как эусоциальные, для разделения труда бывает до-



Личинки термитов за работой. Уже на личиночной стадии будущие солдаты выделяются большими головами и модифицированными жвалами.

Фото Т.Джадд



«Новорожденная» пчела. Ей предстоит пройти разные ступени карьерной лестницы, от няньки до разведчицы.

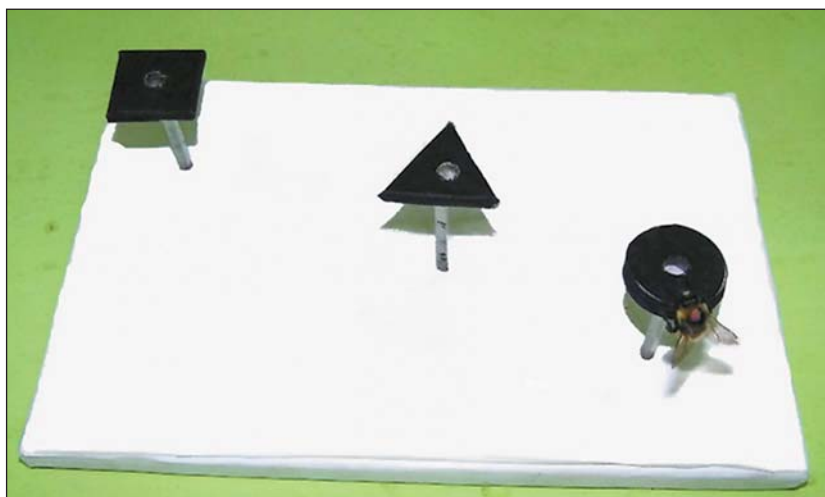
Фото В.М.Карцева





На «ферме» рыжих лесных муравьев. Разделение труда у них основано на поведенческой и социальной специализации. Здесь «пастух» передает «транспортровщику» падь, «надоенную» у тлей, «охранник» готов отразить нападение.

Фото Т.А.Новгородовой



Шмель, который предпочел круг. Среди шмелей, появившихся на свет в лабораторном гнезде, одни стабильно выбирают треугольные, а другие круглые искусственные цветы, используемые в опытах.

Фото А.В.Черненко

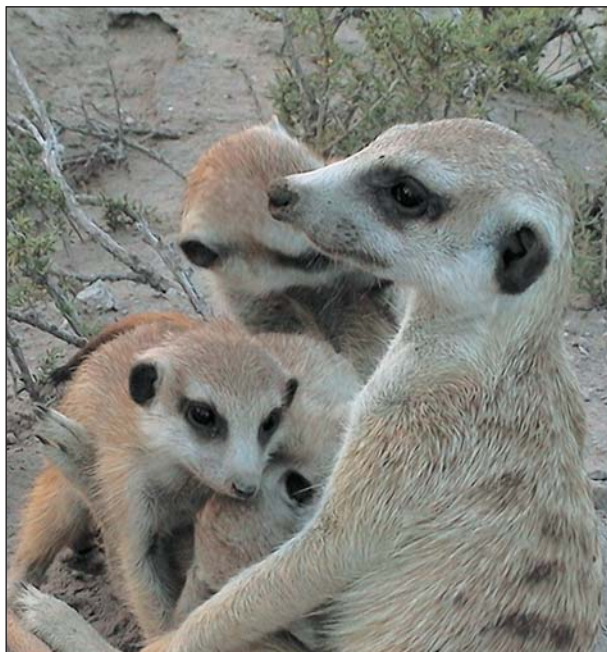
статочны отличий в поведении. Если же функции закреплены не навсегда, а на время, то новую специальность первыми осваивают более склонные и способные к ней особи. Один из примеров — «ролевая иерархия» в стаях бродячих собак, описан-

ная А.Д.Поярковым. При необходимости защищать границы территории главенствует одна собака, если надо выпросить подачку у прохожего — другая, а третьей нет равных, когда нужно «составить график» посещения помоек. В основе разде-

ления функций здесь лежат поведенческие особенности.

У многих видов животных в популяциях выделяются специализированные в поведенческом отношении группировки, сходные по таким признакам, как выбор диеты, специфика суточной активности, поисковое, охранное, территориальное и ориентировочное поведение, ярусное распределение. Так, в популяции рыб одни особи постоянно кормятся на глубине, а другие — ближе к поверхности воды. Все это относится к *поведенческой специализации*. Она может базироваться на предпочтениях определенных стимулов, скорости реакции, различиях в скорости передвижения, уровне агрессивности и множестве других психофизиологических характеристик, главным образом врожденных. Есть множество тому примеров. В их ряду — результаты, полученные в нашей лаборатории: среди шмелей, появившихся на свет в лабораторном гнезде, одни стабильно предпочитают треугольные, а другие — круглые искусственные «цветы». Как тут не вспомнить переключку поэтов: П.Коган (1936) — «Я с детства не любил овал, / Я с детства угол рисовал.»; Н.Коржавин (1944) — «...Я с детства полюбил овал / Зато, что он такой законченный!»

Если разделение труда в обществе основано на различиях в способностях решать задачи, требующие вовлечения определенных интеллектуальных ресурсов, это можно назвать *когнитивной специализацией*. Как одна из составляющих поведенческой изменчивости в популяциях, она основана на врожденных склонностях индивидуумов к образованию одних ассоциативных связей и, возможно, к «запрету» образования других [6, 7]. Казалось бы, мы опять ставим поведение индивидуумов в зависимость от жестких, наследственно закрепленных, предопределений. Однако «интеллектуальная планка» для проявления гибкого по-



Сурикаты: мать с потомством и детеныш в охранной позе.

Фото Л.Холлен

ведения может быть очень высокой, а за этим кроются немалые возможности для инициативного и новаторского поведения. Так, в упоминавшихся опытах с пчелами и муравьями с простыми поисковыми задачами справлялись все члены улья и муравейника, но если требовались способности абстрагировать и улавливать закономерности, задачи были «по разуму» лишь немногим. Именно из их рядов и выходят разведчики — они отыскивают новые источники пищи и координируют деятельность сородичей, т.е. ведут себя вроде «ужасно умных альф» из романа Хаксли. Мартышки, впервые ополоснувшие клубни в море, шимпанзе, первыми взявшие в руки каменные «молоты» и «наковальни» для раскалывания орехов, и множество других животных-«инноваторов», вероятно, находятся в том же ряду [8, 9]. Новаторское поведение индивидуума не всегда связано с высоким иерархическим рангом в сообществе, хотя «альфе» будут подражать с большей веро-

ятностью, чем «дельте». Нужно отметить, что животные в социальных группах достигают высших ступеней иерархии разными путями, и у высоко развитых социальных видов путь вверх нередко прокладывается с помощью интеллекта. Классический пример приведен в книге Дж.Лавик-Гудолл [10]: совсем молодой и не такой уж сильный шимпанзе Майк завоевал недоставаемый авторитет в группе, стуча пустыми канистрами, которые он стабил в лагере исследователей.

Конечно, беря на себя ту или иную роль, члены сообщества не строят далеко идущих планов и не исходят из интересов группы, а действуют в соответствии со своей мотивацией в данное время. Примером может служить «выставление часовых» в некоторых группах млекопитающих. Отдельные особи занимают наблюдательные посты и, принимая настороженные позы, следят, нет ли опасности, и при необходимости подают сигналы тревоги. Это явление долго не удавалось объяснить, так как

«часовые», принося пользу сообществу, сами, казалось бы, рискуют стать жертвой хищника и теряют время, которое могли бы затратить на отдых и добывание пищи. Объяснение нашли исследователи, изучавшие жизнь сурикат (*Suricata suricata*) в пустыне Калахари [11]. В группах этих общественных мангустов часовых было явно больше, чем нужно для охраны группы, и этологи предположили, что данная форма активности управляется сиюминутными интересами каждой особи. Сурикаты добывают пищу, зарываясь в песок, так что задняя часть тела торчит наружу. Для дикой кошки, шакала или орла нет, пожалуй, более приятной картины, чем эта. Присутствие караульных, стоящих столбиками на возвышенностях, позволяет другим членам группы кормиться спокойнее, полагаясь на сигналы сородичей. Часовые первыми замечают опасность и успевают, издав характерный крик, юркнуть в убежище. Экспериментаторы предложили часовым «зарплату» (яйца и орехи) и скоро выявили

прямую зависимость между степенью насыщения и временем, проведенным в охранной позе. Стоять столбиком, как часовые, начинают все сурикаты в очень раннем возрасте, это предпочитаемая поза для сытого и отдохнувшего зверька, так как он и сам при этом подвергается наименьшему риску нападения. Поэтому и получается, что в каждый момент времени часовых в группе больше, чем нужно для безопасности кормящейся группы.

Как бы разумно ни выглядело поведение животных в группе, его когнитивная составляющая может быть и очень мала. В популяциях и сообществах многих видов существует определенное соотношение носителей разных, генетически обусловленных, стратегий поведения. Используя ту или иную стратегию, особь может вести себя в сообществе как кроткий примиренец («голубь») или агрессор («ястреб»), а также как «вор», «насильник», «дон-жуан» и т.п.

Поскольку популяция существует в многомерном нишевом пространстве, благоприятные условия доступа к ресурсам могут складываться для носителей разных стратегий, а равновесие между альтернативными стратегиями бывает напряженным. Индивидум может всю жизнь играть одну и ту же роль, но может и разные, причем прямо противоположные. Будучи хозяином территории, животное выступает в роли «ястреба», а попадая в положение нарушителя границ, становится «голубем». Дж.Мэйнард Смит в 1974 г. предложил гипотезу *эволюционно стабильных стратегий*: в относительно неизменных условиях численное соотношение между носителями альтернативных стратегий постоянно. Классическим примером стала клепторепродуктивная стратегия, характерная для определенной части самцов тех видов, которые устраивают турниры в борьбе за внимание самки, — благородного оленя, турухтана, тетерева.

Самцы-клептостратеги прячутся в кустах во время турниров и спариваются с самками, пока хозяин гарема отвечает на вызовы других самцов. Клептостратег-замухрышка может оставить не меньше потомства, чем сильный и красивый хозяин гарема, и к тому же значительно меньше рискует получить повреждения, поскольку не участвует в схватках с соперниками.

Между носителями разных стратегий в популяциях сохраняется динамическое равновесие, т.е. ни одна из них не «захватывает» популяцию полностью. Хорошей иллюстрацией данного положения служит соотношение эволюционно стабильных стратегий в популяциях ящерицы *Uta stansburiana*, обитающей в Калифорнии [12]. Стратегии закреплены за самцами, принадлежащими к трем морфам, у которых пятна на горле разного цвета: оранжевого, голубого или желтого. Голубогорлые моногамные самцы защищают нору и единственную избранницу на своей небольшой охраняемой территории. Это дает им гарантированный минимум спариваний. Оранжевогорлые полигамные самцы пытаются охранять гарем на обширном участке. У них больше возможностей для спаривания, но и меньше гарантий, так как трудно уследить за всеми самками сразу. Это самая агрессивная часть популяции, что находит отражение в значительно более высоком уровне тестостерона, чем у представителей двух остальных морф. Желтогорлые «дон-жуаны» не имеют ни своей территории, ни своих самок, однако они оставляют значительное число потомков за счет стратегии «воровства копуляций». Проникая на территорию оранжевогорлых самцов, желтогорлые используют поведенческую мимикрию — притворяются самками, которые в данный момент не интересуются спариванием. Обман подкрепляется характерными «самочьими» движениями, которые исправно

вводят в заблуждение хозяев территории. Это в буквальном смысле слова яркий пример тщательно расписанных ролей между участниками эволюционной пьесы. Заметив цвет пятна на горле ящерицы, наблюдатель с высокой точностью может предсказать поведение животного практически во всех жизненных ситуациях. Эволюционно стабильные стратегии ящериц — один из примеров крайней поведенческой специализации в популяциях. Носители определенных поведенческих стратегий здесь отмечены морфологическими маркерами. От исполнителей разных ролей не требуется вовлечения когнитивных ресурсов, т.е. решения сложных задач и применения полученных навыков в новых ситуациях.

Итак, можно выделить поведенческую, социальную и когнитивную формы индивидуальной специализации. Они составляют основу поведенческой изменчивости в популяциях общественных животных. Анализируя правила «социальных игр», мы можем полагать, что «формула счастья» для индивидуума заключается в возможности полностью реализовать одновременно все три формы. Такая гармония достигается отнюдь не всегда, хотя бы потому, что члены сообщества часто вынуждены поступаться как сиюминутными, так и долговременными интересами. Откуда среди животных берутся альтруисты, лишаящие себя личной выгоды ради блага других членов социума?

## Корни альтруизма

Многие парадоксы социальной жизни объяснимы с позиций *теории отбора родичей* (kin selection), разработанной в 1960-е годы У.Гамильтоном и Дж.Мэйнардом Смитом. Основой ее послужили фундаментальный труд Р.Фишера «Генетическая теория естественного от-



бора» и идеи Дж.Холдейна. Он первым отметил, что индивидуум может передать свои гены последующим поколениям, даже если сам не будет иметь потомства, но каким-либо образом поспособствует выживанию близких родственников, имеющих с ним общие гены.

Индивидуум ведет себя как «альтруист», если за счет его собственных интересов (ресурсов) увеличивается приспособленность других членов сообщества, т.е. их способность оставить жизнеспособное потомство. «Альтруист» может увеличить долю генов, идентичных собственным, увеличивая приспособленность родственников. Доля репродуктивного успеха особей, получаемая при размножении их родственников, получила название *совокупной приспособленности* (inclusive fitness). Основным механизмом, с помощью которого реализуется отбор родичей, — это *непотизм* (nepos — внук), т.е. поддержка родственников. Это понятие широко распространено не только в биологии и употребляется в тех случаях, когда речь идет о выраженной в обществе семейственности. Анализ социальной экологии многих видов животных показывает, что сообщества, в которых развита кооперация, чаще всего представляют собой именно родственные группы. Естественно, речь идет об автоматических процессах в популяциях, а не о том, что животные «сознательно» рассчитывают для себя тот эффект от помощи родственникам, которого достигнут их гены в будущих поколениях. Во многих учебниках и обзорах приводится следующий пример эволюционной стратегии, основанной на проявлении альтруистического поведения. Представим себе, что в колониях диких кроликов наблюдается такая ситуация: при появлении хищника один или несколько кроликов барабанят задними лапками по земле, прежде чем убежать. Сигнал оповещает остальных об

опасности, и они успевают скрыться. Этот пример похож на тот, что касался поведения сурикат-часовых, но нужно принять во внимание, что минутная задержка может стоить жизни «барабанщику», и такой кролик рискует не оставить собственного потомства. Если в колонии нет его родственников, гены, которые определяют «барабанящее поведение», умрут вместе с ним. Если же родственников достаточно для того, чтобы такое поведение способствовало увеличению совокупной приспособленности, отбор будет благоприятствовать сохранению данных генов. Это не значит, что барабанящий кролик сознательно решает пойти на риск и, возможно, пожертвовать собой. Он просто ведет себя так, как это определено его генетической программой. В популяциях немало барабанщиков, т.е. особей с явно выраженным сигналом тревоги, потому, что в группах родственников из поколения в поколение сохраняется достаточное число носителей генов, определяющих данное поведение. Заметим, речь идет только о генах, определяющих наличие того или иного поведенческого стереотипа. У нас нет нужды вводить специальное понятие «гена альтруизма», как это сделал Докинз [13] в своей книге «Эгоистичный ген», вызвавшей в свое время ожесточенную дискуссию.

Непотизм невозможен без умения *распознавать родственников*. Эта способность распространена в самых разных сообществах, на разных уровнях социальной организации. Головастики, плавающие в пруду, не знают друг друга «лично», но способны по запаху отличать родственников, и те, кто нуждается в белковой пище, впадают в бок только чужакам, поедая их заживо. Шимпанзе могут по чертам лица распознавать множество особей, принадлежащих к разным родственным линиям. В искусстве сортировать фотографии по семейным группи-

ровкам эти животные превосходят людей. Между этими крайними вариантами у животных есть множество других способов и возможностей опознавать родственников.

В передаче и приеме сообщений «свой—чужой» задействованы разные сигналы. Многие виды птиц, например, опознают близких родичей по характерному расположению пятен на крыльях. Недавно выяснилось, что сходной системой опознавания обладают и осы [14]: они различают индивидуальные вариации узора на «лицах» сестер. Для подавляющего большинства общественных насекомых и для грызунов пропуском на территорию семьи служит запах особи. Способность распознавать родичей не имеет тесной связи с интеллектом. Так, крысы и муравьи реагируют на общую запаховую метку колонии и мгновенно убивают того, у кого эта метка оказалась стертой. Мохноногие хомячки используют более детальную систему идентификации родичей. С помощью запахов, выделяемых специфическими железами, которые открываются в защечные мешки, зверьки метят семейные кладовые, тропы и детенышей (т.е. метка одна на всю семью). Хомячки с поврежденными глазами, оторванными лапами и откусанными челюстями — это жертвы собратьев, которых не удовлетворил результат идентификации родственника. Калифорнийские суслики *Spermophilus beldingi* хранят в памяти индивидуальные «запаховые образы» членов своей колонии, интегрируя запахи нескольких желез, расположенных в разных частях тела, от ушей до хвоста [15].

Эусоциальность — это крайняя форма проявления альтруизма, ведь большинство в сообществе жертвует собственным вкладом в генофонд последующих поколений, отдавая все силы на заботу о благополучии потомства немногочисленной «элиты». У эусоциальных видов разделение на касты, относя-





Сцена опознавания. Суслики проверяют соответствие запаха каждого встречного с хранящимися в памяти индивидуальными «запаховыми образами» членов своей колонии.

Из архива Корнуэльского университета

щиеся к размножению и обеспечению, выражено в наибольшей степени и закреплено морфологически. Кроме этой жесткой формы разделения, есть более мягкая — *коммунальное выращивание потомства*, с помощью родичей-помощников. Изнурительная роль нянек при детях своих высокопоставленных родственников нередко оказывается пожизненной, и помощникам так и не удастся обзавестись собственным потомством. Такая форма общежития обнаружена примерно у 300 видов птиц (среди них удода, сойки, дятлы, медоеды, сорокопуть, крапивники) и 120 видов млекопитающих (несколько видов мангустов — в том числе сурикаты, — грызунов, землероек, обезьян, псовых и кошачьих). У некоторых видов особи высокого ранга не подавляют (или

почти не подавляют) репродуктивный потенциал нижестоящих. Так, у шакалов, мангустов, львов несколько самок приступают к размножению одновременно. Помощники, обычно старшие сестры и тетки, снабжают их добычей, а самцы охраняют территорию. У многих других видов отношения основаны на узурпации жизненных ресурсов сородичей и, соответственно, на принудительной социальной специализации. Помощь высокоранговым особям со стороны низкоранговых сочетается с конкуренцией помощников за право иметь собственных детей.

Коллективное воспитание потомства часто обусловлено своеобразием экологических условий, весьма суровых для животных. Например, игрунковые обезьянки мармозетки, обитаю-

щие в дождевых лесах бассейна Амазонки, постоянно подвергаются риску быть пойманными хищниками — многочисленными кошками разных видов, змеями и хищными птицами. Группы обезьянок (до 15) никогда не ночуют два раза подряд в одном дупле, выставляют часовых в местах кормежки, и все же часто недосчитываются кого-нибудь. Самка высокого ранга рождает одного или двух детенышей, которые сразу же попадают под опеку родственников. Некоторые члены сообщества проводят всю жизнь в качестве помощников и сами никогда не размножаются.

В большинстве подобных сообществ отношения далеки от идиллических. Основной вопрос для всех членов группы, достигших половой зрелости, таков: «А не моя ли очередь иметь потомков?» Увы, чаще всего, чтобы приступить к размножению, помощники должны либо дожидаться вакансии в своей группе, либо мигрировать в другую. Особенно жестко выглядят коммунальные дразги у птиц — от крикливых стычек до поедания яиц и убийства птенцов. Это можно объяснить тем, что, в отличие от млекопитающих и насекомых, феромонный контроль физиологического состояния подчиненных особей у птиц невозможен, и подавление способности к размножению у подчиненных обеспечивается за счет прямых столкновений.

«Альтруизм родичей» — не единственный путь увеличить процветание сообщества за счет сложения инвестиций членов группы. Для некоторых видов известно альтруистическое поведение вне родственных связей, которое получило название *реципрокного альтруизма* [16]. Классический пример — спасение ближних от голодной смерти в колониях летучих мышей-вампинов *Desmodus rotundus* [17]. Эти зверьки живут в тропической Америке, селятся огромными колониями в дуплах

деревьев и вылетают ночью кормиться кровью лошадей и коров. Не напившись крови две ночи подряд, вампир умирает, если только не выпросит пищу у другого. Отрыгнув кровь для реципиента, донор утрачивает пищу, которая может обеспечить ему 12 часов жизни, но если он только что покормился, у него впереди две ночи охоты, прежде чем голод станет угрожающим. Между отдельными животными в колонии устанавливаются не только родственные, но и дружеские связи, основанные на взаимной поддержке.

Режим реципрокного альтруизма основан на «учете и контроле» взаимных услуг. Кроме пищи, животные обмениваются различными «актами благодеяния», такими как груминг или сигналы, предупреждающие об опасности. Выказывая готовность к таким актам, особь как бы предлагает себя в качестве партнера для постоянного обмена различными ресурсами, не только материальными, но и информационными. Многими исследованиями выявлено, что животные проводят больше времени в обществе «честных» партнеров и учитывают вероятность обмана. Это требует способностей запоминать и формировать связи между конкретными образами сородичей и исходящими от них стимулами.

В сообществах животных с высокой степенью развития психических функций использование приобретенных навыков в общественной жизни составляет основу явления, которое можно назвать *социальной навигацией* — способностью оценивать действия других членов сообщества, прогнозировать возможные последствия и соответственно выстраивать линию своего поведения [18]. Она проявляется у слонов, рваных птиц, дельфинов и некоторых других животных. Одной из вершин социальной навигации можно считать *макиавеллизм* — умение манипулировать другими особями, использовать



Портрет мармозетки. Эти обезьянки ведут «коммунальное хозяйство» и всегда готовы разделить трапезу с родственниками.

Фото К. Шрауфа

их как инструмент для достижения собственной цели [19]. В качестве составных частей макиавеллизма выделяют способность животных отвлекать внимание сородичей, виртуозно «переводить стрелки», обманывать, формировать альянсы ради социальных выгод. Подчиненные могут повысить ранг путем регулярных «доносов» доминирующим особям, например указывая им на возмутительное сокрытие пищи кем-нибудь из подчиненных. Манипуляции поведением партнеров требуют социального опыта и интеллекта, поэтому естественно, что подобные способности развиваются по мере взросления. В целом можно сказать, что в общественной жизни пешкам эволюционной игры рассуждать хотя и не обязательно, но во многих ситуациях полезно.

\* \* \*

Социальные системы у многих видов животных характеризуются как стабильными видоспецифическими признаками, определяемыми эволюционной историей видов, так и изменчивостью, зависящей от доступности

ресурсов и плотности популяций. Существует множество подходов к упорядочиванию сведений о разнообразии социодемографических систем в мире животных. Одна из наиболее эффективно работающих систем классификации сообществ разделяет их по «степени социальности», т.е. вовлеченности членов социума в процесс жизнеобеспечения потомства.

Поведение животных в сообществах в значительной степени определяется спецификой эволюционно стабильных стратегий, включающих альтруистическое поведение. Реципрокный (неродственный) альтруизм в большей степени требует вовлечения когнитивных ресурсов, чем альтруизм, основанный на распознавании родственников.

Формы взаимодействия в сообществах зависят и от врожденного набора поведенческих реакций животных, и от их индивидуального и социального опыта. Социальная навигация, требующая способностей оценивать и прогнозировать действия членов социума, — один из эффективных механизмов, спо-

собствующих процветанию сообществ в меняющейся среде.

Место индивидуума в сообществе определяется сочетанием таких индивидуальных параметров, как поведенческая, со-

циальная и когнитивная специализация. «Формула счастья» для социального существа, видимо, заключается в как можно более полной реализации всех трех составляющих. Такая гармония

достижима далеко не всегда, так как социальная специализация определяется не только предпочтениями и интеллектуальными возможностями особи, но и текущими нуждами социума. ■

Работа поддерживается Российским фондом фундаментальных исследований. Проект 08-04-00489.

## Литература

1. *Jarvis J.U.M.* // *Science*. 1981. V.212. P.571—573.
2. *Баскин Л.М.* Поведение копытных животных. М., 1976.
3. *Hölldobler B., Wilson E.O.* *The Ants*. Berlin, 1990.
4. *Мазохин-Поршняков Г.А.* Как оценить интеллект животных? // *Природа*. 1989. №4. С.18—25.
5. *Резникова Ж.И., Рябко Б.Я.* Язык муравьев и теория информации // *Природа*. 1988. №6. С.65—70.
6. *Резникова Ж.И.* // *Усп. соврем. биол.* 2007. Т.127. №2. С.166—173.
7. *Reznikova Zb.* *Animal Intelligence. From Individual to Social Cognition*. Cambridge, 2007.
8. *Резникова Ж.И.* // *Журн. общ. биол.* 2004. Т.65. №2. С.136—152.
9. *Резникова Ж.И.* // *Журн. общ. биол.* 2006. Т.67. №1. С.3—22.
10. *Лавик-Гудолл Дж.* В тени человека. М., 1974.
11. *Clutton-Brock T.H., Brotherton P.N.M., O'Rian M.J. et al.* // *Proceedings of the Royal Society. L.*, 2000. B.267. P.201—205.
12. *Sinervo B., Lively C.M.* // *Nature*. 1996. №380. P.240—243.
13. *Докинз Р.* Эгоистичный ген. М., 1993.
14. *Tibbetts E.A.* // *Proceedings of Royal Society. London B.* 2004. №271. P.1955—1960.
15. *Mateo J.M.* // *Animal Behaviour*. 2006. V.71. P.141—154.
16. *Trivers R.L.* // *Quarterly Review of Biology*. 1971. V.46. P.35—57.
17. *Wilkinson G.S.* // *Nature*. 1984. №308. P.181—184.
18. *Резникова Ж.И.* Интеллект и язык животных. Основы когнитивной этологии. М., 2005.
19. *Machiavellian Intelligence: Social Expertise and the Evolution of Intellect in Monkeys, Apes and Humans* / Eds R.W.Byrne, A.Whiten. Oxford, 1988.

Группа французских археологов подтвердила, что Александр Великий после семимесячной осады захватил о.Тир, который расположен у южного берега Ливана, с помощью насыпи; для ее возведения была использована естественная песчаная отмель, лежавшая на глубине 1—2 м. То, что взятие Тира происходило именно таким образом, показали пробы донного грунта, а также моделирование конкретных природных условий того времени. Эта песчаная отмель формировалась за счет волнового пригона и выноса песка р.Литани, впадающей в море в 9 км к северу от острова. В дальнейшем искусственная насыпь сильно

изменила литоральную зону и сделала современный Тир полуостровом.

*La Recherche*. 2007. №410. P.20 (Франция).

На севере Перу найдены семена тыкв, хлопка и земляных орехов, возраст которых составляет соответственно 9200, 5500 и 7600 лет. Исследование семян, проведенное в Университете Вандербильта (США), показало, что они принадлежат растениям, культивируемым в течение длительного времени. Если к результатам предыдущего исследования, определившего возраст первых находок окультуренных растений Но-

вого Света приблизительно равным 5 тыс. лет, еще добавить около пяти тысячелетий, то окажется, что земледелие в Андах возникло почти одновременно с его появлением в Старом Свете.

*Science et Vie*. 2007. №1080. P.20 (Франция).

Африканские пигмеи и коренные народы Сибири потребляют очень мало углеводной пищи. У них меньше, чем у жителей стран Запада, копий гена амилазы — фермента, расщепляющего крахмал.

*Science et Vie*. 2007. №1082. P.26 (Франция).



# Происхождение и расселение современного человека: новые факты и гипотезы

П.М.Долуханов

**П**роблема возникновения и последующего расселения анатомически современного человека (*Homo sapiens sapiens*) остается крайне актуальной как в антропологии, так и в первобытной археологии. Наряду с традиционными для этой темы специалистами — археологами и антропологами — к разрешению проблемы подключаются генетики, палеогеографы и физики, занимающиеся изотопными методами датирования.

К настоящему времени оформились две основные группы гипотез о месте возникновения современного человека. Первая отстаивает множественность центров происхождения *H.sapiens*: ее сторонники утверждают, что современный человек возник от общего предка в различных областях Старого Света. Вторая группа гипотез исходит из того, что современный человек возник на территории Африки. В последнее время появляется все больше фактов, подтверждающих «африканскую» гипотезу.

## Подтверждение африканской гипотезы

Прежде всего это данные, связанные с расшифровкой генома прачеловека. Современная техника позволяет воссоздать



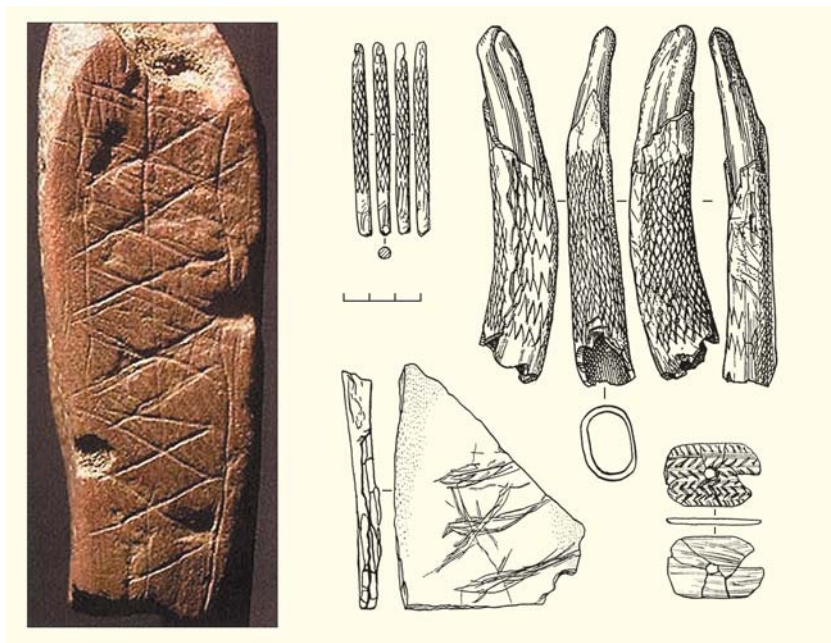
**Павел Маркович Долуханов**, доктор географических наук, заслуженный профессор Ньюкаслского университета (Великобритания). В течение долгого времени работал в Институте материальной культуры РАН (Санкт-Петербург). С 1990 г. живет и работает в Англии. Область научных интересов — палеогеография, первобытная археология, происхождение языков.

по фрагментам ДНК его «генетический профиль». При этом достаточно точно устанавливается степень близости между двумя или несколькими индивидами, что позволяет «вычислить» их общего предка. Применение этой методики сделало возможным оценить степень генетической близости классов, видов и подвидов животных. Более того, оказалось возможным оценить скорость, с какой происходит накопление мутаций, и тем самым датировать время расхождения предковых форм. Особенно информативной оказалась митохондриальная ДНК (мтДНК), которая передается исключительно по материнской линии.

Изучение гаплотипов (тесно сцепленных полиморфных локусов) мтДНК позволило исследователям сделать сенсацион-

ный вывод. Оказалось, что вся совокупность гаплотипов современного человека может быть сведена к одной предковой группе. Это была сравнительно немногочисленная популяция, существовавшая в Африке к югу от Сахары более 150 тыс. лет назад [1].

Археологические и антропологические данные подтверждают данные молекулярной генетики. В настоящее время имеются лишь две области Старого Света, где радиометрический возраст анатомических остатков *H.s.sapiens* превышает 100 тыс. лет. Это — Африка и Ближний Восток. На африканском континенте наиболее ранние значения возраста были получены на территории Эфиопии: Омо Кибиш, где была обнаружена челюсть с «сапиентными» чертами возрастом около



Орнаментированные пластины: слева — из пещеры Бломбос (Южная Африка) [2], справа — из сибирского поселения Юдиново [19].

190 тыс. лет, и местонахождение Херто (160—140 тыс. лет) [2].

Датировки в пределах 120—60 тыс. лет были получены для фрагментов скелета человека современного облика на нескольких памятниках Южной Африки. При раскопках пещеры Бломбос на южном побережье ЮАР [3] в слое, возраст которого превышает 70 тыс. лет, был выявлен набор перфорированных раковин *Nassarius kraussianus*, а также две пластины из охристого материала, покрытые сложным геометрическим орнаментом. Любопытно, что весьма схожий орнамент встречается на памятниках верхнего палеолита Восточно-Европейской равнины, таких как Тимоновка, Межирич, Елисевичи-1 и Юдиново.

Как археологические, так и генетические данные не оставляют сомнений в том, что сравнительно немногочисленные популяции *Homo sapiens*, возникнув на африканском континенте, довольно быстро увеличили свою численность и стали широко распространяться по территории Старого Света. Как

представляется, одним из основных факторов, вызвавших расселение *Homo sapiens*, было резкое ухудшение природных условий. Возникновение и расселение современных людей по планете совпало с критическим периодом в геологической истории Земли: эпохой последнего оледенения. Между 120 и 10 тыс. лет назад огромные пространства суши в высоких широтах покрывали мощные ледники. Одновременно с этим происходили серьезные климатические изменения во всех регионах нашей планеты. Полную картину изменений климата на протяжении этого времени удалось установить на основании изучения соотношения стабильных изотопов кислорода и некоторых других характеристик в кернах льда Гренландии и Антарктики. Для этого периода выделено 14 циклов, характеризующихся резкими потеплениями и последующими похолоданиями. Исследования донных отложений Атлантики выявило несколько периодов похолоданий, так называемых эпизодов Хайнриха, сопровождавшихся

обрушениями материкового льда и массовым образованием ледникового детрита.

На протяжении похолоданий на территории Европы преобладали кустарниковые тундростепи и редкие хвойные леса. Летние температуры составляли 4—9°C, а зимние опускались до -20—27°C. Если территории Аравийского п-ова и Восточной Африки подвергались воздействию муссонов, то похолодания в умеренных широтах соответствовали крайне засушливым условиям, что приводило к опустыниванию и резкому дефициту пищевых ресурсов. Это и вызывало отток избыточного населения и переселение групп современных людей на север, в более влагообеспеченные области.

Двигаясь вдоль системы разломов (Восточно-Африканского рифта) с их многочисленными озерами и вулканами, группы современных людей сравнительно быстро вышли на территорию Ближнего Востока. Изучение остатков гоминид, обнаруженных на территории Израиля, первоначально отнесенных к неандертальцам, привело антропологов к заключению, что они принадлежат архаическим типам *H.s.sapiens*. Возраст этих находок, установленный с применением различных методов датирования, лежит в пределах 100—120 тыс. лет.

В ряде случаев на территории Ближнего Востока остатки *H.s.sapiens* обнаружены в непосредственной близости от местонахождений неандертальского человека (их часто находят на одних и тех же памятниках). В отличие от остальных гоминид, неандерталец, скорее всего, возник в Европе около 400 тыс. лет назад. Судя по сохранившимся костным остаткам, неандерталец был небольшого роста (порядка 1,5 м), плотного телосложения с хорошо развитой мускулатурой. Обращает на себя внимание сравнительно большой объем мозга — 1500—1600 см<sup>3</sup> — сравни-

мый с размерами мозга современного человека. В скелете неандертальцев обнаружена подъязычная кость с гиоидной дугой, от которых в большой мере зависит членораздельная речь.

В подавляющем большинстве случаев находки костных остатков неандертальского человека сопровождается каменная индустрия, называемая археологами «мустье». В ряде случаев эта индустрия включает орудия, изготовленные с применением техники леваллуа с целым рядом приемов, требующих серьезных умственных усилий. Это предварительная обработка каменного желвака, нанесение концентрических ударов, отделение главного отщеп заданной формы и его конечная обработка.

Наиболее ранние датировки слоев ближневосточных пещер, содержащих остатки неандертальского человека, составляют около 170 тыс. лет; наиболее поздние — около 60 тыс. Таким образом, судя по радиометрическим датам, по меньшей мере на протяжении 60 тыс. лет неандертальцы и современные люди жили бок о бок на весьма ограниченной территории. Характерно, что и находки как неандертальцев, так и ранних *H.sapiens* сопровождается сходная каменная индустрия: мустье типа леваллуа.

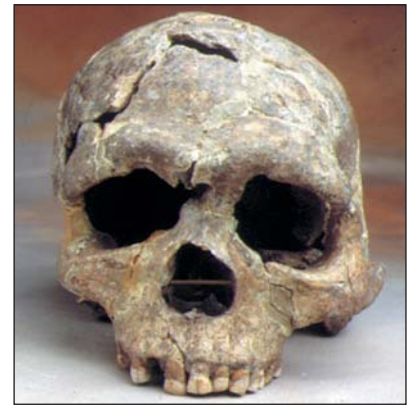
### Сходство каменных орудий неандертальцев и *Homo sapiens*

Кажется весьма правдоподобным, что на протяжении этого времени популяции неандертальцев и современных людей контактировали друг с другом и каким-то образом обменивались «технической информацией»: отсюда и сходство их каменных орудий. Однако это заключение вошло в противоречие с данными молекулярной генетики. В нескольких лабораториях удалось синтезировать митохондриальную ДНК, извлеченную из костей неандерталь-

цев. Исследовательская группа под руководством С.Пяэбо [4] из Института эволюционной антропологии в Лейпциге пришла к выводу, что геномы митохондриальной ДНК неандертальцев настолько отличаются от современных людей, что это практически исключает вероятность их скрещивания. Эти выводы в последнее время подверглись серьезной критике ввиду высокой вероятности искажения результатов — методика анализа древней ДНК все еще далека от совершенства. Некоторые исследователи, в частности А.Р.Темплтон [5], придерживаются мнения, что неандертальцы внесли значительный вклад в геном современного человека. Представляется вероятным, что в процессе своего распространения группы современных людей все же входили в контакт с популяциями неандертальцев и, в частности, переняли от них мустьерскую технику изготовления каменных орудий.

В ряде случаев слои пещерных памятников, содержащих индустрию мустье, перекрыты слоями, содержащими иной набор орудий. Здесь мустьерские формы сочетаются с более сложными орудиями, свойственными верхнему палеолиту, безусловно изготовленными современными людьми: это тонкие пластины, из которых изготавливались разнообразные орудия, в частности наконечники, которые, скорее всего, использовали для оснащения метательных орудий. Слои, содержащие такие «переходные» индустрии (известные на Ближнем Востоке как «эмирех» и «ахмар»), имеют радиоуглеродный возраст порядка 48—38 тыс. лет.

Как показывают исследования митохондриальной ДНК и Y-хромосомы, большая часть гаплогрупп, устанавливаемых в современных человеческих популяциях Европы, была занесена на европейский континент на протяжении последних 70 тыс. лет в результате ряда по-



Череп современного человека из пещеры Кафзех (Израиль).

следовательных миграций с территории Ближнего Востока и Африки [6]. Это заключение подтверждается и археологическими данными. По-видимому, начальный отток населения из областей Ближнего Востока в направлении Европы произошел около 60 тыс. лет назад, когда в муссонных областях Юго-Западной Азии и на севере Африки установились исключительно засушливые условия. Отток осуществлялся в направлении Балкан и проходил через Анатолию.

Как отмечалось, с современными людьми определенно связывают индустрии «верхнего палеолита», содержащие разнообразные орудия, сработанные на стандартных кремневых пластинах. Наиболее ранние проявления верхнего палеолита в Европе фиксируются памятниками типа Бачо Киро в Болгарии. Для слоя 11 пещеры Бачо Киро, содержащей индустрию раннего верхнего палеолита, была получена датировка >43 тыс. лет; повторные датировки показали более молодой возраст: 38—33 тыс. лет.

Наиболее отчетливо признаки верхнего палеолита прослеживаются в индустриях ориньяка, появившимся в Европе в достаточно развитом состоянии и отличающимся значительным однообразием на всей территории своего распространения.



Датировки порядка 40–35 тыс. лет были получены для ранних памятников ориньяка в Южной Германии, Австрии, Франции, Северной Италии и Северной Испании. Уже на ранней стадии ориньяка появляются предметы искусства, в том числе антропоморфные и зооморфные статуэтки, каменные плиты с выгравированными на них стилизованными изображениями животных и сексуальной символикой, а также абстрактные композиции. Радиоуглеродные датировки (порядка 32 тыс. лет) дают основание отнести к ориньяку живопись в пещере Шове на юге Франции. Максимальное распространение ориньяка происходит 32–31 тыс. лет назад. В течение этого времени ориньякские индустрии концентрируются в бассейне Дуная, охватывают большую часть Франции (включая бассейны Луары и Сены), юг Британии, значительную часть Германии и юг Польши (бассейны Рейна, Одера, Вислы), распространяются на Балканах, на Аппенинском и Иберийском полуостровах.

Индустрии ориньяка в пещерах Ближнего Востока имеют возраст 36–32 тыс. лет. При этом набор орудий здесь практически не отличается от европейских. Это дает основание предположить, что ориньякские индустрии были привнесены на Ближний Восток из Европы. Характерно, что данные, полученные на основании анализа ДНК, фиксируют обратный отток населения из Европы на Ближний Восток.

Во многих областях Европы устанавливаются так называемые индустрии «переходного типа», сочетающие архаические, мустьерские элементы с техникой верхнего палеолита. Это памятники типа Бачо Киро в Болгарии, шательперрона во Франции, улццо в Италии, селета и ежмановице в Центральной Европе. Датировки памятников шательперрона во Франции лежат в пределах от 40 тыс. до 34–35 тыс. лет назад. Для па-

мятников селета и ежмановице на территории Венгрии, Польши, Словакии и Чехии — 43–32 тыс. лет, улццо — от 40 до 33–32 тыс. лет [7].

В двух случаях (в пещерах Сен-Сезер и Арси-сюр-Кюр во Франции) в слоях, содержащих индустрию шательперрона, были обнаружены костные остатки неандертальцев. На этом основании высказано мнение, что все «переходные индустрии» были созданы неандертальцами. Радиометрические данные показывают, что отдельные популяции неандертальцев сохранились в Европе по крайней мере до 29–28 тыс. лет назад [8]. Тем не менее «продвинутый» характер этих индустрий и, в частности, наличие предметов искусства дает основание считать, что все они (за возможным исключением шательперрона) были изготовлены современными людьми в процессе их расселения в Евразии.

## На территории России

Территория Русской равнины, включая приполярные районы, была заселена практически

одновременно с остальной Европой. Наиболее ранние проявления верхнего палеолита фиксируются в районе с.Костенки на Дону, где уже более 100 лет исследуется уникальное «созвездие» стоянок палеолитического человека. Для нижнего слоя памятника Костенки-12 были получены радиоуглеродные даты порядка 42–40 тыс. лет. Еще более древний возраст, 52–42 тыс. лет, был получен методом OSL — оптически стимулированной люминесценции [9]. На ряде памятников в районе Костенок слою раннего этапа верхнего палеолита залегают ниже горизонта погребенного пепла. Этот слой, образовавшийся в результате мощного вулканического извержения в Италии, имеет устойчивую датировку порядка 40 тыс. лет. В ряде районов Восточной Европы установлены индустрии «переходного» типа, сочетающие элементы мустье и верхнего палеолита. К их числу относятся индустрии «стрелецкого типа» (Костенки-6, Костенки-11, слой 5 и ряд других.). Радиоуглеродный возраст этих памятников 36–32 тыс. лет.

Уже в ходе своего первоначального расселения люди со-



Стоянка Костенки-14. Раскопки нижнего слоя.

Фото А.А.Синицына



Положение краевой зоны ледника (сплошная линия) и палеолитических стоянок Бызовая (1) и Мамонтова Курья (2) [10].

временного облика освоили арктические районы. Радиоуглеродные и термолюминесцентные датировки порядка 37—35 тыс. лет были получены для стоянок в бассейне Печоры — Мамонтова Курья и Чусовая. Эти стоянки расположены в непосредственной близости от Полярного круга [10].

Группа стоянок (Гарчи-1 и Заозерье) с орудиями архаического типа была изучена в бассейне р.Чусовой в предгорьях Среднего Урала. Для стоянки Заозерье были получены радиоуглеродные определения порядка 32—31 тыс. лет [11].

К столь же раннему времени следует отнести освоение человеком территории Сибири. Остается нерешенным вопрос: проник ли в Сибирь неандертальский человек? Мустьерские индустрии были обнаружены в горных районах Южной Сибири от Алтая до Забайкалья, при этом наиболее выразительные комплексы происходят из Алтая [12]. На стоянке Кара-Бом и некоторых других памятниках была выделана «переходная» индустрия.



Раскоп стоянки Заозерье (Пермская обл.). Возраст по  $^{14}\text{C}$  — 31 тыс. лет.

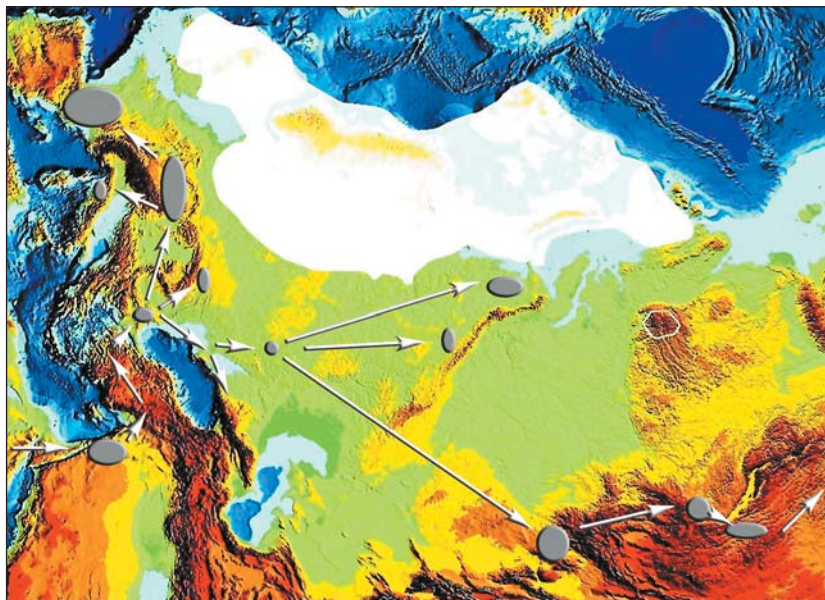
Фото Ю.Н.Грибченко

Как и в Европе, наряду с архаическими элементами эта индустрия включает разнообразные орудия верхнепалеолитического типа, изделия из кости и рога, предметы искусства [13, 14]. Для слоев мустье и «раннего верхнего палеолита» были получены статистически неразличимые радиоуглеродные датировки: соответственно  $>44$  тыс. и  $43\ 200 \pm 1500$  лет.

В палеолитических памятниках Алтая — пещерах Окладникова и Денисовой — были найдены зубы древнего человека.

Некоторые специалисты отнесли их к неандертальцам. Другие ученые, в частности крупнейший российский антрополог В.П.Алексеев [15], а также Е.Г.Шпакова [16], которая произвела наиболее детальное изучение этих находок, придерживаются мнения, что эти зубы принадлежали ранним формам современного человека [15]. Недавно были получены первые результаты исследования митохондриальной ДНК [16]. Как сообщается, полученные данные выявляют близость костных ос-





Расселение популяций человека современного типа в Северной Евразии. Красными стрелками показано направление миграций, овалами — зоны концентраций палеолитических стоянок, белым цветом — распространение ледников около 60 тыс. лет назад.

татков гоминид из алтайских пещер с европейскими неандертальцами. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Основываясь на имеющихся данных, можно предположить следующий сценарий расселения популяций современного человека. Начальный отток из области Леванта, по-видимому, произошел около 60 тыс. лет назад, когда в муссонных областях Юго-Западной Азии и на севере Африки установились исключительно засушливые условия. Отток осуществлялся в направлении Балкан и проходил через Анатолию. На территории Балкан мигрирующая волна разделилась на два потока, один из которых стал двигаться на запад континента, а другой — на северо-восток. Северо-восточный поток вывел группы современных людей в Карпатский бассейн, откуда они распространились в Крым и, следуя далее на восток по осушенной литорали Черного моря, заселяли северный и Западный Кавказ. Продвигаясь вдоль многоводных речных долин, современ-

ные люди проникали в южные и центральные районы Русской равнины и далее уходили на север, в приполярные районы. Отделившись от основного потока, другая волна ушла на восток: пересекла степную зону и освоила горные системы и речные долины южной Сибири и Прибайкалья.

\* \* \*

Наличие «архаических» элементов в их технике, также как и наличие неопределенных маркеров в мтДНК, возможно, связанных с неандертальцами [16], скорее всего — результат их совместного проживания. Свидетельства длительного сосуществования неандертальцев и современных людей были получены, помимо Ближнего Востока, в различных районах Европы: во Франции, Хорватии, в Крыму и на Северном Кавказе. Наиболее поздние датировки местонахождений неандертальцев в этих районах: 29—28 тыс. лет [8].

Имеющиеся археологические и антропологические дан-

ные подтверждают достаточно высокие интеллектуальные потенциалы неандертальцев и даже их способность к «символическому» поведению. Нет оснований сомневаться в том, что неандертальцы были способны производить орудия, традиционно относимые к верхнему палеолиту, в том числе основанные на пластинчатой технике. Несмотря на их сравнительно высокие интеллектуальные и физические данные, на протяжении последнего оледенения неандертальцы полностью исчезли с лица нашей планеты, уступив место людям современного типа. Причины этого следует искать в сфере экологии и социологии. Специальные исследования показывают, что люди современного типа были более приспособлены к жизни на открытых пространствах, которые получили широкое распространение в эпоху оледенения. С самого начала современные люди жили большими коллективами экзогамного типа, что гарантировало им выживание и обеспечивало интенсивный приток генного материала. В противоположность им, неандертальцы оставались немногочисленными группами, хозяйственная деятельность которых носила неорганизованный и спонтанный характер и была ограничена преимущественно лесными и горными ландшафтами.

Весьма важным обстоятельством является способность современных людей к «символическому общению», что фиксируется появлением на самой ранней стадии «очеловечивания» предметов искусства с абстрактными символами. Как отмечают специалисты по когнитивным наукам [18], основное эволюционное преимущество современного человека по сравнению с неандертальцем состоит в эффективном обмене информацией, что стало возможным в связи с развитием языкового и символического общения. Вполне вероятно, что ритуализация социальных иерархий



и брачно-половых отношений с распространением людей современного облика. Окончательное исчезновение неандертальцев с исторической арены было предопределено их не-многочисленностью и географической изоляцией, что вызвало инбридинг и способствовало распространению генетических заболеваний. ■

## Литература

1. *Richards M., Macaulay V., Hickey E., Vega E.* // *Science*. 1988. V.239. P.1263—1268.
2. *McDougall I., Brown F.H., Fleagle F.G.* // *Nature*. 2005. V.433. P.733—736.
3. *Henshilwood C.S., Marean C.W.* // *Current Anthropology*. 2003. V.44. №5. P.627—751.
4. *Krings M., Stone A., Schmitz R.W., Krainitzki H. et al.* 1997. // *Cell*. 1997. V.90. P.19—30.
5. *Templeton A.R.* // *Yearbook of Physical Anthropology*. 2005. V.48. P.33—59.
6. *Sykes B.* *The Seven Daughters of Eve*. L.; Bantam, 2001.
7. *Kozłowski J.K.* // *L'Anthropologie*. 2005. V.109. P.520—540.
8. *Higham T., Bronk Ramsey C., Karvanić I., Smith I.F.H., Trinkaus E.* // *Proceedings of the National Academy of Science*. 2006. V.103. №3. P.553—557.
9. *Anikovich M.V., Sinitsyn A.A., Hoffecker J.F., Holliday V.T.* // *Science*. 2007. V.315. P.223—226.
10. *Mangerud J., Astakhov V., Svendsen J.-I.* // *Quaternary Science Review*. 2002. V.21. P.111—119.
11. *Павлов П.Ю.* Ранняя пора верхнего палеолита на северо-востоке Европы // *Научные доклады*. Вып.467. Сыктывкар, 2004.
12. *Васильев С.А.* // *Stratum Plus*. 2000. №1. С.178—210.
13. *Derevianko A.P.* // *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 2001. V.2. №3. P.70—103.
14. *Derevianko A.P., Shunkov M.V.* // *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 2004. V.5. №3. P.125—138.
15. *Alexeev V.P.* *The physical specificities of Paleolithic hominids in Siberia* / Ed. A.P.Derev'anko. *The Paleolithic of Siberia*. Urbana, 1998. P.329—335.
16. *Шпакова Е.Г., Деревянко А.П.* // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2000. №1. С.125—138.
17. *Krause J., Orlando L., Serre D., Viola B. et al.* // *Nature*. 2007. V.449. P.902—904.
18. *Черниговская Т.В.* // *Физиологический журнал им.И.М.Сеченова*. 2006. Т.92. №1. С.84—99.
19. *Григорьева Г.В.* // *Stratum plus*. 2000. №1. С.326—331.
20. *Heinrich H.* // *Quaternary Research*. 1988. V.19. P.142—152.

Министерство сельского хозяйства Японии выступило с предложением перерабатывать в биотопливо традиционно используемые в стране палочки для приема пищи. Для этих целей следует установить в ресторанах и магазинах специальные контейнеры — ведь каждый японец ежегодно потребляет в среднем 200 пар палочек.

Проведение в жизнь такой инициативы позволило бы сохранить около 90 тыс. древесины (бамбука и осины), из которых можно было бы получить биоэтанол.

*Science et Vie*. 2007. №1081. P.40 (Франция).

Сверхлегкий летательный аппарат «Зефир» (он весит не более 30 кг при размахе крыльев 16 м), который разработан британской компанией «Кинетиг», использует для совершения полностью автономного полета продолжительностью более двух суток солнечные панели, размещенные на крыльях; ночью питание поступает от серно-литиевых аккумуляторов.

В августе 2007 г. самолет побил прежний свой мировой рекорд пребывания в воздухе — теперь он составляет 54 ч!

*Science et Vie*. 2007. №1082. P.15 (Франция).

Продолжающийся процесс опустынивания создает угрозу существованию 250 млн жителей Земли. Интенсивное пастбищное скотоводство, вырубка лесов, избыточное орошение ускоряют деградацию почв. Конвенция ООН, принятая на саммите в 1992 г. в Рио-де-Жанейро по борьбе с опустыниванием и поддержанная в сентябре 2007 г. в Мадриде, предупреждает: если не принять современные методы использования почв и вод, треть населения Земли может оказаться в крайне бедственном положении.

*Sciences et Avenir*. 2007. №728. P.48 (Франция).

Здоровье

# Лесные пожары в Эвенкии

В.И.Харук, М.Л.Двинская, С.Т.Им

Институт леса СО РАН  
Красноярск

*Лес горел, горит и будет гореть.*

Трюизм пиарологов

Вести из экспедиций

Всегда большой интерес к лесным пожарам в последние годы усилился из-за значения этого фактора в глобальном балансе углерода. Особое место занимают пожары в высоких широтах, где леса, произрастающие на вечной мерзлоте, служат зоной естественного стока углерода. В Сибири большая часть зоны вечной мерзлоты занята лиственницей, которая, как правило, формирует низкосомкнутые древостои. Вследствие этого лесные пожары в лиственничниках, за редким исключением, низовые, когда огонь не перебрасывается с кроны на крону, как в случае верхового пожара. В условиях мерзлоты корневая система деревьев расположена в узком поверхностном слое, покрытом лишайниками и мхом, выгорание которого приводит к повреждению корней и гибели древостоев.

Лишайники и мхи высыхают обычно в июле (до глубины >10 см), что способствует устойчивым «породосменным» пожарам. Весной (конец мая — первая половина июня) напочвенный слой еще влажный, случающиеся в это время беглые пожары не причиняют деревьям значительного вреда. Потепление климата, особенно значимое в высоких широтах [1], может привести к возрастанию частоты пожаров в лесах мерзлотной зоны, способствовать их трансформации из стока в источник парниковых газов.

Какова периодичность пожаров? Меняется ли она со временем и от чего зависит? Как распределены гари по элементам



Лиственничные леса преобладают в зоне вечной мерзлоты.

Здесь и далее фото В.И.Харука



Сухой лишайниково-моховой покров — прекрасный проводник горения.

© Харук В.И., Двинская М.Л., Им С.Т., 2008





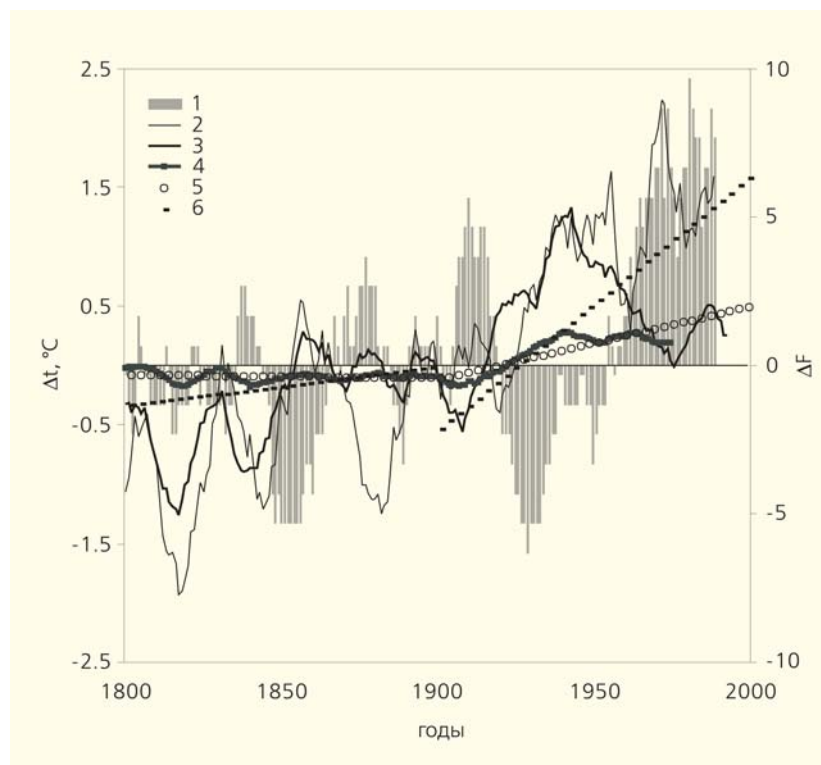
Лиственничный древостой, погубленный низовым пожаром (бассейн р. Нижняя Тунгуска). Видна поверхностная корневая система лиственницы.



Подсушины — летопись пожаров, их датируют по этим отметкам.

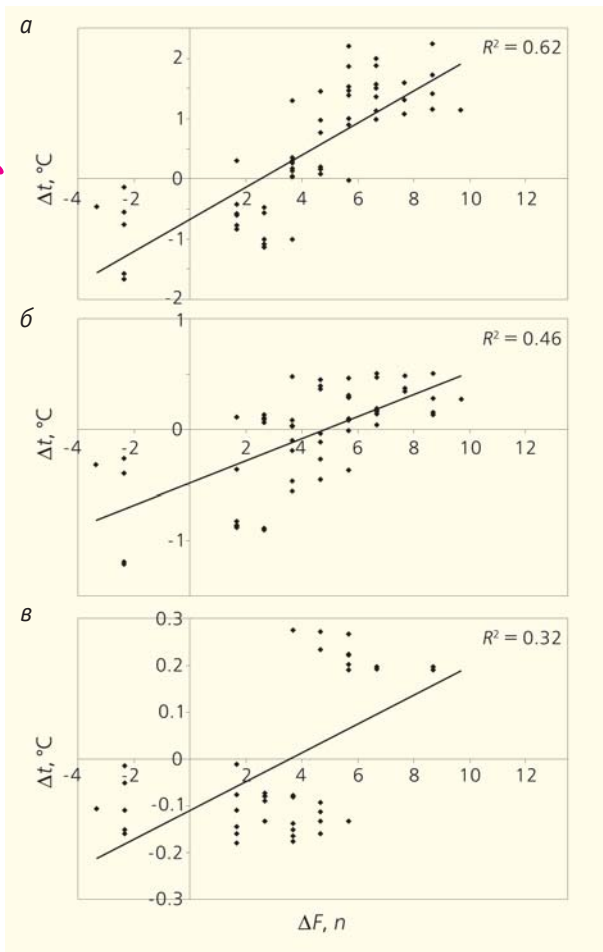
ландшафта? Для поиска ответов на эти вопросы и проводятся экспедиции в лиственничники Эвенкии. Первый маршрут пролегал в Центральной Эвенкии, в зоне доминирования лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii*), а второй — по территории Енисейского края, где наряду с лиственницей сибирской и Гмелина произрастают кедр, ель, пихта, сосна, а также береза и осина.

На пути наших маршрутов следы пожаров хорошо прослеживаются на космических снимках, которые мы и использовали для планирования работы. На горях отбирались и спиливались деревья с наибольшим количеством подсушин. Больше всего пожарных отметин обычно несут деревья, достигшие значительного (>400 лет) возраста. Наряду с ними исследовались и погибшие от огня деревья, что позволяло удлинить хронологию пожаров. По годичным кольцам между подсушинами устанавливали датировку пожаров и определяли интервалы между ними.



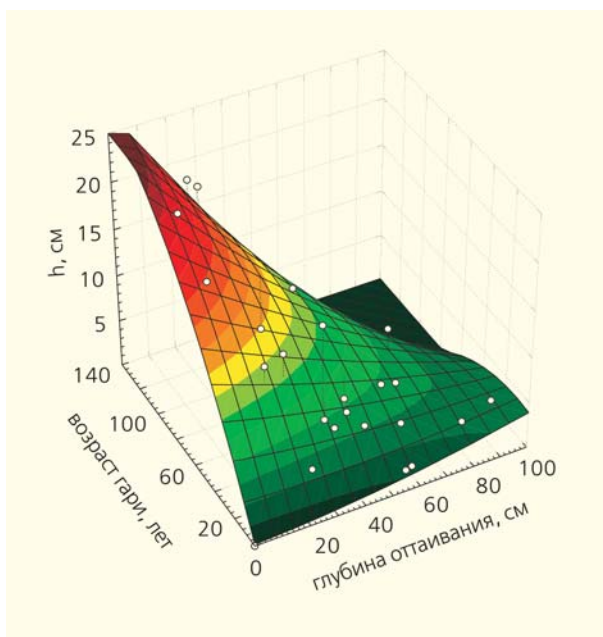
Распределение числа пожаров по годам (1 — отклонение от среднего,  $\Delta F, л$ ) и аномалий июнь—июльских температур ( $\Delta t, ^\circ C$ ). 2 — аномалии температур северо-востока Сибири [6], 3 — севера Евразии [7], 4 — Северного полушария [8]. 5, 6 — временные тренды (значимы при  $p < 0.05$ ).





Послепожарное возрастание радиального прироста. Образцы взяты с гарей, расположенных вблизи Полярного круга с глубинами оттаивания почвогрунтов >1.0 м (слева) и ~0.5 м (справа).

Зависимость аномалий пожаров ( $\Delta F, n$ ) от температуры воздуха (отклонения от средней,  $\Delta t, ^\circ\text{C}$ ). *а* — июнь—июльские температуры северо-востока Сибири [6]; *б* — севера Евразии [7]; *в* — средние температуры Северного полушария [8].



Зависимость между толщиной мохово-лишайникового покрова ( $h$ ), давностью гари и глубиной оттаивания почвы.



Лиственница, пережившая пожар, на возобновляющейся гари. Дерево хорошо защищено от огня толстой корой, на которой видна зона подгорания.

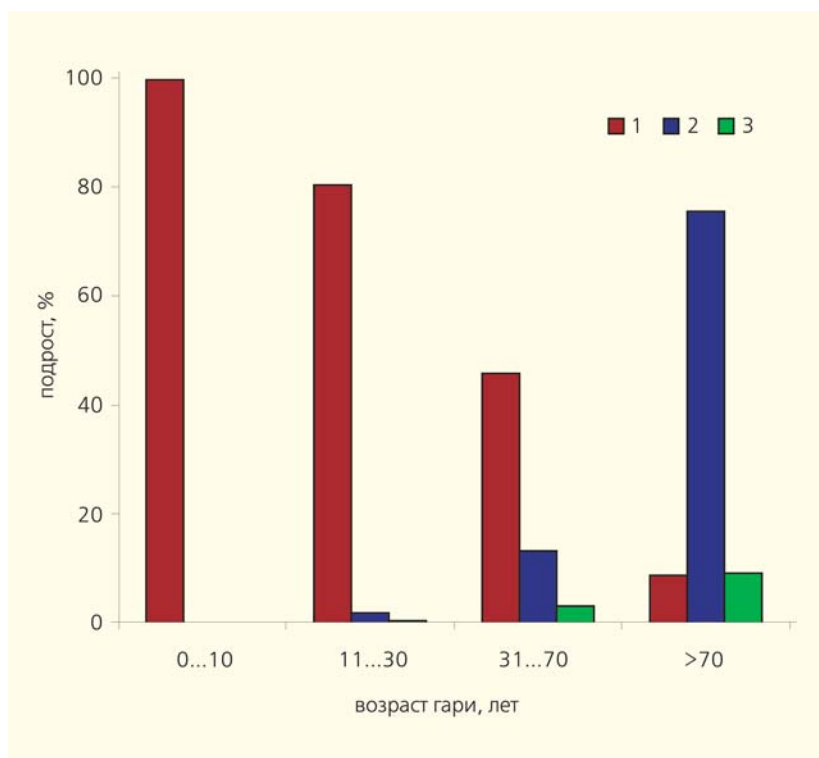
Одна из наших задач — ответить на вопрос: как менялась частота пожаров в XIX и XX вв.? Чтобы нивелировать несопоставимость временных рядов, мы изучали спилы деревьев, возраст которых превышал анализируемый период, т.е. 200 лет. Согласно нашим результатам, в XIX в. межпожарный интервал составлял  $101 \pm 12$  лет, а в XX в. он сократился до  $65 \pm 6$  лет. Для смешанной тайги Енисейского края эти значения составляют  $97 \pm 22$  и  $50 \pm 14$  лет соответственно.

Возрастание частоты пожаров в XX в. происходило на фоне положительного тренда температур. Кросс-корреляционный анализ показал, что аномалии пожаров связаны с региональными аномалиями температур воздуха ( $R_{ns}^2 = 0.64$ ). Другим важным фактором служит уровень осадков.

В возникновении лесных пожаров существенно влияние рельефа: экспозиции, крутизны склонов, высоты над уровнем моря. Экспозиция и крутизна склона определяют степень высыхания лесных горючих материалов, уровень увлажнения территории, так как наветренные склоны получают большее количество осадков и вода, не задерживаясь на крутых склонах, накапливается в пониженных элементах рельефа. С высотой над уровнем моря связан вертикальный климатический градиент, влияющий на пожароопасность. Согласно нашим данным, наиболее часты пожары на юго-западных (наиболее прогреваемых) склонах (табл.). На северо-вос-



Накопление теплоизолятора — мохового слоя — приводит к подъему мерзлотного слоя.



Временная динамика освоения гарей подростом хвойных: 1 — лиственница, 2 — кедр, 3 — ель.

**Таблица**

**Межпожарные интервалы (МПИ) для различных элементов рельефа**

Элемент рельефа	МПИ, лет, ±s
Юго-западные склоны	61±8
Северо-восточные склоны	86±11
Болота	139±17
Равнины	68±14
Все ПП	82±7





Возобновление лиственницы на гари (~700 тыс./га). Осенний пожар совпал с годом обильного плодоношения. После пожара семена «засыпали» гать. Лиственница легко возобновляется на минерализованной поверхности. Для кедра подходит и моховой покров.

точных склонах, и особенно на болотах, интервал между пожарами максимален. В среднем по всему временному ряду пожары случаются через  $82 \pm 7$  лет.

Одно из важных последствий пожаров — улучшение экологических условий на гарях: возрастает глубина сезонного оттаивания, почва обогащается биогенными элементами, улучшаются дренаж и световой режим. Это приводит к усиленному возобновлению на гарях (длящегося 20—30 лет), а также возрастанию величины прироста переживших пожар деревьев. Однако по мере роста теплоизолятора — лишайниково-мохового покрова, глубина сезонного оттаивания снижается со средней скоростью 0.5—1.0 см/год. Это приводит к «сжатию» активной корнеобитаемой зоны (30 см и менее) и падению годичного прироста. Древостои впадают в «дремоту» в ожидании следующего пожара. А его возникновение провоцируется накоплением лишайниково-моховой «подушки», превращающейся при

высыхании в прекрасный горючий материал с запасами до  $4-8 \text{ кг/м}^2$ .

Итак, время «оборота огня» в XX в. на территориях с преобладанием лиственницы сократилось примерно на треть по сравнению с XIX в [2]. Этот феномен — результат антропогенного и природного влияния. Повседневная активность местного населения, плотность которого в Эвенкии очень мала ( $<0.03 \text{ чел./км}^2$ ), нечасто приводит к пожарам. Жители Эвенкии давно усвоили правила поведения в тайге. Особо можно отметить староверов, в среде которых недопустимо варварское отношение к тайге. Здесь до 90% пожаров инициируют грозные разряды [3]. Высокую эффективность молниевых разрядов в криолитозоне обеспечивает перепад электропроводности на границе с мерзлотным слоем: энергия высвобождается в узком ( $<30 \text{ см}$ ) корнеобитаемом слое. Эти факты говорят в пользу природной составляющей в сокращении межпожарного

интервала: возрастании приземной температуры и увеличении частоты возникновения экстремальных периодов пожарной опасности.

Одним из последствий возрастания частоты пожаров может стать увеличение видового разнообразия лесов криолитозоны, проникновение «южных» видов древесных растений в зону доминирования лиственницы. Гари, вследствие отмеченного выше улучшения на них экологических условий, представляют «стартовые площадки» для миграции «вечнозеленых хвойных» (ель, кедр, пихта, сосна) в зону, где лиственница преобладает благодаря своей непревзойденной холодостойкости. В настоящее время уже наблюдаются формирование яруса кедра и ели под пологом лиственницы на южной границе лиственничников [4]. При сохранении существующих тенденций изменения климата эти виды, вероятно, сформируют верхний полог и станут доминирующими. В экотоне «лиственница — смешанная тайга» пожары провоцируют развитие березняков и осинников, которые быстро осваивают освобожденные территории: так, численность подраста березы может достигать 1 млн/га. Лиственница, в свою очередь, увеличивает сомкнутость древостоев и продвигается в зону тундры [5].

Однако сокращение интервала между пожарами может повлечь негативные последствия для «южных» видов: обследование возобновления на гарях показало, что со временем, прошедшим после пожаров, численность подраста кедра возрастает. Это объясняется способностью кедра укореняться в моховом слое, в то время как корешки лиственницы «зависают» в моховом слое, не достигая почвы. Вместе с тем частые пожары помогут сохранить доминирующее положение лиственницы как пиропитного (т.е. «любящего пожары») вида в криолитозоне. Лиственница хо-



рошо защищена от огня толстой корой, благодаря чему обычно часть деревьев после пожара выживает. Более того, пожары способствуют ее успешному возобновлению, поскольку проростки лучше укореняются при минерализации почвы.

Как повлияют изменения климата и возрастание частоты пожаров на роль лиственничников в качестве источника/стока углерода? Большинство моделей предсказывает трансформацию лиственничников в зону эмиссий парниковых газов [1]. Однако это не единственный возможный сценарий: повышение глубины сезонного оттаивания и улучшение дренажа может привести к резкому возрастанию годичного прироста лиственничников. Здесь возможна аналогия с гарями: ширина годичных колец на дренированных почвах с глубиной оттаивания >1.0 м увеличивается в несколько раз. Поэтому не исключено, что климатически индуцированное возрастание продуктивности лиственничников наряду с продви-



Багряный закат над тайгой: где-то горят лиственничники.

жением лиственницы в зону тундры усилят роль северных лесов в связывании углерода, смягчении антропогенного воздействия на биосферу. А верификация различных сценариев измене-

ний климата и воздействия огня на таежные леса потребует организации новых экспедиций в высокие широты, где еще сохраняется доминирующая роль лиственницы. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-05-64939.**

## Литература

1. IPCC, 2007. Climate Change: Synthesis Report. Valencia, 12–17 November 2007. 2007.
2. Kbaruk V., Ranson K., Dvinskaya M. // Geophysical Research Letters. 2008. №35.
3. Иванов В.А., Иванова Г.А. Пожарные режимы в лесах Средней Сибири // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне. Мат-лы Международного научно-практического семинара (9–12 сентября 2003 г.). М., 2004. С.147–150.
4. Kbaruk V., Ranson K., Dvinskaya M. // Eurasian Journal of Forest Research. 2007. №10(2). P.163–171.
5. Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж. Лиственничники Сибири и климатические тренды // Природа. 2006. №8. С.45–51.
6. Panyushkina I.P., Huges M.K., Vaganov E.A. et. al. // Canadian Journal of Forest Research. 2003. V.33. P.1905–1914.
7. Наурызбаев М.М., Ваганов Е.А., Сидорова О.В. // Криосфера Земли. 2004. Вып.7. №2. С.84–91.
8. Mann M.E., Jones P.D. // Geophysical Research Letters. 2003. V.30. №15. P.1820.

# Чтобы в городе были птицы

Заметки и наблюдения

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

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

Москва

Б.Л.Самойлов,

кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт охраны природы

Знаменское-Садки

Большой город и дикие птицы на первый взгляд мало совместимы. Но это только на первый, отрешенно-равнодушный взгляд. Конечно, город, разрастаясь, выжимает диких животных, оставляя все меньше шансов для их благополучного существования. И тем не менее многие, включая птиц, приспособляются к жизни даже в таком огромном городе, как Москва.

Что в основном обуславливает процветание или исчезновение здесь животных? Прежде всего нужны хотя бы небольшие участки лесов, лугов и других родных для птиц и зверей природных местообитаний, а на застроенных территориях — обилие доступной пищи и надежных убежищ, в том числе и для безопасного гнездования пернатых.

В большом городе пищи для многих видов птиц более чем достаточно. Убежища или гнездовые станции тоже не редкость, да и врагов естественных не так уж много. Горожане диких птиц, как правило, мало беспокоят, они просто не обращают на них внимания. Дикости человеческой стало меньше. Хотя случаются и исключения. Уместно заметить, что и у нас на западный манер появились горе-охотники, кроу-хантеры, как они себя величают. Охотники на ворон — если с английского на русский. А правильнее сказать — кроу-киллеры, как их



Свиристель. Эти таежные птицы остановились в Москве на пролете и были истреблены кроу-киллерами.

называют орнитологи и любители птиц. По сути же это экологически невежественные субъекты, в руках которых оказалось изощренное средство убийства — сильные и бесшумные пневматические винтовки с первоклассной оптикой. В оправдание своих неблагоприятных деяний они ссылаются на угрозу птичьего гриппа или на вред, наносимый воронами мелким птахам.

Даже эпидемиолог вряд ли согласится с угрозой птичьего гриппа от городских пернатых. Вред от ворон для птичьей мело-

Здесь и далее фото В.И.Булавинцева

чи действительно велик, но, как говорится, «всех не перестреляешь», тем более, что наряду с воронами бьют все, что шевелится. К слову, совсем недавно в московских СМИ прошло сообщение о массовом отстреле из пневматики таежных птиц — свиристелей, остановившихся в Москве подкормиться и отдохнуть на пути домой, в северные края. Это ж надо такую красоту губить!

Кроме подобных недочеловеков, в числе врагов у городских птиц — многочисленные бездомные кошки и собаки, по своей природе высокоспеци-



Сизый голубь, кряква, серая ворона, домовый воробей — еще обычные в городе птицы.

ализированные хищники, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В Москве основную часть птичьего населения составляют те виды, коим корма вдоволь: домовые воробьи, сизари, серые вороны, кряквы. Из естественных врагов их только ястребы и изредка соколы донимают. Но последних в Москве по паль-

цам пересчитать можно, а вот численность ястреба-тетеревятника на голубино-врановой диете заметно возросла.

В хорошо озелененных городских кварталах вольготно живет большим синицам, лазоревкам, скворцам и белым трясогузкам. Корма им тоже хватает, да и всяких укрытий для устройства гнезд пока еще вдоволь.

На р.Москве и многих прудах кормятся озерные и сизые чайки, особенно по окраинам города. Там же и речных крачек увидеть можно. В черте города на водоемах с заболоченными берегами изредка выводят птенцов чомги, лысухи, камышницы и даже большая и малая выпи. А на восточных окраинах Москвы в зонах отчуждения под вы-





Большая синица. Ей, как лазоревке, скворцу, белой трясогузке в Москве живется вольготно.



Ястребиная славка с птенцами. Пока она еще находит в городе корм и места для устройства гнезд.

соковольтными линиями с бурьянистым высокотравьем сохранились даже серые куропатки. В недавно построенном микрорайоне Кожухово они на подкормку каждый вечер, как куры, прибегают. На трубах ТЭЦ нередко гнездятся ближайшие родственники серых ворон — вороны. В том же Кожухове,

в пяти минутах от конечной остановки автобуса, пара воронов устроила гнездо на опушке ближнего лесочка, в березняке. Невысоко, меньше 10 м от земли, фотографировать удобно, только скрадок нужен. Придешь туда поснимать, птицы от гнезда улетят ненадолго, но вскоре же и возвращаются.

Известны случаи гнездования в Москве таких «экзотических» для города видов птиц, как ремез, черный и белоспинный дятлы, кулик-черныш, травник, перепел, болотная сова, осоед и др. В целом же на территории Москвы за последние годы зарегистрировано размножение около 130 видов пернатых. К сожалению, их число склонно к уменьшению.

Следует четко понимать, что недоверчивость или дикость птиц есть не что иное, как степень дикости человеческого отношения к ним. Кстати, здесь будет не лишним еще раз вспомнить о кроу-киллерах — яркий пример человеческой дикости.

Там, где птиц не тревожат, даже самые осторожные из них ведут себя на удивление доверчиво. В Голландии, в столичном городском парке, приходилось видеть серых цапель, отдыхающих на берегу искусственного водоема буквально в пяти метрах от гуляющей публики. С подобной доверчивостью птиц доводилось встречаться только в Антарктиде, на самом «краю» земли. А что у нас? В Москве выпустили не так давно пяток серых цапель, выращенных в специализированном питомнике



Пара серых куропаток, пришедшая на подкормку. Эти совсем не городские птицы сохранились на восточных окраинах Москвы.



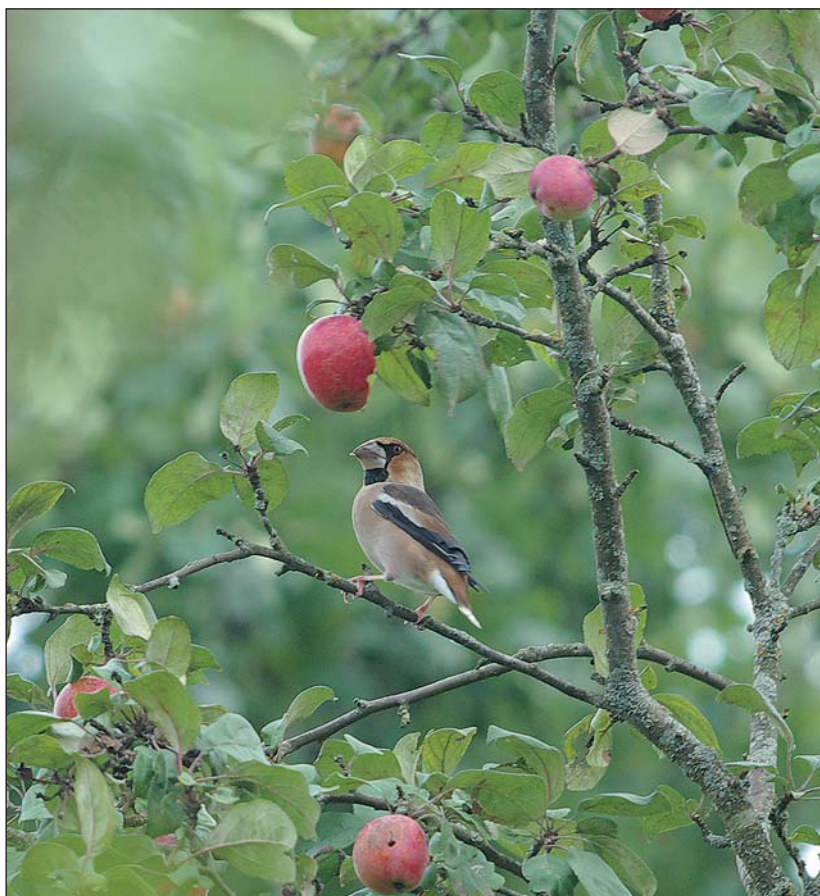
Всероссийского научно-исследовательского института охраны природы. Обосновались привыкшие к людям птицы на Царицынских прудах, там их и перестреляли вскоре из пневматики, всех поголовно.

Но прямое преследование диких животных в городе — еще полбеда. Есть напасть и пострашнее. Прежде всего, это экологическая безграмотность, а сплошь и рядом — меркантильность людей, отвечающих за содержание озелененных территорий Москвы, т.е. чиновников от городского коммунального хозяйства. Тут уместно вспомнить о слепом копировании у нас порочной практики обустройства парков на европейский манер. Внешне выглядит это весьма привлекательно. Декоративные деревья и кустарники, подстриженные газоны, убраный лиственный опад — все просматривается на сотни метров, насквозь. Речки и пруды с декоративно оформленными берегами, аккуратно стоящими вертикальными бревнышками... Но для птиц и других животных, включая и беспозвоночных, такой парковый «евростандарт», укоренившийся у нас в Москве, тяжелое испытание, если не гибельный вариант.

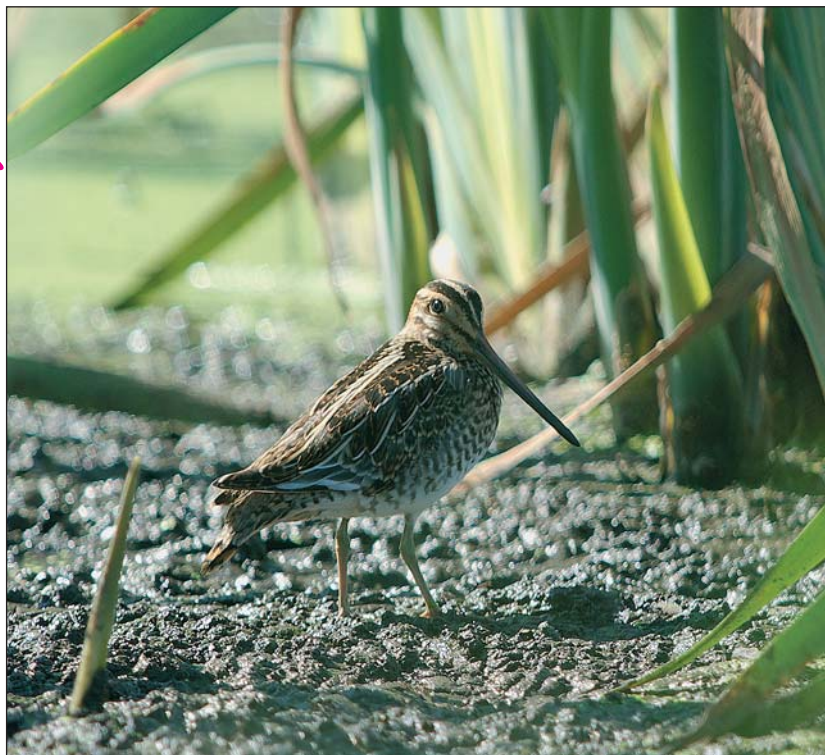
В свое время один из авторов очерка (В.И.Булавицев) проводил исследования, связанные с выяснением роли дождевых червей-норников в почвообразовании. И выяснилась взаимосвязь с ними целого комплекса почвенных беспозвоночных животных, первичных и вторичных разрушителей листового опада, а также хищников. На активных участках, около норок червей, занимающих всего 25% площади, при стабильном увлажнении концентрируется не менее 70% почвенной мезофауны (беспозвоночных животных крупнее 0,5 см). Здесь и совершается основная работа по переработке органического опада. Уборка листьев подрывает основу жизнедеятельности червей-норников и, как следствие,



Вездесущая когда-то сорока. Теперь ее редко где встретишь в городе.



Лесной житель дубонос. Там, где есть плодовые деревья, он вполне может прокормиться.



Бекас. Этот небольшой кулик изредка встречается в городе.

со временем вызывает необратимые нарушения в процессах восстановления почвенного плодородия.

Многочисленные иллюстрации этой экологической беды, к сожалению, стали обычными в наших городских дворах с их пыльно-серыми «сквериками». Армия дворников с достойным упорством каждую осень прилежно выметает золото листьев, сгребая их в большие кучи или захоранивая здесь же, во дворах, в ямах, — как в «братских могилах». Вот и пылят наши городские дворы, скверы и бульвары и будут пылить, пока не переведутся в среде московских функционеров коммунального хозяйства горе-экологи. Воистину, заставь чиновника Богу молиться, он и листву уберет подчистую.

Кто первым начал массовую уборку листвы в городе, сказать трудно. В Европе она существует не одну сотню лет и уже привела к необратимым последствиям. Истощение почвы зашло там

настолько далеко, что вновь посаженные деревья зачастую не могут подняться выше 4—5 м. Недосток питательных веществ в облагороженных таким образом биотопах, в которых полностью ликвидирована естественная, пусть даже сорная по мнению человека растительность, привел к тому, что птиц, например, в Англии приходится подкармливать осенью и зимой. Без этого ставшие малочисленными теперь щеглы, коноплянки, овсянки и другие питающиеся семенами «сорняков» птицы не способны выдержать даже мягкую английскую зиму. И в наших парках и на других озелененных территориях по тем же причинам в последние годы заметно уменьшилась численность зимующих птиц. Меньше стало гнездящихся дроздов, соловьев и даже скворцов, поскольку все они выкармливают птенцов главным образом дождевыми червями, которых почти не осталось на тех озелененных территориях, где выгребают

опавшую листву и регулярно выстригают траву. В Москве даже еще недавно многочисленных весной и летом галок и сорок теперь редко где увидишь. Их птенцам тоже необходимы живущие в почве дождевые черви, моллюски и другие беспозвоночные.

Существование разнообразного мира диких животных рядом с человеком в крупных городах, хотя и локально, но возможно. И это не прихоть отдельных любителей природы, а жизненная необходимость любого большого города. В нем можно избежать экологического кризиса только в союзе с дикой природой, которую, как теперь становится ясно, надо сохранять не только в заповедниках, но везде, где живет человек.

И не так уж много для этого нужно сделать.

Беречь еще чудом оставшиеся в черте города малые клочки дикой природы — участки естественного леса или разнотравного луга, сырые ложбины с зарослями болотных трав, реки и пруды в естественных берегах. Все это будет способствовать сохранению на территории города максимально возможного биологического разнообразия.

Не пакостить, устраивая пикники в лесопарке или у реки, не выжигать весной сухую траву вместе с птичьими гнездами, не наводнять город полчищами бездомных собак, уничтожающих уцелевшую здесь живность.

Не воспринимать природу в городе как обязательный фронт работ по ее декорированию и превращению в причесанный по европейскому образцу внешне эффектный, но мертвый парк. Экологически безграмотные чиновники из коммунальных служб должны понять, что почва в скверах и парках. «очищенная» от опавшей листвы, обречена на хронический голод, а вместе с ней — растеня и птицы.

А за возвращением птиц в город дело не станет: «свято место пусто не бывает». ■



# Шокша — малый народ Мордовии

А.И. Рыжиков,

кандидат экономических наук

действительный член Русского географического общества  
г. Темников, Мордовия

Удивительный край — Центральная Россия. Вроде бы чисто русский, но даже сейчас в бассейнах Волги и Оки живет по крайней мере десяток больших и малых народов. А когда-то их было значительно больше, и только географические названия остались свидетельствами их существования.

Например, на территории Мордовии, Пензенской и Рязанской областей нередко встречаются населенные пункты с названием Буртасы. Так именовалось племя земледельцев и охотников, территория которого была завоевана татарами, и буртасы исчезли как народ, хотя еще в составе войск хана Мамай ходили войной на Русь.

Народ мордва (морденс) как собирательное название впервые упоминается в трудах готского историка Иордана в VI в. А в русских летописных источниках XII в. читаем: «...Того же лета [1103 г. — А.Р.] бия Ярослав с мордвою... и победен был Ярослав...» [1]. Но военное счастье было переменчивым, и славяне заселяли Приокский край, раздвигая мордовские племена к северу и югу от оси р.Оки, не истребляя, а поглощая их. Раньше всех слились со славянами мещера и мурома, исчезло мордовское племя терюхан, которое было самым многочисленным на территории нынешней Нижегородской области.

К настоящему времени сохранились два сильных мордовских народа: эрзя и мокша,

но 61% населения нынешней республики составляют русские, а по культуре и быту в обыденной жизни все они практически неразличимы.

Среди мордвы-мокши и мордвы-эрзя затерялась крохотная народность мордвы — шокша. Конечно, газет, радио и телепередач на шокшанском языке нет, но он существует, и его с трудом понимают мордвы-эрзя и еще труднее — мордвы-мокша. В материалах переписи населения 2002 г. шокшане как национальность не упоминаются, однако в старых научных трудах по этнографии выделяются особо. Впрочем, в международном сборнике о народностях угро-финской языковой группы сведений о шокше тоже нет [2].

Распространение мордвы-шокши ограничивается сегодня двумя деревнями на крайнем северо-западе Мордовии: Шокшей и Малой Шокшей, которые находятся на речке Шокше. Деревня и река упоминаются еще в XVI в. в «Росписи мещерским сторожам». Малая Шокша возникла в конце XIX в. путем выселения части семей из Шокши, в которой ныне осталось шесть-семь человек. По справочникам, Шокша — эрзянское село, но сами шокшане эрзянами себя не считают [3].

XX в. сnivelировал культуру шокши. Одежда, пища, обувь, жилые дома и хозяйственные постройки стали такими же, как у всех. Только изредка в деревне Шокша встречаются постройки XIX в. из местного темно-крас-

ного кирпича — кладка по аккуратности и прочности не чета современной — кирпич один в один. Изредка щербинка времени оцарапает гладкую поверхность. Умели в старину и делать, и строить. Все делалось неторопливо — на века. Из такого же кирпича построена местная церковь, которая, как и все церкви Мордовии, сильно пострадала после революции. В 1985 г. в Шокше была еще своя хлебопекарня, пожалуй, последняя в республике. Выпекались там громадные буханки белого хлеба, раза в два побольше городских и невероятно вкусные.

Впрочем, Шокша село как село. Окружено полями. От былых дремучих мордовских лесов не осталось и следа. Лишь по лощинам да по косогорам вселыми стайками «бегут» молодые белоствольные березки. Да поля протреливаются кудрявыми прямыми линиями лесополос — наследие сталинского плана преобразования природы. И в этом лесном краю сажали в послевоенные годы лесополосы.

Если в обыденной жизни шокшане почти не отличаются от своих соседей, то в своих старинных обрядах и костюмах различия весьма заметны. На деревенском кладбище заметны огромные кресты над могилами, иногда сделанные из целых стволов деревьев. По обычаю шокшан, величина надмогильных крестов зависит от того, насколько почитаем был человек при жизни. Чем больше добрых дел сделал, тем выше крест.



Шокшанки в национальных костюмах. Возле колен — подвески «чокт» из раковинок каури.

Любопытно, что шокшанки сумели до наших дней сохранить женские праздничные наряды. Каждый — произведение искусства и результат кропотливого долгого труда, в старину их мастерицы зимними вечерами при свете лучины. Сейчас трудно найти многое из того, что нужно для шитья настоящего национального костюма мордвы-шокши. Основой костюма была льняная ткань собственного изготовления. Лен до революции

выращивали повсеместно в северо-западной Мордовии. Но постепенно он исчез из состава сельскохозяйственных культур.

Холщевое платье шокшанок — «панар» — украшено богатой вышивкой из отдельных разноцветных блесток. Такую вышивку называют «счетной», так как при вышивании считают количество блесток и цветных стежков нитками. Чуть мастерица сбилась со счета — и начиная все сначала.



Шокшаночка в профиль — хорошо видны «пух» в мочках ушей и «кудрят» на висках.

Платье женщины подвязывали вышитым малинового цвета поясом — «каркс». Справа к поясу подвешивается «чокт» — лента из материи, украшенной маленькими колокольчиками, металлическими монетами и раковинками каури. Само название подвески «чокт» говорит само за себя — производить при пляске как можно больше шума, звону, среди которого четко слышатся удары раковинок друг о друга: чок-чок-чок... Поверх панара надевали женщины шубейку, похожую на жилет, но богато украшенную лентами и вышивкой. Сама шубейка — из выделанной овечьей шкуры, а ее края отделялись оторочкой из шкурки степного зверька — сурка. Оторочка так и называлась «сурок». Но вокруг Шокши были леса, укрывавшие шокшан от набегов кочевников, а не степи. Конечно, шкурка могла быть обменным товаром между степняками и лесным населением — об этом говорит хотя бы то, что дорогой товар — сурок — шел только на





Старинный праздничный сапог шокшанки, который шили из целой шкуры овцы, а вид гармошки придавали сложным процессом навивания веревок.

оторочку. Но вероятно, что и сами шокшане жили гораздо южнее, и шубейку когда-то шили из сурковых шкур.

О более южном происхождении шокши может говорить и название речки — **Шукша** — к северу от Пензы. Так она числится на современной карте. Но думается, что это картографическая ошибка. В уже упомянутой Росписи мещерским сторожам (1571) река называлась именно **Шокша**: «...2-я сторожа на речке на Шокше меж Суры и Мокшанского лесу; а сторожем на ней стояти из Кадомы, да из Темникова, да из Олаторя 12 человеком, по четыре человека из города, а бытии на сторожах из Кадома да из Темникова татаром да мордве, а из Олатора казакам, а беречи им и розъезжати направо до Мокшанского лесу, до речки до Кисы, верст с 20, а налево к устью Шокше речки к Суре реке верст с 40...» [1]. Правда, И.К.Инжеватов считает, что топоним «шокша» происходит от марийского гидронима «шокш» — рукав ре-



Женщины мокшанки. Совсем другой наряд.

ки [3], но марийский язык распространен далеко к северо-востоку от Мордовии.

Кстати сказать, существует еще один топоним Шокша — поселок на южном берегу Онежского оз., где добывали гранит. А он, как название р.Шокша, скорее всего связан с мордвой-шокшей, если полагать, что этот народ происходит из северных степей, с той самой территории, на которой обитали исчезнувшие буртасы. Переселившись

в северные леса, они назвали лесную речку Шокшей в память о той степной речке, которую потеряли. Татаро-монгольское нашествие одну часть буртасов подчинило, другую сдвинуло к северу в лесные дебри, а небольшая часть племени дошла и до Онежского оз. под названием шокша, и там появился топоним «шокша».

Хозяйственное освоение восточной окраины Русского государства шло медленно. И из се-





На околице Шокши с буханками белого хлеба из местной пекарни.

верных мордовских лесов население стало продвигаться к югу на более плодородные земли. В известных мне исторических документах уже не встречается упоминаний о шокше. По-видимому, шокшане целиком и полностью разделили судьбу всего мордовского народа, хотя политика Московского государства

вроде бы была направлена на мирную колонизацию края.

В 1619 г. издается инструкция писцам Арзамасского и Нижегородского уездов, где предписывается возвращать незаконно отнятые земли мордве [1]. В наказе от 1684 г. князю Дивлеткильдееву, назначенному воеводой в г. Темников (шок-

ша в то время входила в состав Темниковского уезда) говорилось: «...ему, Ивану, к мордве и новокрещенным и крестьянам держать ласки и привет и береженье и во всем их оберегать, чтобы подьячие и приставы и толмачи и всякие русские люди и иноземцы напрасных продаж и никакого насильства не чинили и ничем не обидели и объездов лишних не имели» [1]. А указ 1685 г. вообще показателен как пример рационального использования природных ресурсов: «Всяким служилым людям мордовских и бортничьих земель и рыбных ловель и бортных лесов и бобровых гонов и всяких угодий, кроме мордвы и бортников, на оброки никому не отдавать некоторым надель, чтобы от того мордовские угодья не запустели...» [1]. Однако одно дело приказы сверху, другое — действия местных начальников.

Но вернемся к праздничному наряду женщин-шокшанок. На висках красовались «кудрят» — украшения из хвостовых перьев-косоц диких селезней. В моч-



Кресты, которые ставили шокшане над могилами усопших.

ках ушей белые шары из пуха — «пух». В старину для этой цели использовали хвостики зайцев (мне их так и не пришлось видеть). Позже его стали делать из простой ваты.

Высокий головной убор шокшанок — «сорока» в праздничном костюме — в целом похож на головной убор мокшанок и эрзянок. Впрочем, он похож и на кокошник русских женщин. Это и не удивительно. Народы живут многие века бок о бок. Но «сорока» шокшанок гуще украшалась блестками.

На лбу шокшанок красовалась широкая налобная повязка — довольно широкая полоса из липового луба или из бересты, которая драпировалась яркой материей и опять-таки украшалась блестками, металлическими монетами и раковинками каури!

Я сильно удивился, когда впервые увидел их в наряде шокшанок (раковинки каури давно известны как денежные единицы на островах Тихого океана). На о.Новая Гвинея до сих пор разменная монета называется «каури» (1 сили = 100 каури). Еще в 70-х годах XX в. можно было свободно разменивать доллары на каури и наоборот. Нить с нанизанными каури

(60 см) была равна 90 центам. Крупный ананас стоил девять ракушек [4]. Раковинные деньги были износоустойчивыми и встречаются в археологических раскопках вдоль всего волжского пути и на Кавказе, в Скандинавских странах.

События XX в. не обошли стороной деревню Шокшу. Мордвин-шокша участвует в штурме Зимнего дворца, возвращается и тут гибнет от пули односельчанина-«кулака». Как и везде, в Шокше организуется колхоз. Начинается война с Германией, и шокшане уходят на фронт. Шокшанин И.С.Пряхин удостоивается звания Героя Советского Союза за форсирование Днепра, П.Ф.Начаров становится штурманом Новороссийского полка легких бомбардировщиков и за доблесть в боях удостоивается многих наград. А сколько безвестных шокшан остались лежать в сырой земле. Уже после войны получает звание Героя Социалистического Труда шокшанин И.С.Ершков за доблестный труд на шахтах Донбасса. На этих же шахтах Украины трудился шокшанский парень Игнат Апяткин. А через несколько лет вернулся в родную деревню с молодой женой-украинкой. Нина Семеновна быстро прижилась на

родине мужа и стала заведовать сельским клубом.

Однажды свекровь показала невестке свой национальный костюм, долгие годы лежавший в сундуке. И захотелось Нине Семеновне создать в Шокше женский фольклорный ансамбль. Пришлось долго уговаривать старушек, чтобы те расстались с памятью своей молодости. Но старые шокшанки не только пожертвовали свои костюмы, но и научили одеваться в них. А это целая наука. Старухи говорили: «Чтобы правильно надеть наряд наш, двенадцать раз надень его, да двенадцать раз снимь, тогда только научишься и, может быть, на тринадцатый раз сама сумеешь одеться». Надеть такой костюм действительно целая наука. В старину на это уходило не менее двух-трех часов.

К сожалению, приходится заканчивать это повествование на печальной ноте. Ныне в Мордовии уже нет ни материалов, из которых шились праздничные костюмы шокшанок, ни рабочей силы, способной делать столь кропотливую работу. Молодежь, как везде, уезжает в Москву и Питер, на Север. Село беднеет людьми, как и большинство деревень Мордовии. А поля вокруг них зарастают бурьяном. ■

## Литература

1. Документы и материалы по истории Мордовской АССР. Саранск, 1940.
2. Сородичи по языку. Будапешт, 2000.
3. Инжеватов И.К. Топонимический словарь Мордовской АССР. Саранск, 1987.
4. Вольневич Я. У аборигенов Океании. М., 1976.

# «Все, что создал Валентин Петрович Глушко, он создавал впервые»

К 100-летию со дня рождения

Л.Е.Стернин,  
доктор физико-математических наук  
НПО Энергомаш им.академика В.П.Глушко  
Химки

«Мы стали свидетелями того, — говорилось в послании Конгрессу президента США Джона Кеннеди (25.05.1961), — что начало достижениям в космосе было положено Советским Союзом благодаря имеющимся у него мощным ракетным двигателям. Это обеспечило Союзу ведущую роль...».

Мощные ракетные двигатели, сыгравшие определяющую роль в создании аппаратов, позволивших вырваться в космос, созданы интеллектом и творчеством дважды Героя Социалистического труда, лауреата Ленинской и Государственных премий, академика Валентина Петровича Глушко. Его имя долгое время оставалось скрытым завесой секретности. Теперь его знает весь мир.

Где и когда, какие силы и обстоятельства помогли или не помешали Глушко реализовать дарованные ему таланты во благо человечества?

## Призвание

Он родился 2 сентября 1908 г. в Одессе в семье служащего Петра Львовича Глушко. С детства поражал родителей



Валентин Петрович Глушко  
(2.IX.1908—10.I.1989).

разнообразием своих способностей — в музыке, рисовании, в освоении иностранных языков. Но романы Жюль Верна и книги Я.И.Перельмана дали толчок к пробуждению других интересов [1]. В двенадцать с половиной лет Глушко принял твердое решение посвятить « всю свою жизнь без остатка » осуществлению полетов в космическом пространстве. Он оставил Одесскую консерваторию, где успешно учился игре на

скрипке у профессора Г.А.Стоярова, и прекратил обучение рисованию[2].

Валентин Петрович понимал, что для реализации его мечты необходима серьезная работа. Он начал с изучения астрономии по книжкам Н.Фламариона, Г.Клейна и др. Наконец, в 14 лет ему удалось начать наблюдение неба в Первой государственной народной астрономической обсерватории Губсовпартшколы Одессы, где работы велись одесским отделением Русского общества любителей мироведения (РОЛМ). Здесь он проводил почти все вечера, за ним потянулись и его товарищи, а затем он организовал юридически оформленный Кружок молодых мироведов, насчитывавший в 1924 г. 120 членов.

«Первый труд К.Э.Циолковского, — пишет Глушко, — я нашел в одесской публичной библиотеке. Зимой 1922 г. она не отапливалась. Сидя в читальном зале в шинели, я переписывал посиневшими пальцами этот исторический труд Циолковского в свои тетради. В 1923 г. 26 сентября написал письмо К.Э.Циолковскому в Калугу, Коровинская 61, с просьбой выслать его труды. Через короткий срок (8 октября), к моей великой радости, получил ответное письмо от Циолковского вместе



с некоторыми изданиями его трудов. Вскоре Циолковский сообщил, что впредь будет высылать мне все издаваемые им труды. Так началась переписка с Циолковским, продолжавшаяся ряд лет...»[2]. В 1923 г. по просьбе члена РОЛМ А.И. Стефановского, заведующего Военно-морским музеем, Глушко нарисовал акварелью на большом листе ватмана в меркаторской проекции цветную карту Марса, а затем карандашом — корпус ракеты, в разрезе, с примитивным двигателем, тормозным устройством и собакой, лежащей в головном отсеке. Ему шел всего лишь пятнадцатый год, но первых космических пассажиров он вычислил правильно.

В этот период Глушко интенсивно занимался химией, физикой, теорией относительности и делал доклады в школе по этим предметам, иногда заменяя учителей. От выпускных экзаменов по физике он был освобожден, и в его аттестате была поставлена высшая оценка! Дома он создал небольшую химическую лабораторию и сжигал различные вещества (для сравнительного анализа их горения), в том числе пороха, выскобленные из неразорвавшихся артиллерийских снарядов...

«Счастлив тот, — пишет Глушко, — кто нашел свое призвание, способное поглотить все его помыслы..., заполнить всю его жизнь... Дважды счастлив тот, кто нашел свое призвание еще в отроческие годы...».

Его наблюдения метеорного потока в ночь с 3 на 4 января 1924 г., зарисовки Венеры, Марса, Юпитера публиковались в ряде изданий РОЛМ.

С 1922 г. Глушко стал увлеченно собирать материалы для двух книг. Первая — «История развития идеи межпланетных и межзвездных путешествий», ради которой он углубился в древнегреческую, древнеримскую хроники, индийские, китайские, японские легенды и пр. Однако когда в 1928 г. появился первый выпуск «Межпланетных сообщений»

Н.А. Рынина (главы ленинградского Общества межпланетных сообщений), Глушко подарил ему значительную часть своих наработок, о чем Рынин сообщает в своем 9-м выпуске.

Спустя 60 лет в книге «Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР» (1987) [3] Валентин Петрович приводит весьма интересный исторический обзор — от античных легенд и до современных космических полетов.

Вторая книга — «Необходимость межпланетных сообщений» — была закончена в 1924 г., одобрена Н.А. Морозовым и Я.И. Перельманом, однако так и не увидела света. Валентин Петрович случайно наткнулся на эту рукопись через 45 лет, счел ее совсем незрелой и был доволен, что ее не напечатали.

К 90-летию Глушко эту книгу все-таки издали небольшим тиражом, который тут же разошелся. Она читается с большим интересом. Поражает, что шестнадцатилетний юноша написал столь широкое и глубокое исследование.

Первая печатная статья Глушко «Завоевание Землей Луны» опубликована в центральной одесской газете «Известия одесского губкома КПБ(У)» 18 мая 1924 г. После окончания профтехшколы он до конца года отработывал практику слесарем и токарем на арматурном заводе.

Поздним летом 1925 г. он поступил на физико-математический факультет Ленинградского университета. «Мир университета увлек меня, перенеся в новое поле деятельности, приближавшее к заветному будущему, когда я мог бы посвятить себя целиком работе над осуществлением мечты», — писал Глушко. Он в подлиннике, с увлечением, прочел труды пионеров ракетной техники Р. Годдарда, Р. Эно-Пельтри, Г. Оберта...

На базе опытов американского астрофизика Андерсена по лабораторному моделированию звездных температур (1920) Глушко пришел к идее



Ученик реального училища имени св. Павла. 1920 г.

создания электротермического двигателя, который может работать в космосе при использовании солнечных батарей. При этом скорость истечения, а следовательно, и удельный импульс двигателя из-за высокой температуры в камере взрыва, где под действием сильного тока испарялись проводники, может быть на порядок выше, чем у химических двигателей. Были выбраны наиболее эффективные солнечные термодары и расположены на тонком диске, в центре которого находилась ракета.

## Линия жизни

Эта тема легла в основу дипломного проекта Глушко. Часть проекта с расчетами была сдана 18 апреля 1929 г. в Ленинградское отделение Комитета по делам изобретательства, и в начале мая на нее уже были получены два положительных отзыва: из Москвы — от профессора М.В. Шулейкина — и из Ленинграда — от начальника Газодинамической лаборатории (ГДЛ), инженера Н.И. Тихомирова, который для создания такого двигателя пригласил Глушко в свою Лабораторию.



Валентин Петрович в 1931 г.

Место для начала работ над этим двигателем было предоставлено в Физико-техническом институте, в «Лаборатории миллион вольт», в Лесном.

Эксперименты, выполненные Глушко в 1929–1933 гг., подтвердили работоспособность электротермических ракетных двигателей (ЭРД) на тонких металлических проволочках толщиной до 0.001 мм (воластоновы нити), подаваемых с катушек, или электропроводных жидкостях (ртуть, водные растворы солей). Сначала рабочий процесс исследовался в открытом пространстве, а затем — в камере с соплом. Режимы были как импульсные, так и непрерывные (десятки секунд). Для обеспечения больших разрядов использовались мощные трансформаторы и конденсаторы. С 1930 г. Глушко занялся разработкой жидкостных ракетных двигателей ЖРД, способных вывести электротермический ракетный двигатель в зону эффективного использования солнечных батарей, т.е. на орбиту спутника Земли. В 1932 г. работы по ЭРД возобновились на более мощной установке применительно к камере с соплом. Затем они опять были отложены на десятилетия... Впервые электричес-

кий ракетный двигатель, разработанный в СССР, был применен в 1964 г. в системе ориентации «Зонда-2».

В Газодинамической лаборатории Глушко разрабатывал серию жидкостных ракетных двигателей. В 1930 г. он предложил в качестве компонентов жидких ракетных топлив азотную кислоту, растворы четырехоксида азота в азотной кислоте, тетранитрометан, перекись водорода, хлорную кислоту, бериллий с водородом и кислородом и др. В 1931 г. были изготовлены два двигателя (опытные ракетные моторы) — ОРМ и ОРМ-1. ОРМ был предназначен для работы на унитарном топливе — растворах горючего в четырехокиси азота. Время его работы — до десятков секунд. Самый первый пуск окончился взрывом, но никто не пострадал. (В Германии при взрыве камеры жидкостного ракетного двигателя погиб ракетчик-исследователь М.Валье, при аналогичных обстоятельствах известный французский исследователь ракет Р.Энопельтри лишился четырех пальцев.) Работы с жидкостными ракетными двигателями требовали и мужества, и умения, и осторожности...

В 1931 г. прошло 47 огневых испытаний ОРМ и ОРМ-1. Это были первые испытания жидкостных ракетных двигателей в СССР! В 1932 г. совершено 53 огневых испытания ОРМ-4 — ОРМ-22 на азотном тетроксиде, азотной кислоте и кислороде с бензином и с растворами бензола в бензине. Выбору ракетных топлив Глушко всегда уделял первостепенное внимание, а в этот период сам в лаборатории готовил топлива и в конечном счете остановился на азотнокислотно-керосиновом несамовоспламеняющемся топливе.

Хотя двигатели на кислороде имели несколько больший удельный импульс, азотнокислотные двигатели в эксплуатационном отношении были значительно удобнее и более надежны.

В том же году Газодинамическая лаборатория переходит в систему, подчиненную Начальнику вооружений РККА М.Н.Тухачевскому, который видел перспективы использования реактивного вооружения и оказывал большое содействие развитию новой техники.

Работы Лаборатории привлекли внимание. Стали приезжать крупные специалисты из Москвы: Н.И.Ворогушин, В.П.Ветчинкин, Б.С.Стечкин, С.П.Королев, Ф.А.Цандер, М.К.Тихонравов, Ю.А.Победоносцев и др. Неоднократно Лабораторию посещал Тухачевский. Один раз он приехал во время испытания, а после его окончания попросил Глушко дать пояснения. В результате он остался очень доволен и установил Глушко персональный месячный оклад в 1000 рублей, весьма высокий по тем временам...

Спустя много лет Королев вспоминает: «...Мы стали свидетелями большого размаха работ, огромного энтузиазма, с которым здесь велись эксперименты... в ГДЛ нас прежде всего привлекали моторы, конструктором которых был В.П.Глушко. Ю.А.Победоносцев присутствовал на стендовых испытаниях... и дал высокую оценку возможностям двигателя... Правда, РД того времени еще нельзя было поставить на ракету. Несколько позднее мы по-настоящему оценили перспективность экспериментальных работ Глушко... Вот так на первом ракетоплане РП-318 моей конструкции был установлен двигатель Глушко...» [1].

Профессор В.П.Ветчинкин из ЦАГИ побывал в Газодинамической лаборатории в декабре 1932 г.: «ГДЛ была проделана главная часть работы для осуществления ракеты — реактивный мотор на жидком топливе. С этой стороны достижения ГДЛ (главным образом инженера Глушко) следует признать блестящими» [3]. А вот мнение М.Н.Тухачевского: «...Особо важные перспективы связываются с опытами ГДЛ над жидкостным

реактивным мотором, который в последнее время удалось сконструировать в Лаборатории. Применение этого мотора... открывает неограниченные возможности стрельбы снарядами любых мощностей и на любые расстояния. Использование реактивного мотора в авиации приведет... к разрешению задачи полета в стратосфере с огромными скоростями...» [3].

В 1933 г. отработаны двигатели ОРМ-50 с тягой 150 кгс и ОРМ-52 с тягой 300 кгс. В это время они были самыми мощными и надежными в мире (наработка более 500 с). Глушко разрабатывал и вертикально стартующие ракеты. Однако из-за его переезда в Москву запуск такой ракеты, прошедшей полный цикл стендовых проверок, не состоялся [3]. Подобная ракета была запущена Вернером фон Брауном в Германии только год спустя с двигателем также 300 кгс.

21 сентября 1933 г. приказом Тухачевского на базе Газодинамической лаборатории был создан первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ). При переходе в новый институт Глушко оказался перед выбором: либо специализироваться по разработке ракет, либо двигателей к ним. Валентин Петрович пишет: «...и я выбрал то, с чего начинается ракетная техника, то, что лежит в ее основе, определяет ее возможности и лицо — ракетное двигателестроение».

За время работы в РНИИ (1934—1938) из серии разрабатывавшихся двигателей наибольший интерес представлял опытный ракетный мотор ОРМ-65, созданный Глушко для крылатой ракеты 212 и использованный Королевым для установки на ракетоплан РП-318 (топливо — азотная кислота с керосином, тяга — регулируемая: 50—175 кг, удельный импульс — до 215 с, наработка — десятки пусков с суммарным временем более 30 мин). Создан также газогенератор ГГ-1, часа-



Из следственного дела. 1938 г.

ми работавший на азотнокислотно-керосиновом топливе с балластировкой водой; с 1937 г. разрабатывался и более мощный газогенератор.

За успехи в отработке двигателей и газогенераторов Глушко премировался как по линии РНИИ, так и по линии НАРКОМАТа (22 марта 1937 г.). С января 1937 г. РНИИ переименован в НИИ-3.

Настал 1937 год, были репрессированы руководители НИИ-3, а затем пришла очередь и Глушко, работы которого они активно поддерживали. Его арестовали 23 марта 1938 г., а 28 июня арестовали и Королева.

После полуторагодичного следствия Глушко осудили на восемь лет лагерей, но в его деле появляется спасительная, неизвестно кем сделанная, карандашная надпись: «Ост. для раб. в тех. бюро», решившая его судьбу.

С осени 1939 г. Глушко, оставаясь заключенным, работает над проектом газогенератора ГГ-3 и реактивного ускорителя для самолета С-100 на авиазаводе №82 в Тушине, а с 1940 г. — в Казани на авиазаводе №27 — над созданием самолетных реактивных ускорителей.

## Главный и генеральный конструктор

В 1941 г. Глушко разработал для самолета проект реактивного ускорителя с жидкостным ракетным двигателем, и для его осуществления в начале 1942 г. в составе ОКБ-4 Спецотдела НКВД при казанском авиадвигательном заводе было организовано ОКБ по ЖРД под его техническим руководством. Менее чем за три года коллектив этого ОКБ, состоящий из заключенных и вольнонаемных инженеров и техников, создает реактивный ускоритель с двигателем РД-1 тягой 300 кгс с насосной подачей компонентов топлива — азотная кислота и керосин. Разрабатывались и двигатели с тягами 600 и 900 кг. Вслед за двигателем РД-1 в 1945 г. был разработан его модифицированный вариант РД-1ХЗ (с химическим зажиганием топлива). Эти двигатели успешно прошли летные испытания на самолетах Пе-2, Ла-7, Як-3, Су-6 и Су-7. Отчеты о государственных испытаниях двигателей РД-2 и РД-1ХЗ были утверждены Сталиным. С 1944 г. РД-1, а с 1945 г. РД-1ХЗ находились в серийном





Слева от В.П.Глушко его сотрудник Е.Н.Кузьмин, справа — жена Магда Максевна. Ленинград. Конец 40-х годов.

производстве. Их было изготовлено свыше 200 [3].

По просьбе Глушко в ноябре 1942 г. к нему для совместных работ привезли заключенного Королева, который вначале был ведущим инженером, а затем стал заместителем Глушко по летной отработке двигателей... «и проявил в этой работе блеск своего таланта».

Технические достижения в создании авиационных реактивных ускорителей были оценены: по Указу Президиума Верховного Совета от 27 июля 1944 г. 35 заключенных, отбывавших наказание на казанском авиадвигательном заводе, в том числе Глушко, Королев и др., были освобождены со снятием судимости. В начале августа 1944 г. Глушко был привезен в Москву к Сталину и освобожден первым из своего коллектива [4]. Реабилитирован — в середине 50-х годов. За вклад в создание военной техники в годы Великой Отечественной войны В.П.Глушко и его заместитель Д.Д.Севрук в сентябре 1945 г. получили ордена Трудового Красного Знамени, а С.П.Королев, Г.С.Жирицкий и др. — ордена «Знак Почета»; многих сотрудников ОКБ наградили медалями.

На авиационном параде в Москве в Тушино 18 августа 1946 г. был продемонстрирован эффектный полет самолета-истребителя Ла-120Р конструкции С.А.Лавочкина с ускорителем Глушко РД-1ХЗ.

В 1945 г. Глушко становится заведующим вновь организованной кафедры ракетных двигателей Казанского авиационного института. В ее состав вошли С.П.Королев, Г.С.Жирицкий, Д.Д.Севрук, Г.Н. Лист и некоторые другие сотрудники Опытного конструкторского бюро.

В этом же году Глушко в звании инженер-полковника и небольшая группа других сотрудников ОКБ (в том числе и Королев) были командированы в Германию для попытки воссоздания двигателя немецкой ракеты Фау-2 по ряду его оставшихся фрагментов. Богатый опыт работ с ЖРД позволил Валентину Петровичу быстро воспроизвести весь двигатель и испытать его тут же в Германии, а затем в своем ОКБ составить на него всю техническую документацию. После этого были созданы две форсированные модификации двигателя. Эти работы начали проводиться с 1946 г. в подмосковном ОКБ-456, находя-

щемся в г.Химки, — на базе авиационного завода №456, куда в конце 1946 г. было переведено казанское ОКБ Глушко.

Уже осенью 1948 г. начались летные испытания советского варианта ракеты Фау-2 — Р-1 на созданном для этой цели полигоне Капустин Яр. За Р-1 последовали ракеты со значительно форсированным двигателем — с повышением тяги с 26 до 42 тс. Такой двигатель позволял доставлять атомное оружие на многие сотни километров.

Двигатель РД-1 ракеты Р-1 и его модификации использовали малоэффективное горючее — этиловый спирт (с высокой температурой сгорания). Для улучшения характеристик ЖРД необходимо было увеличить давление и температуру в камере сгорания, т.е. перейти на более эффективное горючее — керосин; и здесь было найдено принципиально новое решение: вместо тяжелой и толстой была создана тонкая и легкая оребренная огневая стенка (в наиболее теплонапряженных местах — из бронзы или меди), охлаждаемая горючим, протекающим по межреберным каналам. Холодная наружная стенка воспринимала высокое давление в камере сгорания. Такая камера была легкой и работоспособной при высоких температуре и давлении. Это позволило создать новое поколение отечественных камер ЖРД с высоким удельным импульсом [3]. Первым двигателем с такой камерой был РД-107.

15 мая 1957 г. прошло первое летное испытание новой мощной межконтинентальной ракеты Р-7 Королева с двигателями Глушко, работавшими на кислороде с керосином. На этих двигателях осуществлялись не только запуски искусственных спутников Земли, но и Луны, Солнца, автоматических станций для полетов на Луну, Венеру, Марс и пилотируемых кораблей «Восток», «Восход» и «Союз». Сохранилось множество восторженных отзывов об этих двига-

телях. В том числе и от Ю.А.Гагарина — 12 апреля 1961г.

Запуски Советским Союзом первых искусственных спутников Земли и первых космонавтов на ее орбиту имели громадный резонанс во всем мире. СССР стал первой космической державой, открывшей дорогу в Космос! Вот в это время и появилось Послание Президента США Конгрессу, приведенное на первой странице...

С 1969 по 1972 г. американцами была оперативно реализована программа посадки человека на Луну. На орбите Луны побывал 21 астронавт, а 12 из них высаживались на Луну. Создававшаяся в СССР с начала 60-х годов С.П.Королевым и В.П.Мишиным, к сожалению, без участия Глушко, ракетную систему Н-1 для посещения человеком Луны по ряду причин отработать не удалось. Решением Академии наук и Правительства страны в 1974 г. работы по ней были прекращены [5]. Для восстановления престижа великой космической державы было решено создать тяжелую ракету, способную выводить на орбиту Земли груз более 100 тс и решать многие задачи освоения Космоса, в том числе и создания обитаемой базы на Луне. Эта задача была поручена Глушко, и для ее решения в мае 1974 г. было образовано Научно-производственное объединение (НПО) «Энергия» на базе КБ, основанного Королевым. Туда же вошли КБ Глушко с филиалами и часть КБ Челомея. Директором и генеральным конструктором стал Глушко. Здесь начинаются работы по созданию уникальной многоразовой космической системы «Энергия—Буран». Для первой ступени ракеты-носителя на нашем предприятии создается невиданный ранее по мощности кислородно-керосиновый двигатель РД-170 с тягой в пустоте 800 тс. Этот двигатель предназначается и для вновь разрабатываемой ракетной системы «Зенит». В этот период в НПО «Энергия», кроме создания новой ракеты «Энергия», под руко-



*Фвг лателъную уелатовку прилато  
на урватъ сержуем машини.  
Очень сложное и интересное серже,  
созданное коллективом ОКБ, работало  
отлично и вышло „Восток“ 12 апреля  
1961 года в космическое пространство.  
Как команди „Войтока“ сержею  
благодарю вас, доране товарищи, за  
создание совершенные двигатели и обору-  
дование к ним.  
Желаю новых больших творческих  
успехов.  
Гагарин*

С Ю.А.Гагариным. Запись Гагарина в книге гостей НПО Энергомаш. 1961 г.

водством Глушко успешно «совершенствуются пилотируемые космические корабли «Союз», разрабатываются их модификации «Союз Т», «Союз ТМ», создаются новые корабли, в том числе грузовые «Прогресс», совершенствуются орбитальные станции «Салют», создается модульная многоблочная станция «Мир», систематически увеличивается длительность космических поле-

тов космонавтов, осуществляются международные космические полеты, выполняется обширная программа научных и народнохозяйственных космических исследований» (из материалов, подготовленных Глушко к планировавшемуся четвертому изданию книги [3]).

15 мая 1987 г. состоялся первый и успешный полет ракеты-носителя «Энергия», а 15 ноября



Поздравление с 60-летием. В кабинет В.П.Глушко пришли его сотрудники В.А.Брылина, Л.Е.Стернин, М.И.Яремич. Химки. 2 сентября 1968 г. Публикуется впервые.



Встреча давних коллег: В.П.Глушко, Е.Н.Кузьмин, И.И.Кулагин, А.Г.Прокудин. 1969 г.

1988 г. была осуществлена задуманная Глушко программа и совершен успешный полет много-разовой космической системы «Энергия—Буран» на орбиту Земли с автоматическим возвратом крылатого орбитального корабля «Буран» на центральную линию посадочной полосы.

Валентин Петрович пережил рождение своего детища менее чем на два месяца... Он скончался 10 января 1989 г. на 81-м году жизни и похоронен на Но-

водевичьем кладбище. Перед своей кончиной он просил развеять свой прах на Луне или Марсе. Сейчас, к сожалению, такие полеты не производятся, но пройдут годы... и его желание сможет быть исполнено...

Двигатель РД-170 и сейчас самый мощный в мире. Созданный на его базе в научно-производственном объединении Энергомаш проект двухкамерного двигателя РД-180 в 1996 г. стал победителем международного кон-

курса по разработке двигателя для модернизируемой американской космической ракеты «Атлас». С января 1999 г. ведутся товарные поставки двигателей РД-180 для эксплуатации в составе ракет-носителей «Атлас-3» и «Атлас-5». На 1 февраля 2008 г. осуществлено шесть пусков ракет «Атлас-3» и 12 пусков — «Атлас-5». Двигатели РД-180 во всех этих полетах работали без замечаний. Ракета «Зенит», созданная благодаря идеям Глушко, сейчас успешно используется в международной программе «Морской старт».

Трудно переоценить роль Глушко в становлении и успехах отечественного ракетостроения и космонавтики. С 1947 по 1988 г. на основании его идей и под непосредственным руководством было создано более 50 надежнейших и самых совершенных жидкостных ракетных двигателей и их модификаций, использующихся на 35 ракетах.

### Жизненная доминанта

Основное в научной деятельности Глушко — исследование характеристик ракетных топлив, а также изыскание новых эффективных окислителей и горючих. Эта тема проходит красной нитью через всю его жизнь, с юношеского возраста и до последних его дней. Он несколько десятилетий возглавлял Научный совет при Президиуме АН СССР по проблеме «Жидкое ракетное топливо» и привлекал к его работе многочисленные научные и учебные организации страны.

Был многолетний период, когда ежедневно до 12 часов дня Глушко «на свежую голову» занимался только научными проблемами термо- и газодинамики жидкостных ракетных двигателей, в том числе и созданием фундаментальных справочных изданий по термическим константам, термодинамическим и теплофизическим свойствам веществ и продуктов сгорания ЖРД (40 книг), за что был удос-



тоен Государственной премии СССР. Ныне они переведены, изданы за рубежом и широко используются во всем мире для определения характеристик ракетных топлив и решения других термодинамических задач.

Глушко постоянно инициировал работы по исследованию новых ракетных топлив. Эти работы проводились под его руководством с 1949 г. у нас и в различных академических институтах. В 1984 г. для дальнейшего развития этих направлений в Институте высоких температур был создан Термоцентр, которому впоследствии присвоили имя Глушко.

В результате всесторонних исследований Валентина Петровича было использовано высококипящее топливо — азотный тетроксид с несимметричным диметилгидразином — как штатное топливо для боевых и космических ракет М.К.Янгеля и В.Н.Челомея. Многие исследования Глушко по очень эффективным фтор-, бериллий- и борсодержащим ракетным топливам обогнали эпоху на многие десятилетия. И хотя они весьма токсичны, Глушко всегда считал, что при строгом соблюдении техники безопасности они откроют нам новые огромные перспективы для дальних космических полетов к другим планетам, где необходимы высочайшие удельные импульсы тяги. Однако недоброжелатели Глушко выступали против использования токсичных топлив, даже хорошо освоенных...

Какие же планы вынашивал Глушко, надеясь после выздоровления представить их на рассмотрение Правительства? Обратимся к воспоминаниям В.В.Шевченко (Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга): «На моей памяти — около 20 последних лет жизни академика Глушко. В эти годы им владела мечта о создании постоянно действующей научной обитаемой базы на Луне... Королев рассматривал первые этапы изучения Луны как



В.П.Глушко и генерал-лейтенант авиации В.А.Шаталов приветствуют основной и дублирующий экипажи космического корабля «Союз-22». Космодром Байконур. 1976 г.



Генеральный конструктор НПО «Энергия» В.П.Глушко принимает членов советско-чехословацких экипажей, космонавтов Н.Н.Рукавишникова, О.Пелчака, В.Ремека, А.А.Губарева. Калининград. 1978 г.

Фото из архива РГАНТД



Визит В.П.Глушко в Казань по случаю вручения грамоты и знаков Почетного гражданина города. Первый слева — академик В.Е.Алемасов, крайний справа — летчик-космонавт СССР В.И.Севастьянов. Декабрь 1987 г.

важный шаг к организации на ней научно-исследовательской базы... С 1976 г. Астрономический институт взялся за разработку темы: «Комплексное описание избранных районов базирования»... Валентин Петрович попросил обратить особое внимание на район Моря Восточного... — на границе видимого и обратного полушарий Луны...

Валентин Петрович постоянно возвращался к Моря Восточному... Чрезвычайно важно соседство видимой и обратной сторон Луны, поскольку возникает возможность астрономических и радиоастрономических наблюдений в наиболее благоприятных условиях...».

Американские коллеги, работавшая государственную программу, также выбрали для будущего поселения на Луне место у Моря Восточного [4].

Глушко значительное внимание уделял созданию научно-популярных книг и брошюр, был прекрасным лектором. Еще в 1933—1934 гг. он был приглашен в Военно-воздушную академию им.Н.Е.Жуковского для чтения двух курсов лекций — по ра-

кетным топливам и реактивным двигателям. Его лекции имели большой успех. Первая часть опубликована в 1936 г. Вторая не увидела света и затерялась. В 1935 г. Глушко заведовал Реактивными курсами при Центральном совете Осоавиахима. Тогда же вышла книга Г.Э.Лангемака и В.П.Глушко «Ракеты, их устройство и применение», писавшаяся с большим подъемом и энтузиазмом. Увы, она использовалась против Лангемака и Глушко в период репрессий — в 1937 и 1938 гг. Десятилетия спустя он читал лекции в МВТУ им.Н.Э.Баумана, на высших инженерных курсах.

Природа одарила Валентина Петровича приятной, интеллигентной внешностью. Он всегда казался значительно моложе своих лет, выглядел элегантно и был предельно аккуратен во всем.

Несколько слов о буднях КБ. При обсуждении технических вопросов Валентин Петрович внимательно выслушивал мнения и в нужных случаях резюмировал их, разъясняя непонятным. Прежде чем принять решение, спрашивал, все ли со-

гласны. Если возникали возражения, то он, не жалея времени, вступал в диалог. Дискуссии проходили спокойно и благожелательно. В некоторых случаях, если он убеждался в правоте оппонентов, это заметно повышало его настроение, так как показывало компетентность сотрудников, а это он очень ценил. В дальнейшем отклонений от принятых решений не допускалось. Глушко всегда жестко проводил линию, в правильности которой он был уверен, даже если ему приходилось вступать в конфликт с высоким начальством. Достаточно вспомнить твердость позиции Глушко в процессе очень трудной доводки РД-170, который сейчас может быть использован для решения многих актуальных задач...

...Например, как остановить летящие на нас астероиды, способные погубить нашу цивилизацию? Ракетный космический флот может изменить траекторию крупного астероида или кометы и спасти нашу планету [6]. После соударения в 1996 г. осколка кометы Шумейко—Леви с поверхностью Юпитера и последующего появления вызванного этим огненного пятна размером с диаметр Земли, становится ясной необходимость скорейшего создания ракетного флота для обеспечения безопасности Земли и наших потомков. И здесь ракеты типа «Энергия» способны сыграть основную роль. Встреча Земли с опасным астероидом (Апофисом) может произойти в 2029 г., в 30-е годы XXI в., и до этого остается совсем немного времени...

Дальнейшее развитие космической науки и практики, бесспорно, откроет перед нами новые горизонты и сторицей возместит все наши затраты... Нет смысла здесь повторять, как много было сделано для различных областей промышленности и народного хозяйства благодаря существованию космической техники. МКС «Энергия-Буран» с успехом может решать обширный круг задач, необходимость

которых очевидна. Сюда относятся и работы по восстановлению озонного слоя Земли, удалению радиоактивных отходов за пределы Солнечной системы, освещению приполярных городов, использованию ресурсов Луны [7] и многие другие.

4 октября 2001 г., через 40 лет после запуска первого искусственного спутника Земли, на Аллее Героев Космоса, рядом с памятниками С.П.Королеву, М.В.Келдышу и Ю.А.Гагарину, был открыт гранитный памятник В.П.Глушко. Много тогда прозвучало замечательных слов в адрес создателя двигателей ракет и космических систем. Но особенно врезалось в память высказывание академика В.Е.Фортова: **«Все, что создал Валентин Петрович, он создавал впервые»** [8].

С 1953 г. Глушко — член-корреспондент АН СССР, а с 1958 г. — действительный ее член. В 1958 г. ему вручена Золотая медаль им.К.Э.Циолковского №2 АН СССР. С 1976 г. — действительный член Международной академии космонавтики, с 1969 г. — председатель Научно-методического совета по астрономии и космонавтике Всесоюзного общества «Знание». Он — автор более 250 научных трудов и научно-популярных книг, главный редактор трех изданий энциклопедии «Космонавтика»...

Заслуги Глушко в деле создания оборонного щита Родины и освоения Космоса высоко оценены государством и учеными. У него было много орденов и медалей, в том числе 5 орденов Ленина. Он стал почетным гражданином городов Одесса,



Выступление на встрече коллектива НПО «Энергия» с космонавтами. Королев. 1987 г.

Фото из архива РГАНТД

Калуга, Ленинск, Казань, Элиста, Химки. На его родине, в Одессе, установлены бронзовый бюст (на Приморском бульваре) и мемориальная доска на доме, где он жил. Всех знаков его признания не перечесть.

Но один из них — особого свойства. Решением 22-й Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза в августе 1994 г. имя Валентина Петровича Глушко присвоено кратеру на заповедной (для мемориальных имен) видимой стороне Луны. Теперь оно стоит на одном уровне с именами Нильса Бора, Альберта Эйнштейна, Галилео Галилея, Джона Дальтона... Строгие международные правила предусматривают весьма сложную, тщательную, исключаящую ошибки, многоступенчатую и многолетнюю процедуру присвоения мемориальных

имен деталям поверхностей Луны и других небесных тел. Согласно установившейся традиции, за последнюю половину века имена выдающихся ученых присваивались только образованиям на обратной стороне Луны.

Именем В.П.Глушко назван на видимой стороне Луны большой кратер — диаметром 43 км с координатами 8.4°с.ш., 77.6°з.д., доминирующий в полнолуние в пределах западного полушария Луны. Это — не простой кратер. Идущие от него светлые лучи распространяются примерно на 1000 км в разные стороны по поверхности лунного Океана Бурь. С помощью сильного бинокля кратер Глушко, как центр лучевой системы, можно наблюдать с Земли.

Это говорит о признании Глушко как исследователя мирового масштаба. ■

## Литература

1. Романов А.П. Ракетам покоряется пространство. Герои советской родины. М., 1976.
2. Глушко В.П. Путь в ракетной технике. М., 1977.
3. Глушко В.П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР. М., 1987.
4. Скопина К.П. Однажды и навсегда. Человек среди людей. М., 1998.
5. Филлин В.М. Путь к Энергии. Пушкино, 1996.
6. Башилов А.С., Зайцев А.В., Конюхов С.Н., Пичхадзе К.М., Победоносцев К.А. Космическая катастрофа на Юпитере — сигнал землянам? // Российский Космос. М., 2004. №6.
7. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П.Королева / Ред. Ю.П.Семенов. М., 1996.
8. Открытие памятника Валентину Петровичу Глушко. М., 2001.



# С.П.Королев и В.П.Глушко: сотрудничество и амбиции

В.Ф.Рахманин,  
кандидат технических наук  
НПО Энергомаш им. академика В.П.Глушко  
Химки

Из истории развития отечественной ракетно-космической техники следует, что начальный вклад в ее становление внесли пионеры-теоретики К.Э.Циолковский, Ю.В.Кондратюк, Ф.А.Цандер. К их идеям в середине 40-х годов присоединились пионеры-практики В.П.Глушко, С.П.Королев, Н.А.Пилюгин, В.П.Бармин, В.И.Кузнецов, М.С.Рязанский и многие другие. Разными путями они пришли в ракетно-космическую технику, различными были и их судьбы, и их достижения.

Жизненные пути и творческая деятельность Валентина Петровича Глушко и Сергея Павловича Королева на протяжении многих лет то тесно переплетались, то шли параллельно, а то и претерпевали разрывы. Биография Глушко довольно подробно прослежена в предыдущей статье, и нет необходимости в повторении. Известна и биография Королева. Однако основные факты его жизни до начала его совместной работы с Глушко все-таки следует напомнить.

Сергей Павлович Королев родился 12 января 1907 г. в Житомире. Как и у Валентина Петровича Глушко, его школьные годы прошли в Одессе, куда в 1917 г. переехала на жительство его семья. Их дом располагался неподалеку от базы гидросамолетов, и любознательный подросток вскоре вошел в кон-

такт со служащими базы, оказывал им посильную помощь, а они «катали» его на гидросамолетах. Так Королев заболел авиацией. Его увлечение подкреплялось общегосударственными призывами строить и укреплять воздушный флот страны. Королев не мог остаться в стороне, он записался в Общество авиации и воздухоплавания Украины и Крыма. В одном из кружков этого общества он со своими сверстниками построил по чертежам известного летчика и планериста К.К.Арцулова планер А-5, а затем приступил к разработке чертежей собственного планера К-5, которые были направлены в Харьков на утверждение, да там и затерялись.

В 1924 г. Королев окончил одесскую стройпрофтехшколу и по путевке Губернского совета профсоюзов был зачислен на авиационное отделение механического факультета Киевского политехнического института. В этом институте он обучался два курса, затем перевелся в Москву, на третий курс аэромеханического отделения механического факультета МВТУ им.Баумана. И в Киеве, и в Москве Королев активно занимался планеризмом и авиационным спортом, получил свидетельство пилота-планериста, а затем и свидетельство пилота спортивной авиации. Как пилот-планерист он участвует во Всесоюзных планерных состязаниях в Коктебеле в 1927 и 1928 гг.

Не удовлетворившись полетами на планерах чужой конструкции, Королев вместе с С.Н.Люшиным в 1928—1929 гг. строит свой первый планер «Коктебель», который получил хорошие оценки на соревнованиях в 1929 г. В этом же году он защитил дипломный проект на тему «Легкомоторный двухместный самолет СК-4». Руководил дипломной работой А.Н.Туполев. Самолет по проекту Королева был изготовлен на средства Осоавиахима, но при одном из пробных полетов потерпел аварию.

После окончания МВТУ Сергей Павлович приступил к работе на одном из московских авиационных заводов. Свою производственную деятельность он сочетал с разработкой и изготовлением новых планеров. Так, в 1930 г. был изготовлен планер «Красная Звезда», на котором известный летчик и планерист В.А.Степанченко совершил ряд фигур высшего пилотажа, в том числе каскад «мертвых петель».

Как видим, Королев работал много и быстро, но все его достижения были доступны и другим энтузиастам авиации, а его кипучая натура требовала свершения неординарных дел. И он обращает внимание на реактивные двигатели, набирающие популярность в Германии. Работы Глушко были засекречены, и публикаций не было, а вот Ф.А.Цандер, организовав в сентябре 1931 г. Группу по изучению реактивного движения

(ГИРД), всемерно призывал включиться в ее работу новых членов. На этот призыв откликнулся Королев и в октябре 1931 г. предложил Цандеру разработать жидкостный ракетный двигатель (ЖРД) для установки его на планер-крыло Б.И.Черановского. Пилотом, разумеется, будет сам Королев. Так впервые Сергей Павлович соприкоснулся с ракетной техникой, вначале в роли заказчика. Стремясь ускорить процесс разработки ЖРД для установки на уже готовый новый планер БИЧ-11, Королев постепенно подменял Цандера в руководстве делами ГИРД, освобождая ему время для проведения расчетов и выпуска ЖРД. Инициативность и деловая хватка Сергея Павловича были замечены руководством Осоавиахима и приказом по этому добровольному обществу в июле 1932 г. он был назначен начальником ГИРД, в то время еще на общественных началах. Этим же приказом была организована экспериментальная научно-исследовательская база для «проектирования, постройки и испытаний жидкостных двигателей и снарядов».

Одновременное существование двух организаций — Газодинамической лаборатории (ГДЛ) и Группы по изучению реактивного движения (ГИРД), занимающихся одинаковой тематикой, было неоправданным распылением творческих сил, которых не хватало и для одной организации. Вопрос об их объединении в Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ) поднимался уже не раз. 3 марта 1932 г. по этому поводу состоялось совещание у начальника вооружения РККА М.Н.Тухачевского, на котором впервые встретились Глушко и Королев. Эта встреча не имела последствий. Потом дважды, летом 1932 г. и в январе 1933 г., Королев вместе с другими членами ГИРД посетил ГДЛ и ознакомился с результатами работы Глушко. В процессе второго посещения Лаборатории была достиг-

нута договоренность о разработке в ГДЛ двигателя ОРМ-50 тягой 150 кгс для установки в ракету ГИРД-05. Так началось деловое сотрудничество Глушко и Королева. Двигатель ОРМ-50 прошел в ГДЛ доводочные испытания и ресурсное сдаточное, после чего был направлен в Москву, в ГИРД. Однако по причинам, не связанным с работой двигателя, запуск ракеты оказался неудачным.

После организации РНИИ Королев и Глушко работали в тесной связке: Королев разработал крылатую ракету «212» и ракетопланер РП-318, а Глушко создал для них жидкостный двигатель ОРМ-65, ставший по своим характеристикам в тот период времени лучшим в мире.

В 1938 г. их постигла одна и та же беда — аресты по ложному обвинению во вредительской деятельности и приговоры на длительные сроки. Оказавшись в спецтюрьме ОКБ-16 при казанском авиамоторном заводе, Глушко неоднократно обращался к руководству НКВД с предложением перевести заключенного Королева в спецтюрьму в Казани для совместной работы. В ноябре 1942 г. Королев был доставлен в ОКБ-16, где с 1940 г. Глушко разрабатывал ЖРД РД-1 для установки на боевые самолеты в качестве ускорителя полета. В начале 1942 г. в ОКБ-16 было организовано КБ-2, главным конструктором назначили Глушко, а Королеву поручили разработать конструкцию установки двигателя РД-1 на самолет Пе-2.

Работали дружно, в октябре 1943 г. начались сначала летные испытания, затем официальные заводские, и двигатель был принят к изготовлению малой серией для установки на истребители Ла-7, Як-3, Су-7. Результатом этого успеха стало досрочное, в июле 1944 г., освобождение со снятием судимости Глушко, Королева и еще семерых заключенных, работавших по созданию РД-1. Получив свободу, все они остались в Казани: Глушко был назначен главным конструктором



С.П.Королев на космодроме. 1950-е годы.

ром ОКБ реактивных двигателей (ОКБ-РД), а Королев — спустя некоторое время — его заместителем по реактивной установке. За успешную разработку двигателя РД-1 и конструкции его установки на самолеты в сентябре 1945 г. оба были награждены: Глушко — орденом Трудового Красного Знамени, Королев — орденом «Знак Почета».

С середины 1945 г. до конца 1946 г. оба находились в Германии, где в составе Особой правительственной комиссии изучали трофейную реактивную технику, в основном ракету дальнего действия А-4 (Фау-2). После возвращения Королев был направлен в НИИ-88, где возглавил конструкторский отдел и в должности главного конструктора ракеты дальнего действия занимался полным созданием немецкой ракеты А-4. Глушко был назначен главным конструктором ОКБ-456 в г. Химки, куда перевели коллектив ОКБ-РД из Казани. Перед этим коллективом была постав-



Рядом с В.П.Глушко в 1957 г.



С Ю.А.Гагариным. 1961 г.

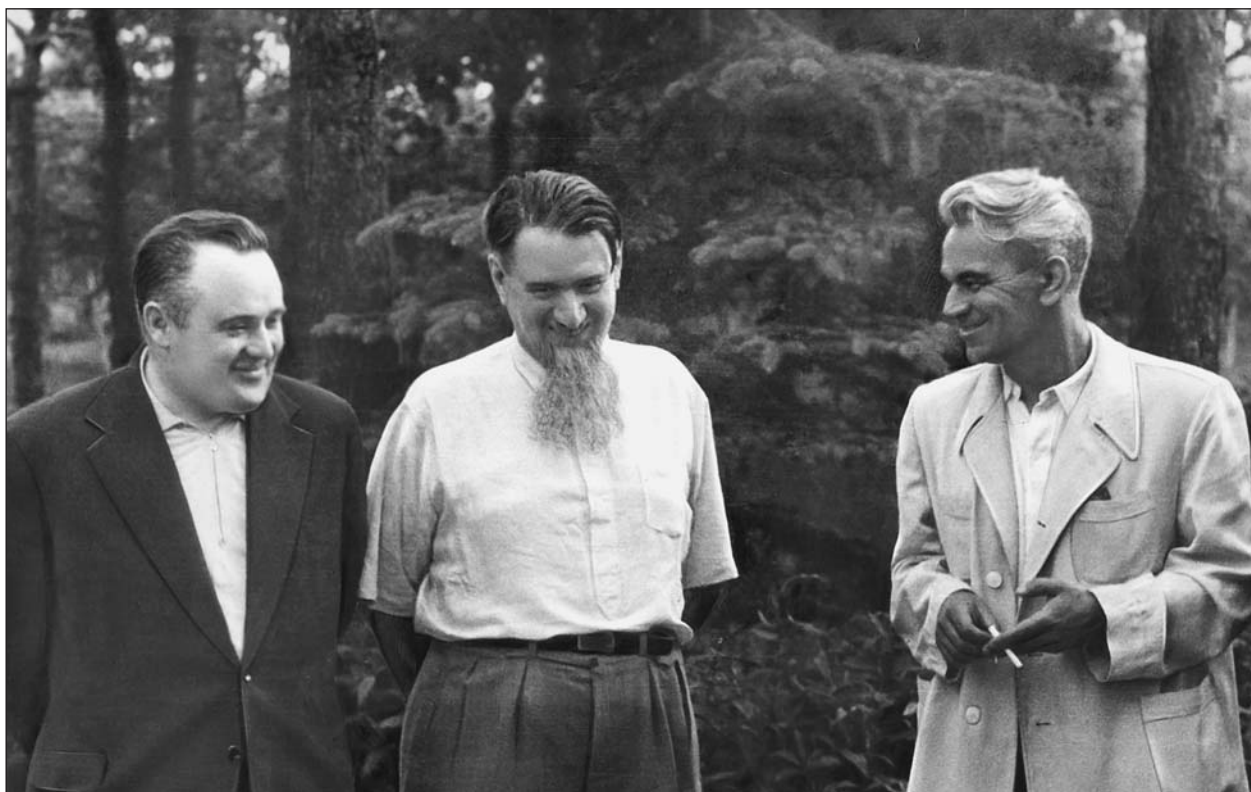
лена задача воспроизвести двигатель ракеты А-4 из отечественных материалов. Конструкторские и производственные коллективы успешно справились с задачей, и в октябре 1948 г. состоялся успешный первый пуск ракеты Р-1. Затем появились модернизированные варианты — ракеты Р-2 и Р-5М. Ракета Р-5М имела дальность действия 1200 км, что в четыре раза превышало дальность А-4, и несла ядерный боезаряд. За создание первой отечественной ракеты стратегического назначения с ядерным боезарядом Королев и Глушко в 1956 г. были удостоены звания Героя Социалистического труда.

Международная политическая обстановка тех лет требовала повышения обороноспособности страны, а это можно было обеспечить только созданием стратегического вооружения межконтинентальной дальности. Используя задел конструкторских наработок, созданных в ГДЛ, ГИРД и РНИИ, а также опыт модернизации немецкой ракеты А-4, Королев вместе с Глушко, Пилюгиным, Кузнецовым, Барминым, Рязанским и другими конструкторами ракетной техники создают двухступенчатую межконтинентальную ракету, получившую обозначение Р-7. Летные испытания начались в мае 1957 г., а 4 октября ракета Р-7, выполненная в космическом варианте, вынесла на околоземную орбиту первый рукотворный спутник Земли. За создание первой в мире космической ракеты Королеву и Глушко в 1957 г. присвоено звание лауреатов Ленинской премии.

В 1958 г. Королев и Глушко избираются действительными членами Академии наук СССР.

Созданная на базе Р-7 космическая ракета «Восток» в апреле 1961 г. доставила в космос первого космонавта Земли Ю.А. Гагарина. Это эпохальное событие в истории человечества было высоко оценено: Королев и Глушко в 1961 г. стали





С И. В. Курчатовым и М. В. Келдышем.

дважды Героями Социалистического труда.

Достигнутые успехи основывались на дружной и плодотворной работе коллективов, возглавляемых Королевым, Глушко и другими главными конструкторами. Сами руководители работали в едином ритме. Организованный и возглавляемый Королевым Совет главных конструкторов стал Главным штабом космической отрасли. Но не нужно думать, что в этом Совете царил идиллия: каждый из входящих в него был личностью, имел собственное мнение по всем обсуждаемым вопросам и не стеснялся его высказывать и отстаивать. На заседаниях Совета выдвигались новые идеи, возникали споры. Но все было подчинено интересам Дела, Дело было главным, а споры и встречные предложения только помогали найти правильное решение.

Создавалась не просто новая техника, а техника, ранее нико-

му не известная и не имевшая научного обоснования, а зачастую и входившая в противоречие со сложившимися научными представлениями. Работа была очень трудная, но и очень интересная, захватывающая, раздвигающая рамки науки и открывающая новые горизонты. И все же это создавали живые люди с обыкновенными человеческими чувствами и слабостями.

За многие годы достаточно тесного общения у Королева и Глушко бывали стычки как по производственным делам, так и в личных отношениях. Оба честолюбивые, лидеры, эгоцентричные по натуре, каждый внутренне требовал от других особого к себе отношения. Работники казанского КБ вспоминали, что Королев, хотя и скрывал это, но болезненно переносил свое подчинение Глушко. В теперешнем положении, когда Королев стал «головником», а Глушко поставлял двигатель, являющийся комплектующей

ракетной системы, положение изменилось. И хотя Королев не имел административной власти над членами Совета главных конструкторов, он вначале внутренне, а затем и в явной форме стал претендовать на единоличное руководство.

Фамилии главных конструкторов ракетной техники были засекречены, но в прессе появился анонимный «Главный конструктор». Осведомленный читатель понимал, что подразумевается Королев. Это разрушало первоначальный демократизм Совета, и Бармин как-то обронил: «Работали дружно, когда все были Главными, а теперь у нас появился один Главный конструктор». Притом все члены Совета, кроме Глушко, априори признавали лидерство Королева. Такая натянутость отношений между Королевым и Глушко не могла долго сохраняться, она подобно нарыву на здоровом теле должна была лопнуть. И это произошло в конце



Двигатель первой ступени ракеты Р-9, разработанный ОКБ Глушко в 1959—1962 гг.

1959 г., в период создания новой боевой ракеты Р-9.

В соответствии с правительственным постановлением разработка двигателя для первой ступени ракеты Р-9 велась в ОКБ Глушко, при этом специально оговаривалась высокая преемственность с конструкцией двигателя Р-7. В том же постановлении указывалось, что для расширения фронта работ по ракетной тематике к созданию ракетных двигателей привлекались ОКБ главных конструкторов авиационных двигателей Н.Д.Кузнецова и А.М.Люльки. (Напомним, что в конце 50-х — начале 60-х годов Н.С.Хрущев сделал ставку на развитие ракетного вооружения, разработка новых самолетов и, соответственно, двигателей к ним резко сократилась.)

На Совете главных конструкторов В.П.Мишин, первый заместитель Королева, предложил Глушко, вопреки требованиям правительственного постанов-

ления, делать двигатель по новой схеме, с дожиганием генераторного газа. Глушко отказался, ссылаясь на сжатые сроки. К тому же двигатель и по старой схеме обеспечивал все требования технического задания. Королев связался с Кузнецовым и получил у него согласие на создание двигателя по новой схеме. Этого следовало ожидать, так как ОКБ Кузнецова не имело новых заказов по авиационной тематике, и перспективы дальнейшего существования были туманны. Заручившись согласием Кузнецова, Королев в ноябре 1959 г. обратился с письмом к Л.И.Брежневу и предложил разработку двигателя в ОКБ Глушко прекратить, дальнейшие работы вести в ОКБ Кузнецова, хотя там не было ни огневого стенда, ни специального технологического оборудования, и, главное, отсутствовал опыт разработки ЖРД. Не получив ответа, Королев через две недели направил аналогичное письмо

в Отдел оборонной промышленности ЦК КПСС.

Принять решение по вопросу, поставленному Королевым, было поручено комиссии во главе с Председателем Комитета по оборонной технике К.Н.Рудневым. Комиссия заслушала доклад Глушко, выступление Королева и приняла решение продолжить разработку двигателя в ОКБ Глушко. Такой же вывод сделало Главное управление ракетного вооружения в своем техническом заключении.

Далее случилось так, что Глушко, выиграв в затеянном Королевым споре, попал в технически сложную ситуацию. Создать надежно работающий двигатель по открытой схеме с высокими энергетическими характеристиками на кислородно-керосиновом топливе оказалось весьма трудно.

Проверялись один за другим различные варианты смесеобразования в камере, в том числе и рекомендованные сотрудниками научных институтов, но все они не обеспечивали устойчивого горения и требуемой величины удельного импульса тяги. В то же время проходившие на соседнем стенде испытания двигателей на азотной кислоте и несимметричном диметилгидролизине (НДМГ) для ракет Р-14 и Р-16 конструкции ОКБ Янгеля показывали результаты, превосходящие требования технического задания. Сама разработка двигателей для Янгеля, бывшего конкурентом Королева, вызывала у него ревностное чувство, а негативные результаты огневых испытаний двигателей для Р-9 на фоне успешной работы азотнокислотных двигателей — подозрения в халатном отношении к работам для Р-9. Об этом прямо говорили сотрудники Королева, приезжающие контролировать ход огневых испытаний. О таком отношении Королева к Глушко и его работам было известно во всей отрасли, и это вызывало у него раздражение.

После двух лет напряженной работы характеристики двигателя были доведены до требований технического задания, включая «пушечный» запуск на переохлажденном кислороде в условиях шахтного сооружения. Двигатель успешно прошел все стадии наземной отработки и летные испытания в составе ракеты Р-9.

История Р-9 как началась с конфликта, таковым и закончилась. Головного заказчика — Министерство обороны — не устраивало использование в ракете жидкого кислорода, который, хотя и находился в переохлажденном состоянии, но все равно заправлялся в бак ракеты непосредственно перед пуском. По боеготовности ракета Р-9 уступала азотнокислотным ракетам, разработанным в ОКБ Янгеля и Челомея. Королеву пришлось затратить много труда, чтобы после длительных споров ракетный комплекс был принят в эксплуатацию, однако, учитывая возражения военных, ракеты Р-9 изготавливались в ограниченном количестве. Характерно, что традиционного награждения участников разработки не последовало.

Принято считать, что разработкой ракет на промышленном уровне в нашей стране занимались только руководители ракетных ОКБ — С.П.Королев (после его смерти в январе 1966 г. — В.П.Мишин), М.К.Янгель (после его смерти в октябре 1971 г. — В.Ф.Уткин), а также В.Н.Челомей и с середины 70-х годов В.П.Глушко. Это не совсем так. Глушко, возглавляя двигательное ОКБ, неоднократно предлагал ракетным ОКБ свои структурно проработанные проекты космических носителей, не получившие широкой известности по причине секретности.

В августе 1956 г., еще до начала летных испытаний Р-7, он направил Королеву и руководителям ракетостроительной отрасли предложение приступить к началу работ по модерниза-



Старт космической ракеты семейства Р-7.

ции проекта Р-7 для увеличения дальности ее полета с 7 — 8 тыс. км до 10—12 тыс. км. Для ракеты Р-8 он предлагал разработать новые двигатели с тягой до 200 тс. Однако и это предложение не получило поддержки: Королев считал более целесообразным вначале завершить отработку Р-7, а к вопросу ее модернизации вернуться после сдачи в эксплуатацию.

Действительно, после принятия Р-7 в эксплуатацию, ОКБ Королева приступило к ее модернизации, выбрав путь последовательного наращивания количества ступеней. Глушко же считал, что для сохранения приоритета СССР в космических исследованиях необходимо создавать новые мощные ракеты с качественно новыми ЖРД. Свои взгляды на перспективу разви-





Совет главных конструкторов: М.С.Рязанский, Н.А.Пилюгин, С.П.Королев, В.П.Глушко, В.П.Бармин, В.И.Кузнецов.

тия космической техники он реализовал в предложениях разработать две космические ракеты Р-10 и Р-20.

Четырехступенчатый носитель Р-10 имеет взлетную массу около 1500 т, тяга первой ступени составляет 1975 тс, на первых трех ступенях используются двигатели первой ступени Р-9.

Стартовая масса четырехступенчатого носителя Р-20 составляет более 2000 т, тяга первой ступени — 2800 тс. На ступени устанавливаются связки однокамерных двигателей тягой 100 тс каждый, работающие на кислороде и несимметричном диметилгидрозине с дожиганием генераторного газа.

Оба предложения в феврале 1960 г. были направлены в ОКБ Королева, в заключительной части сопроводительной записки Глушко указал: «Представляется крайне своевременным безотлагательно начать разработку но-

сителей... Иное решение ставит под удар престиж Советского Союза в деле освоения космоса. Однако эти предложения не получили поддержки. В ОКБ Королева уже велись проектные проработки тяжелого космического носителя Н1, и предложения Глушко вызвали раздражение за «неуместное вмешательство в дела, являющиеся прерогативой ракетного КБ» (из ответного письма Королева).

Не удовлетворившись ответом Королева и опасаясь, что США в ближайшие годы создадут ракету «Сатурн», имеющую грузоподъемность существенно большую, чем у Р-7, Глушко в апреле 1960 г. вновь обращается к Королеву с предложением модернизировать Р-7 путем замены ее двигателей на более мощные двигатели Р-9 и увеличить их количество на первой ступени с четырех до шести, что дает повышение тяги с 406 тс до 846 тс.

Ответ на эти предложения был дан через неделю, 7 мая 1960 г. Королев лично составил ответное письмо, в котором указал, что «...по мнению ОКБ-1 делать какой-либо промежуточный вариант тяжелого носителя вместо Н1 нецелесообразно, т.к. это отвлечет силы от основной задачи — создания Н1. Поэтому это предложение мы считаем неприемлемым». (Опережая хронологическую последовательность развития событий, нужно отметить, что «промежуточный вариант тяжелого носителя» с тягой первой ступени 900 тс был создан в ОКБ Челомея с участием ОКБ Глушко — ракета УР-500, или «Протон». Не будь ее, наша космонавтика лишилась бы многих выдающихся достижений).

Дальнейшие поиски вариантов тяжелого космического носителя закончились с выходом правительственного постановления от 23 июня 1960 г. «О со-

здании мощных ракет-носителей, спутников, космических кораблей и освоении космического пространства в 1960 — 67 годах». Этим постановлением ОКБ Королева в кооперации с другими ОКБ и НИИ ракетно-космической отрасли поручалось приступить к разработке тяжелого космического носителя. Разработка двигателей для первой и второй ступени поручалась ОКБ Глушко.

На первом же заседании в сентябре 1960 г. Совета главных конструкторов по разработке ракеты Н1 обсуждались предложения Глушко и было принято общее решение разрабатывать однокамерные двигатели на топливе азотная кислота и НДМГ тягой 150 тс по схеме с дожиганием генераторного газа. Королев согласился с таким решением, однако основным вариантом в выданном техническом задании предлагалось топливо, состоящее из жидкого кислорода и НДМГ, а азотной кислоте и НДМГ (вариант Глушко) отводилась дублирующая роль. Одновременно ОКБ Королева направило в ОКБ Кузнецова техническое задание по разработке двигателей первой и второй ступеней на топливе кислород и керосин. Обратим внимание — одновременно, а не после якобы отказа Глушко в 1962 г. разрабатывать двигатели для Н1, как это утверждается в многочисленных публикациях.

В конце января 1961 г. состоялся очередной расширенный Совет главных конструкторов, на котором Глушко доложил результаты расчетного исследования эффективности использования в ракете Н1 трех вариантов топлива: азотная кислота и НДМГ, кислород и НДМГ и азотный тетроксид и НДМГ. Из этих вариантов предпочтение отдавалось азотному тетраксиду (АТ) и НДМГ. Мнения членов Совета главных конструкторов разделились. В итоге было принято решение, предложенное Королевым: выполнить

эскизные проекты двигателей с использованием всех трех вариантов топлива, предложенных Глушко, а также проект кислородно-керосинового двигателя, порученный ОКБ Кузнецова.

Одновременно с выбором топлива на Советах главных конструкторов решались и другие вопросы, связанные с конструкцией двигателей и ракеты в целом. Разногласия вызвало предложение ОКБ-1 о включении в конструкцию двигателя агрегатов горячего наддува баков, установка преднасосов, проведение отработки системы аварийного отключения в процессе стендовой доводки двигателей. Обе стороны — специалисты ОКБ Королева и ОКБ Глушко — доказывали нецелесообразность решения этих вопросов в своем ОКБ. При сегодняшнем анализе доводов сторон невольно возникает подозрение, что основным движущим мотивом была не техническая сторона, а желание доказать, кто главнее в этом споре. Идеологами спора были не Глушко и не Королев, они стали заложниками обычной для специалистов смежных КБ технической тяжбы. Но в то же время спорящие специалисты отражали позиции своих шефов.

Наконец, все споры-обсуждения закончились, и в апреле 1961 г. в ОКБ Королева были представлены эскизные проекты — 8 томов, включающих 3 варианта двигателей, работающих на различных окислителях — азотная кислота, кислород и АТ при одном и том же горючем — НДМГ, тяга однокамерного двигателя составляла 150 тс, давление в камере — 150 атм, схема — с дожиганием генераторного газа. ОКБ Кузнецова представило эскизный проект кислородно-керосинового двигателя с аналогичными параметрами. В июне 1961 г. заказывающее Управление Минобороны выпустило заключение по эскизным проектам ОКБ Глушко и указало на реальную возможность создания любого из предложенных двига-

телей. Выбор топлива оставался за ОКБ Королева. Мнения членов расширенного Совета главных конструкторов по этому вопросу разделились.

В ОКБ Королева в то же время разрабатывался эскизный проект ракеты Н1. В нем с самого начала рассматривался только один вариант топлива — кислород с керосином. Получив такую информацию, Глушко 10 ноября 1961 г. направил письмо Королеву, в котором подробно изложил достоинства и недостатки всех четырех вариантов топлив и в итоге указал на целесообразность использования топлива АТ и НДМГ с учетом выполнения правительственных сроков начала летных испытаний ракеты Н1 в 1965 г.

Вслед за письмом Глушко выехал в ОКБ-1, где состоялся длительный разговор с Королевым. Как шел этот разговор, остается только догадываться, хотя позиция Глушко предельно ясна — она изложена в письме от 10 ноября 1961 г., и с ней можно ознакомиться в архивах. После разговора с Королевым это письмо было разослано руководителям партии, государства, министерств и т.д. — всего восемь адресов. О технических доводах Королева ничего не известно, но можно уверенно полагать: Королев как главный конструктор всей разработки был вправе выбирать топливо для ракеты, и у него есть исполнитель, готовый реализовать этот выбор, — ОКБ Кузнецова. А что у этого исполнителя нет необходимого опыта для создания требуемого ЖРД, то он приобретет его в ходе разработки. Главное — новый партнер не будет спорить, поучать, отстаивать свои позиции. Более того, при личном знакомстве выявилось родство душ, взаимное уважение...

Спор двух наиболее авторитетных конструкторов в отечественном ракетостроении не мог быть оставлен без внимания. Для принятия независимого решения в начале декабря

1961 г. была создана межведомственная экспертная комиссия под председательством президента АН М.В.Келдыша. Эта комиссия в период 2—16 июля 1962 г. заслушала защиту эскизного проекта Н1, выполненного в ОКБ-1 (29 основных томов и 8 томов приложений). В проекте были представлены два варианта ЖРД на топливах АТ + НДМГ и кислород + керосин, приоритет отдан кислородному топливу. Доклад по эскизному проекту делал Королев. Основное внимание он уделил выбору топлива. Одним из главных доводов в пользу кислородно-керосинового топлива стала токсичность АТ и НДМГ. Этот аргумент оказал большое эмоциональное воздействие на многих членов комиссии, так как они были свидетелями катастрофы ракеты Р-16 на стартовой позиции 24 сентября 1960 г., в результате которой погибли на месте и умерли в больницах около 100 человек. Хотя причина катастрофы не была связана с родом топлива, при кислородно-керосиновом топливе взрыв был бы даже более катастрофичным, но это из области предположений, а факт — море огня и облака токсичных паров, приведшие к гибели людей.

Кроме этого, перед членами комиссии стояла дилемма: согласиться с исполнителем работ, в данном случае Королевым, или навязать ему работу, против которой он возражает.

В результате авторитет ракетчика Королева взял верх над техническими доводами двигателя Глушко. Но, как мы теперь знаем, это была пиррова победа. Четыре попытки запустить ракету Н1 в трехступенчатом исполнении окончились авариями в период работы двигателей еще первой ступени. И не только низкая надежность двигателей ОКБ Кузнецова была причиной аварий, порочной оказалась схема ракеты с 30 автономными двигателями на первой ступени. За всю историю мирового ракетостроения ис-

пользовалось следующее наибольшее количество двигателей: на ракетах «Энергия» — восемь, «Протон» — шесть, «Сатурн» — пять. А 30 ЖРД на первой ступени Н1 Глушко иронически назвал «складом двигателей».

В июле 1962 г., вернувшись с заседания комиссии, одобдившей эскизный проект Н1, Глушко собрал в своем кабинете конструкторско-производственный актив и с горечью сообщил о принятых решениях. Далее он изложил программу работ ОКБ на ближайшие годы: разработка двигателей на высококипящем долгохранимом топливе АТ + НДМГ для ОКБ Янгеля и ОКБ Челомея. Почти все выступившие на этом совещании поддержали планы Глушко, хотя были и выступления за сохранение в тематике ОКБ кислородно-керосиновых ЖРД.

Первым заказ на разработку двигателя последовал в 1962 г. из ОКБ Челомея. Речь шла об отклоненном Королевым двигателе на топливе АТ + НДМГ, предназначенном для ракеты УР-500 (в космическом варианте ракета «Протон»). Интересно отметить, что летные испытания «Протона» начались в июле 1965 г., а именно в этом году по правительственному постановлению 1960 г. должны были начаться летные испытания Н1. (Фактически первое испытание Н1 было проведено 21 февраля 1969 г.) Затем последовали заказы от ОКБ Янгеля. ОКБ Глушко без работы не оставалось. ОКБ-1 вело разработку Н1 под руководством Королева до его неожиданной смерти на хирургическом столе в январе 1966 г.

Подведем итог. Сотрудничество Глушко и Королева успешно продолжалось более 30 лет, с поставки в 1933 г. ОРМ-50 для ракеты ГИРД-05 и до сдачи в эксплуатацию в марте 1965 г. ракеты Р-9 с двигателем разработки ОКБ Глушко. Но на последней разработке Королева — ракете Н1 — их пути разошлись. Не получив своего, казалось бы, «законного» места в престиж-

ном проекте Н1, Глушко пытался все-таки принять участие в разработке Лунной ракеты УР-700, создание которой было инициировано в 1963 г. рядом главных конструкторов ракетной отрасли. Разработку ракеты поручили ОКБ Челомея, двигателя тягой 640 тс — ОКБ Глушко. Приказом министра С.А.Афанасьева работы по созданию двигателя начались с опережением разработки всех других систем ракеты. Однако эти работы были прекращены в 1969 г. после высадки американских астронавтов на Луне. Так Глушко не удалось создать двигатели для лунной ракеты. Работы по Н1 также были прекращены в 1974 г. в связи с их бесперспективностью.

Получилось так, что в осуществлении советской Лунной программы неудача постигла и Королева, и Глушко. История не прощает искусственного разрыва успешно ведущихся дел из-за вмешательства человеческих взаимоотношений. И как мне представляется, не о топливе спорили Королев и Глушко. Каждый настаивал на своем предложении, у каждого были свои технические доводы, но глубинной причиной разногласий были претензии на роль лидера. Складывается такое впечатление: оба на какое-то время за чередой выдающихся достижений забыли, что все их успехи — это результат слаженной совместной работы всей ракетно-космической команды, и неравноценная замена любого участника команды недопустима.

И все-таки Глушко принял участие в создании тяжелой космической ракеты. Под его техническим руководством была разработана ракета-носитель «Энергия», ставшая энергетической основой многоразовой космической системы «Энергия-Буран». Эта ракета дважды — в мае 1987 г. и в ноябре 1988 г. — успешно прошла летные испытания. К сожалению, на этом жизнь «Энергии», а с нею и космического «Бурана» прекратились. ■



# Новости науки

## Астрофизика

### Последняя сверхновая в Млечном Пути

Модели галактической и звездной эволюции предсказывают, что вспышки сверхновых в нашей Галактике должны происходить примерно раз в 50 лет. Поскольку эти модели хорошо зарекомендовали себя в других галактиках, странным казалось, что в Млечном Пути последняя из замеченных вспышек произошла целых четыреста лет назад. Конечно, это можно объяснить тем, что некоторые вспышки происходят далеко от нас и потому остаются незамеченными. Но и статистика по остаткам сверхновых тоже не особенно-то оптимистическая. Сброшенные сверхновыми оболочки являются сильными радиоисточниками. На их излучении межзвездное поглощение света не сказывается, и потому они должны быть видны по всей Галактике. Всего остатков, имеющих возраст менее 2 тыс. лет, в Млечном Пути должно быть более 40, известно же их менее 10.

Естественно, каждый из остатков привлекает к себе особое внимание наблюдателей. В 2007 г. группа астрономов из США и Великобритании провела на космической рентгеновской обсерватории «Chandra» наблюдения одного из таких остатков — G1.9+0.3. Сравнив полученное изображение с радиокартой, построенной в 1985 г. по наблюдениям на радиointерферометре VLA (Very Large Array), расположенном на высокогорном плато в штате Нью-Мексико, Д.Грин (D.Green; Лаборатория Кавендиша, Великобритания) и его коллеги обнаружили, что за прошедшие 22 года

остаток существенно увеличился в размерах<sup>1</sup>.

Разумеется, возникло предположение, что разница в изображениях отчасти имеет физическую природу — просто из-за того, что область, излучающая в рентгеновском диапазоне, отличается по размерам от области, излучающей в радиодиапазоне. Чтобы проверить это предположение, в марте 2008 г. ученые повторили наблюдения остатка G1.9+0.3 на VLA. Их можно было уже непосредственно сравнивать с наблюдениями 1985 года. И это сравнение подтвердило: остаток за два десятилетия действительно вырос в диаметре на 16%. Экстраполируя столь стремительный темп расширения остатка назад по времени, авторы работы определили, что с момента вспышки сверхновой прошло не более 150 лет. Расстояние до остатка определить сложно, но оно, вероятно, составляет несколько килопарсеков. Поскольку в проекции G1.9+0.3 находится вблизи центра Галактики, на пути между ним и Землей располагается непроницаемая толща пылевых облаков, которые в любом случае не позволили бы заметить саму вспышку в середине XIX в.

В настоящее время в Млечном Пути известно около 250 остатков сверхновых, и до сих пор самым молодым из них считался остаток с возрастом порядка 340 лет — знаменитый радиоисточник Кассиопея А. Теперь рекорд молодости будет принадлежать остатку G1.9+0.3, а породившая его сверхновая вполне может оказаться последней по времени сверхновой в Млечном Пути. Правда, остаток G1.9+0.3 может быть не вполне типичным: в отличие от большинст-

ва других подобных объектов, его яркость в радиодиапазоне со временем не убывает, а увеличивается.

Изучение остатка, естественно, продолжится — астрономам редко выпадает возможность наблюдать, как эволюция космического объекта происходит буквально у них на глазах. В частности, молодость остатка означает, что в нем все еще может происходить радиоактивный распад продуктов вспышки, сопровождаемый гамма-излучением. Наблюдения G1.9+0.3 в жестком диапазоне могут пролить свет как на массу звезды-предшественника, так и на природу взрыва.

© Вибе Д.З.,  
доктор физико-математических наук  
Москва

## Астрономия

### Астрономическая обсерватория в Антарктиде

В конце января 2008 г. в Антарктиде начала работать автономная астрономическая обсерватория PLATO (Plateau Observatory), построенная совместными усилиями австралийского Университета Нового Южного Уэльса и Китайского института полярных исследований. Обсерватория расположена на высочайшей точке антарктического ледового покрова, на высоте 4100 м над ур.м. Уникальные климатические условия — чрезвычайно сухой воздух и практически полное отсутствие ветра — делают эту местность идеальной астрономической площадкой, позволяющей проводить на поверхности Земли наблюдения, которые иначе были бы возможны только с помощью дорогостоящих телескопов

<sup>1</sup> <http://arxiv.org/abs/0804.2317>

авиационного и даже космического базирования.

Обсерватория состоит из двух теплоизолированных корпусов на базе обычных контейнеров. В одном из них находятся шесть небольших дизельных двигателей, которые питают обсерваторию электроэнергией на протяжении полярной ночи. Когда светит солнце, необходимое питание обеспечивают солнечные батареи. Благодаря этому оборудованию научные инструменты обсерватории способны работать без вмешательства человека на протяжении года. Поблизости расположен инструментальный модуль, в котором размещены управляющие компьютеры, аккумуляторы и некоторые приборы. Телескопы, как и солнечные батареи, смонтированы снаружи. Передача данных осуществляется с использованием спутников «Iridium».

Пока основу астрономического арсенала обсерватории PLATO составляют четверенные телескопы CSTAR (Chinese Small Telescope Array — Китайская система малых телескопов) с диаметром объективов 15 см. На каждом телескопе установлен определенный фильтр, и главная цель всей системы состоит в одновременных многоцветных наблюдениях переменных источников — переменных и вспыхивающих звезд, а также транзитных планет.

Аризонским (США) и Эксетерским (Великобритания) университетами в обсерватории установлен радиотелескоп субмиллиметрового диапазона Pre-HEAT. Его название говорит о том, что этот инструмент используется в качестве прототипа будущего телескопа HEAT (High Elevation Antarctic Terahertz — высотный антарктический телескоп терагерцевого диапазона). Предполагается, что в будущем обсерватория PLATO станет единственным местом на Земле, где можно будет проводить наблюдения на длинах волн порядка 150—400 мкм. В обычных условиях этот диапазон полностью блокирован поглощающим действием земной атмосферы, в первую очередь водяного пара. Телескоп Pre-

HEAT работает на длине волн около 450 мкм. Его главная задача — изучение антарктического астроклимата и определение прозрачности атмосферы над обсерваторией. Кроме того, на инструменте будет проведено картирование Млечного Пути в линии излучения молекулы  $^{13}\text{CO}$ .

Еще один «подготовительный» инструмент — это две камеры «Gattini», разработанные учеными из США, Австралии, Китая и Великобритании, также предназначенные для изучения астроклимата. Они будут измерять яркость ночного неба и полярные сияния. Кроме того, на площадке установлен ряд инструментов для изучения свойств земной атмосферы.

Наблюдения 2008 г. входят составной частью в научную программу Международного полярного года. Однако более грандиозные планы для PLATO строят китайские астрономы. В ближайшие несколько лет они собираются потратить более 25 млн долл. на строительство рядом с обсерваторией постоянной станции.

<http://mcba11.phys.unsw.edu.au/~mcba/plato/>

## Физика

### Черенковское излучение льда

В эксперименте ANITA (Antarctic Impulsive Transient Antenna) ведется регистрация ливней электромагнитных импульсов, инициированных космическими лучами в толще антарктического льда. В дальнейшем с этой целью планируется использовать датчики, установленные на шарах-зондах.

Основная идея этого эксперимента ныне проверена в лаборатории. Группа исследователей из Гавайского университета в Маноа направила пучок электронов с энергией 28.5 ГэВ, полученный с помощью линейного ускорителя SLAC (Stanford Linear Accelerator Center), на глыбу льда массой 7.5 т. Обнаружены импульсы электромагнитного излучения, соответствующие «эффекту Аскарьяна», названному в честь советского фи-

зика-теоретика Гургена Аскарьяна, который в 1962 г. предсказал черенковское излучение в радиодиапазоне.

Эти эксперименты — важная часть проверки работоспособности концепции ANITA.

CERN Courier. 2008. V.48. №1. P.10 (Международный журнал).

## Физика. Электроника

### Наномагнетизм

За последние десятилетия плотность элементов в системах магнитной памяти росла гораздо быстрее, чем в полупроводниковых устройствах. Сейчас уже ясно, что нет принципиальных запретов на создание «одноатомной магнитной памяти», в которой носителями информации служат магнитные моменты (спины) отдельных атомов. Поэтому огромное значение придется разработать методов определения магнитных характеристик вещества с атомным разрешением.

Специалисты фирмы «IBM» использовали для этой цели сканирующий туннельный микроскоп<sup>1</sup>. Они измерили спектры электронных возбуждений отдельных атомов железа и марганца, адсорбированных на поверхности нитрида меди, и, проанализировав зависимость этих спектров от величины и направления внешнего магнитного поля, определили величины эффективных атомных магнитных моментов и энергий магнитной анизотропии  $E_A$ . Для атома Fe величина  $E_A$  составила 1.55 мэВ вдоль оси легкого намагничивания и 0.31 мэВ в плоскости, перпендикулярной этой оси.

Сотрудники Гамбургского университета (Германия)<sup>2</sup> использовали спин-поляризованный сканирующий туннельный микроскоп для регистрации поворота («переключения») магнитных моментов наночастиц, состоящих примерно из 100 атомов Fe, и показали, что временем жизни раз-

<sup>1</sup> Hirjibebedin C.F. et al. // Science. 2007. V.317. P.1199.

<sup>2</sup> Krause S. et al. // Science. 2007. V.317. P.1537.

ных состояний (отличающихся направлением магнитного момента) можно управлять, инжектируя спин-поляризованный электрический ток  $\sim 1$  нА. Так, его увеличение приводит к сокращению времени жизни из-за локального джоулева нагрева приблизительно на 1 К (эксперимент проводили при  $T \approx 50$  К). Этот эффект можно использовать для записи информации в магнитную память.

<http://perst.issp.ras.ru>  
(2007. Т.14. Вып.22/23).

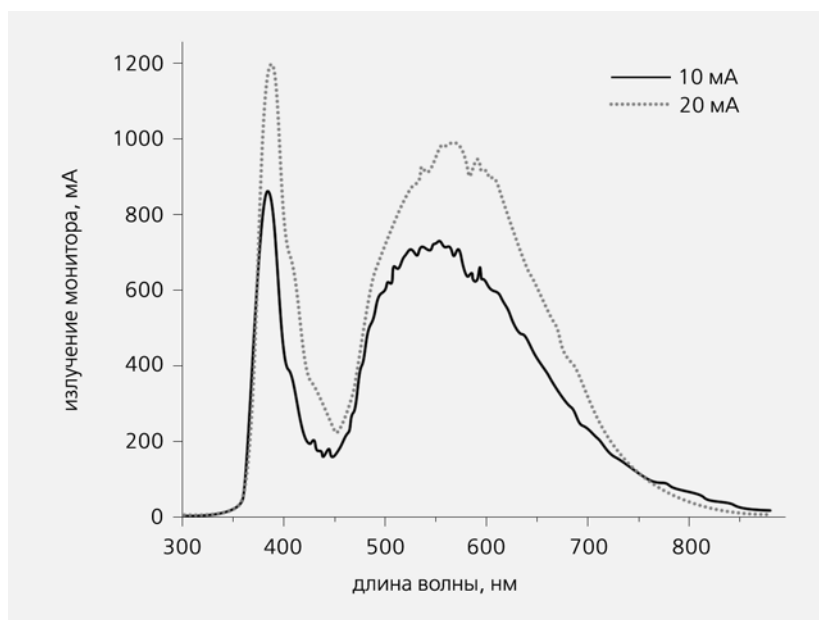
### Физика

#### Монитор с катодом на основе углеродных нанотрубок

Известно, что эффективный источник холодной полевой эмиссии электронов — углеродные нанотрубки. Катоды на их основе используют во многих лабораториях мира при разработке мониторов, отличающихся относительно низким напряжением питания ( $\sim 1$  кВ) при довольно высокой плотности тока эмиссии. Такие устройства способны составить конкуренцию традиционным кинескопам с термоэмиссионными катодами, а также жидкокристаллическим дисплеям. Однако поскольку качество получаемого изображения во многом определяется свойствами люминесцентного экрана, возникает проблема сопряжения катода с экраном: необходимо выбрать материал люминофора и оптимизировать режим эмиссии в соответствии со свойствами этого материала. Последовательный подход к решению этой проблемы продемонстрировали недавно исследователи из Университета штата Айдахо (США)<sup>1</sup>, которые разработали монитор с катодом на основе углеродных нанотрубок и люминесцентным экраном на основе ZnO.

Частицы ZnO размером до 10 нм наносили на прозрачную проводящую пленку оксида индия—олова толщиной 4 мкм, покрывающую стеклянную подложку

<sup>1</sup> Antony J., Qiang Y. // Nanotechnology. 2007. V.18. P.295703.



Спектр катодолюминесценции люминофора, измеренный при двух величинах тока электронной эмиссии.

площадью 1 см<sup>2</sup>. Межэлектродное расстояние зависело от величины прикладываемого напряжения и обычно составляло 0.6 мм. При напряжении на аноде 1.7 кВ ток эмиссии составлял 10 мА, что соответствует мощности электронного пучка 17 Вт; при напряжении 1.8 кВ ток составлял 20 мА при мощности 36 Вт. Оказалось, что спектр катодолюминесценции люминофора содержит пики излучения, находящиеся в видимой и ближней УФ-области, причем второй пик значительно уже, т.е. основная мощность излучается в видимой области.

<http://perst.issp.ras.ru>  
(2007. Т.14. Вып.19).

### Физика

#### Квантовый компьютер решает классические задачи

Первоначально квантовый компьютер предназначался для моделирования квантовых систем. Однако значительные средства на его создание стали выделяться лишь после того как выяснилось, что он способен эффективно решать некоторые класси-

ческие задачи, неразрешимые с помощью обычных компьютеров. Прежде всего это алгоритм Шора, способный разрушить всю современную систему секретной коммуникации. Поиск других важных практических задач продолжается.

Канадский физик Р.Д.Сомма с коллегами предложили с помощью квантового компьютера решать широкий класс классических задач, связанных с релаксацией системы к минимуму энергии, — таких, как поведение физической системы при постепенном понижении температуры, а также задачи оптимизации, т.е. поиска минимума какой-то меры (например, денежных затрат)<sup>2</sup>. Исследователи считают, что в этих случаях особенно хорошо подходит адиабатический квантовый компьютер. В нем квантовая система в процессе эволюции с достаточно медленным изменением параметров все время находится очень близко к основному состоянию, которое и соответствует минимуму энергии системы.

<http://perst.issp.ras.ru>  
(2007. Т.14. Вып.19).

<sup>2</sup> Somma R.D. et al // Phys. Rev. Lett. 2007. V.99. P.30603—31300.



**Биология**

**Температурная реверсия пола у пресмыкающихся**

Как теперь известно, детерминация пола у пресмыкающихся — сложная система, сформировавшаяся в результате различных независимых эволюционных процессов. Среди современных рептилий есть виды, у которых соотношение полов в потомстве зависит от температуры инкубации яиц, и виды, у которых, как и у млекопитающих, пол определяется половыми хромосомами, причем у одних пресмыкающихся гетерогаметными могут быть самцы, а у других — самки. Сейчас продолжаются исследования по детерминации пола у рептилий и обнаруживаются новые варианты.

Коллектив австралийских ученых из Университета Канберры<sup>1</sup> изучал воздействие температуры инкубации на пол потомства австралийской агамовой ящерицы *Pogona vitticeps* — вида с генотипической детерминацией пола при женской гетерогаметности. Оказалось, что и у вида с этим типом детерминации пола температура влияет на долю самцов и самок в потомстве. В лабораторных экспериментах яйца погонны разделили на группы и инкубировали при разных температурах в диапазоне 20—37°C. При 20°C эмбрионы просто погибают. При 22—32°C в потомстве все, как и должно быть в природе: самцов и самок поровну. Но при более высоких температурах среди появившихся на свет детенышей преобладали самки.

Чтобы прояснить механизм отклонения, авторы использовали генетический маркер женских хромосом и с его помощью определили генотипический пол потомства. Оказалось, что при температуре инкубации 28°C фенотипический пол детенышей определяется генотипом, а вот при 34 и 36°C 49% вылупившихся детенышей генетически были самцами, но в ходе эмбрионального развития «превратились» в самок. Ученые предполо-

жили, что более высокая температура подавляет активность генов, отвечающих за формирование «самцовых» качеств потомства.

Обнаруженное явление позволяет полнее представить разнообразие и эволюцию форм детерминации пола у рептилий. Возможно, это один из механизмов эволюционного перехода от генетической к температурной детерминации пола.

© Семенов Д.В.,  
кандидат биологических наук  
Москва

**Зоология. Этология**

**Как муравьеподобные пауки контактируют с муравьями**

Сходство с муравьями присуще многим паукам. Принято считать, что пауки мимикрируют под муравьев. Описанию морфологии таких пауков посвящены многие работы, начиная с конца XIX в. Выяснено, однако, что сходство с муравьями не помогает паукам при взаимодействии с хищником, например с нападающей на них птицей<sup>2</sup>. Собственно взаимоотношения между пауками и муравьями стали изучать сравнительно недавно.

Пауки-скакунчики рода *Murtarachne* распространены очень широко, почти всецело, и давно известны арахнологам. Описано свыше 200 видов мирмарахн. У самцов этих пауков очень длинные хелицеры, которые полезны при ухаживании за самками, но мешают скакунчикам нормально питаться<sup>3</sup>.

Мирмарахны стараются избегать контактов с проживающими по соседству муравьями и, как правило, их добычей не становятся. Более детальные исследования проведены недавно Ф.С.Цеккарелли из Университета Джеймса Кука в Таунсвилле (Австралия). Она изучила взаимодействие четырех видов мирмарахн с четырьмя ви-

дами муравьев<sup>4</sup>. Видовую принадлежность муравьев удалось точно выявить, пауки же просто обозначены как виды А, В, С и D.

Пауков размещали вместе с муравьями в замкнутом пространстве (чашки Петри) и наблюдали, как они взаимодействуют. Все виды мирмарахн при вынужденных контактах с муравьями касались их усиков либо лапками первой пары ног, либо хелицерами. В первом случае убегали пауки, а во втором — муравьи. Муравей при касании ног паука ведет себя достаточно агрессивно, принуждая паука спастись бегством. Хотя паук при этом никогда не становится жертвой муравья! В случае прикосновения хелицерами паук как бы отталкивает муравья, проявляя свою агрессивность. И муравью ничего не остается, кроме отступления.

К сожалению, опыты в чашках Петри, где муравьи отделены от следовых запахов своей колонии, явно занижают их реальную агрессивность. Необходимо поставить опыты в полевых условиях, хотя это и очень трудно.

В целом же причины мимикрии пауков под муравьев остаются неясными. Ибо муравьями в основном питаются пауки, как раз на них совершенно не похожие!

© Михайлов К.Г.,  
кандидат биологических наук  
Москва

**Вирусология**

**Открыт переносчик вируса Марбурга**

Наконец обнаружен природный резервуар вируса Марбурга, вызывающего наравне с вирусом Эбола смертельно опасную для людей геморрагическую лихорадку, эпидемии которой регулярно вспыхивают в африканских странах. В последние годы наиболее жестокие эпидемии лихорадки Марбурга охватывали Демократическую Республику Конго (2000) и Анголу (2005), во время которых погибло до 90% заболевших. Изве-

<sup>4</sup> Ceccarelli F.S. // Bulletin of the British Arachnological Society. 2007. V.14. Pt.2. P.54—58.

<sup>2</sup> Михайлов К.Г. Зачем паукам муравьевидный облик? // Природа. 1992. №7. С.109—110.

<sup>3</sup> См.: Михайлов К.Г. Зачем паукам длинные хелицеры? // Природа. 1995. №8. С.62.

стно было, что люди заражаются от обезьян, однако и для этих животных вирус Марбурга столь же смертельно опасен, поэтому они никак не могут быть его хранителями в течение долгого времени. О заражении других животных этим вирусом до недавнего времени известно не было.

Специалисты из различных научно-исследовательских учреждений США, Габона и Таиланда обследовали около тысячи особей 10 видов отряда рукокрылых (летучих мышей и крыланов), обитающих в пещерах Габона и Конго. Подозрение пало на этих животных в связи с тем, что во время вспышки в Конго пострадали в основном люди, работающие на золотых приисках, в которых поселились колонии крыланов, а в Анголе первыми жертвами стали дети, собирающие фрукты, которые входят в рацион летучих мышей.

Антитела к патогенному для человека вирусу Марбурга выявлены только в крови египетской летучей собаки, или нильского крылана (*Rousettus aegyptiacus*); кроме того, из селезенки и печени этих животных выделены фрагменты вирусной РНК. Эти широко распространенные в Африке рукокрылые оказались лишь носителями вируса Марбурга, симптомов заболевания у них не обнаружено.

Полученные результаты весьма полезны для более точного определения природных очагов заболевания и разработки профилактических мероприятий.

PLoS ONE. August 2007. Issue 8. e764.  
www.plosone.org

## Морская геология

### Глубинные газы Черного моря

В морских экспедициях научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий», организованных в 2004 и 2005 гг. Отделением морской геологии и осадочного рудообразования Национальной академии наук Украины, изучались подводные вулканы, газовые факелы, газогидраты в районе украинского сектора Черного

моря. В.И.Авилов, С.Д.Авилова (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН) и Е.Ф.Шнюков (Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины) определили комплекс газобиогеохимических показателей, а затем на основе анализа и обобщения полученного материала представили свои заключения о происхождении углеводородов, характере проявления флюидов и о формирующих их процессах. Для специфических условий Черного моря были определены фоновые содержания изучаемых компонентов, при этом на отдельных участках дна (в местах разгрузки флюидов в виде подводных грязевых вулканов, газовых факелов, струйных высачиваний) исследователями зафиксированы газобиогеохимические аномалии.

Было установлено, что разнообразные по проявлениям газовые аномалии в морской среде имеют сходные характеристики: так, основным газонасыщающим компонентом служит метан (80–90 об.% в газовой смеси); разные виды аномалий могут сочетаться друг с другом (например, в зоне подводных грязевых вулканов наблюдаются газовые факелы, а в осадках — газогидраты); выделения газов приурочены к периферийным участкам моря, материковому склону, его подножию и кромке шельфа. Вместе с тем наблюдается разнотипность аномальных придонных экосистем и их зависимость от природы потоковых явлений.

Авторы выделили два основных типа аномалий в осадках. Для первого типа характерно возрастание концентрации метана с глубиной и уменьшением содержания аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), что фиксируется в первых метрах донных отложений; для второго типа — одновременное увеличение вниз по грунтовой колонке концентраций и АТФ, и метана.

Отличительной чертой первого типа аномалий, который ярко выражен в осадках района подводных грязевых вулканов Двуреченского, Митина и Водяницкого, является понижение биологической актив-

ности экосистемы в глубь донных отложений. Здесь метан поступает снизу в верхние слои осадков. При большой скорости метанового потока происходит образование газогидратов, при невысокой — их разложение. Второй тип аномалий характерен для районов, где наблюдаются газовые факелы. Обнаруженная авторами общая для этих аномалий закономерность сохраняется в различных районах акватории. Прежде всего наблюдается повышение биологической активности экосистемы вниз по грунтовой колонке. По мере углубления в грунт наряду с типичными биохимическими преобразованиями начинает развиваться, а затем доминировать процесс хемолитоавтотрофии, который заключается в образовании метана микроорганизмами за счет восстановления водородом диоксида углерода. Насколько глубоко распространяется процесс хемолитоавтотрофии и каков масштаб этого явления?

Установлено, что ближе к центру газового факела грунтовая колонка загазована до верхних горизонтов, а на удалении от центра факела аномально высокие концентрации метана фиксируются на большей глубине — 1.5–2.5 м. Образно говоря, газонасыщенные осадки в донных отложениях имеют форму погребенных пирамид или конусов с вершиной в жерле газового факела. По результатам проведенных Шнюковым исследований, в осадках выделена газонасыщенная область в виде конуса, вершина которого совпадает с выходом газового факела в придонную воду. Основание конуса диаметром около 0.5 км погружено на глубину 110–120 м. С большой долей вероятности авторы предполагают, что в осадках внутри конуса процессы хемолитоавтотрофии протекают достаточно активно. По изотопным данным, явление хемолитоавтотрофии фиксируется еще глубже.

Газовых факелов зарегистрировано уже свыше нескольких тысяч. Авторы считают, что глубинная хемолитоавтотрофия распространена на 20–30% площади Черного моря, и при таких ее мас-

штабах это явление следует учитывать в процессах нефтегазообразования.

Материалы XVII Международной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 12–16 ноября 2007 г. С.84–86.

## Геология

### Карта геологических опасностей России

Изучение и прогнозирование опасных природных процессов приобрело в последние десятилетия первостепенное значение в связи с прогрессирующим ухудшением экологической обстановки на общем фоне деградации окружающей среды. Вызвано это все усиливающейся техногенной нагрузкой, а проявляется в заметном росте повторяемости и масштабов природных катастроф, в том числе и геологических. В общей стратегии предупреждения природных бедствий важная роль отводится составлению карт геологических опасностей. Они прежде всего предназначены для решения задач федерального уровня, связанных с планированием природоохранных мероприятий, рациональным размещением народнохозяйственных объектов и т.п., несомненный интерес они представляют и для специалистов, занимающихся вопросами природо- и недропользования.

Первая сводная карта геологических опасностей России была составлена во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им.А.П.Карпинского в 2005 г. Е.А.Мининой и О.Н.Круткиной. Карта основана на принципиально новой геодинамической легенде и носит аналитический характер. На ней отражены общие закономерности распространения по площади (на суше и шельфе) опасных геологических процессов и степень их опасности. Дополняет эту информацию серия схем и карт-врезок, показывающих геолого-ландшафтные обстановки, в которых проявляется опасность.

Огромная территория России (17.1 млн км<sup>2</sup>), располагающейся

в разных природных зонах, контрастность рельефа, сложность и неоднородность геологического строения, наличие многолетнемерзлых пород — все это обусловило многообразие опасных геологических процессов. На суше — это обвалы, подвижные осыпи, оползни, оседание склонов, сели, речная и овражная эрозии, карст, заболачивание, засоление, криогенные процессы — термокарст, пучение, наледи, морозобойное растрескивание, солифлюкция и т.д. и т.п.; в береговой зоне и на шельфе к опасным геологическим явлениям относятся абразия и термоабразия, оползни, мутьевые потоки, донный размыв, выпахивающее воздействие айсбергов, сероводородное заражение, техногенное загрязнение донных отложений и пр. Из эндогенных геологических процессов наиболее страшны землетрясения и извержения вулканов. Чрезвычайная опасность землетрясений заключается не только в их прямом воздействии на природную и техногенную среду, но и в косвенном, проявляющемся в сейсмогравитационном смещении грунтов. Землетрясения в акваториях нередко сопровождаются цунами, на суше инициируют сход снежных лавин, спуск подпрудных озер, обвалы ледников. К разрушительным факторам вулканических извержений относятся взрывная волна, лавовые и пирокластические потоки, пепловые тучи, вулканические аэрозоли... Все это многообразие опасных геологических процессов находит отражение на карте.

По степени потенциальной опасности наблюдаемые на территории России геологические процессы условно подразделены на малоопасные — 1 балл (заболачивание, засоление, суффозия, дефляция и др.), опасные — 2 балла (оползни, карст и др.) и высокоопасные — 3 балла (землетрясения, цунами, снежные лавины и т.п.). Только около 1.5% площади страны можно отнести к условно неопасным; более 50% территории находится в зоне развития многолетнемерзлых пород, в связи с чем наибольшее распространение сре-

ди опасных геологических процессов получили криогенные, с ними же связано заболачивание (на 13% площади страны); около 15% территории подвержено карсту; 7 млн га сельскохозяйственных земель поражены овражной эрозией; 35% площади занято горными сооружениями, имеющими потенциальную сейсмичность 7–10 баллов и выше, около 15–20% этой территории относится к высокоопасной. Преимущественно как малоопасные оценены платформенные регионы.

Составленная схема районирования территории России по степени геологической опасности (масштаб 1: 30 000 000) представляет собой результирующий информационный слой карты.

Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7–9 ноября 2007 г. С.268–270.

## Океанология

### «Электромагнитная птица» измеряет толщину льда

Если о площади льдов Северного Ледовитого океана постоянно поступает спутниковая информация, то сведения об их толщине довольно скудны из-за трудности измерения. На разрешение этой задачи нацелена экспедиция «Total Pole Airship», организованная французским полярным исследователем Ж.-Л.Этьенном<sup>1</sup>. В 2008 г. экспедиция, используя новую аппаратуру, проведет измерения толщины полярных льдов с очень высокой точностью.

Аппаратура представляет собой комплекс приборов, которые размещены в торпедообразной гондоле, названной конструкторами «электромагнитная птица». Транспортировку гондолы над льдами осуществляет дирижабль, под рубкой которого на специальных подвесках и монтируется гондола массой 120 кг и длиной 3.4 м. Рассчитаны оптимальные высота полета дирижабля (15–20 м) и скорость (30 узлов). В гондоле рас-

<sup>1</sup> Etienne J.-L. // Science et Vie. 2007. №1081. P.62–63.



положены лазерный альтиметр, измеряющий высоту над поверхностью льда, и электромагнитный прибор, фиксирующий границу раздела вода—лед; работают оба прибора синхронно. Поскольку электропроводность морской воды в 100 раз выше, чем у льда, разность между полученными значениями дает толщину льда.

В апреле 2007 г. была проведена калибровка аппаратуры «электромагнитной птицы» с участием аквалангистов и автономного подводного аппарата. Полученные данные являются опорными для производства измерений толщины льдов с высокой (до 10 см) точностью.

Эта информация представляет большую ценность для последующего функционирования спутника «Cryosat», запуск которого намечен на 2009 г. В апреле 2008 г. полеты «электромагнитной птицы» должны были проходить над центральными районами Северного Ледовитого океана. Сама экспедиция станет большим вкладом в программу Международного полярного года.

© **Виноградов В.Н.**  
Санкт-Петербург

## Сейсмология

### Цунами 2000-летней давности

В последние десятилетия активно изучаются геологические следы древних цунами. Естественно, в первую очередь внимание исследователей сосредоточивается на тихоокеанских берегах вдоль циркумтихоокеанского сейсмического пояса. Но вот недавно следы крупного цунами обнаружены и на Атлантическом побережье Северной Америки, где сильные землетрясения очень редки, а цунами в последние столетия неизвестны.

Группа исследователей из американских и европейского университетов проследила в разрезах на маршевом побережье штата Массачусетс необычный прослой песка толщиной от 1 до 10 см, переходящий в направлении к поверхности в супесь и суглинок и содержащий

неокатанные обломки каменного материала<sup>1</sup>. Размерность отложений уменьшается в глубь побережья и с высотой над морем. Слои местами прослежены за береговым песчаным барьером на 1,5–5 км внутрь берега.

Радиоуглеродные датировки органического вещества в прослоях оказались одинаковыми — 2 тыс. лет назад — в трех разных маршах на 35-километровом протяжении берега севернее мыса Анны. Привнос песчаных отложений морской волной подтверждается содержанием в них комплекса морских диатомовых. Обнаружение следов ликвефакции (разжижения грунтов) — одновременное в прибрежных отложениях и на северо-востоке штата Массачусетс, и на юго-востоке штата Нью-Гемпшир — позволяет высказать предположение о связи цунами с сильным землетрясением. По мнению исследователей, оно могло быть вызвано оживлением одного из двух известных в этом районе крупных разломов: вдоль одного из них группируются современные землетрясения небольшой силы.

Высота заплеска древнего цунами пока остается неизвестной, как и специфические характеристики породившего его землетрясения.

В связи с выявлением столь древних событий на Атлантическом побережье нельзя не напомнить и о возникшем в том же районе на заре освоения Атлантического побережья Америки землетрясении магнитудой  $M = 6.2$ , которое произошло 18 ноября 1755 г. (вскоре после знаменитой Лиссабонской катастрофы). Ныне этот район плотно заселен и активно развивается, так что новые данные представляют далеко не академический интерес, тем более в условиях обширного низменного побережья и полной неготовности к явлениям цунами.

© **Никонов А.А.**,

доктор геолого-минералогических наук  
Москва

<sup>1</sup> Tuttle M.P. et al. // Seismological Research Letters. 2006. V.77. №1. P.108.

## Гидрология

### Неоднородность вод Невской губы

Невская губа и восточная часть Финского залива — замыкающие звенья одной из наиболее значительных водных систем Европы, которая включает многоводную Неву, крупнейшие озера континента — Ладожское и Онежское — и ряд других водоемов. Особенности этой системы состоят в разнообразии факторов, формирующих ее режим. Здесь сочетаются естественные и антропогенные причины, определяющие качество воды: смешение речных и морских вод, влияние Ладоги, антропогенная нагрузка обширного водосбора, гидрологические и океанологические процессы, наконец, производимые с 1979 г. гидротехнические работы по возведению дамбы — комплекса защиты Петербурга от нагонных наводнений. Вследствие совместного действия этих причин Невской губе и восточной части Финского залива свойственна чрезвычайно высокая пространственная и временная неоднородность.

В работе Э.А.Румянцевой и Б.Г.Скакальского (Государственный гидрологический институт Росгидромета)<sup>2</sup> используются гидрохимические материалы режимных наблюдений, проводившихся Северо-Западным управлением Росгидромета в 1978—1996 гг. с использованием многомерного статистического метода главных компонент. В рассматриваемый период сказывалось не только совместное влияние причин, формирующих режим этой акватории, но изменялся также вклад отдельных факторов.

До 1980 г. практически не было биологической очистки сточных вод. В 1979—1983 гг. шла активная стадия строительства защитных сооружений, из-за этого в последующие четыре года перекрывалась проточность Невской губы, зато биологическая очистка вод была доведена до 65%. В 1988—

<sup>2</sup> Метеорология и гидрология. 2008. №1. С.98—106.

1996 г. проточность постепенно восстанавливалась, был запрещен сброс загрязненных донных отложений на акваторию губы, и объем сточных вод вследствие спада производства уменьшался.

Статистический метод главных компонентов позволил выделить относительно однородные зоны для трех пунктов Невской губы, расположенных в разных частях акватории. Предварительно рассчитывались средние концентрации взаимосвязанных между собой 17 гидрохимических показателей для отдельных периодов с учетом их внутригодовой изменчивости. Выделялись показатели, вносящие наиболее существенный вклад в отдельные факторы, например в сточные воды или в накопление тяжелых металлов — свинца, меди, кадмия и магния. Преимущество метода главных компонентов состоит в том, что районирование акватории осуществляется не только по значениям гидрохимических показателей, но и с учетом внутриводных процессов.

Для периода 1984—1987 гг. характерно синхронное снижение концентраций органических и минеральных соединений фосфора и азота. Обнаружено, что в зонах цветения фитопланктона накапливаются свинец и кадмий; биологическая очистка сточных вод способствует переводу фосфора из органических соединений в минеральные.

В 1988—1992 гг. в Невской губе и в восточной части Финского залива сформировались зоны с самыми низкими концентрациями органических и минеральных соединений азота и фосфора. На значительной части акватории минеральные соединения фосфора преобладали над органическими более чем в два раза. Отмечалась также высокая доля нитратного азота.

В 1993—1996 гг. проточность водоема стабилизировалась, и главным фактором гидрохимической неоднородности стал состав сточных вод города после их биологической очистки. На этом этапе в Невской губе сформировались зоны с низким содержанием

органических соединений фосфора, фенолов, свинца и кадмия, но с более высокими концентрациями азота. Для этого этапа характерно формирование пространственной неоднородности за счет разных факторов. Вследствие этого гидрохимические зоны резко отличаются по соотношению тех или иных показателей.

Исследователи подчеркивают, что в начале изучаемого периода гидрохимическая неоднородность вод определялась природными процессами продуцирования и распада органических веществ. В ходе увеличения объема биологической очистки сточных вод до 65% уменьшилась роль органических веществ и повысился вклад минеральных соединений фосфора. Изменение проточности вызвало накопление фосфатов, кадмия и свинца в донных грунтах, а затем и вторичное загрязнение вод этими веществами.

© Померанец К.С.,

кандидат географических наук  
Санкт-Петербург

## Палеогеография

### Древние озера Соловецкого архипелага

В рамках научных исследований, проводимых факультетом географии Российского государственного педагогического университета им.А.И.Герцена, Институтом озероведения РАН (Санкт-Петербург), Институтом океанологии им.П.П.Ширшова РАН (Москва) и Соловецким государственным историко-архитектурным и природным музеем-заповедником, осуществлялись палеолимнологические исследования на озерах Соловецкого архипелага. Многие вопросы, касающиеся истории первоначального заселения и последующего хозяйственного освоения островов, а также климатических изменений в этом регионе на протяжении послеледниковья, могут быть значительно прояснены на основе палеолимнологических данных. Подобные работы на озерах Соловецкого архипелага ранее не предпринимались.

Целью нашего исследования, которое проводилось в период с 25 апреля по 2 мая 2008 г. и возглавлялось автором этого сообщения, руководителем палеолимнологической комиссии Русского географического общества, была реконструкция на основе полученных данных природно-климатической обстановки, существовавшей на Соловецком архипелаге в голоцене, включая историю озер и динамику уровня Белого моря.

По сведениям из различных источников, на Соловецких островах насчитывается свыше 1000 озер тектонического и ледникового происхождения. Объектами для изучения мы выбрали пять озер, расположенных на Большом Соловецком острове, на разных абсолютных отметках:

— Святое озеро находится непосредственно в поселке Соловецкий и отделено от Белого моря узким перешейком, на котором стоит монастырь. Абсолютная отметка зеркала озера 8 м над ур.м., максимальная глубина 11 м. Имея зарегулированный сток в море, это озеро служит конечным резервуаром всей озерно-канальной системы Большого Соловецкого острова, в которую включено более 50 озер его центральной части;

— мелководное Исаковское озеро расположено на гипсометрической отметке 3 м и через систему озер имеет сток в Сосновую губу Белого моря;

— в центральной возвышенной части острова, на высоте 17 м над ур.м., находится оз.Большое Корзино, тоже входящее в озерно-канальную систему Большого Соловецкого острова;

— в межморенном понижении на отметке 14 м расположено оз.Никольское;

— наконец, на абсолютных отметках 32 и 35 м над ур.м. нами исследовались глубокие озера Большое и Малое Зелёное.

В общей сложности был отобран 21 керн донных отложений длиной 1 м. Пробоотбор осуществлялся со льда посредством торфяного бура. Одновременно с отбором проб проводились батимет-

трические и гидрологические изменения.

Исследования, выполнявшиеся этим же коллективом на озерах Святое, Большое Корзино и Исаковское в 2006 г., показали, что в прошлом эти три озера заливались морскими водами. Нижние пачки донных отложений представлены глинистыми алевритами, алевритовыми песками с включением раковин моллюсков. При анализе отложений из оз.Исаковское обнаружены створки морских диатомовых водорослей. Переходный горизонт от морских к озерным отложениям фиксируется появлением черных гидротроилитовых прослоев ( $FeS \cdot nH_2O$ ), а также солоноватоводных и пресноводных ископаемых диатомей. Озерные отложения представлены сапропелями бурого цвета, имеющими небольшую мощность, которая увеличивается, однако, в ряду от Исаковского озера к Святому и Большому Корзино, что связано соответственно с более ранним временем изоляции озера. Отложения Исаковского озера богаты ископаемыми створками пресноводных диатомовых водорослей.

По данным нивелирования террас и результатам датирования, а также по изученным кернам донных осадков нами построены три оригинальных гипсометрических карты Соловецкого архипелага с очертаниями берегов для временных срезов 7200—6800, 5500—5000 лет назад и для современной эпохи.

Отобранные в этом году керны донных отложений будут проанализированы с использованием всего комплекса литологических, микропалеонтологических, геохимических и радиохронологических методов. Это позволит произвести детальную реконструкцию этапов смены морских условий осадконакопления озерными, установить точную хронологию колебаний уровня Белого моря в голоцене, выявить роль изостатического и эвстатического компонентов в этих колебаниях, а также оценить потоки ряда тяжелых металлов из атмосферы.

В дальнейшем планируется более широко развернуть лимнологические и палеолимнологические исследования на многообразных озерах Соловецкого архипелага.

Настоящие исследования проводятся при поддержке Программы 17 Президиума РАН (проект 4.4), Отделения наук о Земле РАН (проект «Наночастицы во внешних и внутренних сферах Земли») и проектов РФФИ 07-05-01115-а, 07-05-00192-а и 08-05-10027-к.

© **Субетто Д.А.**,  
доктор географических наук  
Санкт-Петербург

### Палеонтология

#### Следы первобытного тура в Туве

Первобытный тур (*Bos primigenius*) в период позднего плейстоцена обитал в Европе, Северной Африке, на Ближнем Востоке и в Северной Азии: на восток — почти до Тихого океана (включая Забайкалье, Северную Монголию и Манчжурию), а на север — приблизительно до 50°с.ш. На территории Тувы анатомически полных скелетов тура до недавнего времени обнаружено не было. Как следует из сообщения А.В.Лаврова (ПИН РАН) и В.И.Забелина (Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН), лишь в 2004—2005 гг. в долине р.Барык (левый приток Енисея, Центрально-Тувинская котловина) был найден и откопан неполный скелет тура. Его кости, хотя и хорошей сохранности, были разрознены (отсутствовали все грудные и часть поясничных позвонков, почти все ребра, концы рогов и лицевая часть черепа); залегали они на значительном расстоянии друг от друга, без сохранения какого-либо анатомического порядка. Вместе со скелетом тура находилось и небольшое количество костных остатков других видов животных. Исходя из сохранности и условий залегания скелета тура (он обнаружен в обрыве шестиметровой террасы, в 8 км от устья реки), ис-

следователи сделали вывод, что часть позвоночного столба и грудная клетка животного были уничтожены в результате частичного размыва костеносной линзы. Судя по умеренно стертым зубам, скелет принадлежал взрослой, но не старой особи.

Предположительный возраст находки, исходя из геоморфологического положения вмещающего ее слоя, — ранний голоцен. Радиоуглеродное датирование находки показало абсолютный возраст  $9860 \pm 160$  лет. Это позволяет утверждать, что в позднем плейстоцене и раннем голоцене ареал тура включал котловину между хребтами Западный Саян и Танну-Ола.

В коллекции Национального музея им.А.Маадыр Республики Тува были обнаружены два образца, также принадлежащиетуру. Левый рог с роговым чехлом был найден в 1956 г. на левом берегу Малого Енисея, у пос.Кожум Тоджинского р-на (сохранность рогового чехла объяснялась наличием многолетней мерзлоты). Второй образец — неполный череп — коллекционного номера не имел и точное место находки неизвестно. Имеющиеся образцы туров из Тувы принадлежат животным средних размеров. В позднем плейстоцене и раннем голоцене тур на территории Тувы был обычным представителем фауны наряду с северным оленем. Время его вымирания в этой части видового ареала пока неизвестно.

Территория обитания первобытного быка в историческое время очень быстро сокращалась из-за преследования человеком. В Азии его ареал в 1-м тысячелетии н.э. распался на отдельные очаги. Наиболее крупным азиатским участком ареала во 2-м тысячелетии н.э. были степи и зона южной тайги Западной и Южной Сибири к западу от Енисея. Наиболее поздние исторические свидетельства относятся к середине XVIII в., когда стадо туров видели под г. Кузнецком (Алтайский край).

Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7—9 ноября 2007 г. С.208—209.



# Морская гравиметрия

Е.Д.Корякин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга (МГУ)

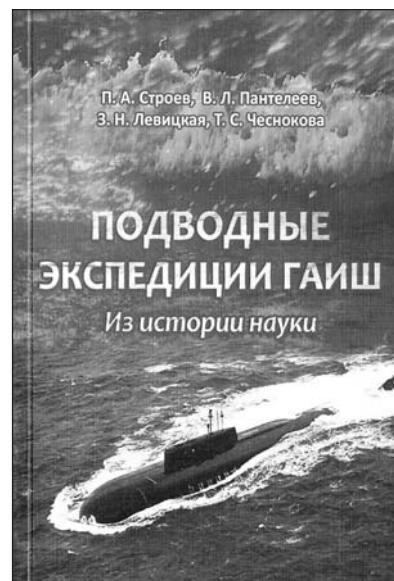
Всех, кто знает, что ГАИШ — это Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга (МГУ), безусловно, заинтригует название этой книги. Как же так: астрономический институт, и вдруг — «Подводные экспедиции...»? Но для самих астрономов в этом никакой загадки нет. ГАИШу уже 175 лет. И на протяжении всей его истории в институте существовало направление — гравиметрия, то есть измерение и всестороннее изучение силы тяжести Земли. А поскольку моря составляют  $\frac{3}{4}$  поверхности нашей планеты, силу тяжести надо уметь измерять и на море. Но почему обязательно под водой?

А дело в том, что морская гравиметрия — особая наука. Немного найдется способов, чтобы «заглянуть» в глубь Земли (да и любой другой планеты). Один из них — измерение напряженности гравитационного поля. Распределение силы тяжести по поверхности планеты рассказывает о ее внутреннем строении. Но изменения гравитационного поля от одной точки поверхности к другой очень малы. Чтобы получить полезную для геодезии или геологии информацию, необходимо «взвешивать» пробное тело с точностью не хуже одной миллионной доли его веса! Представьте себе, что вам необходимо взвесить массу в один килограмм с точностью до одного миллиграмма, если вы находитесь на корабле, и вас качает. В этом и заключается главная проблема морской гравиметрии.

Один из древних и наиболее надежных способов определения силы тяжести — наблюдения

за качанием маятника. Период его собственных колебаний зависит как от длины маятника, так и от величины силы тяжести, а точнее ускорения свободного падения тел в данной точке. Именно эту величину и называют удельной силой тяжести, или просто тяжестью. Однако измерить период колебаний маятника, равный приблизительно 0.5 с, с точностью до десятиллионных долей секунды на качающейся опоре — очень трудная задача. Специалисты давно поняли, что лучше всего в море проводить измерения на подводной лодке — гораздо меньше качка. Чтобы совершенно исключить влияние качки, голландский ученый Ф.А.Венинг-Мейнес в 1922—1928 гг. изобрел особый способ наблюдения за колебаниями маятников, построил морской маятниковый прибор и совершил с ним ряд плаваний на подводных лодках. Он доказал, что измерения силы тяжести на подводных лодках возможны и очень важны для понимания строения нашей планеты. Но легко сказать — «измерения на подводной лодке». А где ее взять? Своих подводных лодок у астрономов нет. Значит, надо было ждать, когда такими исследованиями заинтересуются другие организации.

После сильного крымского землетрясения в сентябре 1927 г. заместитель председателя Совнаркома РСФСР А.М.Лежава поручил гравиметрические исследования в Крыму астрономо-геодезическому институту при Московском государственном университете (АГНИИ МГУ). В 1931 г. после слияния этого института, астрономической обсерватории и астрофизичес-



**П.А.Строев, В.Л.Пантелеев, Э.Н.Левицкая, Т.С.Чеснокова.** Подводные экспедиции ГАИШ. Из истории науки.

М.: ГАИШ МГУ, Книжный дом «Университет», 2007. 240 с.

кого института при МГУ был организован ГАИШ (МГУ). Организатором гравиметрических работ на Черном море был сотрудник АГНИИ Л.В.Сорокин. Им же был сконструирован и изготовлен в механических мастерских ГАИШ первый российский морской маятниковый прибор. Первый гравиметрический рейс в Черном море на подводной лодке Сорокин выполнил в 1930 г. В результате этой работы удалось выяснить, что аномалии силы тяжести тесно связаны с сейсмичностью областей. Особенно ясно это было видно в районе эпицентров крымских землетрясений 1927 и 1928 гг.

В 1930—1937 годы Сорокин был в пяти подводных экспедициях. Он измерял силу тяжести на многих морях, в том числе на Черном, Баренцевом, Охотском и Японском. Вот так и возникла связка — «подводные экспедиции ГАИШ». После Великой отечественной войны морские гравиметрические экспедиции возобновились. Летом 1947 г. состоялась экспедиция в Баренцево море на подводных лодках. Одним из участников этой экспедиции был 61-летний Леонид Васильевич Сорокин. Так что с полным правом он считается основателем отечественной морской гравиметрии.

В начале 1950-х годов стало ясно, что морская гравиметрия важна не только для фундаментальной науки о Земле, но и для укрепления обороноспособности нашей родины. Полет баллистической ракеты происходит в поле земного тяготения; точность попадания прямо зависит от знания структуры этого поля. В 1955 г. вышло постановление правительства об изучении гравитационного поля окраинных морей Советского Союза. Первая подводная гравиметрическая экспедиция ГАИШ после Сорокина состоялась в 1955 г. Руководителем был молодой сотрудник института М.У.Сагитов. Во время экспедиции были испытаны новые приборы и устройства, используемые при мор-

ских гравиметрических исследованиях, и проведено первое в мире испытание в рабочих условиях морского гравиметра — нового прибора, изобретенного в институте ВНИИГеофизика.

Пунктом начала и конца экспедиции был г. Полярный (близ Мурманска). Запланированный маршрут — Баренцево море — вокруг Новой Земли — Карское море — Печорское море — был выполнен полностью. После удачного похода на дизельной подводной лодке 613 проекта начались и более продолжительные походы на подводных лодках 611 проекта с автономностью 75 сут.

Плавания на этих субмаринах позволяли выходить далеко в Тихий и Атлантический океаны. Вот перечень подводных экспедиций и район их работ:

1955 г. — Баренцево, Карское и Печорское моря;

1956 г. — Берингово и Чукотское;

1957 г. — Северный Ледовитый и Атлантический океаны;

1958 г. — дальневосточные моря, Тихий океан;

1959—1960 гг. — Атлантический, Индийский и Тихий океаны (ЭОН-259);

1963 г. — Охотское море;

1964—1965 гг. — Японское море;

1968 г. — Тихий океан.

Одним из самых грандиозных мероприятий в деле изучения гравитационного поля Земли было выполнение экспедиции особого назначения ЭОН-259. Это весьма заметное событие в истории нашего подводного флота. Экспедиция была организована Главным штабом ВМФ СССР с целью решения двух основных задач: перегон двух дизельных лодок из состава Северного флота на Тихий океан южным путем и выполнение гравиметрических работ через каждые 100 миль на двух лодках Б-88 и Б-90. Каждая из лодок имела два сменных экипажа и по два состава ученых из ГАИШ МГУ и ЦНИИГАиК (Центральный научно-исследователь-

ский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии). Лодки сопровождали пассажирский теплоход «Михаил Калинин» и танкер «Вилуйск». Командиром Б-88 был капитан второго ранга Н.А.Мышкин, а командиром Б-90 — капитан второго ранга П.Т.Зенченко.

Выполняя задание правительства, командиры субмарин не только осуществляли «транспортировку» научного состава, но и сами становились участниками решения научных проблем. Вот пример. Один из научных сотрудников, рассматривая запись колебаний маятников, воскликнул: «А что, мы разве идем на север?» Капитан второго ранга Василий Михайлович Смертин спросил у научного руководителя экспедиции 1956 г. В.Л.Пантелеева: «Как он узнал?». Получив разъяснение, что сила тяжести зависит от координат, он сделал вывод, что, измеряя гравитационное поле под водой, можно скрытно, не всплывая, определять координаты! Позже эта тема разрабатывалась многими научными коллективами, но авторство идеи Смертина не вспоминали.

Он отработывал также действия экипажа по команде «срочное погружение». Однажды автор этих строк Пантелеев проснулся от удара лодки о грунт. В разговоре с командиром он заметил: «Хорошо, что грунт был не каменистый!». Нет, ответил Василий Михайлович, хорошо, что грунт был.

Научный состав экспедиции решал и навигационные задачи, например, как по показаниям гравиметрических приборов определить поправку лага. Командир всегда шел навстречу ученым при решении задач, требующих маневров лодки или различных глубин погружения на одной точке. Нельзя сказать, что бытовые условия на лодке были комфортабельными. Ученым непривычно было работать в тесных помещениях, при недостатке вентиляции, в парах дизельного топлива. Но экипа-

жи лодок делали все возможное, чтобы ученые могли провести точные измерения. Личный состав особенно страдал в экстремальных климатических условиях в полярной или в тропической зоне. Экспедиция 1968 г. в Тихий океан со стороны ВМФ была откровенно не подготовлена. В штормовых условиях отказали дизеля подводной лодки. Пришлось экономить электроэнергию и лишиться горячей пищи. В отсеках, как вспоминает участник этого похода, научный руководитель группы гравиметристов П.А.Строев, было холодно, темно и сыро. Понадобилось несколько дней, чтобы лодку на буксире привести на базу. Предлагали свою помощь и американцы, которые внимательно следили за действиями подводников, но, естественно, наши моряки от помощи отказались.

Авторы книги неизменно с глубоким уважением вспоми-

нают работу моряков, с готовностью выполнявших все требования ученых (порою весьма странные). Именно им авторы посвятили книгу, выразив свою признательность такими словами:

«С уважением, благодарностью и любовью посвящается морякам-подводникам. В трудные и сложные времена холодной войны мы вместе с ними выполняли задание правительства. Мужество, героизм и высокий профессионализм офицеров и экипажей подводных лодок обеспечивали успех каждой экспедиции. Число погружений всегда равнялось числу всплытий».

По-разному можно относиться к научным исследованиям времен Холодной войны. Походы ученых Московского университета на подводных лодках были вызваны интересами обороны. Но они дали и много чисто научных результатов. Участники подводных измерений со-

здали новое научное направление и весьма детально описали его особенности в этой книге. Они сочли необходимым о каждом походе рассказать отдельно, так как при всей схожести методик наблюдений и обработки материала каждая экспедиция имела свои особенности: работали разные люди, плавание проходило на разных акваториях мирового океана при различных климатических и погодных условиях. В некоторых главах приводятся оригинальные теоретические соображения с выкладками формул, которые возникали во время работы с аппаратурой на подводной лодке. В книге много фотографий и цветных карт с маршрутами всех описанных экспедиций. Она будет интересна как геофизикам и историкам науки, так и любителям путешествий и приключений. Приятно отметить, что издание было поддержано грантом РФФИ. ■

### Орнитология

**Е.О.Фадеева.** ЭКОЛОГИЯ ГРАЧА (*CORVUS FRUGILEGUS L.*) В АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ОКСКО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 200 с.

Монография содержит результаты многолетних исследований по морфологии, экологии, гнездовой биологии, фенологии грача в антропогенных ландшафтах Окско-Донского междуречья. Проанализированы динамика численности, пространственное распределение вида, факторы, определяющие формирование колоний грача в Тульской обл., административные границы которой совпадают с территорией Окско-Донского междуречья.

Книга не имеет аналогов в отечественной литературе

и за рубежом. Впервые на примере конкретной экологической ситуации автором проведено комплексное исследование экологии грача с учетом изменения ценотических, демографических, морфологических, фенетических, цитогенетических и цитологических параметров, отражающих качество и степень трансформации среды обитания вида в антропогенных ландшафтах.

Результаты исследований помогут решить ряд ключевых вопросов, касающихся долговременных эффектов воздействия техногенного загрязнения на природные популяции животных, расширят понимание природы адаптационных процессов в этих условиях.

В оформлении обложки книги использована репродукция картины А.К.Саврасова «Грачи прилетели» (1871).

### Почвоведение

МИРОВАЯ КОРРЕЛЯТИВНАЯ БАЗА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ: ОСНОВА ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И КОРРЕЛЯЦИИ ПОЧВ. Сост. и науч. ред.: В.О.Таргульян, М.И.Герасимова. Пер. с англ. М.И.Герасимовой. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 278 с.

Книга продолжает серию переведенных на русский язык зарубежных публикаций, посвященных фундаментальным проблемам почвоведения, в том числе классификации почв. Основная цель издателей — познакомить всех читающих на русском языке (в России и за ее пределами) с итогами длительно ведущейся Международным союзом наук о почве работы по созданию мировой классификации почв.

Начало было положено еще в 1970-е годы идеей профессо-



ра Р.Дюдаля использовать легенду к почвенной карте мира ФАО/ЮНЕСКО как главный элемент реферативной базы данных по почвам мира. Работа была начата в 1974 г. и с того времени велась почти непрерывно в течение более чем 30 лет способом последовательных приближений, публиковавшихся в виде рабочих документов, которые широко распространялись в мировом сообществе почвоведов. Они проверялись в поле разными национальными и международными группами почвоведов, обсуждались на мировых конгрессах и конференциях.

Данная публикация представляет собой переработанный вариант 1998 г. — руководство для почвоведов, предназначенное помочь обмену опытом и информацией между специалистами в области почвенных ресурсов, их использования и управления ими. Этот документ служит основой для создания международной почвенной классификации и общего языка для специалистов в разных областях, использующих информацию о почвах. Книга содержит определения и диагностические критерии для выявления почвенных горизонтов, признаков и субстратов, включая правила для классифицирования и подразделения реферативных почвенных групп, а также краткие описания почв мира.

### Гидробиология

**О.Т.Русinek.** ПАРАЗИТЫ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ (ФАУНА, СООБЩЕСТВА, ЗООГЕОГРАФИЯ, ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 571 с.

Книга подготовлена на основе собственных данных автора, собранных в течение 20 лет, и многочисленных литературных источников. Благодаря широте охвата удалось

провести детальный анализ паразитофауны рыб оз. Байкал, оценить состояние паразитических сообществ разной степени сложности. Значительная часть книги посвящена анализу вопросов, касающихся происхождения современной паразитофауны рыб в связи с геологическими и климатическими изменениями, происходившими в районе Байкала. Показано, что в Байкале в результате хозяйственной деятельности изменилась структура природных фаунистических комплексов рыб и паразитарных систем. Представлены данные о составе паразитофауны, структуре сообществ паразитов 3/5 видов рыб Байкала, как аборигенных, так и интродуцированных человеком.

Автором сформулированы гипотезы истории формирования современных ихтиофауны и паразитофауны озера, что позволило оценить возраст паразитарных систем Байкала. Проведен анализ многочисленных данных (паразитологических, ихтиологических, орнитологических и археологических) и на их основе сделан вывод, что паразитарная система патогенного для человека членистого лентеца (*Diphyllobotrium dendriticum*) в Байкале могла сформироваться в период климатического оптимума голоцена.

В книге есть отдельная глава о результатах молекулярно-биологических исследований паразитов, подготовленная автором совместно с К.Д.Кузнецовым.

В целом книга содержит обширный новый фактический материал по паразитам байкальских рыб и представляет интерес не только для паразитологов, ихтиологов и молекулярных биологов, экологов, но и для специалистов в области сохранения биологического разнообразия и охраны природы.

### Геология

**В.Н.Комаров.** АТЛАС РИНХОЛИТОВ ГОРНОГО КРЫМА. М.: Творческий информационно-издательский центр, 2008. 120 с.

Ринхолиты — обызвествленные кончики верхней челюсти головоногих моллюсков — привлекают внимание исследователей уже более полутора столетия, однако до настоящего времени эту группу относят к интересным проблематичным остаткам.

В монографии впервые обобщен весь имеющийся в настоящее время материал по систематическому составу и стратиграфическому распространению мезозойско-кайнозойских ринхолитов Горного Крыма. Собраны и опубликованы данные о 62 видах, относящихся к шести родам и 14 под родам. Приведен список всей имеющейся литературы по ринхолитам Горного Крыма и ряда соседних регионов.

Материалом для исследования послужила обширная коллекция автора, в которую, помимо личных более чем 20-летних сборов, вошли находки студентов и преподавателей Российского государственного геологоразведочного университета им. С.Орджоникидзе, сделанные в ходе прохождения Крымской учебной геологической практики, а также коллекция ринхолитов В.Н.Шиманского, хранящаяся в Палеонтологическом институте РАН.

Автор книги, Владимир Николаевич Комаров — кандидат геолого-минералогических наук, участник экспедиций в центральные районы России, Туву, Восточные Саяны, Якутию, Закавказье, на Урал — много лет проводит учебную геологическую практику в Горном Крыму.

На обложке книги — мыс Фиолент, скала Крестовая.

# Владимир Геннадиевич Дуров — 20 лет в «Фаунистической комиссии»

Н.Н.Смирнов,

доктор биологических наук

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

В конце XIX и в первые годы XX в. большая группа московских зоологов объединялась Императорским обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии (ИОЛЕАЭ), основанным при Московском университете в 1863 г.

Участники работы Зоологического отделения были увлеченные исследованиями природы единомышленники, хорошо между собой знакомые, многие из них недавно окончили Московский университет. Вместе они создавали высокую духовную атмосферу, были движимы интересом к живому миру и науке.

Один из них был Владимир Геннадиевич Дуров (1862—1921). Как зоолог он работал в основном в составе Комиссии для исследования фауны Московской губернии (известной как «Фаунистическая комиссия»). В те времена преобладали исследования в области фаунистики и систематики, начиналась тревога за охрану природы. В таком направлении увлеченно работал и Дуров. Его научные интересы включали в основном систематику и фаунистику птиц и насекомых (бабочек и жуков), а также таксидермию.

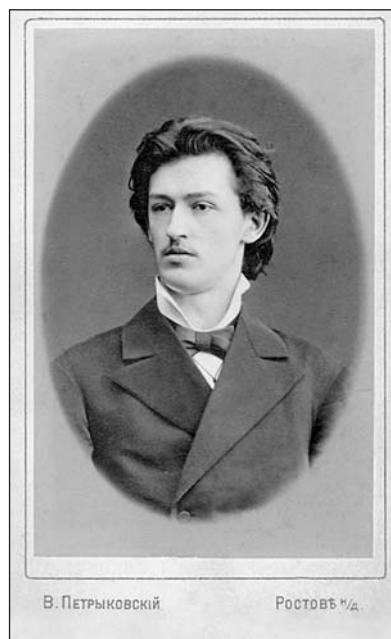
В то время как о многих его коллегах написаны воспоминания, о Владимире Геннадиевиче Дурове за пределами семьи ни-

чего не известно, и настала пора собрать то немногое, что пощадило время.

О родословных связях известно следующее. Дуровы — старинный дворянский род. Из четырех братьев, сыновей Дмитрия Дурова, Геннадий был младшим. Его-то сыновьями и были Владимир и Николай (утонул молодым). У старшего брата, Дмитрия Дмитриевича, детей не было. Дети Леонида Дмитриевича были Владимир (1863—1934) и Анатолий (1864—1916), хорошо известные как цирковые артисты-дрессировщики. У следующего по возрасту брата, Эраста, были дети Василий и Вера.

Имущественное положение семьи заставляло всех служить где-либо. На фотографии отец, Геннадий Дмитриевич Дуров, изображен со скромным орденом Св. Станислава второй степени. Дядя, Леонид Дмитриевич, был приставом Тверской части в Москве и служил в этой должности, как вспоминали, со всей справедливостью. А.Л.Дуров в воспоминаниях называет Надежду Александровну Дурову (1783—1866) — «кавалерист-девицу» — своей бабушкой. По своему служебному положению В.Г.Дуров был отставной коллежский регистратор, а на 1914 г. также телеграфист 3-го разряда Московской центральной станции.

Известно, что Владимир Геннадиевич Дуров окончил в Петербурге консерваторию и че-



Владимир Геннадиевич Дуров.  
1880-е годы.

тыре курса университета, после чего его исключили за участие в студенческих «беспорядках» 1880-х годов. Был женат и имел троих детей: Алексея, Константина и Зинаиду (известную по мужу под именем Зинаида Рихтер по ее работе в Москве в качестве корреспондента газеты «Известия» в период 1922—1930 гг.). Сын Константина, Лев Дуров — народный артист, а Е.Л.Дурова — заслуженная актриса.

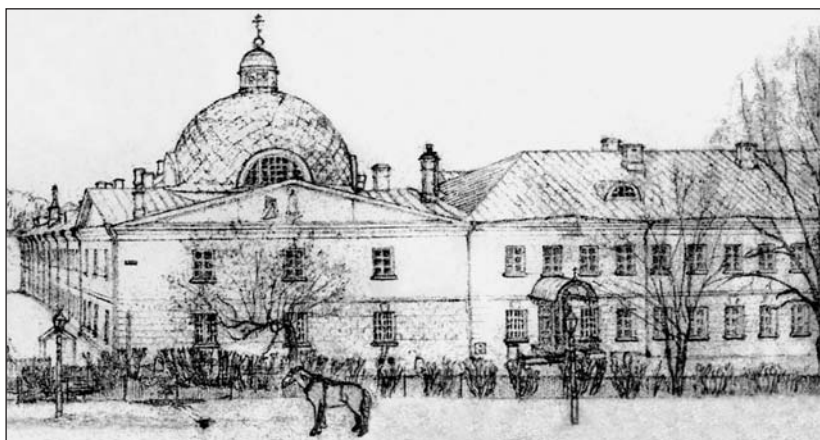
Владимир Геннадиевич поддерживал связь со своими двоюродными братьями — Владими-

ром и Анатолием Дуровыми, широко известными цирковыми артистами, специализировавшимися на дрессировке животных. В.Л.Дуров\* в 1912 г. приобрел участок земли на Божедомке в Москве (теперь улица Дурова) и основал «Уголок Дурова». Он проявлял интерес к научным основам дрессировки животных и привлек к исследованию этого вопроса видных специалистов, среди которых были Г.А.Кожевников, Н.К.Кольцов, А.В.Леонтович, Г.И.Россолимо и академик В.М.Бехтерев.

А.Л.Дуров также интересовался научными исследованиями в области зоопсихологии. Отношения Владимира Геннадиевича с ним были более теплыми. Это видно из стихотворного посвящения В.Г.Дурова А.Л.Дурову — «любимейшему из моих двоюродных братьев» и из фотографии, подаренной Анатолием Леонидовичем с надписью «Володыке Дурову». Анатолий Леонидович жил в Воронеже, где построил дом, в котором хранились обширные собрания картин и скульптур. Теперь это дом-музей А.Л.Дурова.

Возвратившись из Петербурга в Москву, Владимир Геннадиевич Дуров поселился на ул.Верхняя Красносельская, где жили его родные. Возник вопрос об источнике заработка. С этой целью им было арендовано одно из небольших торговых помещений на Кузнецком Мосту (напротив бывшего Зоомагазина), чтобы начать торговлю грибами-ягодами, но затея пришлась ему не по душе и была скоро оставлена.

Тем временем по соседству, на Верхней Красносельской, на средства вдовы шведского посланника Натальи Петровны Гейер и на принадлежавшем ей участке земли была построена



Богадельня Гейер. Рисунок В.Г.Дурова.

и открыта в 1901 г. богадельня (воспитательный дом) для девочек из неимущих семей. Строил его архитектор Лев Николаевич Кекушев (1862—1917(?)?) в период с 1893 по 1897 г. Ныне это дом 15 по ул.Верхняя Красносельская. В силу добрососедских отношений место управляющего было предложено городской управой Владимиру Геннадиевичу. Это уточняет и время возвращения Дурова в Москву — не позднее 1893 г., когда он вошел в состав Фаунистической комиссии и когда начала строиться богадельня Гейер.

Вступив в должность управляющего, Владимир Геннадиевич принял на должность конторщицы Анну Семеновну Ильину (1883—1954), вскоре она стала его женой.

В 1906 г. по предложению Г.А.Кожевникова Дуров был избран в члены Зоологического отделения Общества «во внимание к его многолетней плодотворной деятельности в комиссии для исследования фауны Московской губернии» на заседании под председательством Н.Ю.Зюграфа и с участием Н.В.Воронкова, Н.В. Богоявленского, В.И.Грацианова, Ю.Н.Зюграфа, В.Д.Лепешкина, А.В.Мартьянова, В.С.Муралевича, А.Д.Некрасова и Я.П.Щелкановца.

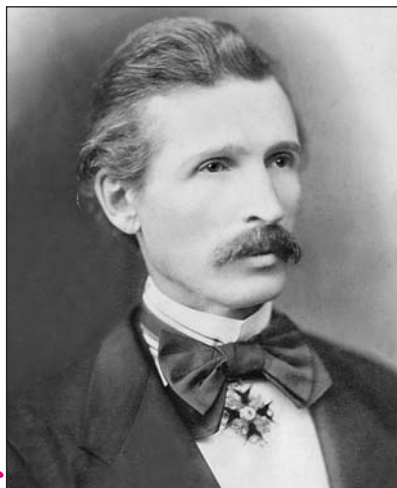
Кожевников стал инициатором и ведущим соавтором «Руководства к зоологическим экс-

курсиям» (1902), одного из первых в русской литературе. Замечателен состав авторов глав этого руководства: Л.С.Берг (рыбы), Э.Е.Беккер (низшие насекомые), Е.А.Богданов (тли), В.Г.Дуров (гусеницы), В.С.Елпатьевский (пресмыкающиеся и земноводные), С.А.Зернов (планктон), В.П.Зыков (реснитчатые черви, мшанки, губки, гидры), Н.И.Коротнев (снаряды для собирания насекомых), Ф.К.Лоренц (крупные млекопитающие и птицы), О.В.Розен (слизняки), П.И.Рышков (препаровка насекомых), М.Д.Рузский (муравьи), К.А.Сатунин (мелкие млекопитающие), Б.А.Федченко (двукрылые), П.Р.Фрейберг (паукообразные, фотографирование), С.С.Четвериков (бабочки) и Я.П.Щелкановцев (ложносколопендры).

Наряду с участием в заседаниях Зоологического отделения Общества, на которых обсуждался широкий круг вопросов о жизни и строении позвоночных и беспозвоночных животных, Владимир Геннадиевич принимал активное участие в делах Общества. Он был избран 18 декабря 1908 г. вместе с Г.А.Кожевниковым и П.С.Гальцовым в состав депутации для выражения благодарности семье покойного Н.В.Калуцкого за пожертвование капитала на научные исследования, 20 октября 1912 г. предложил избрать в чле-

\* См.: Кузин Б.С. Воспоминания. СПб., 1999. Необходимо исправить ошибку. Кузин справедливо вспоминал близкое знакомство Г.А.Кожевникова с В.Г.Дуровым, но одновременно отмечал знакомство с клоуном как чудачество; он, очевидно, имел в виду В.Л.Дурова.





Отец Геннадий Дмитриевич Дуров.  
1875 г.

ны Отделения графа А.Р.Келлера, принял участие в обсуждении доклада Кожевникова «Прошлое, настоящее и будущее Измайловского зверинца», в прениях по докладу Б.Н.Михина «Орнитофауна дельты Дуная».

Вот каким было, например, заседание Зоологического отделения Общества 29 ноября 1914 г. Оно началось докладом А.Н.Северцова. А научная среда того времени характеризуется составом участников: «Председательствовал тов. предс. Н.В.Богоявленский, при секретаре Г.Г.Щеголеве, в присутствии гг. членов Отд.: А.Н.Северцова, В.Д.Лепешкина, Б.С.Матвеева, И.И.Месяцева, М.Е.Макушек, Ю.Н.Зографа, А.Д.Некрасова, В.В.Станчинского, А.В.Румянцева, И.И.Пузанова, Н.В.Воронкова, Б.Н.Шапошников, П.Н.Каптерева, Б.С.Грезе, С.А.Зернова, И.И.Шмальгаузен, Н.А.Ливанова, В.Г.Дурова, В.Ч.Дорогостайского, В.С.Елпатьевского, Е.В.Рылковой, Г.В.Эпштейна и 10 посетителей».

Дуров оставался в должности управляющего богадельней по 1917 г. Работу он сочетал с предметом своего увлечения — биологией. В небольшом каменном двухэтажном строении рядом с богадельней (со стороны Алексеевского монастыря) он организовал таксидермическую мастерскую, в которой вместе

с двумя помощниками готовил чучела птиц, зверей, рыб и коллекции бабочек. Кого тут только не было: десятки мелких и крупных птиц, охотничьи трофеи, северный олень (некоторое время живший в парке на ул. В. Красносельской), чучело акулы, а также стул для пианино, сооруженный на четырех ногах лося. Создание таксидермической мастерской, очевидно, произошло под влиянием уже давно к тому времени работавшего в Москве таксидермиста Ф.К.Лоренца.

Будучи намного старше Анны Семеновны и желая обеспечить ее материально, Владимир Геннадиевич перевел на ее имя наследственные права на таксидермическую мастерскую. Дело, очевидно, шло достаточно хорошо — работы представлялись на выставках, одна из которых проходила в Манеже. После этой выставки вспоминали большое чучело орла-ягнятника на куске малахита.

Бабочек он изучал также путем выведения из гусениц, а ночных бабочек-бражников — с помощью привлечения на эссенции, выставившихся, как вспоминали, в саду богадельни Гейер. Был и обмен бабочками по почте.

Дуров поддерживал тесные отношения с П.Р.Фрайбергом (Вольногорским), близким ему по возрасту. Главным предметом исследований Павла Робертовича была фауна пауков, затем он перешел к педагогической деятельности, написал множество популярных книг о жизни природы. Подаренные Фрайбергом книги долго хранились в семье Смирновых. Получив от автора в подарок книгу «Растения — друзья человека», Владимир Геннадиевич откликнулся стихотворением, начинавшимся словами «Растения — друзья людей. Вы — человек и друг растений».

В.Г.Дуров принимал постоянное участие в работе «Фаунистической комиссии» и ее многочисленных экскурсиях по край-



Жена Анна Семеновна Ильина.

ней мере в течение 20 лет. Собранные им материалы депонировались в Зоологическом музее Московского университета, пополняли списки фауны Московской губернии и послужили для специальных работ других авторов (например, по жукам-щелкунам). Четвериков опирался на список бабочек Московской губернии Дурова в своей дальнейшей работе по бабочкам. Данные В.Г.Дурова из его рукописи «Птицы московской губернии» цитируют орнитологи нашего времени\*.

Деятельность Дурова как коллекционера, таксидермиста и любителя природы продолжалась по 1917 г. Публикаций, помимо главы в «Руководстве», он не оставил. Его деятельность запечатлена главным образом в протоколах Общества и в виде экспонатов Зоологического музея МГУ. Насекомые (в том числе бабочки) и несколько тушек птиц и сейчас хранятся в фундаментальных коллекциях этого музея. Его личная коллекция бабочек занимала 60 ящиков, но при дальнейших переездах пострадала и была утрачена. Осталось лишь два ящика с бабочками, имеющими чисто декоративное значение.

\* См.: Птушенко Е.С., Иноземцев А.А. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области. М., 1968.



Владимир Геннадиевич Дуров. 1900-е годы.

Двоюродный брат А.Л.Дуров.  
На груди — звезда эмира бухарского.

Еще дрожать на щекахъ слезы —  
Посѣвъ первичный горькой прозы,  
Одна изъ множества утѣхъ  
Родить уже безпечный смѣхъ ..

И отразилась улыбка  
Въ морщинахъ няни, какъ ошибка,  
Какъ поэтичный вешній лучъ  
Средь прозаичныхъ снѣжныхъ тучъ.

Любимѣйшему изъ моихъ двоюродныхъ братьевъ Анатолю. Москва, 14—XII—1912 г.  
Владимѣръ Геннадіевичъ Дуровъ.

*Владимиръ Геннадіевичъ Дуровъ*

Дитя толпы, любимецъ массъ  
Платформъ, и возрастовъ, и рассъ,  
Улыбкой. шуткою у всѣхъ  
Ты властно вызываешь смѣхъ.

Детали пошлаго уклада  
Изчезли... Сцена гдѣ, эстрада?  
Предъ нами гордый Капитолій  
И Rex—царь смѣха—Анатолій!

Стихотворное посвящение А.Л.Дурову.





Работы таксидермической мастерской Дурова.



После начала войны в 1914 г. в богадельне был развернут госпиталь и все служащие, включая Анну Семеновну, обеспечивали уход за ранеными.

В 1917 г. анархисты заняли здание под свой штаб, а затем в нем обосновались большевики. Обитателям богадельни было предложено убраться в 24 часа. Потеряв жилье и место службы, семья Дуровых переместилась сначала к Агриппине Семеновне Осетровой, одной из сестер Анны Семеновны, жившей на другой стороне ул. Верхней Красносельской. Удалось перевезти туда часть личных вещей, книги и научное оборудование. Затем, в 1918-м, последовал переезд на станцию Буй Северной железной дороги, к другой сестре — Софье Семеновне, бывшей замужем за моим дедом Николаем Васильевичем Смирновым (1877—1954), работавшим в Буге в должности ревизора движения. Смирновы и Дуровы жили дружно, одной семьей. Здесь предполагалось переждать смутное время.

После этого последовал общий переезд в Ярославль, куда Николай Васильевич был переведен для восстановления железнодорожного узла, пострадавшего при восстании 1918 г. Здесь Владимир Геннадиевич читал лекции по зоологии во вновь открытом университете (ныне Педагогический университет). После его отъезда читать лекции по зоологии снова вернулась в 1920 г. С.Г.Лепнева. Сюда же приезжали читать лекции и преподаватели из Московского университета. Прежние знакомые останавливались в ожидании поезда в теплой квартире Смирновых-Дуровых. В семье хранилась письменная благодарность Н.В.Смирнову за внимание к сотрудникам Московского университета.

Из Ярославля Смирнов по его просьбе, в связи с заболеванием туберкулезом его жены

Софьи Семеновны, был переведен на станцию «Кавказская». Переезжали вместе, погрузив все в один «пульмановский вагон». Ехали вслед за фронтом Гражданской войны.

Вскоре Смирнова перевели на станцию «Минеральные Воды», а Дуровы остались на «Кавказской». Подробностей о тамошней жизни сохранилось мало. Вспоминали, что муравьи доносили и, чтобы от них спастись, ставили ножки кроватей в банки с керосином. Что и суп варили, и белье стирали в нарзане, потому что другой воды не было. Владимир Геннадиевич стал жаловаться на сердце. Он умер 21 марта 1921 г. и похоронен близ станции «Кавказская». Накануне, 20 марта, в Минеральных Водах скончалась моя бабушка Софья Семеновна.

О смерти Дурова быстро стало известно в Москве. В 1931 г. Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии было ликвидировано. Со смертью Кожевникова в 1933 г. прекратилась и деятельность Фаунистической комиссии.

Семья Смирновых переехала в Тарасовку (по Ярославской железной дороге), где Н.В.Смирнов арендовал дом недалеко от станции. Остатки библиотеки и инструментария Дурова были перевезены туда же\*. Анна Семеновна стала женой Смирнова и воспитала его троих детей, своих племянниц Софью и Ариадну и племянника, моего отца Николая Смирнова.

В Тарасовке сохранялось многое от прошлого жизненного уклада, в том числе прогулки, заведенные Дуровым. Рядом был обширный лес. В семье Смирновых Владимир Геннадиевич (известный как «дядя Володя») был любим и уважаем взрослыми и детьми. По рассказам моей ба-

\* Среди разного оборудования мое внимание впоследствии привлекали связки птичьих глаз разных цветов и размеров.

бушки Анны Семеновны Смирновой-Дуровой он представлял как увлеченный знаток и любитель природы, литературы и музыки, коллекционер, художник и скульптор. Дуров оказал большое влияние на близких родственников, обращая их внимание на жизнь и значение животных и растений.

Но подлинная роль Владимира Геннадиевича как зоолога долго оставалась автору этих записок неизвестной. Теперь, при первых же попытках выяснить, как все это было, оказалось, что Дуров был квалифицированным специалистом и коллегой ставших более известными зоологов. Он интенсивно занимался серьезными научными исследованиями, деятельно вносил свой личный вклад в создание творческой атмосферы того времени, которая приводила позже к крупным результатам других ученых.

Отчасти сохранившаяся после переездов научная библиотека также характеризует интересы Дурова. Здесь были многочисленные «Охотничьи и промысловые птицы», «Жизнь животных» Брема, атласы насекомых и птиц того времени с многочисленными цветными таблицами, руководство к собиранию насекомых Штандфусса, популярная книга Фрайберга (подаренная их автором) и Мольденгауера — «В хвойном лесу», «В лиственном лесу», путеводитель по зоопарку Гагенбека. Часть книг (в том числе определитель бабочек) были на немецком языке.

Под влиянием рассказов о Дурове и хранившихся в семье его книг и остатков инструментария, у автора этих записок возник ранний интерес к биологии, что затем стало увлечением и специальностью. Из первых лет XX в. к нам протянулось мощное, даже определяющее, влияние тех, кто трудился тогда и создавал российскую науку. ■

# Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

## 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  
**С.В.ЧУДОВ**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Младший редактор  
**Г.С.ДОРОХОВА**

Перевод:  
**С.В.ЧУДОВ**

Набор:  
**Е.Е.ЖУКОВА**

Корректоры:  
**В.А.ЕРМОЛАЕВА**  
**М.В.КУТКИНА**

Графика, верстка:  
**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (095) 238-24-56  
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 1.07.2008  
Формат 60×88 1/8  
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,  
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2  
Заказ 385  
Набрано и сверстано в редакции

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