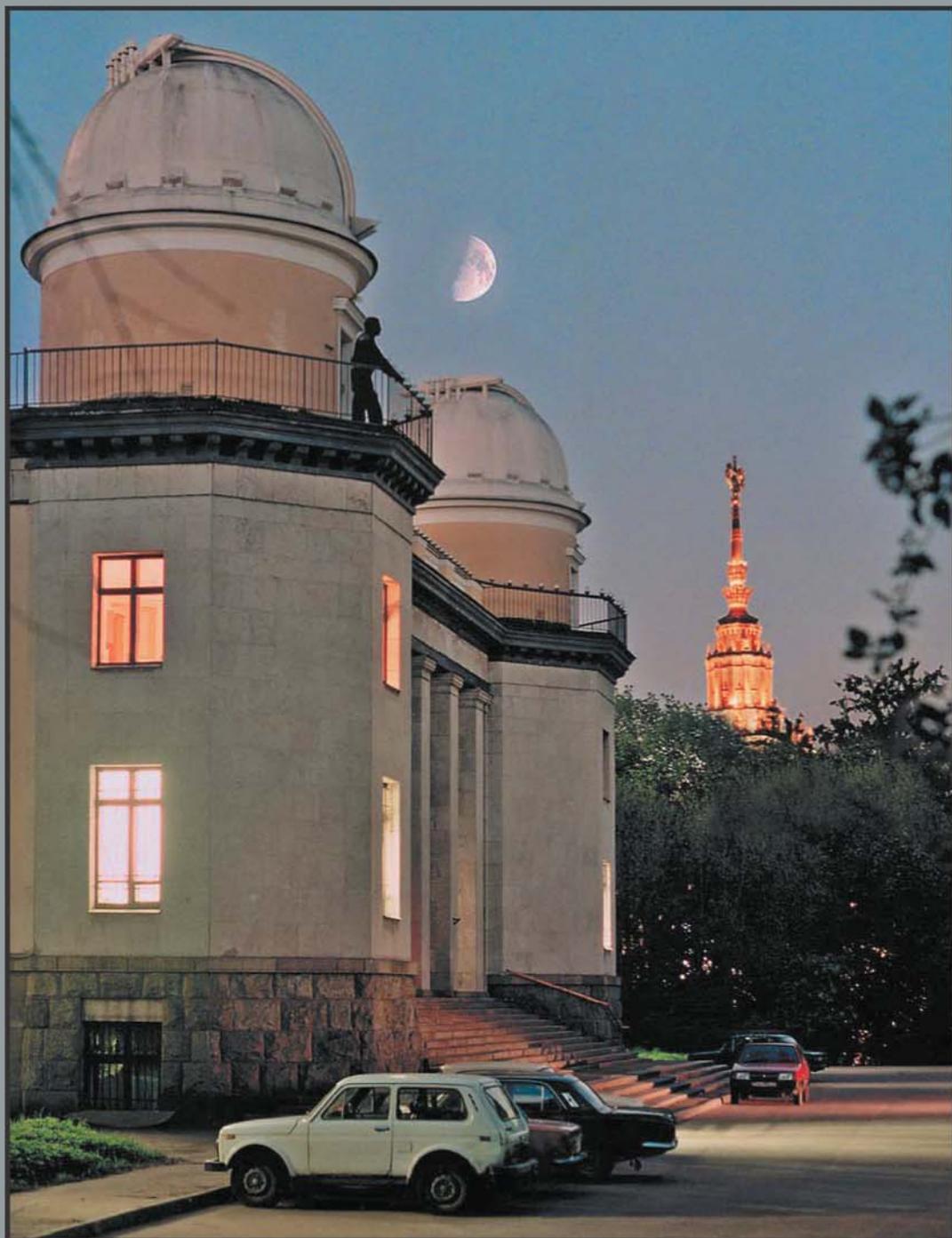


ПРИРОДА

10 06



В НОМЕРЕ:**3 О ЗВЕЗДАХ И ГАЛАКТИКАХ****Еремеева А.И.****Государственному
астрономическому институту
им. П.К.Штернберга – 175 лет****Чернин А.Д.****Внутренняя симметрия
Вселенной (10)****Черепашук А.М.****Демография черных дыр (16)****Липунов В.М.****Гамма-всплески, русская деревня
и первый робот-телескоп
в России (26)****33 Коренберг Э.И.****Происхождение возбудителей
природноочаговых болезней**

Для множества обитающих в естественных экосистемах микроорганизмов человек — случайный хозяин и биологический тупик. Почему же и каким образом у таких микроорганизмов возникла патогенность, делающая их возбудителями болезней?

41 Портнов А.М.**Минералы — индикаторы
геологических процессов**

Изучение условий кристаллизации и особенностей происхождения минералов помогает понять суть геологических процессов и нередко решать поисковые задачи.

49 Киселев С.Л., Лагарькова М.А.**Эмбриональные стволовые
клетки человека**

Несмотря на большие успехи в разработке клеточных технологий на основе эмбриональных стволовых клеток человека, их широкое практическое применение станет возможным только после длительных клинических испытаний.

56 Корсун О.В., Дубатов В.В.**Реликтовая дубовая роща
в Забайкалье****Заметки и наблюдения****62 Булавинцев В.И.****Кавказский заповедник,
или Девять дней суровой сказки****65 Сычева С.А.****Жизненный путь микулинской балки****Биография современника****73 «Я — МЕЖДУ ДВУХ МИРОВ»****М.В.Гусев****Из книги «Избранное» (74)****Скулачев В.П.****Друг мой, Миша Гусев (75)****79****Новости науки**

Предстоящий солнечный максимум будет очень мощным (79). Пылевой диск вокруг нейтронной звезды (80). «Полосатые» дюны Титана (80). Перегретый лед (81). Сигареты с нанотрубным фильтром (81). Вирусы на службе у нанотехнологий (82). Кремний: вторая жизнь? (82). Газоразрядная лампа с катодом из нанотрубок (83). Терморегуляция и окраска чешуйчатых пресмыкающихся. Семенов Д.В. (83). Загрязнение окраинных морей на северо-западе Тихого океана (84). Особенности накопления осадков в Азовском море (85). Былые землетрясения Закаспия — фактор риска для нефтегазового комплекса (85). Позднелидовое похолодание вызвал паводок? (86).

Коротко (32, 55, 61, 72)**Рецензии****87 Козенко А.В.****«Камни с неба»****90****Новые книги****Встречи с забытым****92 Баскин Л.М.****Зубры в эвакуации**

CONTENTS:

3 ON STARS AND GALAXIES

Eremeyeva A.I.

**175th Anniversary of Sternberg
Astronomical Institute**

Chernin A.D.

**Internal Symmetry of the Universe
(10)**

Cherepashchuk A.M.

Demography of Black Holes (16)

Lipunov V.M.

**Gamma-bursts, Russian Village
and the First Robotic Telescope
in Russia (26)**

33 Korenberg E.I.

**Origin of Pathogens Causing
Infections with Natural Focality**

For many microorganisms inhabiting natural ecosystems humans are random hosts and biological deadlock. Why and how these microorganisms managed to develop pathogenicity?

41 Portnov A.M.

**Minerals as Indicators of Geologic
Processes**

Study of crystallization conditions and characteristic properties of minerals genesis allows to understand nature of geologic processes and often is useful in prospecting.

49 Kiselev S.L., Lagar'kova M.A.

Human Embryonic Stem Cells

In spite of important progress in developing cellular technologies based on human embryonic stem cells their widespread practical use will become possible only after long-term clinical trials.

56 Korsun O.V., Dubatolov V.V.

Relict Oak-Wood in Transbaikalia

Notes and Observations

62 Bulavintsev V.I.

**Caucasus Natural Preserve, or Nine
Days of Stern Tale**

65 Sycheva S.A.

Course of Mikulinskaya Hollow Life

Biography of Our Contemporary

73 «I STAY BETWEEN TWO WORLDS»

M.V.Gusev

From the Book «Selection» (74)

Skulachev V.P.

My Friend, Misha Gusev (75)

79

Scientific News

The Next Solar Maximum Will Be Very Intense (79). Dust Disc around Neutron Star (80). «Striped» Dunes of Titan (80). Overheated Ice (81). Cigarettes with Nanotube Filter (81). Viruses Serve Nanotechnology (82). Silicone: The Second Life? (82). Discharge Tube with Nanotube Cathode (83). Thermoregulation and Coloration of Scaly Reptiles. **Semenov D.V.** (83). Pollution of Marginal Seas at Northern-Western Pacific. (84). Character of Sediment Accumulation in Sea of Asov (85). Past Earthquakes in Trans-Caspian Region Are Risk Factors for Oil-Gas Complex (85). Was the Younger Dryas Triggered by a Flood? (86). In Brief (32, 55, 61, 72)

Book Reviews

87 Kozenko A.V.

«Stones from Skyes»

90

New Books

Encounters with Forgotten

92 Baskin L.M.

Bisons in Evacuation

О ЗВЕЗДАХ И ГАЛАКТИКАХ

Государственному астрономическому институту им. П.К.Штернберга — 175 лет

А.И.Еремеева,

кандидат физико-математических наук

*Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга
Москва*

Начало

История Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга (ГАИШ), ныне крупнейшего астрономического центра России, тесно связана с жизнью Московского университета [1]. Преподавание в нем астрономии как отдельной дисциплины началось в 1791 г., но за отсутствием наблюдательной базы она излагалась лишь «в теории» [2]. Известно несколько попыток создать при университете астрономическую обсерваторию — на Воробьевых горах — еще в 1774 г. (!), затем в районе Сухаревой башни. К сожалению, эти попытки оказались безуспешными. Лишь в 1804 г. попечителю университета М.Н.Муравьеву, пригласившему из Германии астронома Х.Ф.Гольдбаха на должность профессора, удалось сделать реальный шаг — добиться того, что на крыше главного корпуса университета была устроена временная учебная обсерватория в виде деревянного «бельведера» [3].

Основание новой каменной обсерватории, пригодной и для учебной, и для научной работы, будущей родоначальницы ГАИШ, связано с именем Дмитрия Матвеевича Перевощикова, вто-



Новый ГАИШ на Воробьевых горах.

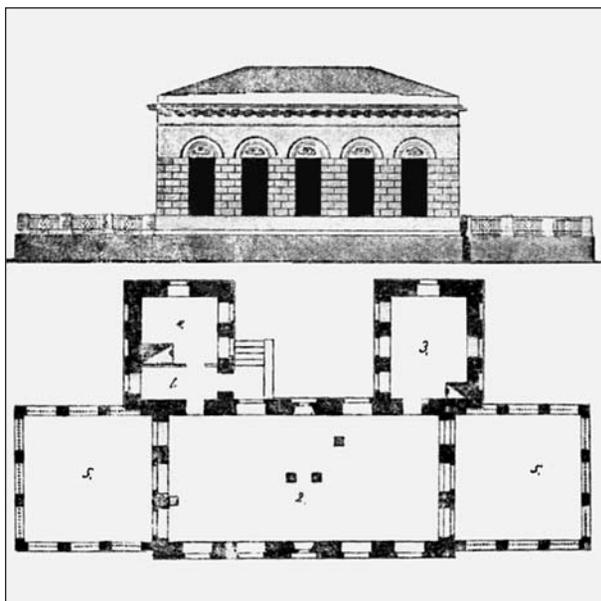
рого после Гольдбаха астронома-специалиста в Московском университете. Выпускник Казанского университета, Перевощиков стал в дальнейшем крупным небесным механиком, ректором университета и экстраординарным академиком. Ему принадлежат первые отечественные учебные курсы по астрономии [4].

Второе рождение Астрономической обсерватории

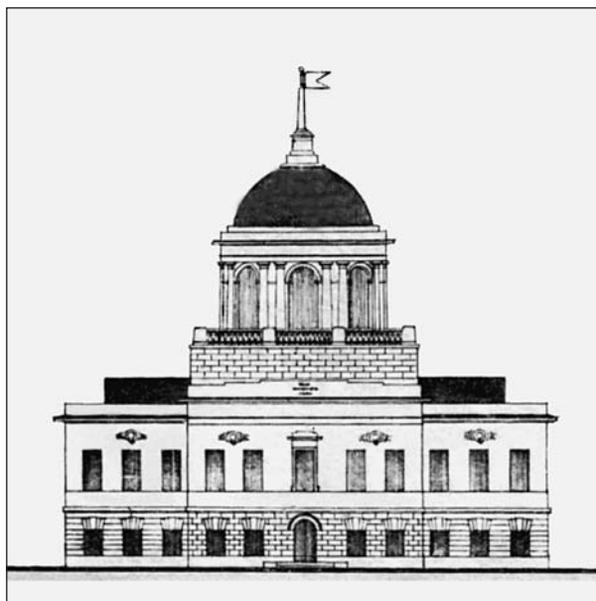
После ознакомления с главными тогда обсерваториями России — в Дерпте и Петербур-

ге — Перевощиков в 1824 г. составляет план каменной обсерватории, намечает направление ее деятельности, список необходимых инструментов, главным из которых предполагался большой меридианный круг. Его идеи превращает в конкретный проект архитектор Д.Г.Григорьев, участвовавший в восстановлении Москвы после пожара 1812 г., уничтожившего и главное здание университета (вместе с астрономическим «бельведером»).

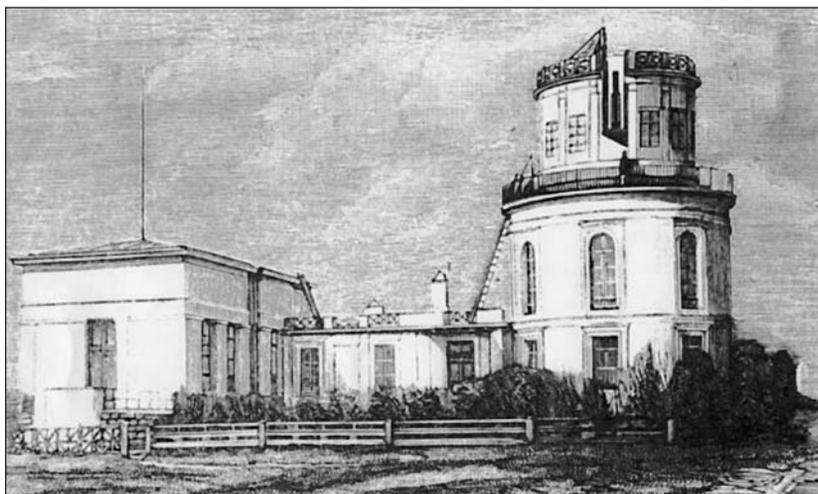
Новый попечитель университета А.А.Писарев склоняет в 1827 г. купца-мецената, греческого дворянина и почетного члена Московского университе-



Эскиз фасада и план Астрономической обсерватории, выполненный Д.Г.Григорьевым в 1825 г. по идее Перевощикова.



Проект Перевощикова временной деревянной обсерватории над жилым корпусом Московского университета (1827).



Астрономическая обсерватория в период 1859—1895 гг.

та Зоя Павловича Зосиму передать именно университету (а были и другие претенденты!) участок своей земли — «дачи на Трех Горах» в прекрасном месте, на Пресненской возвышенности над Москвой-рекой. Но дело затягивается, и Перевощиков предлагает проект временной дешевой деревянной учебной обсерватории на крыше

жилого корпуса университета [5]. В конце концов, ему удалось все-таки отстоять первоначальную идею.

Строительство обсерватории на Пресне, начатое осенью 1830 г., было «приведено к окончанию» в ноябре 1831 г. В комплекс зданий входил специальный одноэтажный корпус с раскрывающимся разрезом в на-

правлении север – юг (для меридианного круга) и жилой двухэтажный «профессорский» дом в стиле русского ампира (любимый стиль архитектора Григорьева).

Оборудование обсерватории инструментами, вначале более скромное, чем было задумано, значительно обогатилось при двух больших ее реконструкциях (на каждую было выделено по 100 тыс. рублей). Первая была инициирована самим Перевощиковым, начата вторым директором обсерватории А.Н.Драшусовым и завершена в 1859 г. третьим директором Б.Я.Швейцером. Главным дополнением стала круглая двухэтажная башня (архитектор Авдеев) для 4-дюймового рефрактора Фраунгофера под железным вращающимся куполом-павильоном. При Швейцере, с приобретением нового 10.5-дюймового рефрактора Мерца, «павильон» был заменен на деревянную башню, изготовленную в Пулковке. Из описания обсерватории Швейцером видно, что она представляла собою подлинный шедевр [6]. Для внутренней от-

делки меридианного зала использовался «коломенский мрамор», плафон украшали цветные звезды, а по верхней части стен шли изображения знаков зодиака, были указаны годы строительства и перестройки обсерватории. Необычным был предохранительный над меридианным кругом (от внезапного дождя, от пыли) «большой дубовый балдахин с пунцовыми занавесками», который при наблюдениях откатывался по рельсам к востоку. Меридианный разрез в стенах и на крыше перекрывался подвижными «клапанами». С восточной и западной сторон здания располагались открытые террасы для переносных инструментов.

Уникально устройство круглой двухэтажной башни. В середине ее шла «полая цилиндрическая каменная стена толщиной в 2.3 фута», которая начиналась в подвальном этаже в виде сплошного цилиндра «на материке» и завершалась на втором этаже «толстым мраморным пластом», на котором были установлены шесть мраморных столбов, художественно оформленных. «Малый свод» над ними,

расписанный «по голубому фону позолоченными звездами», служил основанием для фундамента рефрактора. Внутри цилиндра шла решетчатая чугунная винтовая лестница художественного литья. Вся эта конструкция сохраняется до сих пор. На сводчатом потолке второго этажа (в библиотеке обсерватории) были размещены в виде медальонов изображения важнейших инструментов с именами их изобретателей, выполненные в 1847 г. художником И.Коломбо.

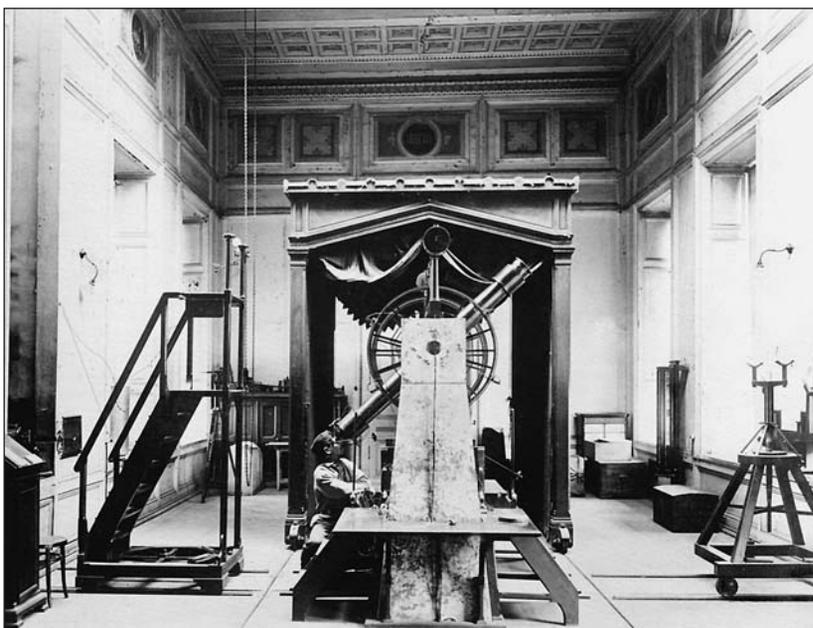
Вторая перестройка обсерватории была проведена В.К.Цераским (директором в 1890—1915 гг.). Главное теперь цилиндрическое здание стало трехэтажным, а под его новым металлическим куполом в 1900 г. установили самый крупный тогда в России 15-дюймовый двойной (с визуальной и фотографической трубами по 6 м длиной) длиннофокусный рефрактор-астрограф двух знаменитых фирм — братьев Анри (оптика) и братьев Репольдов (параллактическая монтировка). Он прослужил три четверти века и ныне после реставрации



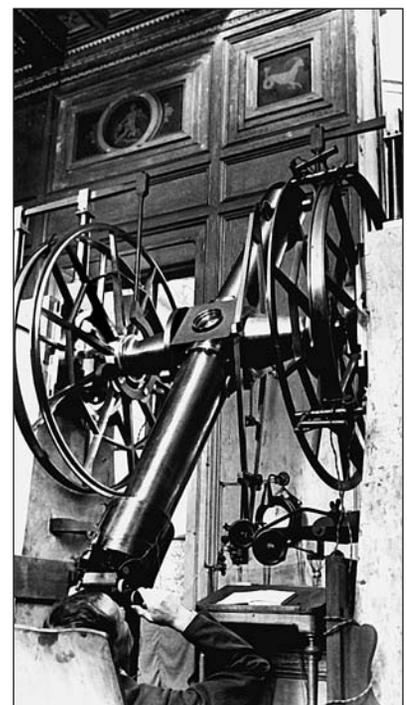
Дмитрий Матвеевич Перевощиков.

в 1990-е годы остается действующим музейным экспонатом.

Эта последняя дореволюционная перестройка обсерваторского комплекса началась в 1895 г., когда на средства соученика Цераского по университету купца А.А.Назарова была выстроена немецкой фирмой братьев Гейде башня (известная как «назаровская»), оснащенная на его же средства 7-дюймовым рефрактором [7]. В фотоархиве



Меридианный зал. Дубовый предохранительный балдахин над меридианным кругом (слева). Меридианный круг (справа).





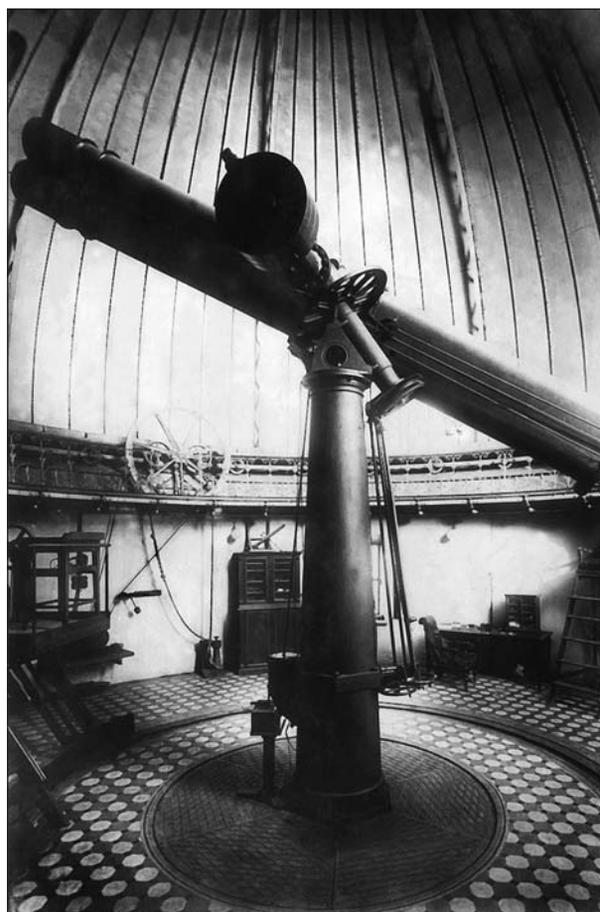
Витольд Карлович Цераский.



Астрономическая обсерватория к началу XX в.



Александр Александрович Назаров (справа) и Константин Николаевич Козырев, один из покровителей любительской астрономии.



Главный инструмент обсерватории — двойной 15-дюймовый астрограф.

ГАИШ недавно обнаружен неизвестный прежде портрет Назарова. В 1895 г. к главному зданию была пристроена северная аудитория с хорами. В 1903 г. обновлением довольно сложного механизма для раскрывающейся крыши меридианного зала руководил В.Г.Шухов (автор знаменитой Шуховской башни на Шаболовке в Москве). В 1979 г. комплекс зданий обсерватории «старого ГАИШ» был поставлен на государственную охрану как памятник архитектуры. Но, увы, к этому времени перестройка 1946—1952 гг., а затем и более позднее вмешательство не только изменили внешний вид обсерватории, но и уничтожили уникальность внутреннего оформления и меридианного зала, и северной аудитории.

Научная жизнь

Исследовательская работа началась при Швейцере. Астрометрист и картограф, исследователь комет, он положил начало гравиметрическим исследованиям, открыв московскую аномалию силы тяжести. Наиболее глубокий след в деятельности обсерватории оставил Ф.А.Бредихин (директор в 1873—1890 гг.), заложивший основы московской астрофизической школы. Он создал первую механическую теорию хвостов комет, был российским пионером спектральных исследований Солнца и газовых (планетарных) туманностей. При нем с 1874 г. стали выходить «Анналы Московской обсерватории» (на русском, французском, немецком и итальянском языках). Здесь же начал работать его ученик, выдающийся астрофизик А.А.Белопопольский. Сменивший Бредихина другой его ученик, Цераский, член-корреспондент Академии наук с 1914 г., создал московскую школу астрометрии и школу исследователей переменных звезд. Он открыл серебристые

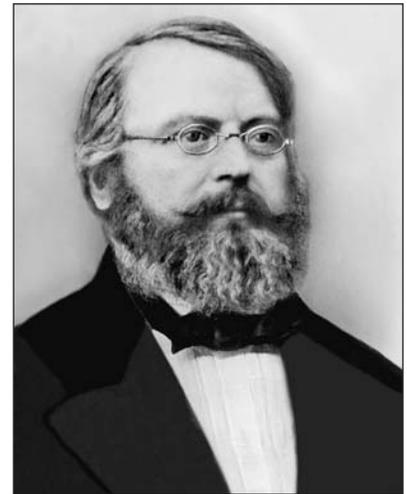
облака, впервые экспериментально оценил нижнюю границу температуры поверхности Солнца и определил его видимую звездную величину.

Еще один ученик Бредихина, П.К.Штернберг был талантливым астрометристом-звездником, уточнил широту Москвы ($55^{\circ}45'19.802''$), начал исследования движения полюсов, выдвинув идею создания Службы широты (впоследствии реализована в виде мировой сети). Наибольшую известность он получил как гравиметрист (открыл гравитационную аномалию — «разрез Штернберга»). Однако, пленившись идеей революционного обновления России, он пожертвовал в дальнейшем и своей научной карьерой, и самой жизнью, соединив свое имя в истории страны с восхищением одних и проклятиями других. Он погиб в 1920 г. в Сибири, будучи членом Реввоенсовета Восточного фронта, после чего университетской обсерватории было присвоено его имя.

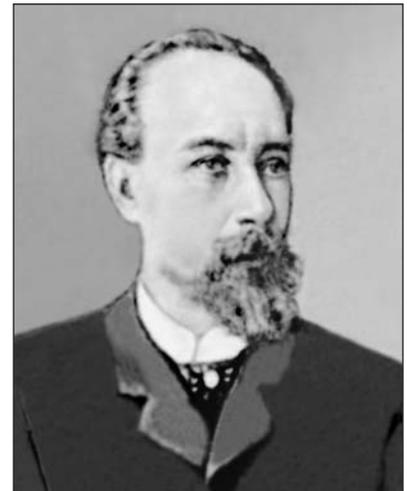
С 1920 г. последним директором обсерватории стал ученик Цераского, астрометрист и исследователь переменных звезд, автор фундаментальных астрономических курсов С.Н.Блажко (с 1929 г. член-корреспондент АН СССР).

Все директора обсерватории были и профессорами университета. В обсерватории работали профессора МГУ: А.А.Михайлов, астрометрист, будущий академик и директор Пулковской обсерватории; С.А.Казаков, астрометрист, небесный механик, специалист в области теории определения орбит комет и планет. Вместе с тем недостаточное финансирование приводило к «утечке» кадров. В конце XIX в. уехал в Киев талантливый астроном М.Ф.Хандриков; А.А.Белопопольский, а затем и Бредихин перешли в Пулковскую обсерваторию, где стали академиками и в разные годы были ее директорами.

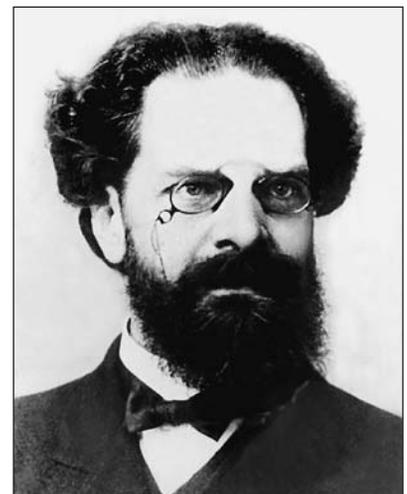
В начале 1920-х годов в системе МГУ была создана сеть на-



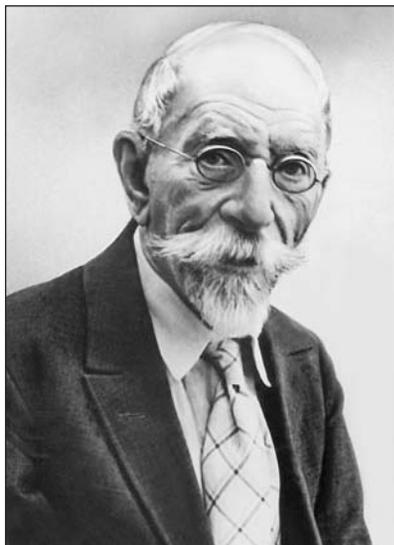
Богдан Яковлевич Швейцер.



Федор Александрович Бредихин.



Павел Карлович Штернберг.



Сергей Николаевич Блажко.



Василий Григорьевич Фесенков.

учно-исследовательских институтов и среди них Астрономо-геодезический (АГНИИ), базировавшийся на территории Обсерватории (его директором также был Блажко). Едва ли не в частной московской квартире ютился первый в России Астрофизический институт (ГАФИ), созданный в 1922 г. главным образом по инициативе В.В.Стратонова и возглавлявшийся после его высылки из страны

В.Г.Фесенковым. Именно по инициативе последнего в результате объединения обсерватории и двух вышеназванных институтов в 1931 г. был создан Объединенный астрономический институт, унаследовавший имя П.К.Штернберга (ОГАИШ до 1932 г., в дальнейшем ГАИШ) [8]. В состав его вошла и подмосковная астрофизическая обсерватория, организованная в 1924 г. Фесенковым в Кучине. До 1956 г. ГАИШ состоял при мехмате МГУ (где было создано астрономическое отделение из нескольких кафедр).

Несмотря на трудности и потрясения 30-х годов, затронувшие отчасти и ГАИШ, в нем уже тогда стали разворачиваться работы прежде всего звездно-астрономического и астрофизического направлений, в значительной степени стимулированные энергией и энциклопедичностью ее первого «астрономического» директора академика Фесенкова (самым первым директором института был назначен неастроном А.А.Канцеев). После тотальных репрессий в Пулковке в ГАИШ сосредоточились пионерские исследования газовых (планетарных) туманностей (Б.А.Воронцов-Вельяминов); институт становился центром исследований в звездной динамике и особенно в изучении переменных звезд (П.П.Паренаго и Б.В.Кукаркин); в нем, наряду с традиционной астрометрией, развивались новые направления — небесная механика и динамическая космогония под руководством Н.Д.Моисеева; кометная астрономия под руководством С.В.Орлова; морская гравиметрия, инициатором которой был Л.В.Сорокин. Штат ГАИШ перед войной насчитывал немногим более 70 научных сотрудников.

В годы Великой Отечественной

Добровольцами и по призыву ушли на фронт 16 сотрудни-

ков ГАИШ — профессора, аспиранты, студенты. Десять из них не вернулись. Среди добровольцев были две женщины. Одна — третьекурсница, ученица С.Н.Блажко Женя (Евгения Максимовна) Руднева (1920—1944), легендарная летчица, Герой Советского Союза посмертно. Другая — Татьяна Вениаминовна Водопьянова (1901[3]—1977). Она прошла через немецкий плен (куда попала, спасая раненых), а затем через сталинские тюрьмы и лагерь [9]. Даже на передовой доброволец-фронтовик Г.Ф.Ситник оставался ученым — в 1942 г. он предложил эффективно работавший метод засечки вражеских орудий.

В октябрьские дни 1941-го, когда немцы уже разглядывали в бинокли московские здания, две далеко не молодые сотрудницы ГАИШ А.С.Миролюбова и М.А.Смирнова, жившие в обсерватории на Пресне, несли Службу времени, успевая бороться с бомбами-зажигалками. Фугасной бомбой был все же пробит купол башни. Но ни одно деревянное здание не сгорело! После войны их героизм был отмечен орденами Ленина.

Вехой в судьбе ГАИШ стала эвакуация. В глубоком тылу, в Свердловске, сотрудники налаживали новую, так необходимую и фронту, и тылу Службу времени; участвовали в создании новых научных астрономических центров (так, В.Г.Фесенков организовал академический Институт астрофизики в Алма-Ате; его помощниками стали Б.А.Воронцов-Вельяминов и Н.Н.Парийский). Школа разведочной гравиметрии Л.В.Сорокина сыграла важную роль в обеспечении страны нефтью. В штурманских школах работали профессор Б.В.Кукаркин и П.П.Паренаго. После возвращения в 1944 г. из эвакуации студенты-астрономы, как и другие, самоотверженно трудились на лесозаготовках...

Но и после победы жизнь института не текла спокойной ре-

кой. Борьба с космополитизмом и другие «перегибы» многих оставляли без работы. Но все же порядочность, заложенная в коллективе при руководстве Фесенкова, спасла многих. А спустя годы, в августовские ночи 1991 г., сотрудники ГАИШ были среди защитников Белого дома, и наш завхоз рядом расположенной старой Пресненской обсерватории Клавдия Ивановна Туровская успевала подкормить их до наступления «комендантского часа»...

Новый ГАИШ

До 1953 г. ГАИШ располагался на территории Астрономической обсерватории на Красной Пресне. В 1954 г. преобразованный в самостоятельное подразделение МГУ, он переехал в свое новое здание на Ленинских (Воробьевых) горах, по соседству с которым был построен и новый обсерваторский комплекс. В 1956 г. астрономическое отделение было переведено на физический факультет МГУ.

В настоящее время ГАИШ — это научно-исследовательское и одновременно учебное учреждение в составе МГУ. На базе ГАИШ астрономическое отделение физического факультета готовит специалистов-астрономов. В структуре его 11 отделов (звездной астрофизики, релятивистской астрофизики, радиоастрономии, физики Солнца, исследований Луны и планет, физики эмиссионных звезд и галактик, изучения Галактики и переменных звезд, астрометрии, службы времени, небесной механики, гравитационных измерений) и 9 лабораторий. Одна из них — Краснопресненская — включает в себя Сектор истории астрономии, в старой обсерватории располагается музей ГАИШ.

Штат ГАИШ насчитывает более 400 сотрудников, в их числе 36 докторов и 136 кандидатов наук. Свыше двух десятилетий

институт возглавляет астрофизик-теоретик, ныне академик А.М.Черепашук.

Особую роль для понимания физики нашей Вселенной издавна играло изучение переменных звезд различной природы. ГАИШ признан международным центром их исследования. Новым направлением здесь стало исследование тесных двойных звезд с релятивистским компонентом, возможно, открывающее путь к раскрытию природы таинственных черных дыр. Мировое признание получила московская звездно-астрономическая школа, включающая звездную динамику и звездную космогонию. Мощным инструментом служит радиоастрономия, позволившая проникнуть в ядра галактик, недоступные для оптики.

ГАИШ стал одним из ведущих космологических центров, где разрабатывается теория крупномасштабной структуры Вселенной, концепция горячей Вселенной; предсказана недавно открытая анизотропия реликтового излучения и наблюдательные следствия современной инфляционной модели Вселенной.

В ГАИШ с началом космической эры были созданы первые в мире (1973) карта и атлас невидимой с Земли обратной стороны Луны, впервые сфотографированной отечественной межпланетной станцией (1959); создан полный глобус Луны, осуществлены космические эксперименты с искусственной кометой и «Луноходом-2». Создан новый каталог кольцевых структур Марса. Астрономы ГАИШ включились в поиски и исследования экзопланетных систем (к настоящему времени в мировой астрономии они открыты уже у нескольких сотен звезд).

В ГАИШ была построена высокоточная теория движения искусственных спутников Земли, ставшая основой спутниковой геодезии. Служба времени перешла от кварцевых к много-

кратно более точным атомным часам и от визуальных к фотоэлектрическому методу наблюдения за суточным движением звезд. Наряду с практическими задачами, новой целью Службы времени стало изучение неравномерности вращения самой Земли.

Новые успехи достигнуты в гравиметрии. В последние годы изучены тонкие эффекты вращательного движения Земли (ее нутация). Главным опорным гравиметрическим пунктом России (и всей территории бывшего СССР) стал московский, на старой Краснопресненской обсерватории, обновленный новыми абсолютными измерениями силы тяжести. Ускорение свободного падения определено баллистическим гравиметром, и установлен государственный геодезический знак. Перечисление всего, что в последнее время достигнуто институтом, конечно, нереально в рамках статьи для популярного журнала. Можно лишь добавить, что огромна печатная продукция института, включающая научные монографии, учебные курсы, научно-популярные книги и статьи. Работы сотрудников ГАИШ отмечались государственными и международными премиями, премиями МГУ и Академии наук.

Институт располагает рядом наблюдательных баз: в горном Крыму (ныне Лаборатория им.Э.А.Дибая); на Северном Кавказе (лаборатория на радиотелескопе РАТАН-600 и Баксанская станция, обслуживающая 100-метровый лазерный интерферометр института). До распада СССР ГАИШ располагал также созданными при его участии двумя высокогорными наблюдательными базами в Узбекистане на горе Майданак (с 1.5-метровым телескопом) и в Казахстане близ Алма-Аты (два 1-метровых цейссовских телескопа). Работа на первой базе проводится и в настоящее время в содружестве с узбекскими астрономами.

На Северном Кавказе близ Кисловодска идет сооружение новой наблюдательной базы — Кавказской горной обсерватории (КГО) ГАИШ, для которой зарубежными фирмами создается рефлектор с объективом в 2.5 м.

На базе института ведет свою обширную деятельность Международное астрономическое общество, которое издает свой печатный орган (на английском языке) и пользуется мировым авторитетом.

К своему 175-летию институт приходит не только почтенным старейшиной среди отечественных астрономических учреждений, но и активным источником новых идей, открытий, новых специалистов. ■

Литература

1. *Бугаевский А.В.* История основания астрономической обсерватории Московского университета // Историко-астрономические исследования (ИАИ). Вып. XVI. 1983.
2. *Бугаевский А.В.* Выбор места двух старинных русских обсерваторий // ИАИ. Вып. XVII. 1984.
3. *Пономарева Г.А., Щеглов П.В.* Преподавание астрономии в Московском университете в XVIII — начале XIX вв. // ИАИ. Вып. XXV. 2000.
4. *Перель Ю.Г.* Юбилей отечественной астрономии в 1955 г. (Д.М.Перевощиков) // Астрон. календарь на 1955 г. М., 1954.
5. *Галактионова Н.В.* Историческая записка: Обсерватория МГУ (ГАИШ). Проект реставрации. Т. II. Кн. 5.
6. *Швейцер Б.Я.* Описание обсерватории Московского университета и его главных инструментов. Речь, написанная для университетского акта, 12 января 1866 г. М., 1866.
7. *Бугаевский А.В.* Московская университетская обсерватория // Очерки истории отечественной астрономии. С древнейших времен до начала XX в. Киев, 1992.
8. Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (Краткий историко-научный справочник) к 250-летию МГУ. М., 2004.
9. Астрономия на крутых поворотах XX века. Дубна, 1997.

Внутренняя симметрия Вселенной

А.Д.Чернин

Из чего сделана Вселенная? Аристотель, а за ним и другие мудрецы классической древности, на этот вопрос отвечали так: все в мире состоит из четырех стихий — огня, воды, воздуха и земли. Удивительно, но в космологии наших дней тоже есть ровно четыре стихии, или, как их сейчас называют, космические энергии, из которых построено все на свете. Одна из новых стихий космологии — космический вакуум, открытый

совсем недавно, в 1998—1999 гг. Он вносит наибольший вклад в энергию современной Вселенной, сколь неожиданно это ни звучит. Дело в том, что вакуум в физике — не пустота, а особая среда, в которую погружены все тела природы. Космический вакуум обладает определенной энергией, и на нее действительно приходится приблизительно 70% полной энергии мира. Исследования реликтового излучения, наблюдения далеких вспышек сверхновых звезд, изучение темных гало галактик и скопле-

ний явно указывают на это. Три другие энергии Вселенной — темное вещество, которое вносит 25% (округленно), «обычное» вещество, которое дает 4%, и излучение, вклад которого весьма мал — 0.01%.

Эти процентные доли относятся к современному состоянию мира; в ходе эволюции Вселенной они изменялись из-за общего космологического расширения. Например, в ранней Вселенной, при возрасте мира в несколько минут, начиная с которого история мира уверенно

прослеживается современной наукой, доля вакуума была близка к нулю, доля же излучения приближалась к 100%. Такой переменный рецепт космической смеси кажется слишком сложным, случайным, а то и странным или даже абсурдным. Но это только на первый взгляд. Мы увидим, что на самом деле за всем этим скрывается простая и не зависящая от времени закономерность. Закономерность эта представляет собой особого рода симметрию, которая — в отличие от знакомых всем геометрических симметрий — не касается пространственно-временных отношений. Симметрии негеометрического характера называют внутренними симметриями. Простой пример внутренней симметрии давно известен в физике элементарных частиц: она объединяет протон и нейтрон, несмотря на их очевидные различия, в единое целое — дублет нуклонов. Внутренняя симметрия в космологии объединяет четыре космические энергии и указывает на существование в природе не известных ранее глубинных связей.

Четыре энергии

Начнем с краткой сводки современных данных о четырех космических стихиях. Скажем сразу, что наши сведения по большей части скудны и неопределенны. Прежде всего это касается физической природы и микроскопической структуры космических энергий. В рамки современной фундаментальной физики укладываются только обычное вещество и излучение, на которые приходится всего чуть больше 4% полной энергии Вселенной. Обычное вещество — это протоны, нейтроны и электроны, из которых состоят Земля и все, что на ней, включая и нас самих, а также планеты и звезды. Это вещество принято называть барионным (хотя электроны к барионам, т.е. тяжелым частицам, и не относятся).

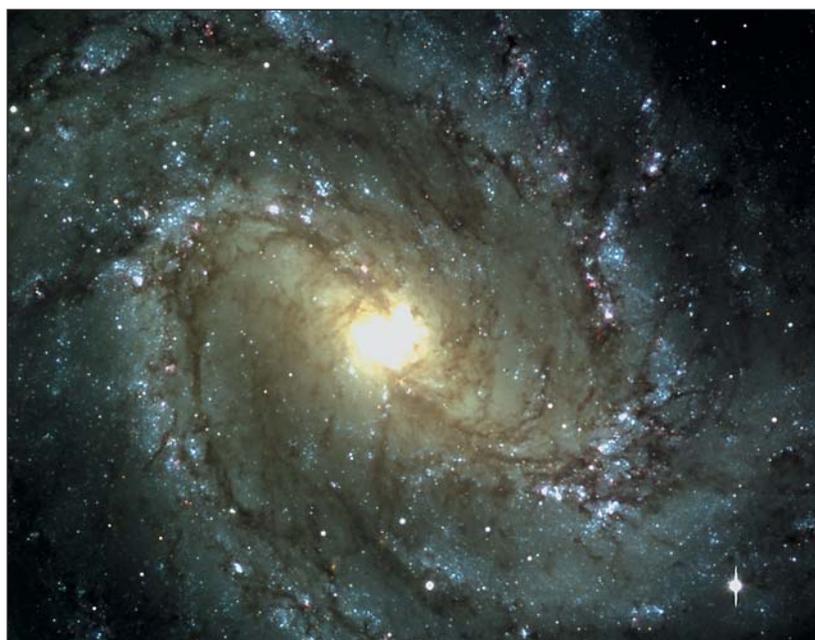


Артур Давидович Чернин, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ГАИШ. Область научных интересов — космология, физика галактик.

Но даже и с барионами далеко не все ясно. Главный вопрос: почему в мире имеются протоны и нейтроны, но не наблюдаются в тех же количествах антипротоны и антинейтроны? Ведь согласно одному из фундаментальных законов физики, в природе должно иметь место равноправие между частицами и античастицами. То же относится, разумеется, и к электронам: их античастицы позитроны — большая

редкость в естественных условиях. Возможный путь к решению проблемы был намечен А.Д.Савхаровым и В.А.Кузьминым более 30 лет назад; с тех пор многое в этом направлении было сделано теоретиками разных стран, но полного и окончательного ответа на вопрос до сих пор нет.

С излучением дела обстоят намного лучше — оно определенно представляет собой остаток, реликт некогда плотного



Спиральная галактика Мессье 83 и подобные ей звездно-газовые системы демонстрируют сложность и разнообразие поведения барионного вещества во Вселенной. Но не оно — главное действующее лицо нашего мира. Основную роль в динамике Вселенной играют ее невидимые компоненты: темное вещество и темная энергия, о структуре и свойствах которых мы пока знаем очень мало.

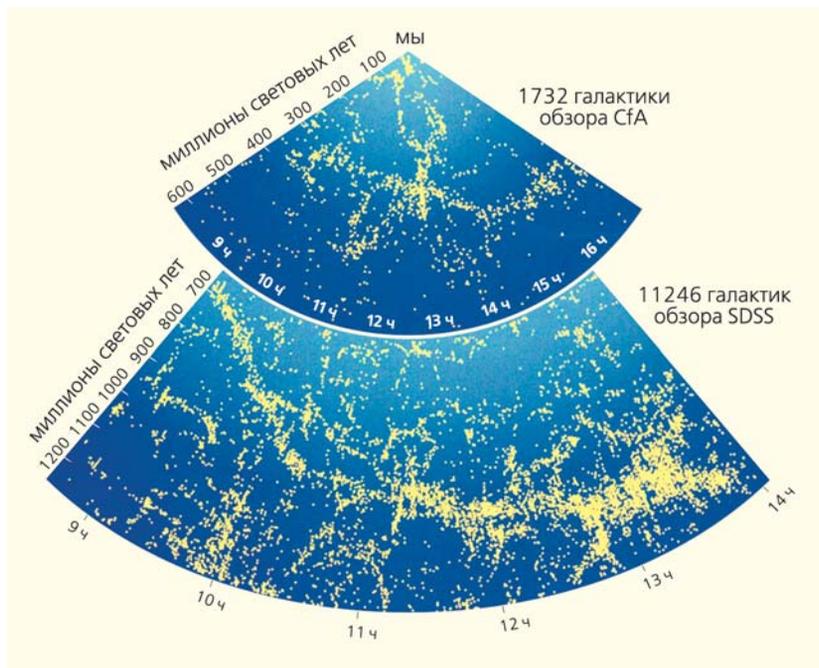
и очень горячего состояния вещества на ранних этапах эволюции Вселенной. Это было угадано Г.А.Гамовым в 1940—1950-е годы и подтверждено дальнейшими прямыми наблюдательными открытиями. Излучение — это фотоны и нейтрино (а возможно, и гравитоны), которые находились в термодинамическом равновесии с веществом и тоже были очень горячими в далеком прошлом. Затем, в ходе космологического расширения, излучение охладилось до наблюдаемой сейчас очень низкой температуры — всего около 3 К (фотоны) или 2 К (нейтрино). При этом сами фотоны и нейтрино не исчезли, и их полное число сохранилось до наших дней (о том, по какому объему считать частицы, — см. ниже). Этих частиц довольно много — приблизительно тыся-

ча в каждом кубическом сантиметре пространства. Излучение почти идеально равномерно заполняет весь объем Вселенной, тогда как барионы (и темное вещество) собраны в сгущения разного пространственного масштаба, которые и образуют все наблюдаемое многообразие космических систем.

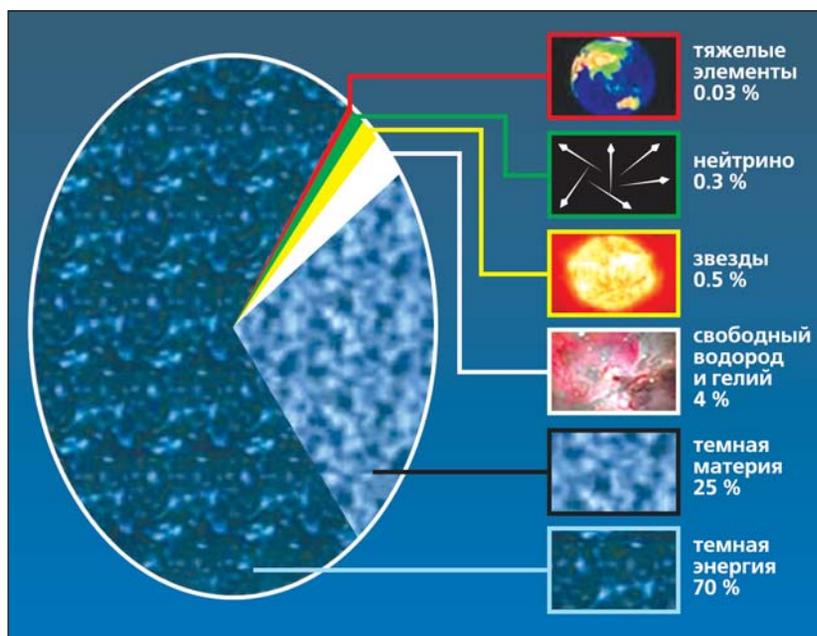
Число барионов тоже сохраняется при расширении мира, но их «поштучно» гораздо меньше — всего одна частица на кубический метр пространства. Отношение числа фотонов к числу барионов — огромное безразмерное «барионное число», равное по порядку величины миллиарду. Из-за неясности с антибарионами (см. выше) его физическая природа представляет собой большую загадку космологии и фундаментальной физики.

Что касается темного вещества, то оно целиком остается вне рамок «стандартной модели» физики элементарных частиц — нынешняя фундаментальная физика ничего подобного не предусматривает. Темное вещество до сих пор ускользает от прямого физического эксперимента, несмотря на многолетние усилия в этом направлении. Но надежно установлено, что его в природе по крайней мере в пять-шесть раз больше по массе, чем обычного вещества. Темное вещество заполняет огромные объемы вокруг галактик, их групп и скоплений. Оно не светится и проявляет себя только своим тяготением. В космологии обычно предполагается, что носителями темного вещества служат неизвестные пока стабильные элементарные частицы довольно большой массы, приблизительно в тысячу раз превышающей массу протона. В отличие от протонов и нейтронов, эти частицы не чувствуют «сильных» ядерных сил, но участвуют, как и электроны, в электрослабом взаимодействии. Темные частицы, будучи, как и фотоны с барионами, стабильными, сохраняются в ходе космологического расширения. Главная загадка здесь — почему природа так любит эти частицы, что отдает им сейчас четверть всей своей энергии?

Но самая трудная проблема фундаментальной физики и космологии — природа и микроскопическая структура космического вакуума. Энергию вакуума принято называть темной энергией, и она действительно темна — не излучает, не отражает и не поглощает света, так что ее невозможно увидеть. Она проявляет себя только тем, что создает... антитяготение. По этому динамическому эффекту она и была обнаружена на самых больших космологических расстояниях [1, 2]. Тот же эффект позволил заметить ее присутствие и в нашем ближайшем галактическом окружении, на расстояниях в 1—3 Мпк [3, 4].



Распределение галактик (желтые точки) в тонком слое Вселенной, «просканированном» с помощью двух обзоров красных смещений галактик — обзора Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра (CfA) и Слоановского цифрового обзора неба (SDSS). Наша Галактика находится в вершине клиновидных карт, расстояние от нее указано в миллионах световых лет. Как видим, в масштабе миллиарда световых лет распределение вещества во Вселенной еще весьма неоднородно: видны скопления и сверхскопления галактик, объединенные в несколько «великих стен», протянувшихся по прямому восхождению (которое указано в часах дуги).



Процентный состав Вселенной (по массе).

Веками говорили: тяготение — сила, что движет мирами. Теперь же приходится признать, что и расширением Вселенной как целого, и движением галактик вблизи нас управляет не тяготение, а антитяготение (подробнее об этом см., например, в книге [5]).

Антитяготение до недавнего времени не выдавало себя ни в астрономических наблюдениях, ни в физическом эксперименте. Но в теоретической физике о нем говорят и спорят давно — с тех пор как в 1917 г. Эйнштейн добавил в уравнения общей теории относительности «космологическую постоянную». Она-то и описывает антитяготение как силу взаимного отталкивания, действующую между всеми телами природы. Эту силу создают не сами тела, а темная энергия вакуума, в которую тела погружены. Плотность темной энергии прямо связана с космологической постоянной, как впервые установил Э.Б.Глинер еще в 1965 г. [6]; поэтому плотность темной энергии вакуума постоянна в пространстве и неизменна во времени.

Фридмановские интегралы

Каждой из четырех космических энергий можно сопоставить определенную физическую величину размерности длины, называемую фридмановским интегралом. Она была введена в космологию в знаменитой работе А.А.Фридмана 1922 года, с которой, как известно, и началась современная теория расширяющейся Вселенной. У Фридмана эта величина характеризовала обычное (нерелятивистское) вещество и выражалась через полное число частиц этого вещества в заданном расширяющемся объеме. Число частиц вещества сохраняется при космологическом расширении, и вместе с ним неизменным во времени оказывается и фридмановский интеграл. В точности по этому образцу мы можем ввести фридмановский интеграл для барионов, а также и еще два интеграла — один для темного вещества, а другой для излучения. Это возможно, поскольку, как мы уже говорили, число барионов, число темных частиц и число фотонов излучения со-

храняются со временем. Что же касается вакуума, то никаких частиц у него нет. Но общее правило составления фридмановского интеграла можно, как оказывается, легко распространить и на вакуум; только в этом случае в качестве сохраняющейся величины, через которую этот интеграл выражается, будет служить плотность вакуума.

Для полной определенности нужно еще договориться о том, в каком именно объеме вычисляется полное число частиц в каждом из невакуумных интегралов. Естественней всего в качестве такового взять полный объем Вселенной, доступный наблюдениям, — тогда эти три величины будут иметь «истинно космологический» смысл. Наблюдениям доступен сферический объем с радиусом порядка 10 млрд св. лет. Этот радиус называют расстоянием до горизонта мира: таков путь, который проходит свет за все время существования Вселенной, и дальше этого расстояния действительно не заглянуть. Так как современный возраст мира составляет по порядку величины 10 млрд лет, свет успевает за это время пройти расстояние, равное возрасту, умноженному на скорость света, — так и получается 10 млрд св. лет.

Возможно, последней величине принадлежит и еще более важная роль в космологии. Недавно парижский космолог (или космополог, как он сам себя называет) Ж.-П.Люмине [7] выдвинул интереснейшую идею о том, что объем реальной Вселенной не бесконечен, как чаще всего считалось до сих пор, а конечен. Последнее, разумеется, никак не мешает ему неограниченно расширяться со временем. Причем в современную эпоху радиус мира как раз (!) близок к расстоянию до горизонта. Самое важное состоит в том, что это не просто умозрительная гипотеза, каких немало уже было в прошлом: в пользу такой возможности определенно свидетельствуют не-

давние наблюдения реликтового излучения (точнее, уровня его анизотропии) на самых больших угловых масштабах. Так впервые в истории космологии было получено реальное наблюдательное указание на конечность пространства. Если идея Люмине подтвердится в дальнейших исследованиях, это станет одним из самых замечательных открытий во всей истории науки.

Как бы то ни было, вычисляя первые три фридмановские интеграла по объему с радиусом в 10 млрд световых лет, найдем, что по порядку величины их численные значения близки друг к другу, а также и к четвертому (вакуумному) интегралу. Если измерять значения фридмановских интегралов в миллиардах световых лет, то интеграл для вакуума будет равен 10, для темного вещества — 3, для барионов — 0.3, для излучения — 0.1.

Этот набор четырех чисел (слегка округленных) никак не похож на процентные доли, которыми описываются вклады четырех энергий в полную энергию мира (см. выше). Теперь рецепт космической смеси записан не в долях полной энергии, а на языке фридмановских интегралов. Так как интегралы не зависят от времени, мы имеем «вечный» рецепт, который остается одним и тем же во все времена, когда четыре энергии вообще существуют в природе. Эти четыре числа не слишком малы и не слишком велики — они порядка единицы, как принято говорить о величинах в пределах от 0.1 до 10. Так что в новом рецепте нет ничего особенного — он не кажется ни сложным, ни странным; напротив, он выглядит просто и естественно. И даже как будто не нуждается в каком-либо специальном объяснении.

Но удивительно все же, что различие четырех фридмановских интегралов так невелико. А в принципе они ведь могли бы отличаться друг от друга сколь

угодно сильно — на множество и множество порядков: никаких ограничений на этот счет не вытекает ни из каких фундаментальных принципов. Близость интегралов по порядку величины — это эмпирический факт, который прямо вытекает из совокупности конкретных наблюдательных данных о плотностях космических энергий. Причем этих данных для нашей цели оказалось достаточно, так что все загадки и неопределенности, относящиеся к микроскопической структуре четырех энергий, этому нисколько не помешали.

Численную близость фридмановских интегралов вряд ли можно считать простой арифметической случайностью. Скорее в этом факте нужно видеть указание на то, что космическая смесь — это отнюдь не случайный набор ингредиентов; между четырьмя энергиями определенно имеется нечто общее. Это общее проявляется на феноменологическом уровне в приближенном равенстве интегралов и означает наличие в природе особого рода внутренней (негеометрической) симметрии, объединяющей все четыре космические энергии.

По самому общему определению симметрия «обозначает тот вид согласованности отдельных частей, которая объединяет их в единое целое». Так говорил об этом Г.Вейль, один из крупнейших математиков ушедшего века, автор знаменитой книги о симметриях [8]. В данном случае имеются четыре весьма различные по своей физической сути космические энергии, но между ними существует определенная согласованность — приближенное равенство фридмановских интегралов, — что и объединяет их в одно целое, в квартал космических энергий. (Симметрия барионов и излучения была замечена вскоре после открытия реликтового излучения [9], а симметрия всех четырех энергий — после открытия космического вакуума [10].)

Хотя фридмановские интегралы были вычислены по современным значениям космологических величин, сами по себе они константы, а это означает, что их равенство, а с ним и внутренняя симметрия космических энергий, — неизменное свойство эволюционирующей Вселенной. Можно также убедиться, что симметрия ковариантна: она сохраняет свой смысл в любой системе отсчета. Она также устойчива — в том смысле, что не сильно зависит от тонких деталей наблюдательных данных или ошибок их определения.

Нужно еще отметить, что симметрия энергий является не строгой, а приближенной, слабо нарушенной; и это тоже одно из важных ее свойств. Как заметил Л.Б.Окунь [11], «понятие симметрии неразрывно связано с представлением о красоте. При этом истинная, высшая красота требует небольшого нарушения симметрии, придающего ей таинственный и манящий элемент незаконченности».

Проблемы и решения

Обнаружение внутренней симметрии привнесло порядок в космическую энергетику. В ней произошло, как сказал бы М.В.Ломоносов, «соединение вещей далековатых». В результате мы лучше понимаем теперь, из чего и как сделана Вселенная. Действительно, новая симметрия позволила увидеть в новом свете ряд классических и совсем свежих космологических проблем, которые до сих пор не поддавались решению и казались никак не связанными друг с другом.

Обратимся прежде всего к уже упомянутой выше проблеме большого барионного числа: почему это число столь неестественно велико? Барионное число можно выразить через фридмановские интегралы для излучения и барионов, и тогда ответ на вопрос станет очевид-

ным: это число столь велико потому, что фридмановские интегралы близки друг к другу и имеют именно те численные значения, которые имеют.

Сразу после открытия космического вакуума возникла проблема «совпадения плотностей»: почему плотность вакуума и современная плотность темного вещества почти равны? Ведь одна из них не зависит от времени, а другая падает в ходе космологического расширения. Собственно, от этих двух плотностей не так уж далеки и две другие — современные плотности барионов и излучения. Это еще один вопрос, на который симметрия космических энергий обязана дать ясный ответ, раз уж она объединяет эти энергии. И симметрия свой ответ дает. Четыре наблюдаемые плотности близки по двум причинам: во-первых, их близость в принципе возможна из-за того, что четыре фридмановских интеграла приближенно равны, и во-вторых, это случилось именно в нашу эпоху, ибо как раз в нашу эпоху фридмановские интегралы близки к радиусу (видимой) Вселенной [12].

На последнем обстоятельстве стоит остановиться. Действительно, фридмановские интегралы не зависят от времени, они константы. А радиус Вселенной растет со временем благодаря космологическому расширению. Например, при возрасте мира в несколько минут этот радиус был в миллиард раз меньше, чем сейчас. И только к нынешней эпохе он вырос настолько, что приблизился к фридмановским интегралам; он практически точно равен сейчас интегралу для вакуума. Ясно, что по этой причине современное состояние Вселенной нужно считать особенным, выделенным во всей истории мира. В чем же особенность современной Вселенной? С некоторой точки зрения эта выделенность очевидна. Действительно, Вселенная сейчас не слишком молода, так что в ней

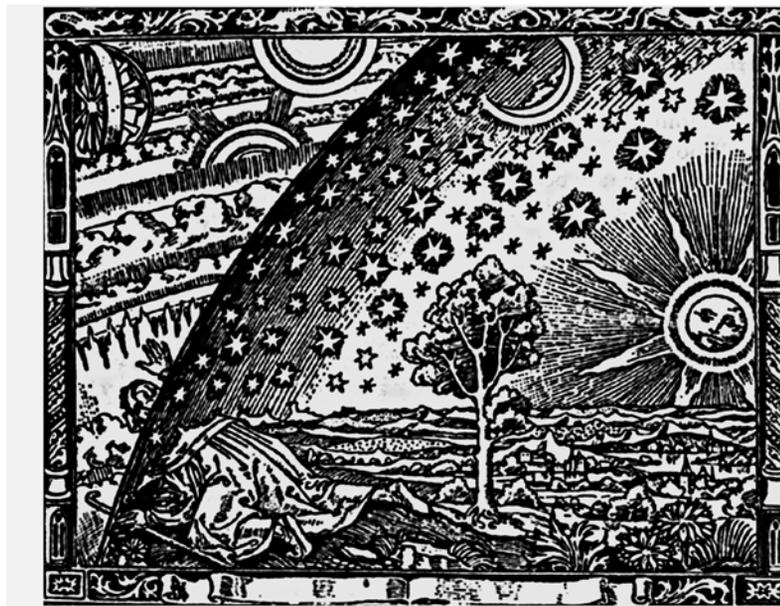
уже заготовлено достаточно углерода и кислорода, — а они нужны для зарождения и развития жизни. С другой стороны, она все еще в цветущем возрасте, так что в ней имеется много звезд, таких как Солнце, которые способны обеспечить жизнь необходимым светом и теплом. Эти соображения восходят к так называемому Антропному принципу, согласно которому наблюдаемая Вселенная такова, как она есть, потому что в ней имеется жизнь, разум и присутствуют наблюдатели — мы с вами [13]. К этому принципу можно вообще-то относиться по-разному, но одно в нем бесспорно: возможность нашего существования в мире действительно ограничена рядом условий, о которых только что сказано в самом общем виде. Эти условия можно совсем коротко суммировать так: мы существуем и притом именно сейчас, поскольку в нашу эпоху радиус мира близок к значению фридмановских интегралов. Так благодаря внутренней симметрии Антропный принцип приобретает

новый более определенный физический смысл.

Почему наблюдаемое сейчас трехмерное (сопутствующее) пространство мира почти плоское? Это одна из классических проблем космологии, поставленная еще 30–40 лет назад. Как оказывается, за видимой картиной почти эвклидова пространства Вселенной стоит в действительности баланс между тяготением вещества и анти-тяготением темной энергии [14]. Этот баланс контролируется внутренней симметрией энергий, которая полностью исключает сколько-нибудь существенные отклонения от эвклидовости пространства в настоящую эпоху, а также в любой момент в прошлом или будущем.

Таков не полный еще набор проблем, к которым идея внутренней симметрии предлагает общий подход. Тем самым ряд разных вопросов сводится к одному: а откуда взялась сама эта симметрия?

При вопиющем недостатке знаний о микроскопической структуре космических энер-



Антропный принцип — это вполне здравое утверждение о том, что все свойства нашей Вселенной (даже еще не открытые) должны не противоречить существованию в ней тех объектов, которые нам уже известны, в том числе и человека. Связь человека со Вселенной иллюстрирует этот рисунок К.Фламариона.

гий поиски ответа на этот вопрос должны представляться делом безнадежным. И все же некоторые предварительные суждения о физике внутренней симметрии можно — со всеми необходимыми оговорками — высказать уже сейчас, не дожидаясь дальнейшего прогресса фундаментальной теории. Согласно нашей модели [10, 15], внутренняя симметрия возникла эволюционным путем в очень ранней Вселенной, когда

температура в ней была столь высока, что тепловая энергия каждой частицы приближалась к энергии покоя частицы темного вещества. Если масса темной частицы действительно близка к тысяче масс протона (см. выше), то соответствующая энергия равна приблизительно одному эргу, или одному тераэлектронвольту. Такой энергии придается нередко центральная роль как в космологии, так и в физике элементарных час-

тиц [11]. Можно ожидать, что еще в текущем десятилетии это предположение будет опровергнуто или подтверждено, когда подобные энергии станут доступными в экспериментах на Большом Адронном Коллайдере в ЦЕРНе. Тогда, возможно, разъяснится и то особое расположение, которое природа питает к частицам темного вещества, отдавая им сейчас львиную долю своей невакуумной энергии. ■

Литература

1. *Riess A.G., Filippenko A.V., Challis P. et al.* // *Astronom. J.* 1998. V.116. P.1009.
2. *Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G. et al.* // *Astrophys. J.* 1999. V.517. P.565.
3. *Cheernin A.D., Teerikorpi P., Baryshev Yu.V.* // *Adv. Space Res.* 2003. V.31. P.459; astro-ph//0012021 (2000).
4. *Cheernin A.D., Karachentsev I.D., Valtonen V.J. et al.* // *Astron. Astrophys.* 2004. V.415. P.19.
5. *Черепашук А.М., Чернин А.Д.* Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2003. С.315.
6. *Глинер Э.Б.* // *ЖЭТФ.* 1965. Т.49. С.542.
7. *Luminet J.-P. et al.* // *Nature.* 2003. V.425. P.593.
8. *Вейль Г.* Симметрия. М., 1972.
9. *Cheernin A.D.* // *Nature.* 1968. V.220. P.250.
10. *Чернин А.Д.* // *УФН.* 2001. V.171. P.1153.
11. *Окунь Л.Б.* Физика элементарных частиц. М., 1988. С.272.
12. *Cheernin A.D.* // *New Astron.* 2002. V.7. P.113.
13. *Розенталь И.Л.* Элементарные частицы и структура Вселенной. М., 1984.
14. *Cheernin A.D.* // *New Astron.* 2003. V.8. P.59.
15. *Чернин А.Д.* // astro-ph//053358 (2005).

Демография черных дыр

А.М.Черепашук

К настоящему времени открыто несколько сотен массивных и чрезвычайно компактных объектов, наблюдаемые свойства которых очень похожи на свойства черных дыр, предсказанных общей теорией относительности (ОТО) А.Эйнштейна. Хотя окончательных доказательств существования черных дыр пока не получе-

но, за последнее десятилетие ученые как никогда приблизились к обнаружению подобных объектов. Поскольку никаких противоречий с ОТО у кандидатов в черные дыры не замечено, астрономы рискуют использовать термин «черная дыра» вместо более осторожного «кандидат в черные дыры». Рост числа обнаруженных кандидатов привел к тому, что родилась новая область астрофизики — демо-

графия черных дыр, изучающая их статистические свойства и связь с другими объектами Вселенной.

Под черной дырой понимают объект, а точнее, область пространства-времени, гравитационное поле которой такое сильное, что даже свет не может вырваться наружу. Иными словами, вторая космическая скорость для черной дыры равна скорости света.

Для Земли вторая космическая скорость, с которой космический аппарат может преодолеть тяготение, равна 11.2 км/с. Если сжимать Землю, сохраняя ее массу, то вторая космическая скорость на ее поверхности будет возрастать. Она достигнет скорости света, когда радиус планеты уменьшится до 9 мм, а плотность вещества возрастет до 10^{30} кг/м³ (что на 13 порядков больше плотности атомного ядра). Дальше Земля, согласно предсказанию ОТО, будет сжиматься уже сама (в системе отсчета, связанной с веществом Земли). В конце концов на месте нашей планеты образуется черная дыра.

В реальных условиях, разумеется, никто насильно не сжимает небесные тела, но некоторые из них сжимаются под действием собственной гравитации. Черные дыры образуются, например, при коллапсе внутренних частей наиболее массивных звезд, гравитация которых настолько сильна, что другие силы противостоять ей не могут.

Удивительные свойства черных дыр

Хотя о «темных звездах», на поверхности которых скорость преодоления притяжения превышает скорость света, писали еще в конце XVIII в. Д.Мичелл и П.Лаплас, черные дыры в их нынешнем понимании предсказал немецкий астроном К.Шварцшильд, основываясь на решении уравнений ОТО, в декабре 1915 г., а термин «черная дыра» изобрел американский физик Дж.Уилер в 1968 г.

Размер черной дыры характеризуется ее гравитационным радиусом

$$r_g = \frac{2GM}{c^2},$$

где M — масса тела, c — скорость света, G — постоянная тяготения. Гравитационный радиус



Анатолий Михайлович Черепанов, академик, директор ГАИШ, заведующий астрономическим отделением физфака МГУ. Вице-президент Европейского астрономического общества, член Английского Королевского астрономического общества. Область научных интересов — исследование двойных систем, обратные задачи астрофизики. Неоднократно публиковался в «Природе».

обычно мал: для Земли, как уже говорилось, $r_g = 9$ мм, для Солнца $r_g = 3$ км, но для сверхмассивной черной дыры массой $2 \cdot 10^9 M_\odot$ он уже составляет $r_g = 40$ а.е. (астрономических единиц), что близко к расстоянию от Солнца до Плутона; такие дыры встречаются в ядрах галактик. Гравитационный радиус входит как фундаментальный параметр в решение уравнений ОТО, полученное К.Шварцшильдом для гравитационного поля сферически-симметричного невращающегося тела [1]. В этом поле притяжение между двумя телами становится бесконечным в двух случаях — когда расстояние r между центрами тел равно нулю или r_g . Особенность при $r = 0$ имеет место и для классического закона тяготения Ньютона. Но на нее не обращают внимания, поскольку, прежде чем расстояние между центрами тел достигнет нуля, они обязательно соприкоснутся поверхностями.

Гораздо существеннее особенность при $r = r_g$. В этом случае сила притяжения также обращается в бесконечность, и некоторый объем пространства оказывается отделенным от внешнего наблюдателя бесконечным потенциальным барьером. Все, что находится внутри черной дыры, становится недоступным для исследования внешнему наблюдателю. Особенность при $r = r_g$ как раз и обуславливает экзотические

свойства черных дыр. Физической границей черной дыры служит *горизонт событий*, на котором, с точки зрения далекого наблюдателя, ход времени останавливается из-за релятивистского замедления.

Любому малому промежутку времени там соответствует бесконечно большой промежуток времени наблюдателя. Если мы пошлем к черной дыре корабль с космонавтом, то по мере его приближения к дыре увидим, что корабль начнет замедлять свое движение и у горизонта остановится. Но с точки зрения самого космонавта падающий на черную дыру корабль свободно проникает внутрь, под горизонт событий, однако передать информацию наружу будет невозможно, как и вывести корабль обратно: внутри черной дыры возможно только движение к центру. Мы, внешние наблюдатели, никогда ничего не узнаем о внутренности черной дыры.

Для невращающейся (шварцшильдовской) черной дыры (рис.1) радиус горизонта событий r_h равен гравитационному (шварцшильдовскому) радиусу: $r_h = r_g$. А для вращающейся (рис.2) радиус горизонта событий меньше гравитационного радиуса ($r_h < r_g$). В этом случае горизонт событий расположен внутри *эргосферы*, где вихревое гравитационное поле черной дыры вынуждает все тела непрерывно двигаться. Из эргосферы



Рис. 1. Схема неврацающей черной дыры. Сингулярность, куда сжалась исходная материя, окружена сферическим горизонтом событий, радиус которого равен гравитационному радиусу r_g . Вблизи горизонта событий находится фотонная сфера — область пространства, где захваченные фотоны двигаются вокруг черной дыры по замкнутым траекториям.

можно извлекать энергию, причем с огромной эффективностью, в десятки раз превышающей эффективность выделения энергии при термоядерных реакциях [2].

Следует отметить, что черные дыры, рождающиеся в нашу эпоху, а не в момент формирования Вселенной, строго говоря, не могут быть стопроцентными черными дырами. Из-за замедления времени вблизи горизонта событий поверхность коллапсирующей звезды с точки зрения далекого наблюдателя бесконечно долго приближается к горизонту событий. Однако уже в первые секунды коллапса поверхность звезды подходит к горизонту очень близко. Поэтому для удаленных наблюдателей современные черные дыры имеют практически ненаблюдаемые поверхности, все процессы на которых очень замедлены. Для астрономов такие дыры являются *практически черными дырами*, имеющими *практический горизонт событий*.

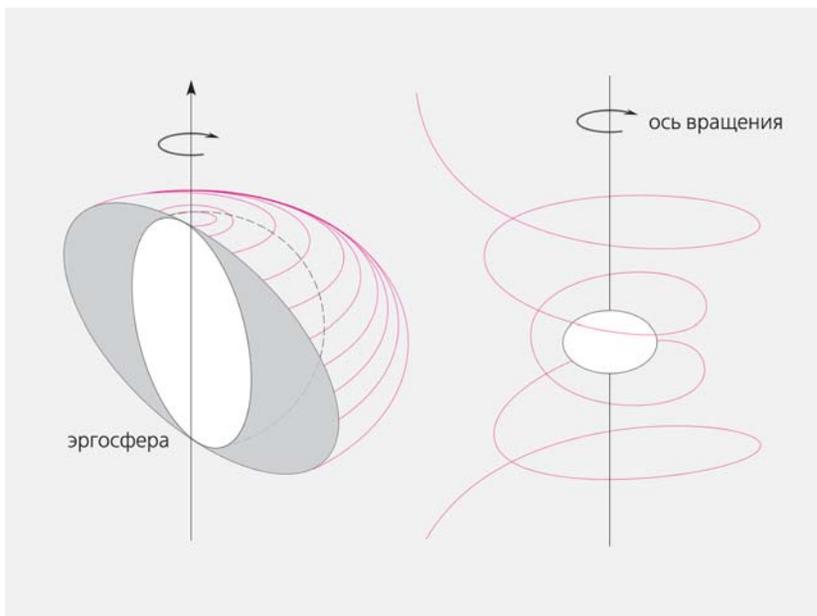


Рис. 2. Схематическое изображение вращающейся черной дыры в разрезе. Горизонт событий окружен эргосферой, в которой тела, частицы и фотоны непрерывно двигаются, подхваченные вихревым гравитационным полем черной дыры (слева). Луч света, проходящий вблизи вращающейся черной дыры, завихряет свое движение (справа).

Тернистый путь к открытию

Свойства черных дыр столь фантастичны, что в существование этих экзотических объектов в реальном мире верится с трудом, и об этом уже несколько десятилетий идут споры. Даже сам Эйнштейн сомневался в возможности их существования. В 1939 г. он писал: «Основным результатом проведенного исследования является четкое понимание того, что в реальном мире отсутствуют шварцшильдовские сингулярности». Идея черной дыры как реального физического объекта с трудом пробивала себе дорогу. Несмотря на появление в том же году красивой и убедительной работы Дж.Оппенгеймера и Х.Снайдера, где на основе ОТО был рассмотрен коллапс звезды и показана неизбежность рождения черной дыры при сжатии ядра звезды достаточно большой массы, сомнения оставались вплоть до конца 1960-х годов.

Поиск черных дыр особенно интригует физиков, поскольку в последние годы предложены новые теории гравитации, которые отвергают существование черных дыр. Решение спора остается за астрономическими наблюдениями. Исследования ведутся в двух направлениях:

- ◆ Планируются космические и наземные эксперименты по наблюдению специфических эффектов вблизи горизонта событий черной дыры для определения метрики пространства-времени: измерения с помощью интерферометров, поиск гравитационных волн и т.п. Можно надеяться, что это позволит окончательно доказать существование черных дыр во Вселенной.

- ◆ Постоянно накапливаются данные о массах кандидатов в черные дыры и устанавливаются ограничения на их размеры. Эти исследования укрепляют уверенность в реальности черных дыр.

В начале XXI в. ситуация с исследованием черных дыр

очень напоминает изучение звезд в начале XX в. Тогда природа звезд была неясна: считалось, что они светят за счет гравитационного сжатия. Но это не мешало развиваться звездной астрономии, проводилась большая работа по спектральной классификации звезд и были открыты важные связи между спектром, светимостью и массой звезды. Так и с черными дырами: открыто много массивных и компактных объектов, свойства которых очень похожи на ожидаемые свойства черных дыр, но окончательно их природа пока не выяснена. Однако ничто не мешает астрономам заниматься демографией кандидатов в черные дыры и изучать их статистические свойства.

Наблюдения черных дыр

Известно три типа черных дыр. Во-первых, черные дыры звездной массы ($3-50 M_{\odot}$), образовавшиеся при коллапсе ядер массивных звезд в конце их эволюции.

Если масса ядра звезды меньше так называемого чандрасекаровского предела $1.4 M_{\odot}$, то в конце ее эволюции (рис.3) образуется *белый карлик* — объект размером с Землю ($\sim 10^4$ км) и средней плотностью вещества около 10^9 кг/м³. В нем гравитационному сжатию противодействует давление вырожденного электронного газа. В нашей Галактике, состоящей из 10^{11} звезд, порядка 10^{10} белых карликов, и они хорошо изучены астрономами.

Если в конце эволюции масса ядра звезды лежит в интервале $1.4-3 M_{\odot}$, то, — как правило, в процессе вспышки сверхновой, — рождается *нейтронная звезда*. Ее радиус ~ 10 км, а средняя плотность вещества близка к плотности атомного ядра. В нейтронной звезде силе гравитации противодействует градиент давления вырожденного нейтронного вещества. В Галактике около 10^8 нейтронных звезд, и о них тоже многое известно.

Если же масса ядра звезды превышает $3 M_{\odot}$, то в результате его коллапса образуется черная дыра. Радиус типичной звездной черной дыры массой $10 M_{\odot}$ равен 30 км. В Галактике по последним оценкам $\sim 10^7$ звездных черных дыр, а их полная масса $\sim 10^8 M_{\odot}$, или $\sim 0.1\%$ от массы барийонного вещества Галактики.

Во-вторых, сверхмассивные черные дыры в ядрах галактик с массами $10^6-10^9 M_{\odot}$. В последнее время все более утверждается точка зрения, что практически все галактики имеют в своих ядрах сверхмассивные черные дыры.

В-третьих, первичные черные дыры, образовавшиеся в результате сильных деформаций метрики пространства-времени на ранних стадиях формирования Вселенной. До нашей эпохи должны были дожить лишь первичные дыры с массой $>10^{12}$ кг ввиду действия квантового механизма испарения черных дыр, предложенного С.Хокингом.

В последнее время обсуждается вопрос о черных дырах промежуточных масс $M = 10^2-10^5 M_{\odot}$. Они могут находиться в околоядерных областях галактик, в областях усиленного звездообразования или в центрах массивных шаровых звездных скоплений, но серьезных данных в пользу их существования пока нет.

С астрономической точки зрения, чтобы обнаружить черную дыру, нужно: измерить массу объекта; показать, что его радиус не превышает гравитационного радиуса для этой массы; получить свидетельства того, что у объекта нет наблюдаемой поверхности, а имеется лишь «практический» горизонт событий.

Массы черных дыр надежно измеряются по движению газа и звезд вокруг них. В большинстве случаев характерные расстояния этих «пробных тел» от черной дыры велики, так что можно использовать законы Ньютона, и для оценки массы достаточно знать скорость пробного тела и его расстояние

от черной дыры велики, так что можно использовать законы Ньютона, и для оценки массы достаточно знать скорость пробного тела и его расстояние

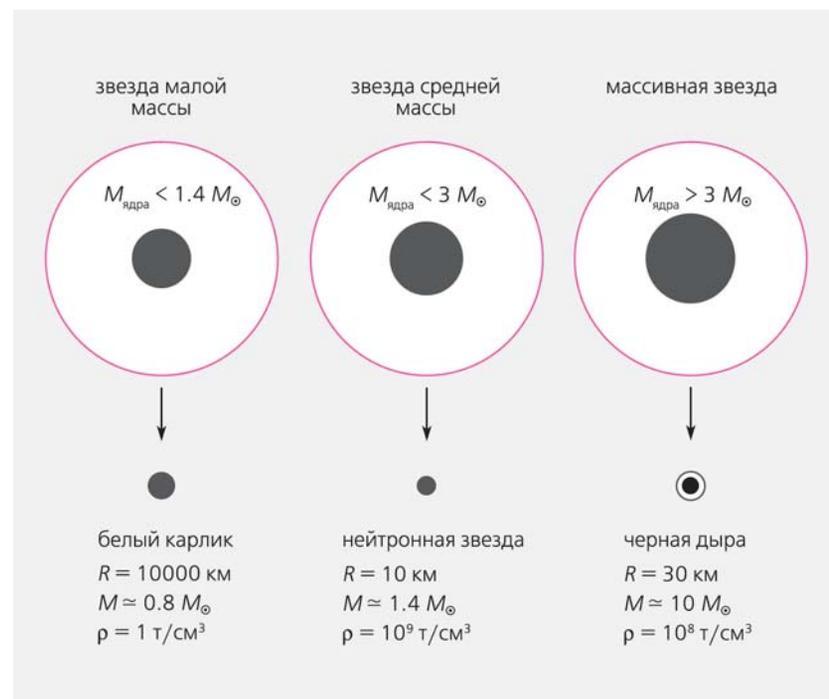


Рис.3. Образование белого карлика, нейтронной звезды и черной дыры на поздней стадии эволюции звезд разных масс.

от черной дыры. Поскольку все теории гравитации, в том числе и отличные от ОТО, строятся так, чтобы на больших расстояниях от тяготеющего тела сила его притяжения описывалась законом Ньютона, то массы кандидатов в черные дыры измеряются практически независимо от конкретной релятивистской теории гравитации.

В последнее время появилась возможность измерять массы одиночных звездных черных дыр по эффектам гравитационного микролинзирования. В качестве пробного тела здесь выступает луч света далекой звезды фона, искривляющийся в гравитационном поле черной дыры. Так как и звезда, и черная дыра перемещаются в пространстве, наблюдатель видит явление микролинзирования — усиление и последующее ослабление блеска далекой звезды. Длительность цикла пропорциональна корню квадратному из массы объекта, выступающего в роли гравитационной линзы: например, для $M = 6 M_{\odot}$ она составляет около года. С помощью этого эффекта уже измерены массы трех одиночных черных дыр: они лежат в пределах $6-8 M_{\odot}$.

Интересно, что по характеру изменения блеска звезды фона можно не только измерить массу объекта-линзы, но и отличить черную дыру от «кротовой норы» — компактного объекта без горизонта событий и сингулярности в центре. Возможность существования «кротовых нор» (их еще называют пространственно-временными туннелями или мостами Эйнштейна—Розена) предсказана в рамках ОТО. «Кротовая нора» должна состоять не из обычного барионного вещества, а из особой экзотической материи, имеющей отрицательное давление и анизотропные свойства. Это может быть физический вакуум или магнитное поле. Таким образом, хотя одиночная черная дыра и «кротовая нора» невидимы, их можно наблюдать и даже различить по эффектам откло-

нения света в их гравитационном поле.

Радиусы черных дыр измерять очень трудно. Сейчас используются следующие методы: изучение рентгеновской светимости и спектра рентгеновского излучения вещества, падающего на черную дыру; анализ быстрых изменений светимости и профилей спектральных линий в рентгеновском диапазоне; радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой и т.п. Все они дают лишь оценку верхней границы для радиусов кандидатов в черные дыры: $r < (10-100) r_g$. Однако даже эти грубые оценки свидетельствуют о чрезвычайной компактности известных кандидатов в черные дыры.

Самая сложная задача — получение наблюдательных свидетельств наличия горизонтов событий у кандидатов в черные дыры. Для этой цели планируются эксперименты с помощью космического рентгеновского интерферометра с угловым разрешением $\sim 10^{-7}$ " (американский проект «МАКСИМ»), а также российского космического радиоинтерферометра с угловым разрешением до 10^{-6} " (проект «РАДИОАСТРОН»).

Пока астрономы не имеют достаточных наблюдательных доказательств существования черных дыр ни для одного из кандидатов. Но все необходимые критерии, сформулированные на основе ОТО, выполняются для всех известных кандидатов в черные дыры, число которых уже превышает 300.

Наибольшие успехи достигнуты в исследовании черных дыр звездных масс и сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик.

Скрывающиеся среди звезд

Уже открыто около 20 черных дыр звездной массы $4-15 M_{\odot}$ в рентгеновских двойных системах, а также три одиночные черные дыры (по эффектам

гравитационного микролинзирования).

Рентгеновская двойная система (рис.4) состоит из нормальной оптической звезды — донора вещества, вокруг которой обращается релятивистский объект — нейтронная звезда или черная дыра, — находящийся в режиме аккреции вещества. Впервые на возможность наблюдать черные дыры указали Я.Б.Зельдович и Э.Солпитер (США) в 1964 г.: они показали, что при несферической аккреции вещества на черную дыру может выделяться гигантская энергия, порядка 10% от энергии покоя падающего вещества. Позже, в 1972—1973 гг., Н.И.Шакура, Р.А.Сюняев и др. развили теорию аккреции вещества в двойной системе и предсказали мощное рентгеновское излучение при дисковой аккреции на нейтронную звезду или черную дыру.

В центральной части аккреционного диска, вблизи релятивистского объекта, вещество движется почти со скоростью света. Взаимное трение потоков газа приводит к разогреву плазмы до температур в десятки и сотни миллионов градусов. Если аккреция идет на быстро вращающуюся нейтронную звезду с сильным магнитным полем ($\sim 10^{12}$ Гс), то вещество из внутренних частей диска направляется этим полем на магнитные полюса звезды, где оно сталкивается с поверхностью, и там появляются горячие рентгеновские пятна. Из-за своего вращения нейтронная звезда становится рентгеновским пульсаром, демонстрируя строго периодическую переменность излучения с периодом от нескольких до сотен секунд. Если же магнитное поле нейтронной звезды сравнительно слабое ($< 10^8$ Гс), то вещество диска достигает поверхности на экваторе звезды и там накапливается. При достижении критической массы может произойти термоядерный взрыв, и тогда образуется рентгеновский бар-

стер I типа — возникают короткие (порядка секунд) и мощные вспышки рентгеновского излучения, следующие нерегулярно во времени (рентгеновский барстер II типа связан с проявлением неустойчивостей в аккреционном диске, его легко отличить от барстера I типа).

Таким образом, рентгеновский пульсар или рентгеновский барстер I типа — явные признаки наличия у нейтронной звезды наблюдаемой поверхности. На это же указывает и феномен радиопулсара — короткие и строго периодические радиоимпульсы, связанные с переработкой в направленное радиоизлучение энергии вращения сильно намагниченной нейтронной звезды.

У аккрецирующей черной дыры не должны наблюдаться признаки рентгеновского пульсара, рентгеновского барстера I типа или радиопулсара, поскольку черные дыры не имеют наблюдаемой поверхности. От нее можно ожидать лишь иррегулярной или квазипериодической (но не строго периодической) переменности на временах вплоть до $r_g/c \sim 10^{-4}$ с.

Первый космический рентгеновский источник — знаменитый Скорпион X-1, двойная система с нейтронной звездой, — был открыт в 1962 г. с борта американской ракеты «Аэробы» (земная атмосфера непрозрачна для рентгеновского излучения). Руководил экспериментом Р.Джиакони, удостоенный в 2002 г. Нобелевской премии. Систематические исследования таких объектов начались с запуском в 1971 г. американского рентгеновского спутника «UHURU», открывшего около сотни рентгеновских двойных систем [3]. К настоящему времени их известно уже около 1000, причем у 20 из них массы рентгеновских источников превышают $3 M_\odot$, что позволяет считать их черными дырами.

Рентгеновские наблюдения со спутников и оптические наземные наблюдения прекрасно

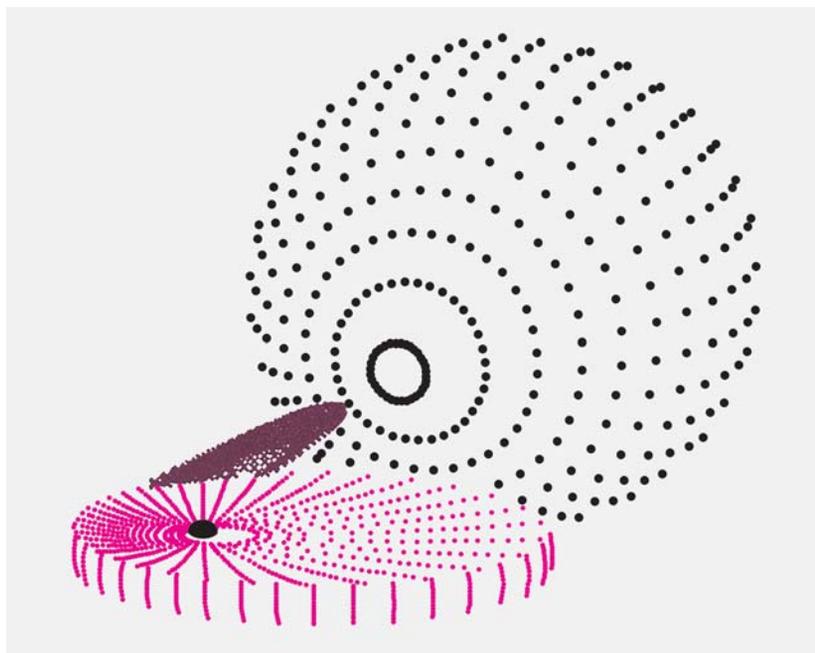


Рис. 4. Математическая модель рентгеновской двойной системы.

дополняют друг друга: наличие мощного рентгеновского излучения свидетельствует о компактности объекта, а изучение движения оптической звезды-спутника методами наземной астрономии позволяет измерять массу рентгеновского источника и тем самым идентифицировать релятивистский объект как черную дыру в случае, если эта масса превышает $3 M_\odot$. В 1972—1974 гг. в работах советских ученых были выполнены первые оптические отождествления рентгеновских двойных систем и изучены все виды их оптической переменности [4]. Это дало возможность развить мощные методы определения масс черных дыр в рентгеновских двойных системах [5].

На рис.5 приведена зависимость масс нейтронных звезд и черных дыр от масс их спутников в двойных системах. Массы радиопулсаров в двойных системах определены по релятивистским эффектам в их орбитальном движении. Видно, что корреляции между массами рентгеновских объектов и массами их спутников нет, т.е. тес-

ные двойные системы с нейтронными звездами и черными дырами подобны классическим тесным двойным системам, где встречаются любые комбинации компонентов.

Накопление сведений о массах релятивистских объектов укрепляет нашу уверенность в реальном существовании черных дыр. Во всех случаях, когда удастся измерить массу релятивистского объекта, имеющего явные признаки наблюдаемой поверхности (радиопулсар, рентгеновский пульсар, рентгеновский барстер I типа), она не превышает $3 M_\odot$ — абсолютного верхнего предела массы нейтронной звезды, предсказанного ОТО. В то же время, ни у одного (!) из 20 массивных компактных рентгеновских источников — кандидатов в черные дыры — не замечено ни одного из перечисленных признаков наблюдаемой поверхности, также в полном согласии с ОТО. Правда, у некоторых нейтронных звезд феномены радиопулсара, рентгеновского пульсара или рентгеновского барстера I типа могут не наблюдаться (например, из-за

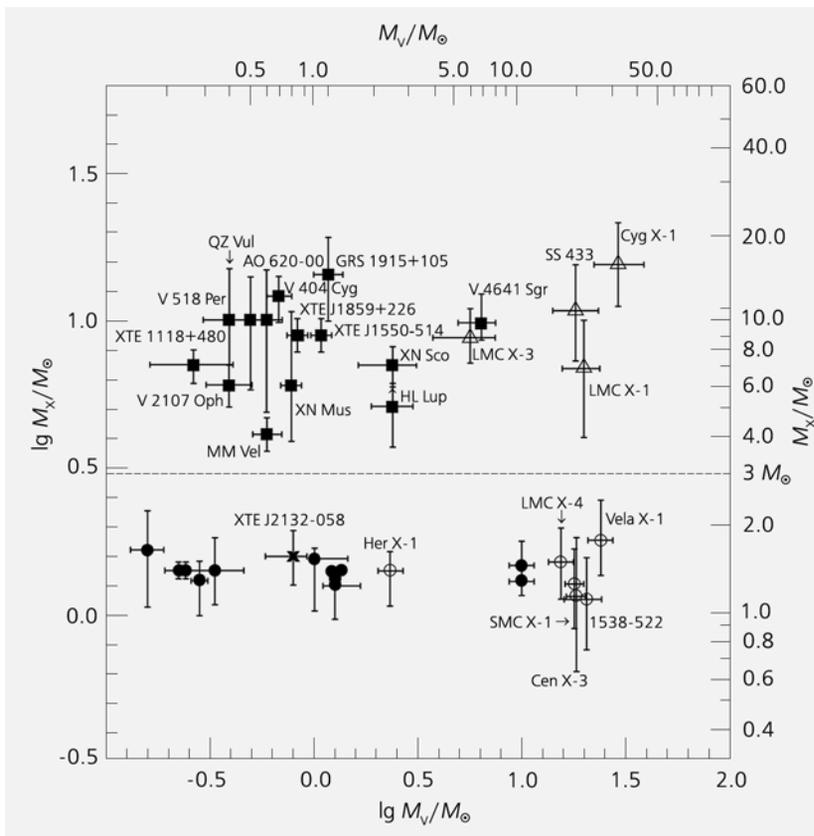


Рис.5. Зависимость масс нейтронных звезд и черных дыр (M_x) от масс их оптических спутников (M_v) в двойных системах. Релятивистские объекты распределены выше и ниже линии $3 M_\odot$: ■ — черные дыры в рентгеновских новых, Δ — черные дыры в квазистационарных рентгеновских двойных системах с оптическими спутниками — массивными горячими звездами, ● — радиопульсары, ○ — рентгеновские пульсары, × — рентгеновский барстер I типа. В полном согласии с ОТО, массы 19 нейтронных звезд не превышают теоретического верхнего предела массы $3 M_\odot$.

слабости магнитного поля, его «неудачной» ориентации относительно наблюдателя, сильного темпа аккреции и т.п.). Очевидно, отсутствия каких-либо признаков недостаточно для доказательства природы объекта, необходим поиск специфических эффектов.

В ряде рентгеновских двойных систем с черными дырами обнаружены сильно направленные (коллимированные) выбросы вещества — джеты (от англ. jet — выброс). Скорости движения вещества в джетах достигают $0.95 c$. Такие рентгеновские двойные системы с джетами принято называть микроква-

рами, поскольку у далеких космологических объектов — квазаров (очень активных ядер галактик) — также наблюдаются релятивистские джеты, происхождение которых, по-видимому, связано с аккрецией вещества на сверхмассивную черную дыру.

Интересные данные в последние годы получены о вращении звездных черных дыр. Аккреционные диски, вращающиеся в ту же сторону, что и центральная вращающаяся черная дыра, проникают гораздо ближе к ее центру, чем в случае невращающейся, шварцшильдовской черной дыры, поскольку радиус горизонта событий r_h

для вращающейся черной дыры меньше ее гравитационного радиуса r_g (для предельно вращающейся керровской черной дыры $r_h = 0.5 r_g$). Поэтому выделение гравитационной энергии, а следовательно, светимость и температура теплового компонента рентгеновского излучения при аккреции вещества на вращающуюся черную дыру должны быть выше по сравнению с невращающейся. Это действительно наблюдается, например, у двух рентгеновских двойных систем — микроквазаров GRS 1915+105 и GRO J1655-40, которые, скорее всего, содержат быстро вращающиеся черные дыры. Как видим, астрономам дается не только оценивать массы и радиусы кандидатов в черные дыры, но и получать информацию об их вращении (!).

А как коррелирует распределение масс релятивистских объектов с распределением масс их потенциальных производителей? Роль последних теория эволюции отводит в первую очередь звездам Вольфа—Райе (с массами $5-50 M_\odot$) в конце их жизненного пути [6]. Звезды Вольфа—Райе характеризуются наличием в их спектрах мощных и широких линий излучения гелия, азота, углерода и кислорода в разных стадиях ионизации. По современным представлениям, звезды Вольфа—Райе первого типа населения Галактики (т.е. концентрирующиеся вблизи галактической плоскости) являются обнаженными горячими гелиевыми ядрами первоначально массивных звезд ($M > 30 M_\odot$), потерявших основную часть своих водородных оболочек либо вследствие перетекания вещества в тесных двойных системах, либо в результате интенсивной потери массы в виде звездного ветра. Такие звезды должны в конце своей эволюции взрываться как сверхновые типа I b/c (в их спектрах не наблюдается линий водорода, а присутствуют лишь линии гелия I b и углерода I c) и формировать в результате

коллапса своих углеродно-кислородных ядер нейтронные звезды или черные дыры. А как раз в звезду Вольфа—Райе, согласно большинству эволюционных сценариев для тесных двойных систем, содержащих массивную звезду, эта массивная звезда и превращается, быстро теряя свою водородную оболочку под влиянием приливного воздействия со стороны спутника.

На рис.6 приведены распределения масс релятивистских объектов и масс предсверхновых — производителей релятивистских объектов — СО-ядер звезд Вольфа—Райе в конце их эволюции. Видно, что распределение масс релятивистских объектов в двойных системах не непрерывно, а имеет провал в интервале масс 2—4 M_{\odot} и является бимодальным. Массы 19 нейтронных звезд лежат в узких пределах 1—2 M_{\odot} , среднее значение массы нейтронной звезды равно $1.35 \pm 0.15 M_{\odot}$. Измеренные массы 20 черных дыр лежат

в пределах 4—15 M_{\odot} при среднем значении массы черной дыры $7 \pm 1 M_{\odot}$. В интервале масс 2—4 M_{\odot} не обнаружено ни нейтронных звезд, ни черных дыр, хотя ОТО не запрещает существование нейтронных звезд с массами вплоть до 3 M_{\odot} . Подчеркнем, что число релятивистских объектов с измеренными массами весьма велико — порядка 40. В то же время распределение масс СО-ядер звезд Вольфа—Райе непрерывно в диапазоне масс 2—15 M_{\odot} . Таким образом, по какой-то глубокой причине в природе не рождаются (или аномально редко рождаются) очень массивные ($M > 2 M_{\odot}$) нейтронные звезды и маломассивные ($M < 4 M_{\odot}$) черные дыры. Если эта закономерность подтвердится дальнейшими наблюдательными данными по релятивистским объектам, то она потребует серьезной интерпретации. Недавно было обнаружено, что вспышки сверхновых типа I b/c, сопровождающие коллапсы СО-ядер звезд

Вольфа—Райе, распределены по светимостям в максимуме также бимодально: два класса сверхновых типа I b/c (нормальные и яркие сверхновые) различаются по светимости в максимуме на порядок величины.

В последние годы все более утверждается точка зрения о том, что коллапсы СО-ядер быстро вращающихся звезд, связанные с образованием предельно быстро вращающихся керровских черных дыр в различных галактиках, могут быть источниками знаменитых и пока загадочных гамма-всплесков, при которых за время в несколько секунд выделяется гигантская энергия в гамма-диапазоне $\sim 10^{46}$ Дж [7].

В самых недрах галактик

К настоящему времени под подозрением свыше 300 сверхмассивных черных дыр в ядрах как активных, так и «спокойных» галактик (рис.7). Их массы лежат в интервале 10^6 — $10^9 M_{\odot}$. Эти массы измерены по движению звезд, газовых облаков или газовых дисков вокруг черных дыр с использованием закона тяготения Ньютона. Движение газовых облаков или дисков можно регистрировать непосредственно, используя высокое угловое разрешение космического телескопа «Хаббл» (рис.8) или 8—10-метровых наземных оптических телескопов нового поколения. Движение газа можно изучать и опосредованно, наблюдая переменность профилей линий излучения в спектрах ядер активных галактик и измеряя время запаздывания переменности линий относительно спектра, что позволяет оценить расстояния газовых облаков от центральной черной дыры. Впервые этот эффект запаздывания был обнаружен В.М.Лютым и А.М.Черепашуком в 1972 г.

Для ряда сверхмассивных черных дыр получены наблюда-

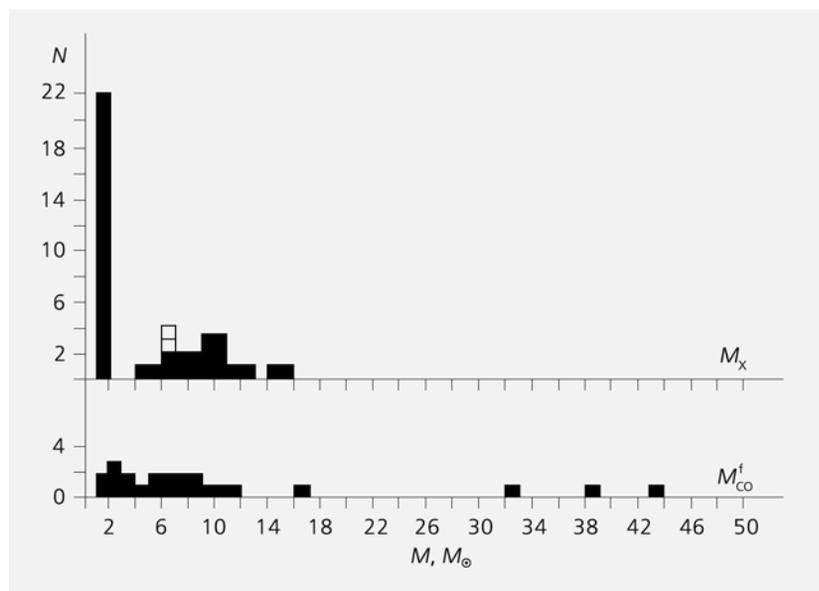


Рис.6. Гистограмма распределения масс релятивистских объектов M_x в двойных системах (вверху, черные столбцы). Светлые квадратики соответствуют массам одиночных черных дыр, измеренным по эффектам гравитационного микролинзирования. Высокий пик в интервале 1—2 M_{\odot} соответствует нейтронным звездам. Гистограмма распределения конечных масс углеродно-кислородных ядер M_{CO}^f для 23 звезд Вольфа—Райе в двойных системах с известными массами (внизу).



Рис.7. Типичная спиральная галактика, видимая «с полюса». Хорошо различимы главные структуры: ядро (в центре), балдж (сферическое сгущение старых маломассивных звезд, окружающих ядро) и спирали, состоящие из ярких сравнительно молодых звезд.

Рис.8. Газово-пылевые дискообразные оболочки вокруг ядер ряда галактик, открытые космическим телескопом «Хаббл». По вращению этих дискообразных оболочек определяют массы центральных сверхмассивных черных дыр.

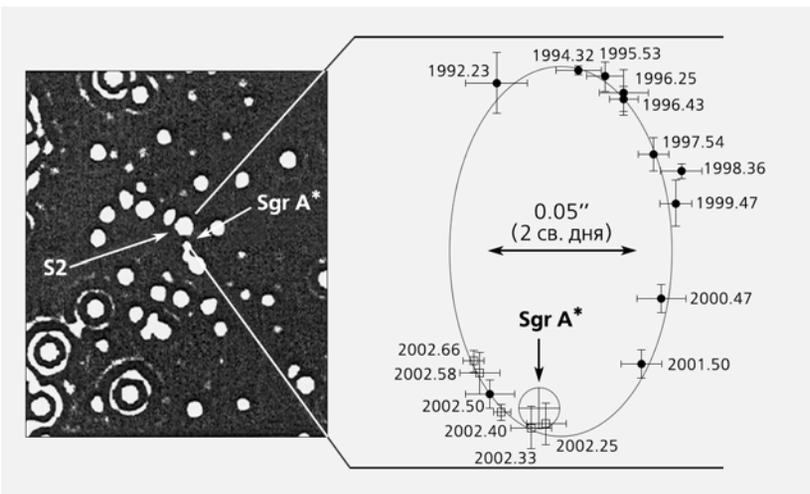
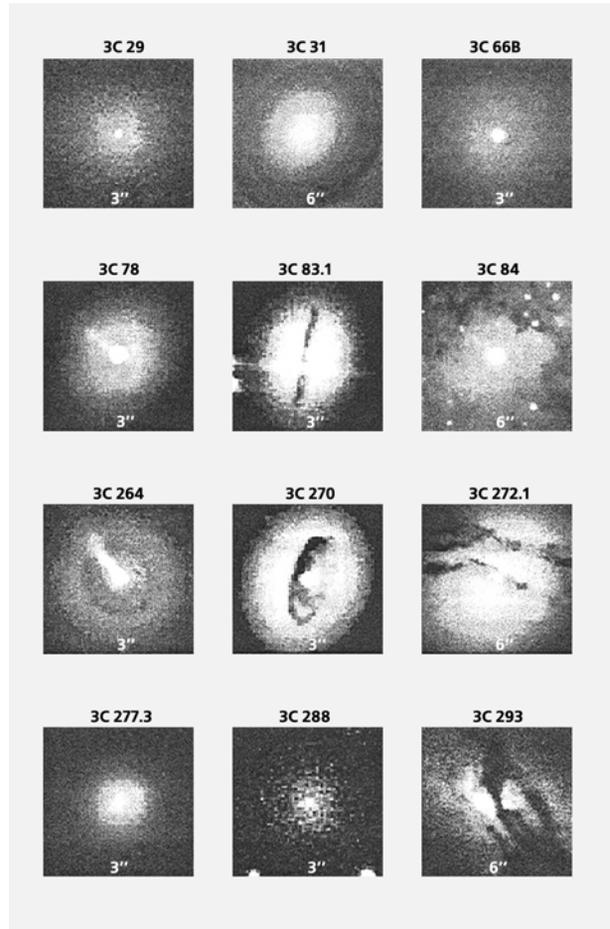


Рис.9. Ближайшие окрестности радиоисточника Sgr A* (сверхмассивная черная дыра массой $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$) в созвездии Стрельца в направлении центра нашей Галактики (слева). Вокруг центра Галактики обращается звезда S2 с периодом 15.2 года. Справа показаны наблюдения 1992—2002 гг., демонстрирующие движение звезды S2 по эллиптической орбите вокруг сверхмассивной черной дыры в центре Галактики.

тельные ограничения на их размер и показано, что он не превышает нескольких гравитационных радиусов.

Особенно интересные и надежные данные получены при исследовании сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики. Группами немецких и американских ученых по наблюдениям в инфракрасном диапазоне с применением методов компенсации атмосферных искажений построена видимая орбита звезды S2, обращающейся вокруг центральной сверхмассивной черной дыры. Период орбитального обращения этой звезды равен 15.2 года (рис.9). Исходя из размера орбиты и периода обращения надежно оценивается масса черной дыры в центре Галактики — около $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$.

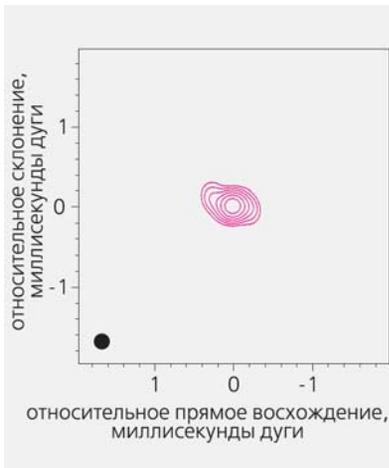


Рис.10. Радиоизображение области центра нашей Галактики с угловым разрешением $2 \cdot 10^{-4}''$, полученное на волне 3.5 мм методом радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой [8]. Темное пятно в левом нижнем углу характеризует размер диаграммы направленности радиоинтерферометра. Видно, что центральная черная дыра массой $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$ окружена оболочкой из плазмы, излучающей в радиодиапазоне, радиус которой составляет 1 а.е.

Радиоинтерферометрические наблюдения со сверхдлинной базой на волне 3.5 мм (рис.10), выполненные китайскими учеными в 2005 г. [8], показали, что радиус излучающей области вокруг черной дыры в центре Галактики составляет 1 а.е., то есть всего около 13 гравитационных радиусов ($r_g = 17 R_{\odot}$ для $M = 4 \cdot 10^6 M_{\odot}$). Размер этого компактного радиоисточника увеличивается с длиной волны вследствие рассеяния радиоизлучения. Поэтому дальнейшие наблюдения на более коротких волнах, вероятно, позволят увидеть ближайшие окрестности горизонта событий черной дыры в центре Галактики. Это даст возможность непосредственно наблюдать эффекты сильного гравитационного искривления электромагнит-

ных лучей в поле тяжести черной дыры, приводящие к появлению «тени» в распределении радиояркости вблизи горизонта событий, что прямо доказало бы: компактный объект в центре нашей Галактики — черная дыра в смысле ОТО.

Оценки плотности вещества в измеренной области вокруг центральной черной дыры дают величину $6.5 \cdot 10^{21} M_{\odot}/\text{пк}^3$ — на 16 порядков выше плотности звезд в наиболее плотных звездных скоплениях. Если бы компактный объект в центре Галактики был не черной дырой, а скоплением отдельных темных тел (старых белых карликов, нейтронных звезд, черных дыр звездной массы), то при столь чудовищной плотности это скопление из-за коллективных взаимодействий рассеялось бы менее чем за 100 лет. Поэтому массивный ($M = 4 \cdot 10^6 M_{\odot}$) и компактный ($r < 12.6 r_g$) объект в центре Галактики должен быть единым телом, скорее всего, черной дырой.

По данным о более чем 300 сверхмассивных черных дырах уже можно сделать некоторые

выводы об их демографии. Вот важнейшие из них.

Выявлена зависимость между массой центральной сверхмассивной черной дыры и массой балджа галактики (рис.11). Балдж — это сферическое сгущение маломассивных ($M < 1 M_{\odot}$) звезд вокруг ядра галактики. Возраст звезд балджа порядка возраста Вселенной ($\sim 10^{10}$ лет). Оказалось, что масса центральной черной дыры возрастает с массой балджа галактики линейно, при этом масса черной дыры составляет около 0.1% от массы галактического балджа. Наличие подобной корреляции ставит серьезные ограничения на механизмы образования сверхмассивных черных дыр. В частности, представляется вполне вероятной модель роста сверхмассивной черной дыры в результате слияния менее массивных объектов и аккреции вещества в иерархических моделях формирования галактики, когда галактика образуется путем объединения ряда меньших галактик.

Со светимостью галактического диска, которая обусловле-

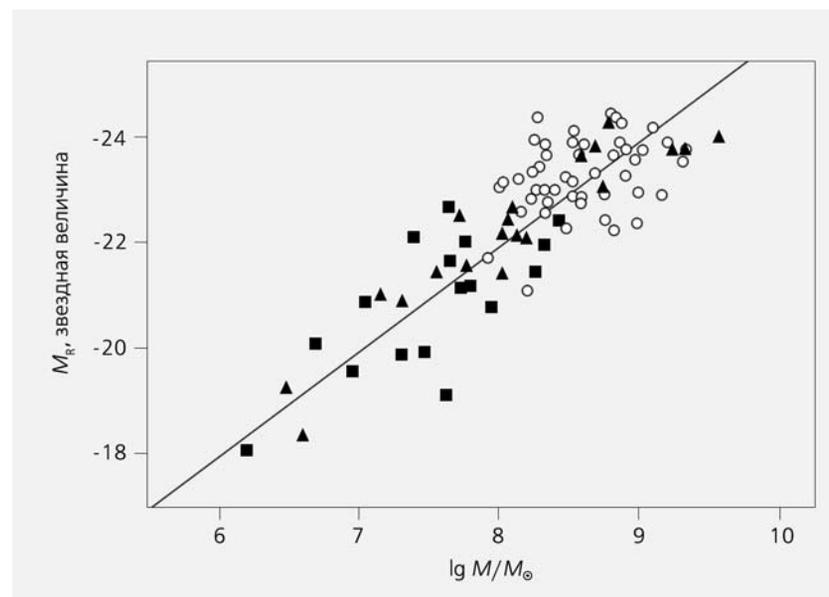


Рис.11. Абсолютная звездная величина балджа M_B галактики, пропорциональная логарифму его массы, как функция логарифма массы сверхмассивной черной дыры M в ее центре. Обозначения: ▲ — нормальные галактики, ■ — сейфертовские галактики I типа, ○ — квазары.

на в основном молодыми звездами, родившимися менее миллиарда лет назад, масса центральной черной дыры не коррелирует. Для ядер активных галактик найдена зависимость между массой центральной черной дыры и светимостью ядра галактики в оптическом диапазоне. В то же время для ядер «спокойных» галактик (которые составляют 99% от общего числа галактик) подобная корреляция не наблюдается.

Выявлена корреляция между максимальной скоростью вращения галактики (характеризующей ее полную массу) и массой центральной черной дыры. От-

сюда следует, что масса черной дыры возрастает с массой галактики, состоящего из темной материи [9]. Значит ли это, что за формирование центральной черной дыры ответственна загадочная темная материя?

В последние годы открыто свыше десятка квазаров (аккрецирующих сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик) с очень большим красным смещением ($z > 6$), что соответствует возрасту менее 1 млрд лет. Их массы составляют порядка $10^8 M_{\odot}$, и пока трудно объяснить, как сверхмассивным черным дырам удалось сформироваться за такое сравнительно короткое время.

* * *

Итак, черные дыры, как звездной массы, так и сверхмассивные, к настоящему времени уже прочно завоевали «права гражданства». Но для окончательного решения вопроса о природе многочисленных кандидатов в черные дыры требуются специальные «критические» эксперименты. Можно надеяться, что в ближайшие десятилетия будет бесспорно доказано существование черных дыр во Вселенной. Это приведет к прорыву в понимании природы пространства-времени и сущности гравитации. ■

Литература

1. Чандрасекар С. Математическая теория черных дыр. М., 1986.
2. Черпацук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2003.
3. Шапиро С., Тьюколски С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. М., 1985.
4. Черпацук А.М. // Успехи физ. наук. 2003. Т.173. №4. С.345—382.
5. Постнов К.А., Черпацук А.М. // Астрономический журнал. 2003. Т.80. С.1075—1085.
6. Черпацук А.М. // Успехи физ. наук. 2002. Т.172. №8. С.959—963.
7. Тутуков А.В., Черпацук А.М. // Астрономический журнал. 2003. Т.80. С.419—435.
8. Zhi-Qiang Chen, Lo K.Y., Liang M.-C. // Nature. 2005. V.438. P.62—65.
9. Засов А.В., Петровиченко Л.Н., Черпацук А.М. // Астрономический журнал. 2005. Т.82. С.407—413.

Гамма-всплески, русская деревня и первый робот-телескоп в России

В.М.Липунов

Еще 20 лет назад такое невозможно было представить, да и сейчас многие удивляются и не верят в наше существование. Тем не менее, первый в России робот-телескоп, который превосходит западные ана-

логи, живет и работает! В этой истории все переплелось — и фундаментальная наука, и наш диковатый капитализм, и русская деревня, и метафизика.

Начнем с метафизики и деревни. Утром 30 марта 2003 г., возвращаясь на машине из ближнего Подмосковья, я поду-

мал: наша Вселенная, в сущности, очень маленькая и очень напоминает село. Как в деревне по ночным огонькам в домишках невооруженным глазом угадывается околица, так и вся наша «огромная» Вселенная просматривается простым глазом до самых дальних ее краев.

Утро это последовало после выдающейся для нас бессонной ночи. На маленьком телескопе с честолюбивым названием МАСТЕР мы первыми в Европе увидели оптическое излучение источника гамма-всплеска с расстояния в несколько миллиардов световых лет, что сравнимо с размером Вселенной [1]! А диаметр нашего телескопа — всего-то несколько десятков сантиметров.

Вдумайтесь, Господь Бог создал Вселенную именно такого размера, чтобы ее края — околица — были видны почти невооруженным глазом, быть может, единственного населяющего ее разумного вида — человека!

Впрочем, выяснилось это еще в 1998 г., а до того считалось, что исследования «глубин мироздания» могут проводиться только с помощью многометровых и много-«миллиардных» гигантов-телескопов.

Сомнения

29 января 1998 г. группа американских астрофизиков под руководством К.Акерлофа в Лос-Аламосе с помощью обычного, но хорошего фотографического объектива зарегистрировала яркую оптическую вспышку, сопровождающую гамма-всплеск, который был обнаружен гамма-телескопом на космической орбите (обсерватория «Комптон»). Блеск на минуту появившейся звездочки был всего лишь в 10 раз слабее тех звезд, что видны простым глазом (9-я звездная величина). К этому моменту астрономы уже знали, что источники гамма-всплесков расположены на самом краю Вселенной и сигнализируют о самых мощных ее катастрофах, но открытие Акерлофа повергло всех в шок. Оказалось, что ни сверхновые звезды — коллапсирующие ядра массивных звезд, ни квазары — сверхмассивные черные дыры в ядрах галактик — не идут ни в какое сравнение с гамма-всплесками, блеск кото-



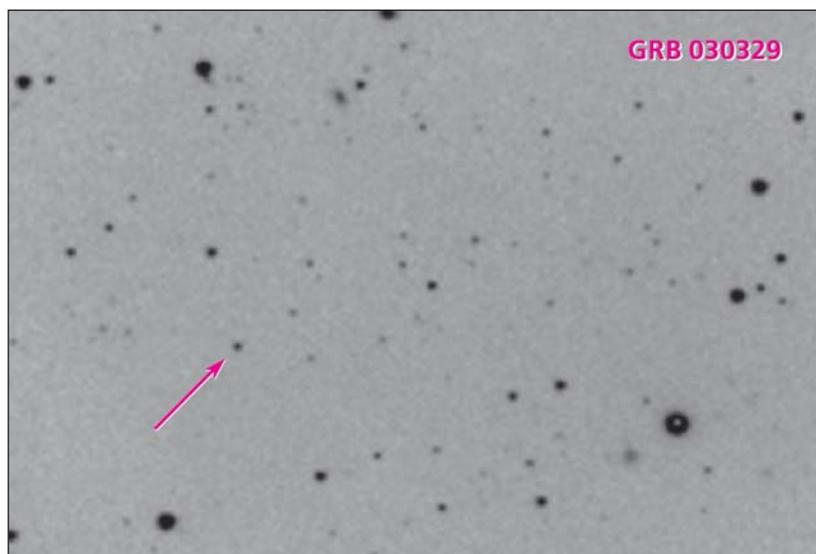
Владимир Михайлович Липунов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ, ведущий научный сотрудник ГАИШ. Область научных интересов — физика и эволюция компактных объектов в двойных системах, гамма-всплески. Руководитель роботизированной обсерватории МАСТЕР.

рых в тысячи раз сильнее. Правда, жизнь гамма-всплеска коротка — потому-то они и «всплески», потому их очень долго не могли зарегистрировать оптическими средствами.

История исследования гамма-всплесков — одна из самых драматических в физике и астрофизике 20-го, а теперь уже и 21-го столетия. Еще в 1960-е годы американские спутники-шпионы, снабженные гамма-детекторами для контроля за ядерными испытаниями, обнаружили короткие (от долей до десятков секунд) всплески. Как будто некая держава постоянно нарушала мораторий на ядерные испытания. Правда, государство-

нарушитель оказалось не в Европе и не в Азии, а где-то в районе Большой Медведицы — всплески приходили из космоса!

Гражданские ученые узнали об этом лишь в начале 1970-х годов. «Военная тайна» оказалась одной из самых загадочных тайн природы. Сколько и чем бы ни смотрели астрономы в направлении гамма-всплесков — ничего там не находили. Складывалось впечатление, что гамма-всплески рождаются в пустоте! Вот где было раздолье теоретикам. Практически каждый из них имел свою модель гамма-всплеска, как правило совпадавшую с узкой тематикой собственных исследований. Так, «ко-



Первое в Европе изображение гамма-всплеска GRB030329. Получено на телескопе-роботе МАСТЕР в д.Востряково 29 марта 2003 г. в 17 ч 30 мин всемирного времени.

метчики» считали, что гамма-всплески — это разряды молний в кометных хвостах, «солнечники» — связывали гамма-всплески с вспышками на Солнце, а те, кто занимался черными дырами, естественно, привлекали черные дыры. Например, известный английский астрофизик С.Хоккинг — специалист по квантовым эффектам гравитации — считал, что гамма-всплески — это последний «вздых» испаряющихся космологических черных дыр; процесс квантового испарения черных дыр был как раз предсказан им в 1970-е годы. Ваш покорный слуга в те годы учился в аспирантуре академика Я.Б.Зельдовича по теме «нейтронные звезды» и, разумеется, имел свою модель происхождения гамма-вспышек — на близких замагниченных нейтронных звездах, вследствие нестабильной аккреции (падения) на них межзвездной плазмы. Были и гибридные модели — кометы, падающие на нейтронные звезды (И.С.Шкловский), столкновения нейтронных звезд и черных дыр (С.И.Блинников). В общем, если расположить все теоретические модели гамма-всплесков вдоль луча зрения, они бы почти однородно заполнили всю нашу Вселенную — от ближнего космоса до самых дальних ее горизонтов. Десятилетиями (!) один за другим на орбиту выводились космические гамма-обсервато-

рии, а проблема гамма-всплесков не решалась. Пытались даже установить истину в публичном споре (хотя автор уверен, что никакая истина в официальном споре ни разу не родилась. Например, я не помню ни одного публичного выступления, на котором докладчик признал бы ошибочность своих взглядов — исключая суды, конечно). В начале 1990-х годов в библиотеке американского Конгресса «при огромном стечении народа» состоялся публичный диспут между представителями двух типов гипотез: «близких» (гамма-всплески рождаются внутри или рядом с нашей Галактикой) и «далеких» (на расстояниях в миллиарды световых лет). Гипотезу близости гамма-всплесков отстаивал американский астрофизик Д.Лэмб, а противоположную точку зрения — замечательный польский (впрочем, к тому времени уже американский) астроном — профессор Принстонского университета Б.Пачинский. Главным аргументом против дальнего происхождения гамма-всплесков было одно соображение: если всплески приходят из таких дальних далей, то их мощность должна быть выше, чем любого другого процесса, какие мы знали до сих пор, — а это, согласитесь, подозрительно. Если удалить источники гамма-всплесков на расстояние в 10 млрд св. лет, то для

объяснения наблюдаемой яркости всплесков нужно согласиться, что мы имеем дело с самыми мощными объектами Вселенной.

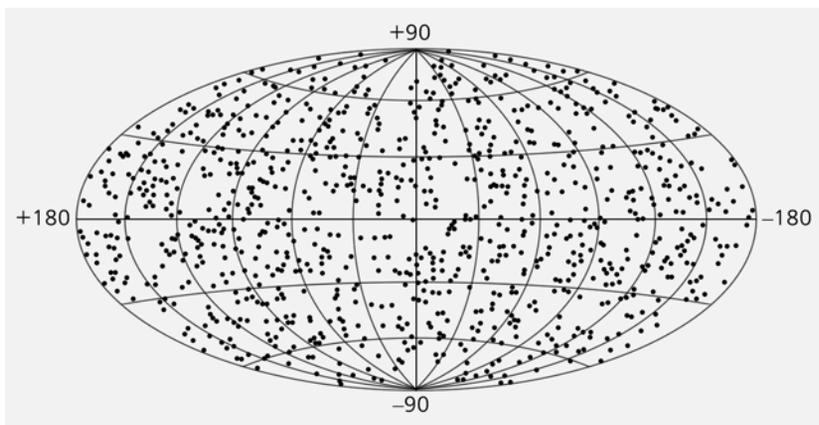
Все же оппоненты остались при своих мнениях. Однако к тому времени был накоплен гигантский материал по регистрации гамма-всплесков — несколько тысяч событий. У этого множества (а всплески регистрировались почти каждый день) было одно удивительное свойство — всплески приходили со всех направлений с равной вероятностью.

Помню, когда летом 1993 г. на конференции в Италии представитель американской гамма-обсерватории «Комптон» показал карту распределения зарегистрированных гамма-всплесков по небу, перед слушателями предстала равномерно заполненная точками меркаторская проекция неба. Для меня это и был переломный момент. Ведь в нашей Вселенной есть только один изотропный объект — это сама Вселенная! Следовательно, она и есть та деревня, где рождаются гамма-всплески. Малая родина оказалась большой! Характерные размеры этой деревни — около 10 млрд св. лет, следовательно, именно так далеко и рождаются гамма-всплески. Эту гипотезу назвали космологической моделью гамма-всплесков.

Но это пока всего лишь интуитивные аргументы. А как железно доказать космологическую природу гамма-всплесков? Нужен был принципиально новый эксперимент. Вплоть до весны 1997 г. такого эксперимента не было, и в научных журналах продолжали появляться самые фантастические модели гамма-всплесков...

Гол итальянцев

Кажется, с тех пор, как Галилей повернул телескоп к небу (а было это в 1610 г.), итальянская астрономия не делала



Карта распределения гамма-всплесков по небу, полученная по данным гамма-обсерватории «Комптон».

столь удачного астрономического эксперимента.

Все эксперименты в гамма-астрономии до 1997 г. обладали одним решающим недостатком: они не позволяли быстро и точно определить направление на источник всплеска. Дело в том, что отдельный гамма-детектор давал направление в лучшем случае с точностью до одного углового градуса, так что на небе получается квадрат ошибок с площадью один квадратный градус. В такой квадрат попадают тысячи далеких галактик, и совершенно невозможно определить, с какой из них связан (и связан ли вообще с галактиками) гамма-всплеск. Идея же эксперимента «Верро-SAX» (Верро — товарищеское прозвище известного итальянского физика Джузеппе Очиалини, а SAX — аббревиатура итальянского *Satelito di Astronomia X*, что означает «астрономический рентгеновский спутник») крайне проста и оказалась удивительно плодотворной. Итальянские и голландские ученые создали специализированный спутник, на борту которого одновременно находятся и гамма-, и рентгеновский телескопы. Как только гамма-телескоп фиксирует всплеск, в его квадрат ошибок направляется рентгеновский телескоп, точность которого в 60 раз выше. Если за гамма-всплеском следует вспышка рентгеновского излучения, то мы получаем координаты всплеска уже с точностью до одной угловой минуты, а в таком квадрате уже может «поработать» мощный оптический телескоп. Правда, в таком эксперименте всплески регистрировались гораздо реже — примерно раз в месяц.

8 мая 1997 г. ученые как никогда близко подошли к разгадке бывшей военной тайны. В этот день вспыхнул гамма-всплеск, сопровождавшийся рентгеновским, радио- и оптическим послесвечением, в спектре которого были найдены линии обычных химических эле-

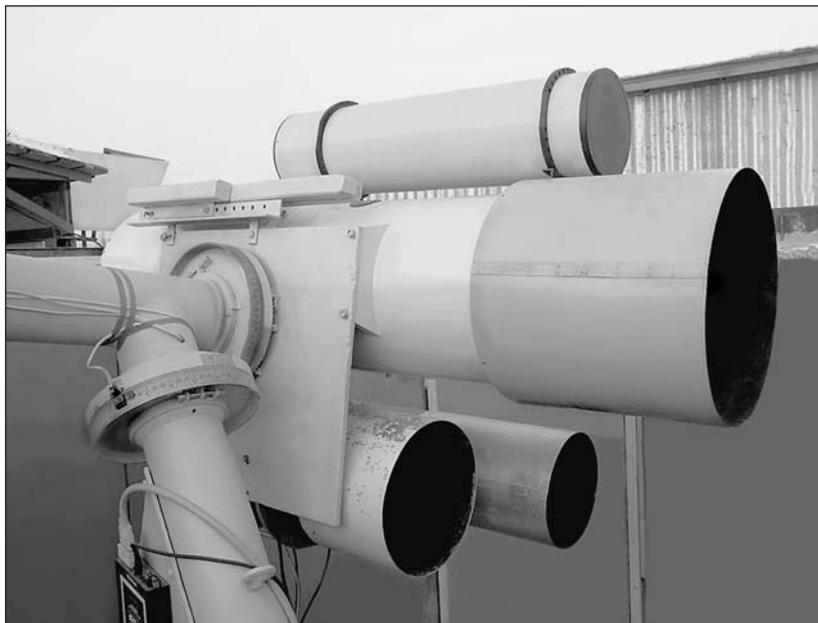
ментов, смещенные в красную сторону. Именно так должно было бы происходить в случае космологической модели — Вселенная ведь расширяется и свет далеких галактик краснеет из-за эффекта Доплера. Источники гамма-всплесков расположены на космологических расстояниях и, следовательно, за ними кроются самые мощные явления в нашей Вселенной! А через полгода произошло феноменальное открытие синхронного оптического излучения группой Акерлофа, с которого начинался наш рассказ.

Одна из работ И.С.Шкловского — известного советского астрофизика — называлась «Конец революции в астрономии». Она была написана им в конце жизни, когда уже было открыто, казалось бы, все — черные дыры, квазары, пульсары, реликтовое излучение Вселенной. А через 10 лет мир перевернулся! Наша Вселенная на 98% «стала состоять» из темной энергии и темной материи, а самым крупным по мощности «зверем» в ней стали гамма-всплески. Однако что служит причиной столь гигантских катастроф? Это тем более интересно, что они могут происходить во всех галактиках, в том числе и в нашей. К каким последствиям может привести подобный взрыв? Легко подсчитать, что если вспышка произойдет на расстоянии нескольких тысяч световых лет от нас, то ночь превратится в день, мощное гамма- и рентгеновское излучение попросту «снесет» весь озоновый слой. Слава Богу, вероятность такого события невелика, но она ничуть не меньше, чем вероятность столкновения Земли с гигантским астероидом — раз в 100 млн лет. У меня нет ни малейшего желания запугивать налогоплательщика. Очевидно, исследователями движет интерес. Как-то В.А.Амбарцумян заметил, что человек отличается от остальных животных тем, что смотрит на звезды. В этой максиме есть доля правды.

Вернемся к гамма-всплескам. Исследование свойств излучения именно в момент гамма-всплеска должно помочь разгадать их «военную» тайну [2]. Однако до сих пор наблюдение Акерлофа остается практически единственным. На заре XXI в. астрономам пришлось решать абсолютно новую задачу — нужно было научиться быстро наводить телескоп в заранее неизвестный момент времени в заранее неизвестном направлении. Очевидно, астроном-наблюдатель попросту не может месяцами стоять у телескопа и ждать, когда вспыхнет гамма-всплеск. Мощные многометровые телескопы тоже не подходят — во-первых, все они неповоротливы, а во-вторых, обладают очень малым полем зрения. Такая задача по плечу только небольшому, мобильному телескопу-роботу.

И мы не лыком шиты!

Помню, с какой завистью я читал сообщения о начале строительства Акерлофом американской сети робот-телескопов. Понятно, что при нашей огромной территории заметная доля всплесков исключительно наша — российская. Ведь когда у них день — у нас ночь! Казалось бы, чего проще — в России сотни телескопов требуемого размера — бери и автоматизируй. Но все дело в том, что для гамма-всплесков нужен хоть и маленький, но очень необычный телескоп. Во-первых, он должен обладать широким полем зрения, чтобы охватывать квадрат ошибок гамма-телескопа. Во-вторых, он должен быть постоянно связан с гамма-телескопом, а для этого нужен стабильно работающий Интернет. В-третьих, телескоп должен быть полностью автоматизированным, и более того — он должен быть умным. В принципе, со всеми этими трудностями можно было справиться. Но было одно казавшееся непреодолимым препятствие. Дело в том,



Телескоп-робот МАСТЕР.

что для получения изображений звездного неба необходим был очень чувствительный и очень «быстрый» приемник света, ПЗС-матрица, наподобие той, что применяют в цифровых фотоаппаратах, но гораздо более качественная. Скажу, что в тот момент у астрономов МГУ вообще не было ни одной профессиональной цифровой камеры, стоимость которой достигала сотни тысяч долларов. А нам,

для получения большого поля зрения, нужна была самая большая матрица в мире. Кто даст деньги, тем более «теоретик», на такой эксперимент? Государство? Академия? «Новые русские»? Оказалось, именно «новые русские». Весной 2002 г. судьба случайно меня свела с Сергеем Михайловичем Бодровым — генеральным директором Московского объединения «Оптика». Он — любитель астро-

номии с детства — после третьего (!) разговора сказал: «хорошо, Владимир Михайлович, я куплю вам самую большую в мире цифровую профессиональную камеру. Мы закажем специальный телескоп — но чур, за вами открытие!» Нет, не перевелись еще Морозовы, Третьяковы, Рябушинские. Подмосковный провайдер «Инеткомм» провел в деревню бесплатный Интернет! Потом везение наше пошло дальше. Мой коллега из МГУ, житель деревеньки Подмосковья — Александр Крылов — ко времени построил на своем дворе обсерваторию, и мне оставалось совсем немного — собрать молодежь, смешать ее с наиболее толковыми нашими экспериментаторами — благо они еще остались. Короче, через полгода коллектив из 10 человек (кандидатов, аспирантов, студентов), проделав все бетонные, электронные, программистские работы, создали первый в России телескоп-робот **МАСТЕР** (Мобильную астрономическую систему телескопов роботов), именно систему, потому что мы понимали — для максимального извлечения информации необходима одновременная съемка всплеска в разных длинах волн — и, следовательно, нужно несколько параллельных телескопов [3]. Коллектив начал участвовать в мировой гонке за гамма-всплесками.

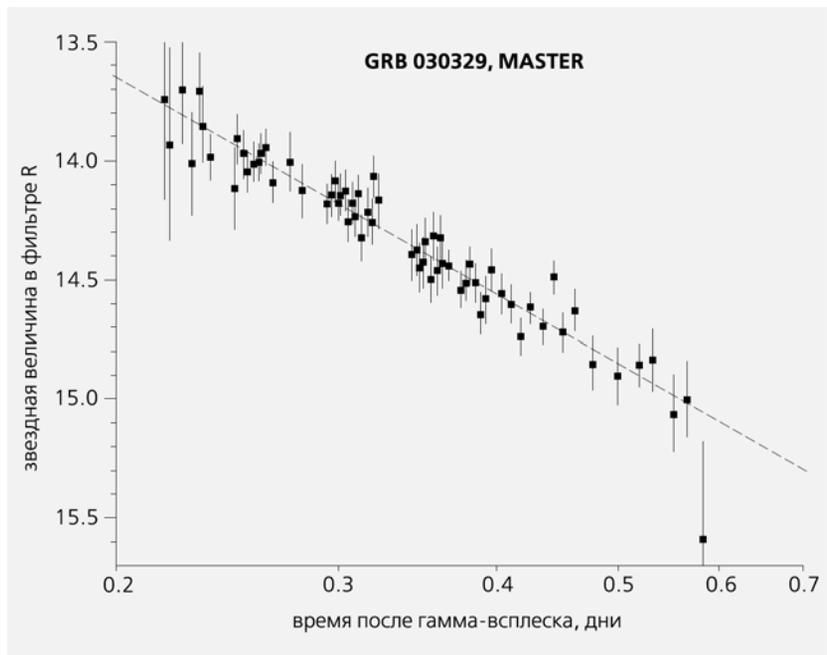
Идея всего эксперимента крайне проста. Космический гамма-телескоп (очень дорогой проект под миллиард долларов) регистрирует гамма-всплеск и передает координаты в международную сеть наблюдений гамма-всплесков (США). Эта операция обычно занимает 10–30 с. Далее, по Интернету в течение 3–5 с сигнал тревоги («алерт») передается в нашу деревню, за секунд десять телескоп сам наводится по грубым координатам, получает изображение, обрабатывает его, распознает новый объект и выдает уже в тысячу раз меньший квадрат ошибок.



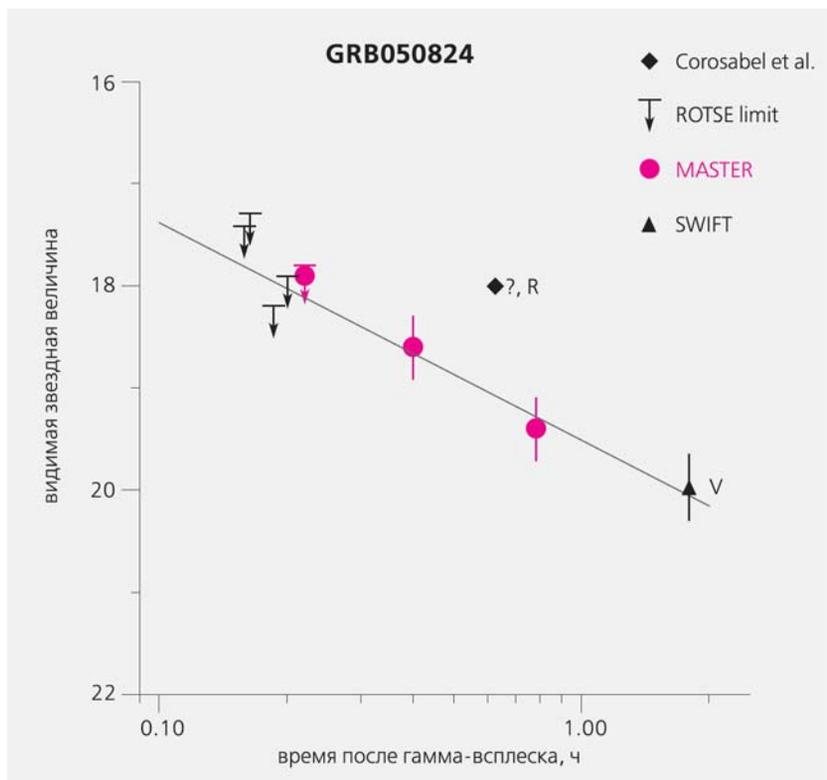
Снимок галактики Андромеда, сделанный на телескопе МАСТЕР (слева). За одну минуту на нашем снимке проявляются объекты в 100 тыс. раз слабее тех, что видны простым глазом (19-я звездная величина). Справа — та же галактика снята американской системой ROTSE III. Поле зрения телескопа МАСТЕР в два раза больше.

Уточненные координаты передаются обратно в центр данных, где они тут же публикуются и автоматически рассылаются в десятки мировых обсерваторий. Самые крупные телескопы мира вступают в дело лишь через несколько часов, когда оптическое излучение заметно ослабевает. Так ученые строят кривую изменения яркости гамма-всплеска — «кривую блеска». На этой кривой первыми стоят точки небольших, но «мозговитых» телескопов типа МАСТЕР, а за ними выстраиваются проекты стоимостью в миллиарды долларов! Но всплеск уже не тот. Гигантский взрыв, в миллиарды раз горячее ядерного (вспомните о спутниках-шпионах), за несколько часов «забывает» механизм взрыва. Поэтому-то первые точки на кривой блеска намного ценнее последующих!

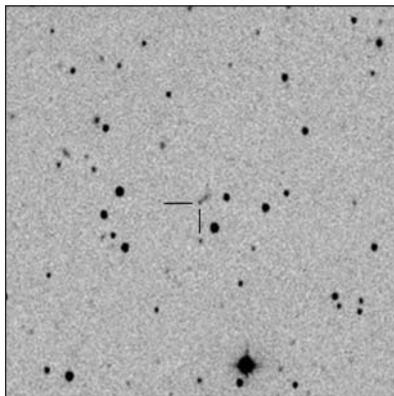
В методологическом плане гамма-всплески выводят науку на совершенно новый уровень. Из-за быстротечности события от регистрации через обдумывание до публикации проходят минуты! Здесь практически нет места ученому — все должен делать робот. Более того, публикацию читает тоже робот, анализирует и выбирает стратегию поиска на другом конце земного шара. Чтобы вы оценили «новый ум короля», приведу лишь несколько цифр. Наша камера имеет 16 мегапикселей, и каждое изображение «весит» 60 Мб. На каждом снимке с полем зрения 6 квадратных градусов (что в два раза больше, чем у аналогичного американского телескопа ROTSE III) может быть до 20 тыс. звезд, из которых нужно выбрать одну — новую. Следовательно, телескоп должен знать все небо — в его память «загружены» все лучшие астрономические каталоги. Проблема осложняется тем, что на изображении такого широкого поля возникает целый зоопарк объектов — звезды, галактики, астероиды, искусственные спутники Земли, космический мусор и следы космических частиц!



Кривая блеска (изменение блеска со временем) оптического излучения гамма-всплеска 29 марта 2003 г. Получена на телескопе-роботе МАСТЕР.



Первое в мире оптическое наблюдение гамма-всплеска GRB050824 на системе МАСТЕР. Показаны точки, полученные на телескопе МАСТЕР, а также верхние пределы американской системы ROTSE III, наблюдение с борта космической обсерватории «Swift» и наблюдения испанских астрономов.



Первая сверхновая на территории России открыта 28 апреля 2005 г. роботом МАСТЕР.

До последнего времени сигналы о вспышках гамма-всплесков приходили очень редко — в среднем раз в месяц. Что же делает телескоп между всплесками? Конечно, было бы преступлением не использовать его для других задач. А выяснилось, что задач — уйма. Смотрите, в ночь наш телескоп способен делать полтысячи снимков — это почти 3 тыс. квадратных градусов —

10% доступного нам неба! МАСТЕР представляет собой прекрасный патрульный инструмент, способный контролировать все изменения на небе — вспышки сверхновых звезд, неизвестные астероиды (в том числе потенциально опасные для землян), кометы и многое другое, о чем мы еще не подозреваем. И здесь самая большая сложность — обработать получаемую информацию, т.е. научить телескоп все это открывать автоматически. В США по каждому из перечисленных объектов работает отдельная обсерватория. Но нам «не до жиру», и мы решили научить МАСТЕР «работать» по всем объектам. Обучение еще не окончено, но кое-что мы уже умеем. Например, в апреле 2005 г. впервые на территории России открыта сверхновая звезда — SN2005bv [4]. Сверхновая оказалась принадлежащей к очень ценному виду — по таким сверхновым несколько лет назад американские астрономы заподозрили ускорение расширения Вселенной и связали его с присутствием темной энергии. Это

отдельная красивая история, о которой мы еще расскажем читателям. Добавлю лишь, что в августе 2005 г. на МАСТЕРЕ открыта вторая сверхновая — SN2005ee, в феврале 2006 г. — еще одна, SN2005ak [5, 6].

Природа подарила России в ее не лучшие времена прекрасный шанс — с помощью дешевого (по мировым рамкам) эксперимента занять ведущие позиции в одной из самых фундаментальных работ XXI в.

Но какая польза народному хозяйству от ваших телескопоботов? — может спросить читатель, измученный сериалами о бандитских разборках. Оказалось, что мы создали идеальный прибор для контроля ближнего космоса, который на порядки опережает все имеющееся средства России. Взгляните на ваш мобильник, там есть функция GPS — функция точного позиционирования в нашем изменчивом и сложном мире. Эта штука работает благодаря спутникам Земли, а без контроля положения спутников она работать не может! ■

Литература

1. Lipunov V.M., Kornilov V.G., Kuvshinov D. // GCN. 2005. V.4182.
2. Липунов В.М. // Соросовский образовательный журнал. 1998. №5. С.83—89.
3. Lipunov V.M., Kornilov V.G., Krylov A.V. et al. // Astrophysics. 2005. V.48(3). P.389—399.
4. Lipunov V., Krylov A., Kornilov V. et al. // International Astronomical Union Circulars. 2005. № 8520. P.1.
5. Frieman J., Barentine J., Lipunov V. et al. // International Astronomical Union Circulars. 2005. № 8603. P.1.
6. Tyurina N., Lipunov V., Kornilov V. et al. // International Astronomical Union Circulars. 2006. № 8677. P.1.

Коротко

Биохимикам удалось получить в лабораторных условиях резилин — каучукоподобный белок, обладающий очень высокой эластичностью. Он содержится в местах приращения крыльев многих насекомых и обуславливает их способность совершать миллионы взмахов крыльями. Кроме возможного применения в технике, новый искусственный материал предполагают использовать в медицине — для лечения

повреждений межпозвоночных дисков.

Terre Sauvage. 2005/2006. №212. P.49 (Франция).

Специалисты канадской корпорации «Barreck Gold Corporation» намерены «срезать» чилийский ледник, находящийся в Андах на высоте 5000 м. Проект, оцениваемый в 1,5 млрд долл., позволит вести добычу золота, медной руды и серебра на про-

тяжении не менее 17 лет. Однако 40 тыс. жителей долины Транзито, протянувшейся у подножия ледника и г.Валленар, опасаются теперь остаться без воды, столь ценной здесь, поскольку район соседствует с суровой пустыней Атакама. Корпорация решила вести работы уже в 2006 г., и в Чили изо дня в день усиливаются протесты.

Terre Sauvage. 2006. №213. P.50 (Франция).

Происхождение возбудителей природноочаговых болезней

Э.И.Коренберг

Еще в незапамятные времена дикие животные были заподозрены в причастности к вспышкам эпидемий некоторых смертельно опасных для человека болезней. Научное подтверждение тому было получено лишь в XIX в., когда накопилось достаточно много свидетельств связи возбудителей этих заболеваний с членистоногими и позвоночными животными. Так, американский исследователь Дж.Нотт выяснил, что в распространении малярии и желтой лихорадки повинны комары (причем еще задолго до открытия вируса, вызывающего желтую лихорадку). Англичане И.Банкрофт и П.Мансон одновременно пришли к выводу, что определенные этапы развития некоторых филярий (паразитических нематод, вызывающих филяриидозы и, в частности, «слоновую болезнь») проходят в организме комаров. Т.Смитт и Ф.Килборн в США установили, что пироплазмы (простейшие, паразитирующие в клетках крови позвоночных животных, иногда и человека) переносятся иксодовыми клещами, а британский военный врач Д.Брус и его супруга открыли значение кровососущих мух в передаче трипаносом — возбудителей так называемой сонной болезни. Под-



Эдуард Исаевич Коренберг, доктор биологических наук, руководитель отдела природноочаговых инфекций и лаборатории переносчиков инфекций ГУ Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им.Н.Ф.Гамалеи РАМН, председатель проблемной комиссии РАМН «Природноочаговые инфекции человека», руководитель Центра по боррелиозам Минздрава России. Область научных интересов — природная очаговость болезней, экология их возбудителей, переносчиков и носителей.

твердившееся впоследствии предположение, что лейшмании (внутриклеточные паразиты млекопитающих) передаются москитами рода *Plebotomus*, высказали французские исследователи брата Сержан. Их знаменитый соотечественник Ш.Николь выяснил, что клещи-орнитодорины переносят спирохеты, вызывающие возвратный тиф (современное название — аргасовый клещевой боррелиоз). Х.Т.Риккетс в США заложил основы современных представлений о роли членистоногих в циркуляции риккетсий — возбудителей тяжелых заболеваний человека и животных (пятнистой лихорадки Скалистых гор, клещевого сыпного тифа и др.).

В 1897—1899 гг. почти одновременно французские (А.Йерсен, Э.Ру и П.Симонд), японский (М.Огата) и русский (Н.Ф.Гамалея) микробиологи связали возникновение чумных эпидемий и распространение этого заболевания с крысами и живущими на них блохами. В 1912 г. в астраханских степях И.А.Деминский выделил культуру возбудителя чумы от суслика. Годом раньше Д.К.Заболотный сделал это в Маньчжурии при исследовании больного монгольского сурка.

Безусловно, эти и многие другие открытия, доказывавшие, что дикие животные могут быть хранителями и переносчиками болезнетворных (патогенных) для человека микроорганизмов, вошли в «золотой фонд» миро-

© Коренберг Э.И., 2006

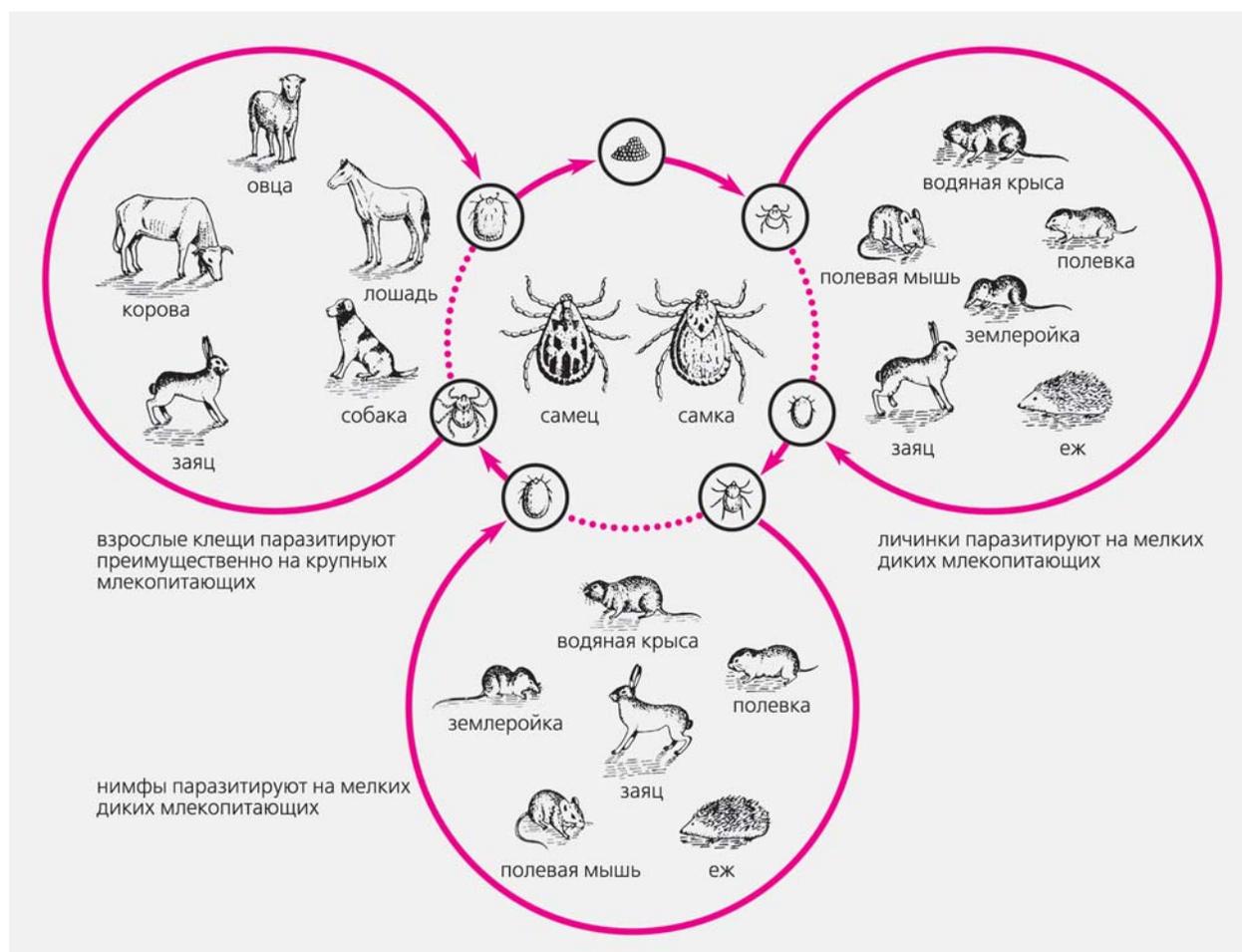
вой медико-биологической науки, однако все они представляли собой лишь разрозненные факты. Даже оформившаяся в те времена так называемая трансмиссивная теория (от лат. transmissio — передача) не объясняла истинной природы этих инфекций, что препятствовало эффективной борьбе с ними. Лишь в 1939 г. Е.Н.Павловский впервые сформулировал основные положения теории природной очаговости болезней, которая стала одним из значительных общеприродных обобщений, стимулировавших развитие ряда направлений в паразитологии, биоценологии, эпидемиологии, ветеринарии, медицинской географии и других науках.

Фундаментальная сущность этой парадигмы состоит в том, что возбудители многих болез-

ней, как и любые другие биологические виды, возникли независимо от человека и существуют в природе как естественные сочлены экосистем [1]. Основной средой обитания и хозяевами для одних микроорганизмов служат различные, главным образом наземные, животные, другие же живут преимущественно в абиотической среде, их хозяевами могут быть водные беспозвоночные и даже, видимо, растения [3]. И те, и другие микроорганизмы способны вызывать заболевания человека, которые принято называть, соответственно, зоонозами и сапронозами. Разумеется, есть и переходные формы, но лишь при антропонозах резервуаром возбудителя, его главной средой обитания и специфическим хозяином служит человек. Для подавляю-

щего же большинства возбудителей природноочаговых зоонозов и сапронозов он — случайный хозяин и биологический тупик, ни в коей мере не определяющий возможность их существования в естественных экосистемах. Возбудитель природноочаговых инфекций (за редкими исключениями) не передается от человека к человеку, и в этом главное отличие эпидемиологии таких инфекций от антропонозов. Каждое заболевание — результат ненужной для возбудителя встречи с конкретным человеком, который проник в экосистему, где обитает возбудитель [1].

Уровень эпидемического проявления любого природного очага определяется, с одной стороны, интенсивностью циркуляции возбудителя, с дру-

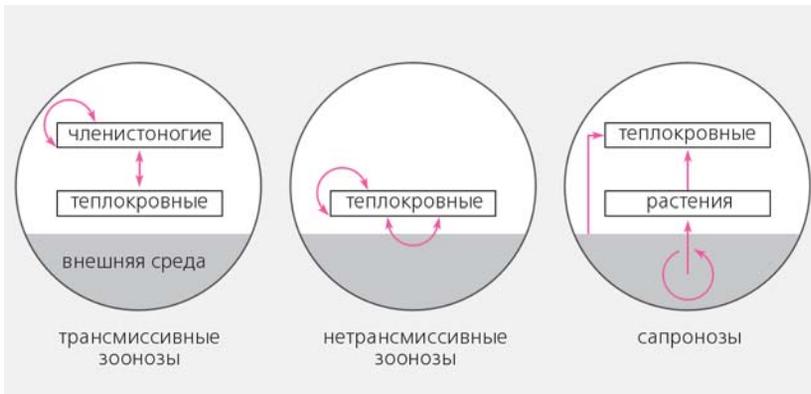


Доноры, переносчики и реципиенты возбудителей туляремии [2].

Патогенность

По общепринятым представлениям, патогенность — это некоторая совокупность генетически закрепленных видовых свойств микроорганизма, характеризующих его способность вызывать инфекционный процесс, а вирулентность (степень патогенности) и токсигенность — фенотипическое выражение патогенного генотипа, проявляющиеся, например, в особенностях определенного штамма.

Патогенные свойства могут проявлять не только паразиты, но и иные организмы — от мутуалистов (симбионтов, существующих на основе взаимовыгодного партнерства) до сапротрофов. Тем не менее обычно патогенность микроорганизмов связывают с их длительными взаимоотношениями с хозяевами: полагают, что в процессе коэволюции сапротрофы перешли к паразитизму, при этом под влиянием организма хозяина они утратили способность образовывать ставшие ненужными ферменты и приобрели способность синтезировать токсины и биополимеры, наделившие их патогенными свойствами. Вирулентность в этом случае рассматривают как функцию степени адаптации микроба к организму хозяина: высокая патогенность паразита свидетельствует о недавних, еще не вполне установившихся и несовершенных отношениях между паразитом и хозяином, а слабая, наоборот, — результат длительной коадаптации и, в конечном счете, коэволюции. По этой логике, степная пеструшка (*Lagurus lagurus*), например, столь восприимчива к некоторым не распространенным в открытых ландшафтах возбудителям потому, что никогда не сталкивалась с ними (ее даже используют в качестве модели для инфектологических экспериментов). Но почему тогда в аналогичной ситуации эти свойства не проявляют многие другие животные?



Принципиальные схемы циркуляции возбудителей болезней человека в природных очагах [4]. Стрелками отмечены пути передачи возбудителя.

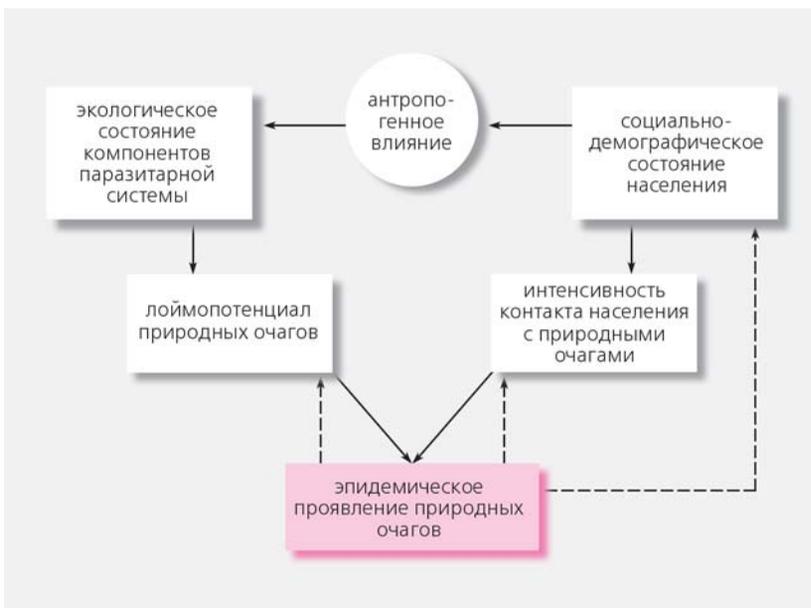


Схема взаимодействия основных природных и социальных факторов, определяющих интенсивность эпидемического проявления природных очагов [5]. Стрелками обозначены направления воздействия, пунктирными линиями — возможное при некоторых инфекциях воздействие.

гой — частотой контакта населения с этой потенциально опасной экосистемой. Природные очаги различных инфекций веками существовали в отсутствие людей или по соседству с их поселениями; они и сейчас распространены независимо от человека на безлюдных или мало населенных территориях. Вместе с тем люди, оказывая то или иное воздействие на экосистемы, изменяют условия сущест-

вования возбудителей и таким образом воздействуют на интенсивность их циркуляции.

Все сказанное хорошо изучено и не вызывает сомнения, однако неясно, зачем и каким образом у микроорганизмов, обитающих в естественных экосистемах, для которых человек — совершенно случайный хозяин и биологический тупик, возникла патогенность, делающая их возбудителями болезней?

Такая бытующая по сей день логика если в какой-то мере и справедлива, то только для эволюционно сложившихся антропонозов (например, для ряда кишечных или воздушно-капельных инфекций), но ни в коей мере не в отношении большинства природноочаговых зоонозов, поскольку само существование их возбудителей не связано с длительной коэволюцией и коадаптацией с человеком, причем это относится ко всем группам микроорганизмов — от вирусов до простейших и гельминтов. Происхождение возбудителей вирусных и бактериальных болезней от симбионтных форм в целом обычно не вызывает сомнений. Однако и биологический смысл патогенности для человека возбудителей природноочаговых зоонозов, и механизмы ее возникновения остаются

неясными: этот генетически детерминированный признак не имеет эволюционного значения, поскольку человек, напомним, — их случайный хозяин и «биологический тупик».

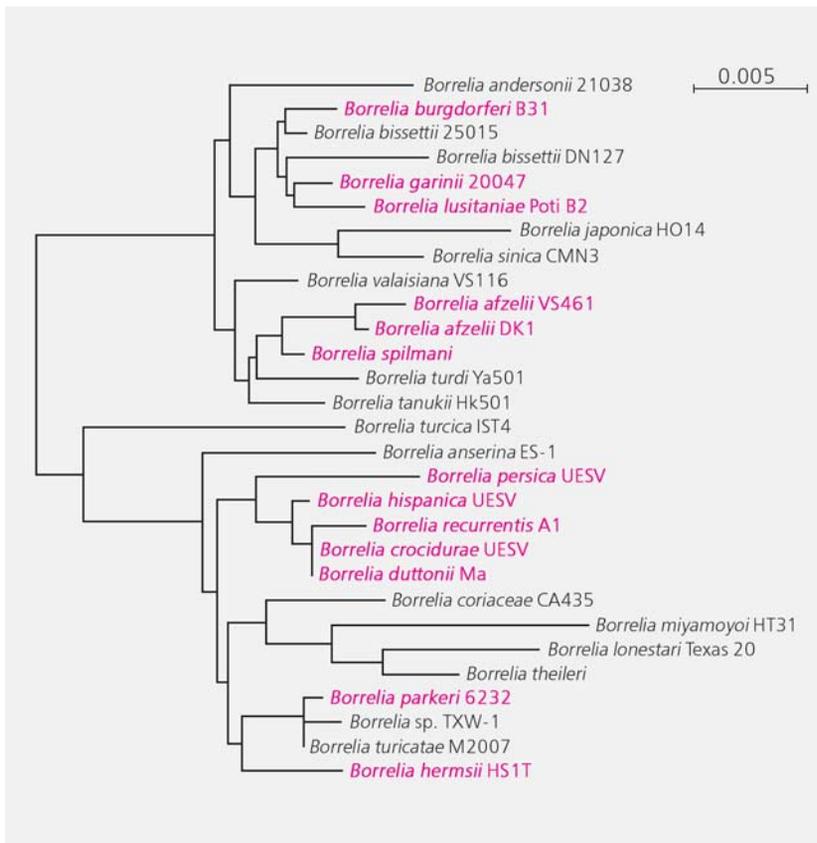
До недавнего времени по понятным причинам основное внимание уделялось исследованиям микроорганизмов, вызывающих заболевания человека. В значительной мере на эту задачу были ориентированы методы их выделения, идентификации и последующего изучения. Лишь в последнее десятилетие, когда стали широко использоваться молекулярно-генетические методы (ДНК-ДНК гибридизация, ПЦР и секвенирование генома), произошло лавинообразное накопление принципиально важных данных о разнообразии микроорганизмов. Стало очевидно, что патогенные для чело-

века вирусы, риккетсии, бактерии, простейшие — это лишь часть, причем не всегда большая, существующих в природе микроорганизмов той таксономической группы, к которой они принадлежат (таблица). Почему же одни микроорганизмы приобретают признаки патогенности для человека и способность быть этиологическими агентами заболеваний, а другие, близкие к ним, остаются свободноживущими сапротрофами или симбионтами позвоночных животных и (или) членистоногих?

Патогенность и преадаптации

Для существующих в природе возбудителей природноочаговых инфекций организм человека — новая среда обитания. Освоить ее могут только те микроорганизмы, у которых еще в прежней среде обитания (т.е. преадаптивно) как побочный результат эволюционных изменений возникли свойства, позволяющие им выжить в новых условиях. В этом смысле возбудители природноочаговых инфекций не уникальны; значение преадаптаций в эволюционных процессах широко обсуждается с общепатологических позиций уже около века. Хорошо известно, что преадаптивные признаки появляются как побочный результат естественного отбора и имеют потенциальную селективную ценность при изменении внешних условий, в частности позволяют виду занять новую экологическую нишу.

Существует множество примеров, свидетельствующих, что микроорганизмы (вирусы, риккетсии, бактерии и др.) способны размножаться в организме некоторых позвоночных и членистоногих, причем эти микроорганизмы и их хозяева в естественных условиях никогда вместе не встречаются. К примеру, боррелии (возбудитель болезни Лайма) и вирус клещевого энцефалита столь хорошо размно-



Дендрограмма представителей рода *Borrelia*, построенная В.В.Нефедовой на основании сходства нуклеотидных последовательностей 16S гРНК гена. Цветом отмечены геновиды боррелий, для которых достоверно доказана патогенность для человека.

Таблица

Соотношение общего числа и патогенных для человека форм в различных группах микроорганизмов (по литературным сведениям и данным GenBank)

Группы микроорганизмов	Количество форм		Наиболее известное заболевание	Примечания
	известных	патогенных		
Лиссавирусы (<i>Lissavirus</i>)	6–7	Почти все	Бешенство	Имеют широкий спектр патогенности и вызывают клинические проявления
Хантавирусы (<i>Hantavirus</i>): мышинные и полевочки	11–13	5	Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом	
хомячки	21	11	Хантавирусный пульмонарный синдром	
Флавивирусы (<i>Flaviviride</i>): клещевые	17	8–9	Клещевой энцефалит	
комариные	30	20	Японский энцефалит	
Найровирусы (<i>Nairovirus</i>)	34	Несколько	Геморрагическая лихорадка Крым-Конго	
Риккетсии (<i>Rickettsiales</i>):				Имеют широкий спектр патогенности от классических возбудителей до внутриклеточных симбионтов
группы клещевой пятнистой лихорадки	~120	~25–30	Клещевой риккетсиоз	Патогенность для человека еще некоторых форм возможна, но пока не доказана
эрлихии, анаплазмы и близкие к ним роды (<i>Ehrlichia</i> , <i>Anaplasma</i> и др.)	>25	Несколько	Моноцитарный эрлихиоз; гранулоцитарный анаплазмоз	
Бартонеллы (<i>Bartonella</i>)	20	7	Болезнь «кошачьей царапины»	
Лептоспиры (<i>Leptospira</i>)	7	5	Лептоспироз	Вид <i>L. interrogans</i> включает более 230 сероваров, немногие из которых вызывают заболевания
Боррелии (<i>Borrelia</i>): связанные с аргасовыми клещами	12	10	Аргасовый клещевой боррелиоз	
связанные с иксодовыми клещами	13–15	5	Иксодовый клещевой боррелиоз	
Легионеллы (<i>Legionella</i>)	42	4–5	Болезнь легионеров	
Иерсинии (<i>Yersinia</i>)	>10	4–5	Чума	
Франциселлы (<i>Francisella</i>)	4	1	Туляремия	
Бабезии (<i>Babesia</i>)	~100	2	Бабезиоз	Привлечение молекулярно-биологических методов, очевидно, приведет к объединению ряда современных видов
Лейшмании (<i>Leishmania</i>)	~15	6	Кожный лейшманиоз	

жаются в монгольской песчанке (*Meriones unguiculatus*), с которой в природе они никогда не сталкиваются, что этого степного грызуна предложено использовать для экспериментальной работы в качестве модельного лабораторного животного. Аналогичная по смыслу ситуация со степной пеструшкой уже упоминалась. Вирус классического клещевого энцефалита, отсут-

ствующий в Новом Свете, прекрасно размножается в американских клещах *Dermacentor andersoni*. Кошарного клеща (*Alveonatus laborensis*) экспериментаторы прозвали «консервной банкой», поскольку в нем, как впрочем, и во всех аргасовых клещах, способны жить нехарактерные для них микроорганизмы. Известны и другие примеры реализации запро-

граммированных в геноме, но до поры до времени «спящих» возможностей (преадаптации), возникших до встречи видов, которая приводит к становлению их паразито-хозяйственных отношений.

Возбудителям зоонозов свойственна полипатогенность, а многим из них и политропность. Преадаптивно у них, прежде всего, должна была воз-

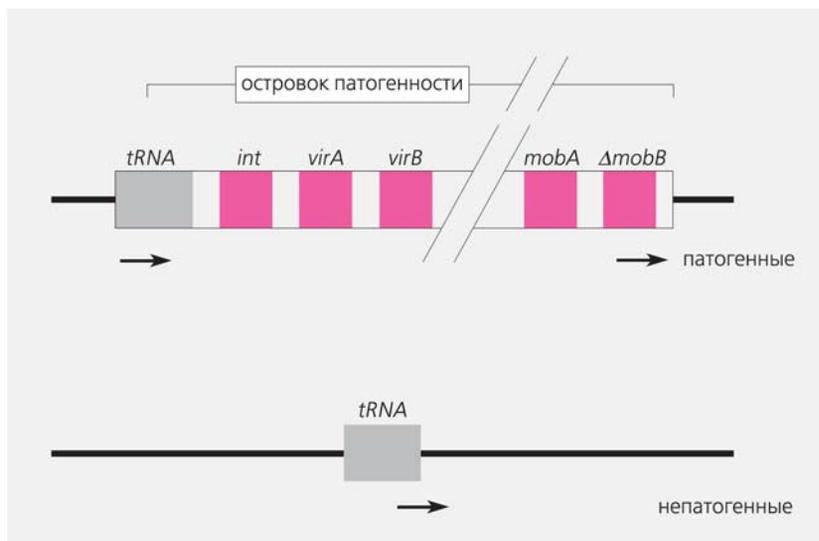
никнуть способность размножаться в разных тканях и противостоять защитным (клеточным и гуморальным) механизмам хозяина. Еще в 1969 г. К.Эндрюс обратил внимание на то, что некоторые арбовирусы, например, могут размножаться в пищеварительном тракте комнатных мух, саранчи, постельных клопов, жуков и бабочек. Такая способность, скорее всего, возникла преадаптивно. Однако внутриклеточные и тканевые паразиты, как правило, не могут длительно существовать в полости средней кишки многих насекомых и клещей. Чтобы оказаться в организме позвоночного животного (т.е. чтобы произошла передача возбудителя по схеме переносчик — резервуарный хозяин — переносчик) микроорганизмы, передающиеся трансмиссивным путем, должны попасть в слюнные железы кровососущих членистоногих, а до того, преодолев кишечный барьер, вызывать у них генерализованную (системную) инфекцию. Эти процессы вполне могут формироваться разными пу-

тями: не только преадаптивным, но и селективным уже после встречи микроорганизма с переносчиком в процессе их коадаптации.

В любой природной популяции одновременно происходит множество селективных процессов, однако их нельзя рассматривать как самостоятельные, независимые события, поскольку отбор действует на организм в целом, а не на его отдельный признак. Так как факторы отбора могли быть весьма разнообразными, патогенные для человека свойства микроорганизмов, по-видимому, возникли в разных их группах или даже у разных видов не направленно. Каждая группа патогенных микроорганизмов обладает характерной для нее совокупностью признаков, включая вид паразитизма (молекулярный, внутриклеточный, внеклеточный), локализацию размножения (ядро, цитоплазма, вне клетки), способ репликации (хемотрансформация, двойное деление, жизненный цикл) и важнейшие физико-химические

свойства (фильтруемость, наличие клеточной стенки, рост на искусственной среде). Патогенные (вирулентные и токсигенные) признаки микроорганизмов контролируются генами хромосомальной или плазмидной ДНК. Однако функции очень многих бактериальных генов до сих пор неясны [6]. Возможно, они не только обслуживают различные состояния и процессы существования микробов в естественных условиях, но и представляют собой резерв для возможного проявления различных преадаптивных признаков, включая патогенность.

При изменении окружающих условий преадаптивные геномные перестройки могут быть обусловлены не только или даже не столько случайными точковыми мутациями, сколько горизонтальным переносом генов мобильными генетическими элементами. В структуре генома, бактериальных плазмид и фагов обнаружены, например, так называемые островки патогенности, которые, отличаясь нестабильностью, присутствуют в геномах патогенных штаммов и отсутствуют или редко встречаются в геномах непатогенных представителей тех же или родственных видов. Предполагается, что генетическая информация свободноживущих прокариотических организмов может быть источником многих генетических структурных элементов, которые прежде отсутствовали у непатогенных микробов. Новые варианты патогенов теоретически могут возникнуть при успешном переносе и закреплении в геноме нового элемента, например островков патогенности или плазмид. В дальнейшем вступают в действие механизмы взаимной адаптации патогена и его естественного хозяина. Все это вполне согласуется с концепцией случайного паразитизма возбудителей природноочаговых сапронозов, которые обладают рядом преадаптивных свойств [4, 8], и с представлениями об универ-



Модель бактериального островка патогенности [7]. Тонкая сплошная линия — участки основного генома с расположением специфических последовательностей, стрелки — прямые повторы на концах островка патогенности, прямоугольники — гены интегразы (*int*), вирулентности (*vir*), мобильности (*mob*) и псевдомобильности ($\Delta mobB$). Образование островка патогенности — один из возможных путей возникновения возбудителей природноочаговых зоонозов.

сальности основных факторов патогенности, обеспечивающих существование микроорганизмов в разных средах обитания [4, 9, 10].

Сапронозные корни гриппа

Напомню, хозяевами и природными резервуарами возбудителей сапронозов могут быть простейшие (амебы, инфузории и др.) и прочие обитатели почвы и гидробионты. Адаптивное формирование биологических особенностей этих микроорганизмов направлено прежде всего на обеспечение их существования в естественной среде обитания, т.е. в почвенных или водных экосистемах. Между патогенными и потенциально патогенными бактериями и другими сочленами этих экосистем могут формироваться разные варианты симбиотических отношений, включая паразитизм. В результате таких биоценологических процессов на популяционном уровне преадаптивно соотнобщаются (и во многих случаях закрепляются как видовые) генетически детерминированные признаки и свойства, позволяющие микроорганизмам существовать также в организме теплокровных животных [3, 4, 11].

Весьма вероятно, что вирусы гриппа вообще и так называемого «птичьего гриппа», в частности, исходно имеют именно сапронозное происхождение. По сути дела их природноочаговые «корни», проявляющиеся в связи вирусов с дикими птицами, теперь уже ни у кого не вызывают сомнений. Но действительно ли птицы — основные резервуарные хозяева вирусов, обеспечивающие долговременное существование их природных очагов, как это сейчас принято считать и хорошо известно для некоторых арбовирусов (например, возбудителя лихорадки Западного Нила), передающихся комарами, т.е. трансмиссивным путем? Не вовлека-

ются ли сами пернатые в первичную эпизоотическую цепочку циркуляции вирусов гриппа, которая изначально может реализовываться в водных экосистемах без их участия? В пользу этой гипотезы говорят разнообразные факты, опубликованные в последнее время [12], в том числе и в журнале «Природа» [13]. Приведу в определенной последовательности главные из них:

— вирусы гриппа А способны длительно сохраняться во внешней среде (в воде до месяца при 22°C и до 6–8 мес. — при +4°C);

— в естественных условиях вирусы гриппа способны к антигенному дрейфу — постепенным мутационным процессам, которые приводят к изменениям структуры поверхностных антигенов (гемагглютинина и нейраминидазы), играющих в значительной мере роль факторов патогенности;

— все известные подтипы вирусов гриппа А обнаружены у птиц (в основном у водоплавающих и околоводных); среди вирусов гриппа диких птиц могут быть патогенные для домашних птиц (вызывающие их гибель), различных млекопитающих, в том числе и человека (например вирус H9N2 или всем известный в последнее время вирус H5N1);

— у водоплавающих птиц инфекция обычно протекает бессимптомно; вирус размножается в основном в клетках кишечника и выделяется с фекалиями, а это значит, что грипп у птиц — типичная инфекция кишечной группы, для которых не характерна непосредственная прямая передача возбудителя от инфицированной особи здоровой (например, воздушно-капельным путем), но типично заражение алиментарным путем через воду и (или) пищу; по всей видимости, именно алиментарным путем заражаются домашние птицы и млекопитающие, а также ластоногие и китообразные;

— млекопитающие (особенно свиньи) восприимчивы как к вирусам гриппа птиц, так и человека; одновременная репликация вирусов в организме этих хозяев приводит к реассортации возбудителей, при которой возможна полная замена фрагментов генома и появление вируса нового или давно отсутствовавшего типа, включая патогенные для человека, способные передаваться воздушно-капельным путем от больных людей здоровым;

— пандемии гриппа обычно начинаются в теплых регионах Юго-Восточной Азии (в частности, в Китае), при этом их возбудители — новые для людей или давно не встречавшиеся подтипы вирусов.

Итак, вирусы гриппа в естественных условиях изначально соответствуют признакам возбудителей водных сапронозов. По всей видимости, их связывают симбиотические отношения с гидробионтами. Именно эти отношения приводят к генотипическим изменениям вирусной популяции, основной биологический смысл которых состоит в обеспечении его длительного существования в естественных водных экосистемах. В результате этого процесса преадаптивно возникают антигенные варианты вируса, к которым восприимчивы околотовные и другие птицы, причем некоторые из них патогенны для диких и домашних млекопитающих, в том числе и человека.

Время от времени такие клоны появляются в вирусной популяции особенно часто, что связано с колебаниями численности (свойственными и прокариотическим, и эукариотическим организмам), которые С.С.Четвериков называл, как известно, «волнами жизни», а Н.В.Тимофеев-Ресовский — «популяционными волнами». Это приводит к увеличению вероятности алиментарного заражения птиц, которые, в свою очередь, выделяют вирус с экскрементами, способствуют его интенсивному рас-

пространению в водных экосистемах (включая небольшие водоемы), находящихся рядом с жилищами человека. Во многих хозяйствах утки и гуси содержатся в непосредственной близости с курами, свиньями и другими домашними животными в неудовлетворительных санитарно-гигиенических условиях. Это способствует реализации фекально-орального пути передачи возбудителя, причем в эпизоотию особенно быстро вовлекаются домашние птицы и свиньи. Так возникают антропоургические (т.е. в преобразованной человеком среде) или скорее даже синантропические очаги гриппа.

Наиболее подходящие для этого условия (абиотические, биотические и социальные) складываются в Юго-Восточной Азии. Именно там периодически возникают эпизоотии среди домашних птиц и первые случаи заболевания людей гриппом. Инфицирование домашних уток [14] (и, видимо, кур) вирусом H5N1, например, происходит не на крупных птицеводческих фабриках, где соблюдаются санитарно-гигиенические правила,

а в индивидуальных хозяйствах, где могут заражаться домашние кошки и даже голуби [15].

В начале каждого такого цикла по отношению к людям грипп проявляется как типичная природноочаговая сапронозная инфекция (рис. 2, 3): вирус не передается от человека к человеку, и все сравнительно немногочисленные случаи заболеваний возникают в результате индивидуального контакта людей с источником возбудителя (с водой или продуктами питания). Параллельно в антропоургических очагах в результате реассортации вирусов (главным образом на свиньях) могут возникнуть патогенные варианты вируса, способные передаваться от человека к человеку воздушно-капельным путем. С этого момента эпидемии, периодически перерастающие в пандемии, развиваются по схеме классических антропонозных инфекций, что детально описано и хорошо известно.

* * *

Недоказанной остается лишь гипотеза о существовании вирусов гриппа в водных экосисте-

мах, об их симбионтных отношениях с гидробионтами и изначально преадаптивном возникновении антигенных вариантов вируса, к которым восприимчивы птицы и млекопитающие. Она нуждается в экспериментальных и прямых доказательствах, которые могут быть получены вирусологами в комплексе со специалистами по экологии гидробионтов.

Если гипотеза подтвердится, это будет означать, что главным объектом мониторинга должны стать водные экосистемы, в которых возникают варианты генотипа вируса гриппа, представляющие потенциальную опасность для распространения среди птиц и млекопитающих и дальнейших шифтовых изменений, способных осложнить эпидемическую ситуацию. Однако уже сейчас очевидно, что профилактика этих осложнений должна быть прежде всего основана на разработке и широком применении мер, препятствующих реассортации вирусов гриппа, в процессе которой могут появляться его варианты, передающиеся от человека к человеку. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект №04-04-48046.

Литература

1. Коренберг Э.И. Что такое природный очаг. М., 1983.
2. Олсуфьев Н.Г. // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. Т. VIII. М., 1953. С. 49.
3. Литвин В.Ю., Коренберг Э.И. // Паразитология. 1999. Т. 32. № 3. С. 179.
4. Литвин В.Ю., Гилицбург А.Л., Пушкарева В.И. и др. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий. М., 1998.
5. Коренберг Э.И., Юркова Е.В. // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1983. № 3. С. 3.
6. Дебабов В.Г. // Молекулярная биология. 1999. Т. 33. № 6. С. 1074.
7. Hacker J., Kaper J. // Ann. Rev. Microbiol. 2000. V. 54. P. 641.
8. Сомов Г.П., Литвин В.Ю. Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий. Новосибирск, 1998.
9. Бухарин О.В., Литвин В.Ю. Патогенные бактерии в природных экосистемах. Екатеринбург, 1997.
10. Доморадский И.В. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 1993. № 1. С. 103.
11. Пушкарева В.И. // Успехи современной биологии. 2006. Т. 126. № 4. С. 323—333.
12. Деева Э.Г., Еропкин М.Ю., Григорьева В.А. и др. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2006. № 1. С. 81.
13. Львов Д.К., Забережный А.Д., Алипер Т.И. Вирусы гриппа: события и прогнозы // Природа. 2006. № 6. С. 3—13.
14. Songserm Th., Jam-on R., Sae-Heang N. et al. // Emerging Infectious Diseases. 2006. V. 12. № 4. P. 575.
15. Songserm Th., Amonsin A., Jam-on R. et al. // Emerging Infectious Diseases. 2006. V. 12. № 4. P. 681.

Минералы — индикаторы геологических процессов



А.М.Портнов

Тяга к геологии обозначилась у меня в раннем детстве. В шесть лет я был поражен искрящимися на солнце грудами гранитного щебня. Почему они блестят?.. Осмотрев щебень, я понял, что на солнце сверкают какие-то пластинки (конечно, это были слюда и полевой шпат). Никто из взрослых не мог объяснить, что это такое. Я выбрал самые большие розовые кристаллики и хранил их, как сокровище. Родители были озадачены моими вопросами и не могли объяснить, почему ручей извивается, а не течет прямо. В первом классе меня потрясла книга И.Савельева «Следы на камне». Оказывается, раньше жили совсем другие существа, а сейчас они окаменели! Я старательно копировал рисунки ихтиозавров и бронтозавров... Окончательное решение стать геологом пришло, когда в четвертом классе мне попала замечательная книга академика А.Ферсмана «Занимательная минералогия». Возможно, моя душа когда-то принадлежала древнему рудознатцу...

В восьмом классе я старательно проштудировал толстую монографию А.Бетехтина «Минералогия» и стал прилежнейшим членом студенческого минералогического кружка Мос-



Александр Михайлович Портнов, доктор геолого-минералогических наук, профессор Московского государственного геологоразведочного университета им.С.Орджоникидзе. Область научных интересов — геология, геохимия, термометрия.

ковского геологоразведочного института (МГРИ). Здесь еще школьником я сделал свои первые доклады. Один из них был основан на личных наблюдениях и назывался «Геохимия и минералогия кремния в карбонатных осадках Подмосковья». И хотя профессия увела меня не в минералогию, а в геологическую съемку и поиск рудных месторождений, желание открыть новые минералы оставалось неизменным. Моя мечта осуществилась, когда меня пригласил в аспирантуру Всесоюзного института минерального сырья (ВИМС) талантливейший ученый и замечательный человек профессор А.И.Гинзбург. Он отдал мне «на откуп» малоизученный щелочной массив Бурпала в горах Северного Прибайкалья.

Здесь я нашел ряд редчайших и новых минералов, узнал, сколько труда стоит за словом «открытие» и ввел в минералогическое название «кальциокатаплеит», «ландауит», «комаровит».

Как открывают новые минералы?

Первый новый минерал я назвал «кальциокатаплеитом». Это был кальциевый аналог натриевого цирконосиликата катаплеита. Минерал оказался необыкновенным концентратом катионных вакансий, поскольку здесь место двух катионов натрия занимал один кальций. На месте второго катиона натрия была... дыра, но кристаллическая структура сохранялась.

Такой концентрации вакансий нет даже в «дырявых камнях» — цеолитах.

В пегматитах массива Бурпапа накапливались многие редкие и редкоземельные элементы. Математик-теоретик, исходя из всевозможных комбинаций 92 элементов таблицы Менделеева, может сделать неверный вывод о том, что количество минералов бесконечно велико. Однако в действительности их число весьма ограничено: за всю историю развития минералогии было установлено не более 3,5 тыс. минералов. Термодинамика «оставляет в живых» лишь энергетически устойчивые соединения, отбраковывая и уничтожая бесчисленные количества неустойчивых комбинаций элементов.

Ежегодно во всем мире открывается всего несколько десятков минералов. В прежние времена треть из них приходилась на долю геологов СССР. Открытие нового минерала — довольно редкое событие, не говоря уж о том, что это очень кропотливая, тщательная работа, требующая высокого профессионального навыка. Открытие каждого минерала утверждается специальными комиссиями по новым минералам: сначала в пределах страны, а затем и международной. Все эти процедуры требуют много времени, труда, упорства, одержимости исследователей. У многих минералогов годами лежат пакетики с зернами вроде бы новых минералов, до которых то руки не доходят, то не хватает необходимых видов анализа, то просто нет свободного времени.

Даже в нашем, недавно еще плановом, обществе открытие новых минералов все же не планировалось. Их искали исключительно геологи-энтузиасты, и дело было постановлено «на самотек». Тем не менее в СССР было открыто более 400 минералов. Известные ученые-минералоги А.Д.Генкин, Е.И.Семенов, А.П.Хомяков, С.В.Малинко, Ю.Л.Капустин и некоторые другие открыли

десятки новых минералов. Это — успех мирового значения! Первооткрыватель отличается способностью по-новому взглянуть на объект изучения, заметить отличие от известного, провести профессиональное изучение и дать минералу, как человеку, собственное имя.

Придуманное мной название «кальциокатаплеит» звучало тяжело, хотя и отражало химическую суть соединения. Дальше я решил называть минералы по именам людей. Так появились комаровит и ландауит.

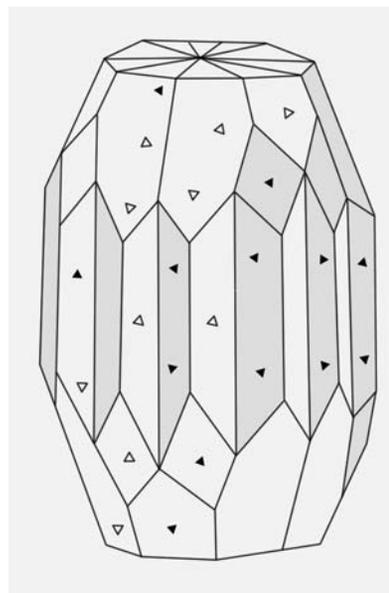
Названия минералам я давал не по химическому составу, как рекомендовали некоторые классики минералогии, и не по именам высоких геологических чиновников, как было «модно» в иные времена. Меня вел эмоциональный импульс. Я назвал новые минералы по именам великих ученых или первооткрывателей с необычной трагической судьбой. Комаровит был обнаружен в «минералогическом заповеднике» — в Ловозерских тундрах на Кольском п-ове, где необычная геологическая обстановка создала возможность для удивительных комбинаций атомов. Здесь среди нефелиновых сиенитов (довольно редких пород с высоким содержанием натрия), к тому же сильно измененных щелочными растворами, выделялись пластинчатые светлорозовые кристаллы, которые оказались неизвестным ранее водным силикатом ниобия и натрия. Минерал этот интересен тем, что силикат ниобия в своей кристаллической структуре сохранял мотив распространенного в природе оксида ниобия — пироклора, из которого он, возможно, возник при воздействии поздних натриевых растворов.

«Доброжелатели» и институтское начальство, где я работал, настойчиво рекомендовали назвать новый минерал в честь тогдашнего министра геологии. Но на меня произвела сильное впечатление первая трагическая гибель в космосе человека — со-

ветского космонавта В.М.Комарова. В память об этом мужественном исследователе Неизвестного я и назвал новый минерал, предварительно попросив разрешение у его вдовы...

Открытие комаровита прошло достаточно легко: у него был относительно простой состав и своеобразная морфология кристаллов. Правда, потом выяснилось, что аналогичный минерал раньше меня нашел в Гренландии Семенов, но он не стал с ним возиться и оформлять как новый, лишь отметил его в своей статье как «белый минерал» из щелочных пегматитов. Но вот другой новый минерал, который я назвал ландауитом, доставил немало хлопот. Дело в том, что он оказался крайне необычным по составу, и к тому же в сростании с другим новым минералом, впоследствии названным муратаитом в честь американского геохимика К.Мураты.

Черные, похожие на бочонки, сростания пластинчатых кристаллов я обнаружил в пегматитовых жилах среди сиени-



Кристалл редчайшего минерала ландауита, на гранях которого видны включения другого очень редкого минерала — муратаита. Увел. 25.

тов на крутых склонах гольцов Северного Прибайкалья, где проходит водораздел рек Чуи и Чаи. Форма зерен напоминала «китайские фонарики». Доцент кафедры минералогии МГРИ Е.И.Ильменев потратил пять лет на то, чтобы разобраться в их строении. Он установил, что бочонковидная форма связана с тем, что здесь срастаются сразу двенадцать кристаллических пластинок, или, что то же самое, шесть двойников, где каждая пластинка-кристалл повернута относительно другой на 180°. Оказывается, такие двойниковые сростания кристаллов были теоретически предсказаны немецким кристаллографом Г.Баумхауэром еще в XIX в., но до сих пор в природе их никто не встречал. Они реализовались лишь в редчайшем ландауите.

Когда встал вопрос о названии нового минерала, я решил назвать его именем академика Л.Д.Ландау, который в то время боролся со смертью после тяжелой автомобильной аварии. В названиях, которые я давал минералам, отразилась специфика общественной психологии советского времени — беды общественные воспринимались как личные. Когда Ландау стал чувствовать себя лучше, я поехал к нему, чтобы получить согласие.

— Не возражаю, но ведь я ничего не понимаю в геологии, — улыбнулся Ландау.

— А я ничего не понимаю в вашей квантовой физике...

Исследование структуры минерала было проведено в Институте кристаллографии АН СССР, но оно вызвало сомнение у нашего крупнейшего кристаллографа академика Н.В.Белова. «Не очень верю», — написал он, подарив мне отписку статьи в «Докладах АН СССР», посвященной кристаллической структуре будущего ландауита. Патриарх советской кристаллографии сомневался неслучайно: австралийские исследователи Дж.Грей и Б.Гейтхауз получили

в Минералогическом музее АН СССР кристаллики ландауита, которые я передал туда на хранение. Их исследования показали, что минерал состоит из натрия, цинка, марганца и титана со структурой, сходной с распространенным титановым минералом ильменитом.

Работа австралийцев заставила меня вновь провести анализ ландауита современными методами. При этом оказалось, что в образце присутствует еще одна фаза с высоким содержанием иттрия, натрия, цинка и титана, представляющая собой очень тонкую пыль. Неужели еще один новый минерал?.. С огромным трудом мне удалось его выделить из порошка ландауита. Химический и рентгеновский анализы показали, что известных аналогов этот минерал вроде бы не имеет: очень уж необычной была комбинация элементов. Думаю, что он весьма неустойчив и сохранился, как реликт более раннего этапа минералообразования, словно законсервировался в виде включений в ландауите, удивившем химиков своей устойчивостью к действию кислот. Я предложил для минерала красивое название — «вегенерин» — в память о А.Вегенере, авторе теории «дрейфа континентов», трагически погибшем во льдах Антарктиды. Это название утвердила и Комиссия СССР по новым минералам.

Но когда дело дошло до Международной комиссии, то я получил неожиданное заключение о том, что... похожий минерал муратаит описан несколько лет назад в США. Действительно, данные рентгеновского анализа были сходными, а материалы об этом минерале еще не успели занести в наши картотеки. Возможно, что рентгенщики в Институте кристаллографии наскочили при съемке на зерно муратаита, но ошибочно связали его с химическим составом ландауита.

Конечно, было досадно. Но что делать?.. Американцам

повезло, они нашли муратаит в виде крупных кристаллов размером в несколько сантиметров, а муратаитовая «пыль» из Северного Прибайкалья состояла из кристалликов размерами в десятки микрометров. Пропустить их в те годы было очень легко, поскольку микрозондовый анализ еще не вошел в обычную практику... Тем не менее находка муратаита была второй в мире и первой — в СССР. Любопытно, что американский минералог Дж.Адамс обнаружил муратаит в геолого-минералогической обстановке, очень схожей с той, в которой был встречен ландауит. Но ландауита Адамс не нашел, а муратаит во включениях в ландауите я заметил не сразу.

Работа геолога в составе поисково-съёмочной аэрогеофизической партии помогла мне понять, что минералы — носители обширной геологической информации, и требуется лишь нужный ключ для ее выявления. Надо сказать, что к середине XX в. описательная минералогия исчерпала свои возможности. Физические и химические характеристики минералов были в основном изучены. Поэтому данные о минералах в современных учебниках практически не отличаются от описаний, которые были даны в середине XX в. автором традиционного справочника «Система минералогии» Д.Дэна в США или А.Болдыревым и А.Бетехтиным в СССР.

Но неправильно думать, что минералогия превратилась в «мертвую науку». Дальнейший путь ее развития — выявление информации об условиях кристаллизации и особенностях происхождения минералов. В этом случае их изучение помогает понять суть геологических процессов, а нередко — решать и поисковые задачи. Приведу некоторые примеры из личной практики, когда особенности строения и свойств минералов позволяли сделать неожиданные геологические выводы

и обосновать направление разведочных работ.

Титаногематит в бокситах Северного Урала

Аэрогеофизическая группа ВИМСа, в которой я занимался геологической интерпретацией геофизических данных, проводила аэрогаммаспектрометрическую съемку бокситовых месторождений на Северном Урале. Боксит возникает при выветривании содержащей глинозем (Al_2O_3) горной породы, когда из нее вымываются щелочи (калий и натрий), щелочноземельные элементы (кальций и магний), а главное — кремнезем. Остается лишь смесь водноглиноземистых минералов — алюминиевая руда, которую называют бокситом. Пласты бокситов на восточном склоне Северного Урала залегают в слоях девонских известняков. Рудные выходы здесь сопровождалась ториевыми аномалиями, поскольку бокситы содержат довольно много тория. Но бокситы на поверхности были уже известны, и аэрогеофизика новой информации не давала.

Однако мы обратили внимание на то, что вытянутые по простиранию горных пород пласты бокситов (ториевые аномалии) коррелировали с расположенными западнее и вытянутыми в том же направлении калиевыми аномалиями. Оказалось, что высокими (до 4%) содержаниями калия отличаются пласты силурийских вулканических пород андезитобазальтового состава. Калиевые аномалии уходили далеко на север от известных бокситовых месторождений. Это позволяло рекомендовать направление дальнейшей разведки севернее, вслед за пластами лавы с повышенным содержанием щелочей. Но для обоснования такой рекомендации необходимо было выяснить, существует ли геологическая связь между обогащен-

ными калием лавами силура и бокситами девона.

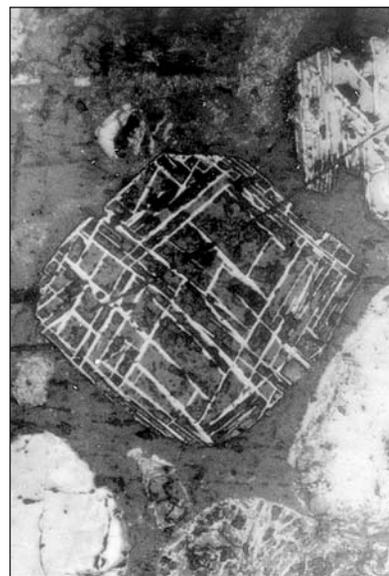
Я решил выделить устойчивые примесные (акцессорные) минералы из щелочных андезитобазальтов силура и девонских бокситов, с тем, чтобы попытаться найти в них общие минералы. Тогда связь калиевых и ториевых аномалий приобрела бы геологический смысл. Оказалось, что и в тех, и в других породах присутствуют в небольших количествах апатит и циркон, но они относятся к «сквозным» минералам, и их можно найти в любой породе.

Зато и в вулканических породах, и в бокситах в изобилии оказались черные магнитные зерна тяжелого минерала. Предшествующие исследователи называли его титаномagnetитом, который часто встречается в богатых железом глубинных породах. Для него характерна решетчатая структура — результат распада твердого раствора, возникающая при снижении температуры. Дело в том, что при высоких температурах в магнетите (Fe_3O_4) титан распределяется равномерно, а при остывании он образует перекрещивающиеся пластинки ильменита ($FeTiO_3$). В полированных шлифах под микроскопом отчетливо наблюдается такая решетка. Но пластинки были не серыми, как положено ильмениту, а голубоватыми и более яркими. Они напоминали оксид железа — гематит (Fe_2O_3), который образует подобные структуры.

Действительно, рентгеновский и микрозондовый анализы, проведенные специалистами ВИМСа, подтвердили — это не ильменит. Предыдущие исследователи принимали за него весьма похожий гематит. Но гематит здесь не простой, а с высоким содержанием титана. Черные зерна в бокситах Северного Урала оказались магнетитом, проросшим решеткой из пластинок редкого минерала титаногематита с содержанием 18–20% TiO_2 .

Решетчатые структуры у обоих минералов одинаковы, физические свойства сходны, но происхождение — совершенно разное. Ильменитовые решетки в титаномagnetите возникают при остывании раскристаллизованной магмы в глубинах Земли, а титаногематитовые — в земной атмосфере, при окислении раскаленного титаносодержащего магнетита в «палящих тучах», которые выбрасывают вулканы. При этом воздушно-пепловая масса, нагретая до $1000^\circ C$, стремительно скатывается по склону вулкана, уничтожая все живое. Например, «палящая туча» вулкана Мон-Пеле на о.Мартиника в 1902 г. мгновенно уничтожила г.Сен-Пьер с населением в 30 тыс. человек. Люди сгорели заживо. В учебниках геологии можно увидеть фотографии расплавленных раскаленным газом стеклянных бутылок из Сен-Пьера... Прибрежный песок на пляжах Мартиники черный от обилия магнетита, проросшего решетчатый гематитом.

Обогащение бокситов титаногематитом означало, что исходной породой для их образования послужили основные вы-



Решетчатая структура природного титаногематита. Северный Урал. Увел. 30.

Здесь и далее фото автора

сокожелезистые вулканические породы. Наиболее подходящие в геологическом разрезе Северного Урала — андезитовые лавы и уплотненные пеплы силура. В жарком и влажном климате девона черные лавы превратились в рыхлую красноцветную кору выветривания, которую древние реки смыли в море. Здесь бокситы отложились в виде пласта, а сверху их запечатали толщи девонского известняка...

Теперь связь калиевых и ториевых аномалий приобрела геологический смысл. Можно обоснованно рекомендовать проведение разведочных работ дальше на север. Становилась понятной и связь калиевых лав с рудными залежами. Известно, что бокситизация особенно успешно идет по породам с повышенным содержанием щелочей. В дальнейшем разведка действительно выявила ряд бокситовых месторождений к северу от знаменитого Уральского месторождения «Красная шапочка». Источником алюминия здесь были лавы силура, о чем свидетельствовал титаногематит — минерал «палящих туч».

Когда все анализы были готовы, я отправился в Геологический институт АН СССР к крупнейшему специалисту по бокситам профессору Г.И.Бушинскому и попросил его дать отзыв на наш отчет. Ученый открыл стеллажи и вытащил оттуда образцы — слоистые за счет переполнявших их черных магнитных зерен.

— Сначала проверьте их, — сказал он.

Анализы подтвердили, что практически все черные зерна оказались окисленным магнетитом с вростками решетчатого титаногематита. Значит, происхождение минерала — не глубинное, а поверхностное. Бушинский просмотрел все материалы и сказал: «Все равно не верю!» Можно было понять старого ученого, поскольку решетчатый титаномгнетит (а не титаногематит) в бокситах Урала считался характернейшим мине-

ралом. Тем не менее, он написал на наш отчет отличный отзыв.

Дальнейшее исследование решетчатого гематита в магнетитах из бокситов выявило другую проблему — содержание двуокиси титана в магнетите составляло всего 2—3%, а в гематите достигало 20%. Скорее всего, титан, первоначально равномерно рассеянный в магнетите, в окислительной среде «палящих туч» начинал быстро двигаться в нагретом магнетите и «уползал» из него в новообразованный гематит.

Тогда я прокалил в окислительной среде кристаллы однофазного титаномгнетита (без вросток ильменита). Этот эксперимент повторял природный процесс окисления магнетита в «палящих тучах» вулканов. Оказалось, что при температуре около 1000°C в кристалле действительно идет быстрая диффузия титана, который за несколько минут практически весь собирается в решетчатых кристаллах новообразованного гематита. Любопытно, что магнетит, из которого «уполз» титан, оставался неокисленным. Видимо, окислению магнетита способствуют вакансии, возникающие за счет присутствия титана в его структуре, тогда как магнетит без вакансий гораздо более устойчив. Помню, как искренне рад был этому явлению академик Н.В.Белов, изучавший диффузию кислорода при окислении магнетита.

— В «Доклады АН СССР», срочно! — написал он на рукописи моей статьи.

Фотолюминесценция апатита

Другой минерал, позволяющий решать поисковые задачи, — широко распространенный апатит. Вместе с работавшим в ВИМСе физиком Б.Горобцом мы изучали свечение апатита в ультрафиолетовых лучах (фотолюминесценцию). Выяснилось, что свечение апатита

из разных типов горных пород различается. Апатит из глубинных пород (кимберлитов, карбонатитов, нефелиновых сиенитов) имеет сине-фиолетовую фотолюминесценцию за счет примеси Ce^{3+} и Eu^{2+} . Присутствие Eu^{2+} свидетельствует о резко восстановительной среде минералообразования. Апатит из пород земной коры (гранитов, диоритов и связанных с ними зон оруденения) светится розовато-желтым цветом за счет примеси Mn^{2+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} . Эксперименты Горобца показали, что в апатите гранитоидов при прокаливании его в восстановительной среде появляется свечение Eu^{2+} . Это означает, что исходный европий в апатите гранитоидов находился в трехвалентной форме, которая слабо люминесцирует в красной области спектра. Прокаливание же апатита с порошком графита переводит трехвалентный европий в сильный двухвалентный люминоген. Трехвалентный европий в апатите гранитоидов указывает на повышенную активность кислорода в кислых породах.

Поскольку акцессорный апатит присущ разнообразным породам, по его люминесценции можно судить об их генезисе, а на близкое присутствие кимберлитовых трубок указывает апатит с голубоватой «мантийной» люминесценцией. В отличие от твердого устойчивого пироба, который встречается практически во всей Якутии, апатит — минерал мягкий, растворимый в кислой среде. Поэтому он не разносится на большие расстояния и создает «короткие» ореолы вблизи трубок. Но такой поиск требует пересмотра принятой методики минералогического анализа, поскольку наиболее интересными считаются крупные зерна пироба и хромшпинелидов, тогда как апатит накапливается в тонкой немагнитной фракции (меньше 0.25 мм), которую обычно считают неинформативной.

Ртуть — индикатор золота

При оценке рудоперспективных аномалий геологи сталкиваются с фактором времени. Пробы отобраны, но их надо отвезти в стационарную лабораторию, раздробить, истереть, проанализировать. На это уходят многие месяцы. Результаты приходят с большим опозданием. Но возможна и экспрессная оценка перспективности пород на золото. Она основана на способности золота поглощать малейшие примеси ртути, а при относительно небольшом нагреве отдавать ее. Работа на производстве столкнула меня с талантливым изобретателем И. Степановым, который разработал портативный аппарат для определения концентрации ртути в небольших навесках пород или минералов.

Наши опытно-методические исследования показали, что практически все рыхлые глинистые и железистые породы, залегающие над окисленными и выветрелыми золоторудными жилами, содержат повышенную концентрацию ртути. Это — важный индикатор золотого оруденения. Анализ делается за минуту, прямо в полевых условиях. Если возникают сомнения

о ртутисодержащем минерале, следует установить температуру, при которой ртуть выделяется из навески. Из золота она улетает уже при 300°C, тогда как кристаллическая решетка сульфидных минералов типа пирита прочно удерживает ртуть и отдает ее при гораздо более высокой температуре.

Микроклины — индикаторы золота, серебра, молибдена, меди

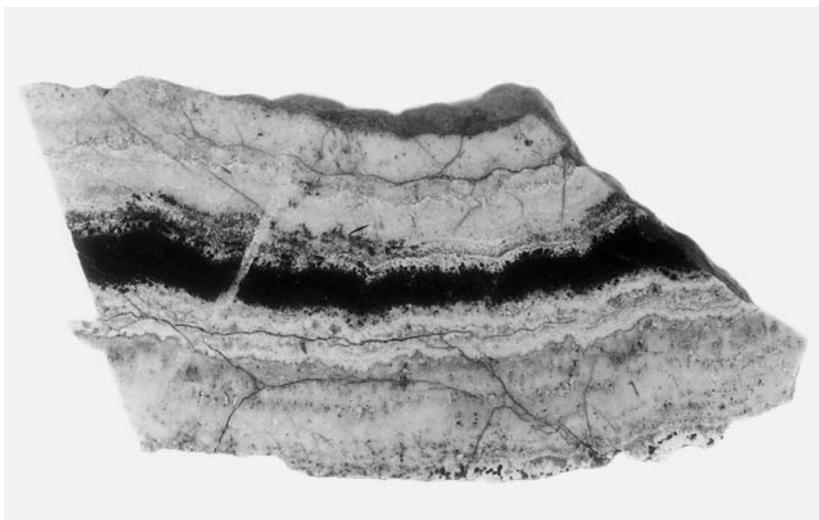
Рудоперенос многих халькофильных элементов (похожих по свойствам на медь) происходит кислыми гидротермальными растворами, кислотность которых в значительной степени зависит от присутствия большого количества углекислоты. Ее концентрация достигает сотен граммов на килограмм рудоносного раствора и, в свою очередь, зависит от давления в сотни и даже тысячи атмосфер. Но при подъеме к поверхности давление уменьшается, и избыток углекислоты высвобождается. При образовании крупного месторождения золота с запасами в 100 т из раствора мгновенно выделяется около $0.5 \cdot 10^6$ т углекислого газа, что можно сопос-

тавить с взрывом десятков тысяч тонн аммонита. Выделение газа носит взрывной характер, окружающие породы дробятся, при этом формируется так называемая структура рудного поля.

Кислые растворы, теряя углекислоту, переходят в щелочные. В такой среде катионы золота, серебра, молибдена, меди нерастворимы и быстро кристаллизуются в трещинах вместе с кварцем в виде рудных минералов. Но одновременно с ними кристаллизуются минералы, устойчивые в щелочной среде, — калиевый полевой шпат (адуляр) и тонкочешуйчатая калиевая слюда (серицит). Калия в зонах рудоотложения накапливается так много, что их можно обнаружить с самолета или вертолета, на котором стоит гамма-спектрометр, позволяющий улавливать гамма-излучение калия, тория, урана, а следовательно, и радия.

Однако существует много безрудных магматических пород, богатых калием. Как отличить на их фоне рудные зоны? Оказывается, при промывке магматических пород щелочными содовыми растворами из них легко вымывается торий. Впервые такие эксперименты провел сотрудник Института геохимии АН СССР А. Поляков. Наши же работы показали, что подобный процесс широко распространен в природе и сопровождает рудоотложение халькофильных элементов. Значит, накопление калия на фоне низкого содержания тория позволяет дистанционно (с самолета) искать месторождения золота и других металлов.

В то же время накопление тория на фоне выноса калия характерно для месторождений редкоземельных элементов, ниобия, олова. В зонах рудоотложения в кислой среде калиевые минералы неустойчивы и замещаются натриевым полевым шпатом (альбитом) в ассоциации с флюоритом, турмалином, хлоритом. Торий (без калия) накапливается также в ким-



Золото-серебряная руда (черная) в кварц-полевошпатовой жиле. Натур. вел.

берлитах, карбонатитах, бокситах, россыпях. Антагонизм калия и тория в рудных зонах послужил важным поисковым признаком при проведении аэрогеофизических поисково-съёмочных работ во многих районах СССР и сопредельных стран.

Глубинные конгломераты

Общеизвестно, что водные потоки окатывают угловатые обломки горных пород и минералов, превращая их в валуны, гальку, песок. Но всегда ли окатывание идет только на поверхности Земли? Я задумался над этой проблемой, когда побывал на золоторудном месторождении Коч-Булак, расположенном в предгорьях Кураминского хребта в Средней Азии (Узбекистан). Здесь найдены многочисленные вертикальные трубки диаметром 15–20 м, пересекающие относительно пологие золоторудные кварц-пиритовые жилы в андезитах среднего палеозоя. Трубки заполнены галькой и валунами андезитов диаметром от нескольких сантиметров до метра и обломками жильного кварца с пиритом (FeS_2). Цемент этих необычных галечников состоял из более позднего кварца, пирита и глинисто-слюдистых минералов. В нем содержалось много золота, а также отмечалось повышенное количество урана и тория (примерно в 10 раз выше среднего их содержания в земной коре).

Кварцевая галька явление для геолога самое обычное, а вот пиритовая — огромная редкость, поскольку пирит быстро окисляется. Пиритовая галька в огромном количестве встречается только на уникальном золоторудном гиганте Южной Африки — месторождении Витватерсранд. На протяжении десятилетий эта рудная провинция давала свыше половины всей мировой добычи золота. Всего там было получено 45 тыс. т золота. Здесь ежегодно добывают

и до 100 тыс. т так называемой пиритовой дробы, которую используют в качестве сырья для производства серной кислоты.

Вот уже более столетия считается, что Витватерсранд — древнейшая речная россыпь, возникшая в архее или раннем протерозое, когда в атмосфере Земли, возможно, еще не было кислорода. Отсутствием кислорода объясняли и сохранность здесь пирита, неустойчивого в современных речных отложениях. Пиритовые конгломераты Коч-Булака внешне не отличаются от конгломератов Витватерсранда, но они, несомненно, глубинные. Рудные залежи Кураминского хребта находятся в корнях палеозойских вулканов. Глубинные конвекционные газоводные потоки превратили в валуны, гальку и песок как вмещающие андезиты, так и залегавшие в них кварц-пиритовые жилы с золотом.

Многие исследователи видели до меня этот странный пирит. Один таджикентский ученый защитил кандидатскую диссертацию, описав «рисовидный» пирит, но при этом не сказал ничего о его происхождении. Слово «рисовидный» отражало лишь специфику сельхозпродуктов Средней Азии. На самом деле галька была похожа на горох или дробь, как это заметили геологи Южной Африки применительно к пиритам Витватерсранда.

Кварц-пиритовые руды в трубках нередко обладали слоистой или косослоистой текстурой, словно речные отложения. Размеры окатанных кристаллов изменялись от долей миллиметра до 1–1.5 см. Изучение полированных шлифов показало, что окатанные кристаллы имели зональность, аналогичную зональности пирита из ранних кварц-пиритовых жил, пересекавшихся вертикальными рудными столбами. Аналогичными были и их термоэлектрические свойства.

Б.Моисеев и Т.Ткачева (ВИМС) изучали окатанные

кварц и пирит методами электронно-парамагнитного и ядерного резонанса. Они пришли к выводу, что и кварц, и пирит получили огромную дозу облучения, что объяснялось предположением о былом присутствии радона. Неокатанные кварц и пирит этому облучению не подверглись. Видимо, сильнейший α -излучатель радон присутствовал в кипящих растворах в процессе окатывания. Образцы Коч-Булака (как и руды Южной Африки) характеризуются обилием ураноорганических соединений (тухолитов).

Эти данные позволили мне предложить* гипотезу глубинного происхождения золото-урановых залежей Витватерсранда в мощных водно-газовых потоках, отделившихся 2 млрд лет назад от застывающего гигантского Бушвельдского массива. Такая гипотеза могла объяснить многочисленные геологические загадки месторождения Витватерсранд и направить геологическую мысль на поиски аналогичных месторождений не только в довольно редких древнейших породах, но и в значительно более молодых.

В дальнейшем окатанные минералы встречались мне и в колчеданных рудах Южного Урала, и на флюоритовых месторождениях Забайкалья, и на скарново-железорудных и оловорудных месторождениях. Процесс глубинного окатывания широко распространен, но геологи склонны его не замечать и объяснять округлые ксенолиты «плавлением» или «тектоническими подвижками».

Наиболее сильно, на мой взгляд, окатывание минералов проявлено в кимберлитах — типичных мантийных флюидизитах, возникших за счет прорыва гигантских водородно-метановых пузырей из мантии. Все глубинные минералы кимберлитов ксеноморфны, т.е. лишены кристаллических граней, хотя

* Ряд предположений автора носит дискуссионный характер. — *Примеч. ред.*



Корродированная поверхность
оливина из кимберлитов.
Увел. 2000.

в других магматических породах они имеют прекрасно выраженные грани. К ним относятся гранат, циркон, апатит, оливин, шпинель, ильменит. В кимберлитах же они по форме подобны речной гальке. Правда, при большом увеличении видно, что их поверхность корродирована и похожа на пористую губку. Такое явление специалисты называют «шагренью». Оно возникает также на лопатках газовых турбин самолетов, а геологам указывает на обработку минералов раскаленными газовыми потоками.

Вулканические «палящие тучи» прорываются на поверхность земли сквозь маломощную и ослабленную разломами земную кору островных дуг. В отличие от вулканов, кимберлиты возникают на стабильных

участках земной коры (платформах), играющих роль газонепроницаемых «задвижек», концентрирующих глубинные газы над горячими точками и не дающих им возможности прорваться к поверхности. Единственный огромный минерал кимберлитов — алмаз.

Думаю, что алмаз возникает уже в земной коре при эволюции системы С—Н—О, когда снижается давление, увеличивается активность кислорода и метан, частично окисляясь, превращается в алмаз. Геологи, бесконечно повторяющие, что алмаз — минерал сверхвысоких давлений, словно забыли, что советский ученый Б.Дерягин еще в 1969 г. получил алмазы из метана при давлении ниже атмосферного, а сейчас современные технологии позволяют получать алмазные пленки и кристаллы из водородно-метановой смеси. Мысль о том, что кимберлитовые трубки не выходили на поверхность Земли, помогает ориентировать поисковиков на открытие трубок, еще не вскрытых эрозией.

Маггемит — минерал космических катастроф

Кроме минералов метеоритов (никелистое железо, троилит и др.), большой интерес вызывают минералы, возникающие при ударах астероидов в астроблемах. Среди них — лонсдейлит, гексагональная модификация алмаза. Этот высоко-

баричный минерал установлен в Попигайском кратере на Северо-Востоке России. К числу новообразований вокруг астроблем может относиться также и маггемит — магнитная окись железа с составом гематита и структурой магнетита.

При поисках кимберлитов в Якутии мы столкнулись с многочисленными магнитными аномалиями, обусловленными скоплениями маггемита. Его изучение показало, что при нагревании он, как положено, не переходит в гематит. Я описал эту разновидность под названием «стабильный маггемит» и предположил, что он возник при прокаливании лимонитовых кор выветривания в момент возникновения одного из крупнейших в мире Попигайского кратера (диаметр 130 км, возраст 35 млн лет). Дело в том, что нам приходилось исследовать сотни аномалий в разных регионах СССР, но маггемит там отсутствовал. Он характерен в основном для периферии Попигайской астроблемы.

Маггемит в большом количестве был установлен и американцами на Марсе. По моему мнению, марсианские красные пески также связаны с прокаливанием маггемита при астероидных ударах. Сейчас на поверхности Марса известны сотни крупных свежих метеоритных кратеров диаметром в десятки и сотни километров. Я думаю, что маггемит красноцветов Марса — индикатор космической катастрофы, которая произошла там сравнительно недавно. ■

Эмбриональные стволовые клетки человека

С.Л.Киселев, М.А.Лагарькова

По-жалуй, самым молодым направлением современной медицины можно считать клеточные технологии, в которых клетки служат источником тех или иных необходимых факторов, например опухолевых антигенов при вакцинотерапии. Но использовать клетку можно не только как источник каких-либо субстанций, но и для регенеративной медицины. Здесь особый интерес вызывают технологии, основанные на стволовых клетках. Способность к неограниченному делению и к преобразованию в разные типы клеток (так называемая плюрипотентность) делает их идеальным материалом для трансплантационных методов терапии. Наиболее доступными считаются стволовые клетки взрослого организма. Однако реальный потенциал их дифференцировки еще слабо изучен.

Чрезвычайно привлекательны в этом отношении эмбриональные стволовые клетки (ЭСК) человека: из них можно получать любые типы клеток организма. Но многие свойства и клеточные механизмы, связанные с наличием у клетки так называемой «стволовости», ставят ее очень близко к трансформированной, раковой клетке.

© Киселев С.Л., Лагарькова М.А., 2006



Сергей Львович Киселев, профессор, доктор биологических наук, заведующий лабораторией молекулярной генетики рака Института биологии гена РАН. Область научных интересов: молекулярная генетика и иммуногенетика рака, врожденная защита организма, вакцинотерапия рака, генная терапия, механизмы злокачественной трансформации клетки, эмбриональные стволовые клетки человека и механизмы их самоподдержания.



Мария Андреевна Лагарькова, кандидат биологических наук, руководитель группы биологии стволовых клеток в том же институте. Основная область научных интересов — эмбриональные стволовые клетки.

Именно поэтому так важно сегодня изучать характеристики самих эмбриональных клеток. За восемь лет, прошедших с момента получения первых линий ЭСК человека, удалось выяснить лишь небольшую часть механизмов, обеспечивающих в культуре самоподдержание недифференцированных клеток или их дифференцировку.

Еще недавно количество линий ЭСК человека, доступных для изучения, было невелико. В настоящее время их стало гораздо больше, но методологические трудности и высокая стоимость работы с ними еще ограничивают круг исследователей. Не меньшие ограничения на исследования в области эмбриональных клеток человека накла-

дывает этическая сторона. Несмотря на дебаты об этичности или неэтичности работы с ЭСК человека, очевидно, что вопрос уже не в том, проводить ли исследования в области ЭСК человека, а в том, как будут проводиться исследования в этой области. За последние два года в большом числе стран уже были приняты законы, разрешающие исследования эмбриональных стволовых клеток человека.

Эмбриональные стволовые клетки получают из внутренней клеточной массы бластоцисты на самых ранних стадиях развития эмбриона, когда она еще не имплантировалась в стенку матки. Именно из клеток внутренней клеточной массы в дальнейшем развивается целый организм. Довольно часто, особенно в русскоязычной литературе, эмбриональными стволовыми клетками называют клетки постимплантационного эмбриона различных сроков развития беременности, которые по своим свойствам скорее схожи с взрослыми стволовыми клетками. Мы же будем говорить только об истинных эмбриональных стволовых клетках, происходящих из бластоцисты, — на той стадии, когда эмбрион состоит из 150–200 клеток трофобласта и внутренней клеточной массы примерно в равном соотношении.

Стабильные линии

Стабильные клеточные линии ЭСК человека впервые получил американский исследователь Дж. Томсон в 1998 г. [1]. Этому достижению предшествовали работы М. Эванса и М. Кауфмана. В 1981 г. они впервые показали принципиальную возможность получения стабильных культур клеток млекопитающих, обладающих свойством плюрипотентности. Линии ЭСК мыши оставались в культуре *in vitro* в недифференцированном состоянии на протяжении более сотни удвоений, а потом *in vivo* могли

участвовать в формировании специальных тканей животного. В 1995 г. Томсон с коллегами, модифицировав технологию выделения мышинных клеток, получил линию ЭСК приматов, а в 1998 г. — и линию клеток человека.

Для получения стабильных линий ЭСК человека берут неостребованные после искусственного оплодотворения бластоцисты человека. Обычно после такой процедуры количество бластоцист больше, чем необходимо реципиенту. Их можно заморозить, уничтожить либо с согласия доноров использовать для научных целей. Лучшее всего выделять эмбриональные клетки человека на 4–6-й день после оплодотворения. Сначала с помощью фермента проназы растворяют прозрачную оболочку бластоцисты, а затем методом комплемент-зависимого лизиса удаляют трофобласты. Внутреннюю клеточную массу помещают в культуральную среду на подложку из инактивированных мышинных эмбриональных фибробластов, которые служат источником ростовых факторов. Пересаживая клетки, можно получить клеточную линию, способную к практически неограниченному делению. Сегодня в лабораториях мира выделено около 150 линий ЭСК. В нашей стране эмбриональные стволовые клетки получены в 2003 г. в Институте биологии гена РАН и в Институте цитологии РАН.

Эмбриональные стволовые клетки растут плотными колониями клеток на подложке из митотически инактивированных эмбриональных фибробластов мыши (рис. 1). Успешность получения линий ЭСК человека довольно высока при использовании морфологически нормальных бластоцист с видимой внутренней клеточной массой, почти половина которых может дать кариотипически нормальные клетки. Эти результаты соответствуют уровню имплантации эмбрионов после пересад-

ки реципиентам. Нарастивать клеточную массу довольно сложно. Мышинные клетки прекрасно растут после ферментативной обработки до единичных клеток, но клетки человека, лишенные межклеточных контактов, обычно гибнут. Поэтому их разделяют до отдельных фрагментов по 50–500 клеток (либо ферментативной обработкой, либо механически, разрезая на кусочки микроинструментами).

Манипуляции с ооцитами *in vitro* позволяют получать линии ЭСК человека с заданным генотипом и, соответственно, иммунологически совместимые с потенциальным донором. Здесь возможно несколько подходов: перенос ядер соматических клеток, партеногенез или слияние клеток. Перенос ядер соматических клеток довольно часто не совсем корректно называют клонированием. В последние месяцы 2005 г. развернулась детективная история вокруг работ ученых из Сеульского национального университета под руководством В. Хванга. В 2004–2005 гг. в журнале «Science» они опубликовали две работы с описанием методики получения линии ЭСК человека

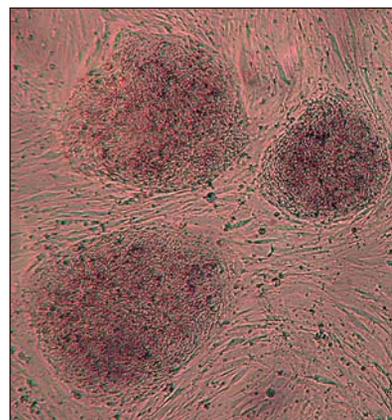


Рис. 1. Три колонии ЭСК человека. В отличие от ЭСК мыши, человеческие клетки очень плохо растут в виде одиночных клеток, а выживают только в колонии. Увел. 100.

Здесь и далее фото авторов

из внутренней клеточной массы, полученной после пересадки ядра соматической клетки в ооцит. К сожалению, работы оказались грандиозной фальсификацией, причины которой до сих пор не выяснены. Не исключено, что все могло быть заранее организовано третьими лицами в коммерческих либо политических целях. Однако эти события не только не снизили интерес к проблеме, но и активизировали работы в этом направлении.

Основные характеристики

Как и все клеточные культуры, эмбриональные стволовые клетки нуждаются в четкой характеристике [2]. Самое простое — это внешнее описание, но оно дает весьма ограниченную информацию о свойствах клеток. В последнее время принято различать клетки по поверхностным антигенам, которые более полно описывают тот или иной тип. Эмбриональные стволовые клетки человека имеют поверхностные иммунологические маркеры, например: SSEA-3, SSEA-4 — антигенные детерминаты (эпитопы) гликолипидов и TRA-1-60, TRA-1-81 — разные эпитопы одного протеогликана клеточной поверхности.

Наличие набора определенных маркеров говорит о принадлежности клеток к ЭСК человека, но не об их способности к длительной пролиферации. Она определяется активностью фермента теломеразы и длиной теломерных повторов. У соматических клеток с ограниченным числом делений длина теломер мала, а теломеразная активность обычно очень невысока. Напротив, у опухолевых клеток активность фермента остается очень высокой, а длина теломерных повторов сохраняется. Этим же свойством обладают и эмбриональные стволовые клетки.

И иммунологические маркеры ЭСК, и высокая теломеразная активность присущи трансформированным клеткам, т.е. клеткам, в которых произошли генетические изменения. Значит, для точной характеристики линий ЭСК человека обязателен анализ кариотипа. Нормальный набор хромосом и отсутствие хромосомных аномалий — это признаки нормального кариотипа, который, однако, в процессе культивирования клеток может быть нарушен. Так, при длительном культивировании (примерно через два года) мы отметили существенное изменение в скорости роста клеток, а также в их способности к дифференцировке. Кариотипический анализ показал нарушения в хромосоме 18 и тенденцию к нестабильности кариотипа. Не исключено, что это и стало причиной аномального поведения клеток в культуре. Впоследствии мы не раз обнаруживали субклоны других линий ЭСК с различными хромосомными aberrациями. Совсем недавно появилась публикация, подтверждающая наши наблюдения. Следовательно, при длительном культивировании ЭСК человека необходим строгий контроль их кариотипа.

Молекулярно-генетические механизмы самоподдержания

Одно из замечательных свойств эмбриональных стволовых клеток — их способность сохранять плюрипотентность в культуре. На мышинных клетках это легко проверить экспериментально: из одной клетки, культивируемой *in vitro*, можно воссоздать целый организм. Именно так получают животных с генетическим «нокаутом». Суть технологии заключается в том, что генетически модифицированные *in vitro* эмбриональные клетки мыши вводят в бластоцисту, которую имплантируют

псевдобеременной мышке. В результате рождаются так называемые химерные мыши, у которых часть клеток — от бластоцисты реципиента, а часть генетически модифицирована. Если такие клетки попадут в зародышевый путь, во втором поколении можно получить животное, все клетки которого будут потомками одной генетически модифицированной эмбриональной клетки.

Эта технология не только позволяет «выключать» определенные гены в строго детерминированных тканях, но «включать» дефектные, создавая модельные системы заболеваний. По понятным причинам такая процедура с клетками человека невозможна. Здесь для проверки плюрипотентности эмбриональные клетки человека вводят иммунодефицитным мышам. В результате у животных формируются доброкачественные опухоли — тератомы, в которых можно обнаружить несколько видов сформировавшихся тканей [3]. Однако для постоянного мониторинга состояния ЭСК и для обеспечения оптимальных условий культивирования такой метод представляется нераациональным. Здесь очень важно выяснить молекулярные механизмы, определяющие специфику эмбриональных стволовых клеток, а именно их способность оставаться в культуре в недифференцированном состоянии. Некоторые механизмы — общие для ЭСК мыши и человека, а некоторые — различны.

В самоподдержании ЭСК участвует транскрипционный фактор OCT4, который проявляется с восьмиклеточной стадии эмбриона мыши. Он необходим для формирования внутренней клеточной массы бластоцисты (в клетках трофобласты он отсутствует). Соответствующая активность гена *oct4* поддерживает недифференцированное состояние эмбриональных клеток, а ее повышение или отсутствие вызывает их преобразование в клетки энтодермы и мезо-

дермы или трофобласта соответственно [4]. В клетках соматических тканей экспрессия гена *oct4*, характерная для ЭСК человека, не обнаружена, хотя в последнее время появились сообщения о его низкой активности в стволовых клетках взрослого организма. Даже в начале дифференцировки ЭСК в эмбрионидные тельца активность гена *oct4* снижается.

В поддержании плюрипотентности ЭСК мыши и человека участвует также гомеобоксный транскрипционный фактор NANOG. Если ген *nanog* заблокирован, эмбриональные клетки превращаются в примитивную энтодерму. В отсутствие ростового фактора LIF повышенная активность гена *nanog* обеспечивает плюрипотентное состояние ЭСК мыши. Подобно гену *oct4*, в клетках соматических тканей ген *nanog* не проявляется, за исключением фетального мозга, репродуктивных органов (семенников и яичников) и клеток эмбриональной карциномы. По мере спонтанной дифференцировки ЭСК человека в эмбрионидные тельца активность гена *nanog* снижается.

Кроме генетических механизмов, судьбу клетки определяют и так называемые эпигенетические механизмы (т.е. наследуемые клеткой изменения в функционировании генов, не связанные с изменением последовательности ДНК). Ярким примером их действия может служить инактивация одной из X-хромосом в женских XX-клетках. Эпигенетические механизмы играют существенную роль в процессах раннего эмбрионального развития, контролируя работу генов. Эпигенетическая модификация регуляторных районов генов обеспечивает выключение их функций на последующих этапах развития. Это чрезвычайно важно, поскольку несвоевременная либо нескоординированная работа генов может приводить к гибели клеток или к их трансформации. Например, регуляторный район гена *oct4* эпигене-

тически модифицирован практически во всех клетках взрослого организма. Такое изменение и составляет одну из основных проблем переноса ядер соматических клеток взрослого организма в ооцит. В нашей лаборатории показано, что и регуляторный район гена *nanog* в клетках взрослого организма эпигенетически модифицирован, что еще больше усложняет перенос ядер.

Современные методы анализа, такие как микрочипы, позволяют достаточно быстро определять активность нескольких тысяч генов, что создает более точную картину молекулярно-генетического состояния клетки. Это особенно важно для длительно культивируемых клеток, предназначенных для терапии.

Говоря о поддержании плюрипотентности эмбриональных стволовых клеток млекопитающих, нельзя не отметить роль внешних ростовых факторов, в том числе и фибробластов в качестве подложки-фидера (от англ. feed — кормление, питание). Первые клеточные линии ЭСК мыши и человека получали с использованием первичных мышинных эмбриональных фибробластов, обеспечивающих не только лучший рост клеток, но и их недифференцированное состояние. Позднее их заменили бессмертной клеточной линией. Однако считается, что эти клеточные линии нельзя применять в регенеративной медицине или генной терапии, поскольку от мышинных клеток возможен перенос патогенных микроорганизмов и вирусов. Кроме этого, клетки человека начинают представлять мышинные антигены, что может вызвать отторжение трансплантата. Сегодня для культивирования линий ЭСК человека иногда используются фибробласты крайней плоти человека. В литературе появились отдельные публикации о получении таких линий и в бесфидерных условиях.

Дифференцировка *in vitro*

In vitro спонтанная дифференцировка ЭСК происходит при длительном культивировании прикрепленных колоний и в суспензии по мере роста эмбрионидных телец, которые до некоторой степени служат моделью ранних событий эмбриогенеза. В случае мышинных ЭСК эмбрионидные тельца получают агрегированием отдельных клеток или групп клеток в сферические структуры. В отличие от мышинных клеток, не все линии человека легко образуют эмбрионидные тельца, и никогда из одиночных клеток. В эмбрионидных тельцах короткого культивирования наблюдаются группы клеток, несущие маркеры, специфические для всех трех зародышевых листков (рис.2), но дальше развитие останавливается. Сегодня четкого ответа о причинах торможения органогенеза нет; вероятнее всего, для этого нужна поляризация эмбриона, диктуемая извне.

Эмбриональные стволовые клетки *in vitro* способны преобразоваться в различные клетки, имеющие специфические маркеры нейронов и глии, эндотелия, кератиноцитов, трофобластов, кардиомиоцитов, остеобластов, клеток крови, гепатоцитов, инсулин-продуцирующих клеток и некоторых других [2]. Однако функциональность большинства носителей маркеров еще мало доказана.

В 2001 г. впервые описали дифференцировку ЭСК человека в нейроны и астроциты [5]. Клетки нейроэктодермы, формирующиеся в эмбрионидных тельцах, механически извлекали, помещали в соответствующие условия культивирования (факторы, обеспечивающие пролиферацию клеток), где формировались нейросферы. Нейральные предшественники после пересадки в мозг новорожденных мышей могли образовывать три типа нейральных клеток и не давали тератом.

С тех пор сделано очень много. Найдены факторы, увеличивающие количество нейральных предшественников (ретиноевая кислота, блокатор сигнального пути BMP и др.); показана дифференцировка функциональных нейрональных клеток определенной специализации (например, дофаминергических нейронов). Недавно получены данные о возможности длительного (более 100 пассажей) культивирования нейроэктодермальных предшественников в бессывороточной среде в присутствии ростовых факторов.

Нейрональные предшественники получают через стадию эмбрионидных телец или напрямую из недифференцированных колоний линий ЭСК человека. Нейрональные предшественники можно культивировать в суспензии до 25 пассажей в виде нейросфер в присутствии эпидермального фактора роста и фактора роста фибробластов. При переводе нейросфер на культуральный пластик, покрытый компонентами внеклеточного матрикса, они прикрепляются и преобразуются в нейроны и астроциты. При добавлении в среду трийодтиронина и определенных ростовых факторов в нейросферах появляются предшественники олигодендроцитов. Вероятно, именно олигодендроциты и будут первыми клетками, полученными из ЭСК человека, которые пройдут апробацию при клинических испытаниях лечения травмы спинного мозга. Эти клетки, секретирующие основной белок миелина, необходимы для восстановления поврежденного участка нервной ткани спинного мозга. В США эти испытания планируют начать уже в 2006 г.

Спонтанную дифференцировку ЭСК в кератиноциты из эмбрионидных телец описали в 2003 г. Авторы отметили изменения активности трех маркеров, характерных для формирующихся кератиноцитов (p63, кератин 14, инволюкрин).

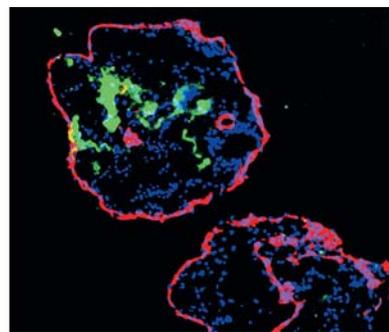
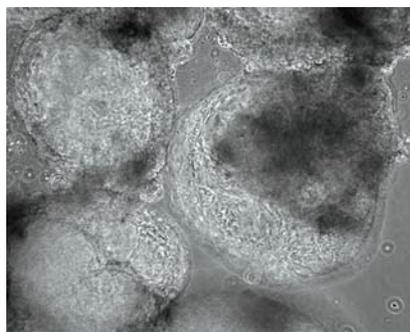


Рис.2. Эмбрионидные тельца, сформированные ЭСК человека. По мере созревания внутри плотных клеточных шариков появляются полости, и через некоторое время эмбрионидное тельце превращается в сферу. Справа показано иммуногистохимическое окрашивание срезов эмбрионидных телец антителами к клеткам эпителия (красный), мезодермальным клеткам (зеленый), синим окрашены ядра клеток. Увел. 50.

Эмбриональные клетки мыши легко дифференцируются в кардиомиоциты. Всего через несколько дней после удаления питательного слоя и фактора LIF, поддерживающего недифференцированное состояние клеток, на культуральных чашках образуются сокращающиеся колонии клеток. В определенных условиях они имеют электрофизиологию нормальных взрослых кардиомиоцитов и, более того, могут функционально интегрироваться в мышцу миокарда. В отличие от мышечных клеток, спонтанная дифференцировка клеток человека наблюдается у разных линий ЭСК — от сокращающихся участков до полного отсутствия дифференцировки. Предшественники кардиомиоцитов, полученные из ЭСК человека, синтезируют транскрипционные факторы Nkx 2.5, GATA4, а затем и специфические маркеры кардиомиоцитов (тропонин 1 и тяжелую цепь α -миозина). Мы наблюдали спонтанную дифференцировку ЭСК в кардиомиоциты в двух линиях из трех, причем сокращающиеся участки отмечались в очень небольшом проценте эмбрионидных телец.

Клетки гемопоэтического ряда впервые получили при совместном культивировании ЭСК

человека с линиями стромальных фибробластов, а также используя факторы роста гематопоэтических клеток. В эмбрионидных тельцах обнаружена также популяция клеток, обладающих свойствами предшественников гематопоэтических клеток и эндотелиальных (гемангиобласт).

В нашей лаборатории ведутся работы по прямой (т.е. минуя стадию эмбрионидных телец) дифференцировке ЭСК человека в клетки эндотелия и разрабатываются методы их селекции. Используя коллагены в качестве матрикса, специальную среду и ростовые факторы, мы получили клеточные популяции, в которых эндотелиальные клетки составляют около 50%. На коллагеновом матриксе они образуют капиллярподобные структуры, несущие специфические маркеры сосудистого эндотелия (рис.3). Мы успешно применяли метод иммуномагнитной селекции CD31-положительных эндотелиальных предшественников на ранних (4–5-й день) этапах дифференцировки, поскольку на поздних этапах межклеточные контакты в капиллярподобных структурах с трудом поддаются энзиматическому расщеплению и клетки теряют жизнеспособность. В результате селекции нам уда-

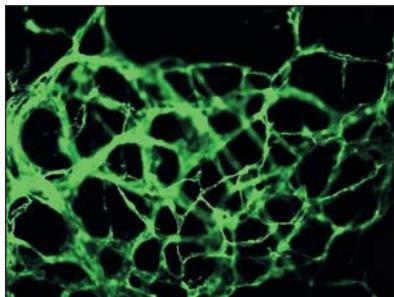


Рис.3. Эндоваскулярная сеть, образованная *in vitro* чистой выделенной популяцией клеток эндотелия, полученных методом иммуномагнитной сепарации из ЭСК человека (окрашена на маркер CD31). Увел. 200.

валось выделить гомогенную популяцию эндотелиальных клеток, *in vitro* формирующих капилляроподобные структуры.

Труднее всего оказалось с производными энтодермы. Несмотря на опубликованные сообщения о дифференцировке ЭСК человека в инсулин-секретирующие клетки и гепатоциты, их функциональность не показана. Более того, по белковым и генетическим маркерам они не полностью совпадают с зрелыми инсулин-секретирующими клетками или гепатоцитами. Пока неизвестны факторы, определяющие преобразование в энтодерму, и маркеры ранней энтодермальной дифференцировки.

Итак, сегодня ясно, что для разработки массы клеток разных типов уже имеется разработанная модель дифференцировки, которая должна соответствовать определенным требованиям:

- эмбриональные стволовые клетки нужно культивировать в стандартизованных условиях с отработкой генетических манипуляций и соблюдением технологии клонального роста;

- индуцированную дифференцировку необходимо вести преимущественно к желаемому клеточному фенотипу и иметь возможность селекции нужных популяций клеток;

- все этапы дифференцировки должны быть воспроизводимы и контролируемы, а действие факторов, ее индуцирующих, хорошо известно;

- желательно также избегать многокомпонентных нестандартизованных факторов, таких как сыворотка, кондиционированная среда, клеточные экстракты и т.д.

Таковы научно-технологические аспекты разработки клеточных технологий на основе ЭСК человека. Одновременно с этим существует целый ряд этических проблем, связанных с исследованием и применением человеческих ЭСК.

Вокруг линий ЭСК человека продолжают бесконечные дебаты, касающиеся моральной стороны проблемы, а именно возможного использования невостребованных бластоцист для выделения ЭСК. Ответа на этот вопрос до сих пор нет. Здесь хочется привести высказывание известного ученого в области раннего эмбрионального развития профессора В.Рейка: «Пока с помощью этой технологии кого-нибудь не спасут, разговоры об этичности и запреты на исследования не прекратятся».

Стремительное развитие исследований в области стволовых клеток человека стимулировало штат Калифорния принять Предложение 71 о выделении 3 млрд долл. на 10 лет для получения новых клеточных линий ЭСК. В мае 2005 г. Национальная академия наук США призвала к добровольному принятию этических правил в области исследования ЭСК человека. Эти правила касаются информированного согласия доноров, запрещения оплаты донорского материала, работы банков ЭСК, создания наблюдательных комитетов. Все 23 предложенных правила приняты к исполнению академическими и научными организациями штата Калифорния, вовлеченными в работу с ЭСК человека. Чуть позже FDA (Food and

Drug Administration) издала инструкцию по скринингу и тестированию доноров человеческих клеток, тканей и продуктов, основанных на клетках. В некоторых странах Европейского сообщества в течение 2004—2005 гг. принят ряд законов, разрешающих исследования в области ЭСК человека.

Уже активно обсуждаются правила проведения первой фазы клинических испытаний на основе клеток, полученных из ЭСК человека. При этом преследуется основная цель — не навредить будущему реципиенту, поскольку эти трансплантаты существенно отличаются от традиционных. Во-первых, значительный период проходит между получением биологического материала и его применением. За это время могут обнаружиться новые заболевания доноров или те, которые не смогли определить при получении биологического материала. Кроме инфекционных, с течением времени у доноров клеточного материала могут проявиться генетические заболевания, в том числе такие, как наследственная предрасположенность к раку. Более того, применение иммуносупрессоров при трансплантации реципиентам аллогенного материала повышает риск онкологических и инфекционных заболеваний. И, наконец, если пересадка материала, полученного на основе ЭСК человека, окажется эффективной, то материал единичных линий будет применяться для большого количества пациентов. Поэтому одной из основных этических проблем, ожидающих клеточную терапию на основе ЭСК человека, будет проблема повторного контакта и обследования доноров биологического материала. Таким образом, развитие клеточных технологий на основе аллогенного материала, в том числе и ЭСК, приводит к новым вопросам этического характера, разрешить которые необходимо до начала клинических испытаний.

Итак, сегодня рано говорить о применении клеточных имплантатов, полученных на основе ЭСК человека. Остается слишком много нерешенных задач, главные из которых заключаются

в безопасности использования таких имплантатов. Их реальную эффективность и безопасность можно будет оценить лишь после проведения длительных и тщательных клиниче-

ских испытаний. Тем не менее, по оценке многих зарубежных консалтинговых компаний, технологии на основе ЭСК будут применяться в клинике уже на рубеже 2012—2015 гг. ■

Литература

1. Thomson J.A., Itskovitz-Eldor J., Shapiro S.S. et al. // *Science*. 1998. V.282. №5391. P.1145—1147.
2. Pera M.F., Trounson A.O. // *Development*. 2004. V.131. №22. P.515—525.
3. Reubinoff B.E., Pera M.F., Fong C.Y. et al. // *Nat. Biotechnol.* 2000. V.18. №4. P.399—400.
4. Niwa H., Miyazaki J., Smith A.G. // *Nat. Genet.* 2000. V.24. №4. P.328—330.
5. Reubinoff B.E., Itsykson P., Turetsky T. et al. // *Nat. Biotechnol.* 2001. V.19. №12. P.1134—1140.

Лондонский аквариум стал первым в мире, где выставлены рыбы-роботы, созданные в Университете Эссекса. Благодаря батарее питания и навигационному компьютеру роботы автономны; внешне они выглядят весьма реалистично: тела рыб гибкие, совершают волнообразные движения, реагируют на изменения в окружающей обстановке. Предполагается в дальнейшем использовать их для исследования морских глубин.

Science et Vie. 2005. №1059. P.17 (Франция).

За последнее десятилетие популяция диких слонов в Мьянме сократилась с 10 тыс. до 2 тыс. особей. По мнению П.Леймгрубера (P.Leimgruber; Смитсоновский национальный зоологический парк, США), это произошло не из-за угрожающего состояния окружающей среды или какого-то заболевания животных, а вследствие их активного отлова для работы на лесоразработках. Диких слонов приручают, несмотря на запрет, установленный в 1995 г. Положение усугубляется тем, что серьезно замедляется пополнение численности домаш-

них слонов (она оценивается в 6 тыс. голов): владельцы рабочих слонов для максимальной их эксплуатации не дают самкам забеременеть.

Sciences et Avenir. 2005. №706. P.42 (Франция).

В административной области Австралии Северной Территории крокодилы были взяты под защиту в 1971 г. С тех пор их численность возросла с 6 тыс. до более чем 70 тыс. особей. Местные власти предложили разрешить ежегодный отстрел 25 крокодилов в рамках коммерческих сафари, однако федеральное правительство отклонило этот проект, назвав его не соответствующим современному отношению к окружающей среде.

Terre Sauvage. 2005/2006. №212. P.53 (Франция).

Знаменитый памятник истории и архитектуры Франции Мон-Сен-Мишель с 1979 г. включен в Список памятников всемирного наследия ЮНЕСКО. В январе 2006 г. было объявлено о начале работ по расчистке пролива, отделяющего замок-памятник от берега. Необходи-

мо демонтировать созданную в прошлом плотину, которая привела к заилению морского пролива и нарушению циркуляции вод. Вместо нее предполагается построить легкий мост на сваях, не мешающий движению вод. На суше устроят огромную стоянку для автотранспорта. Туристов, а их в среднем бывает до 30 млн человек ежегодно, будут доставлять на небольших судах с экологически чистыми двигателями до самых ворот замка-памятника.

Terre Sauvage. 2006. №214. P.51 (Франция).

Оказывается, забавная походка вразвалку императорских пингвинов обеспечивает этим птицам устойчивость при движении. К такому заключению пришел М.Хурц (M.Hurz; Хьюстонский университет, США), проведя математическую обработку параметров шагов пингвинов, которые ступали на специальному покрытию, оснащенному датчиками. Это исследование может оказаться полезным при разработке шагающих роботов.

Science et Vie. 2006. №1062. P.26 (Франция).

Реликтовая дубовая роща в Забайкалье

О.В.Корсун, В.В.Дубатов

Разнообразие древесных пород в Забайкалье сравнительно невелико. Сухой резко континентальный климат территории препятствует распространению здесь широколиственных видов деревьев. Единственное исключение составляют три вида ильмов, или вязов (*Ulmus*), но и они предпочитают держаться хорошо прогреваемых солнцем южных склонов или их подножий по влажным речным поймам. От некогда (8 тыс. лет назад) обширных широколиственных лесов в Забайкалье остались преимущественно небольшие кустарники и травы, да вот еще дубы...

Удивительно, но широко распространенный в Приморье и Приамурье монгольский дуб (*Quercus mongolica*) описан в XVIII в. именно из Забайкалья, причем обнаружен он вовсе не в сравнительно теплой лесостепной зоне на юго-востоке нынешней Читинской обл., а между реками Газимур и Аргунь — в труднодоступных низовьях Аргуни в пределах таежного Газимуро-Заводского р-на. В настоящее время дуб растет здесь лишь в одном месте, недалеко от пограничной заставы Урюпино. На остальных пространствах Забайкалья этот вид не встречается, и вновь его можно



Олег Валерьевич Корсун, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им.Н.Г.Чернышевского. Область научных интересов — популяционная экология.



Владимир Викторович Дубатов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Сибирского зоологического музея Института систематики и экологии животных СО РАН. Область научных интересов — энтомология.

увидеть лишь в Приамурье, т.е. на 400 км восточнее. В Китае монгольский дуб обитает восточнее Большого Хингана, однако известные нам источники не упоминают о нахождении этого вида в приграничных с За-

байкальем районах Маньчжурии. В мае 2002 г. мы проплыли на пограничном катере более 20 км вверх и вниз по Аргуни, но не увидели ни одного дуба на китайской стороне, при том что не заметить его невозможно,



Ветка монгольского дуба в эталонной роще.
Здесь и далее фото О.В.Корсуна



Молодой дубок.

поскольку в конце весны дуб здесь — единственное дерево, которое хорошо выделяется бурой прошлогодней листвой.

Найти реликтовую рощу можно, только вскарабкавшись на один из крутых гребней, нависших над Аргунью или ее небольшим притоком Будюмканом. Лишь здесь, среди причудливой смеси сосен, даурских лиственниц и берез появляются первые дубы — сначала небольшие деревца, а затем и довольно крупные, плодоносящие деревья. Конечно, они не достигают таких размеров, как дубы-великаны Европы или хотя бы Южного Приморья, но ведь и расти дубу в Забайкалье весьма непросто. А единственная известная в Сибири роща монгольского дуба стоит того, чтобы ее увидеть. Правда, для этого вам придется проехать от Читы больше 600 км до самой китайской гра-

ницы, преодолеть заграждения пограничной заставы, а дальше положиться на проходимость вашей машины. Не забудьте запастись разрешением на проезд в приграничную зону. Взамен вы увидите реликтовую рощу, которая, вероятно, растет изолированно от основного ареала вида уже более 6 тыс. лет. К тому же роща эта эталонная, поскольку именно она послужила основой для описания вида.

Практически повсюду дуб представлен подлеском в разреженном смешанном лесу. Наиболее крупные деревья (до 10—15 м высотой и более 20 см в диаметре ствола у основания) отмечены у вершины гребней, где местами дуб может образовывать практически чистые насаждения (чаще с содоминированием березы даурской). Крупные деревья дуба успешно цветут и плодоносят. Травяной ярус

в дубовых зарослях представлен разнотравьем с преобладанием ириса одноцветкового, ландыша Кейске, горошка приятного, клевера люпинового, кровохлебки аптечной, герани забайкальской, полыни пижмолистной и монгольской, подмаренника северного, купены душистой, ясенца мохнатоплодного, чины низкой, водосбора мелкоцветкового, земляники восточной и осок.

Существование единственной (если не принимать во внимание искусственные посадки в Западной Сибири) на огромных пространствах Сибири естественной дубовой рощи — явление уникальное. Почему же именно здесь, в условиях резко континентального климата, исчезнувший по всей Сибири дуб смог сохраниться? Возможно, деревьям страшны не столько 40—50-градусные морозы, сколько сухой климат. Не ис-



Долина р.Будюмкан.

ключено, что район Будюмкана отличается особым микроклиматом, обеспечивающим несколько большую влажность воздуха. В конце мая — начале июня 2001 г. мы были поражены туманами, лежащими на вершинах горных гребней (как раз на уровне произрастания реликтовых дубняков). Такое удивит любого, кто знаком с засушливой

забайкальской весной. Может быть, свой вклад вносят и особенности орографии региона.

Из-за приграничного положения роща до последнего времени крайне редко посещалась биологами. Даже объявление ее региональным памятником природы в 1983 г. не обошлось без курьеза. Определение условий произрастания дубов велось



Молодая дубовая поросль после весеннего пожара.

«на глазок», без посещения территории. В результате на карте охраняемых природных территорий появилась загадочная падь «Дубняки», еще больше запутавшая энтузиастов, пытавшихся впоследствии ее разыскать. В этом нет ничего удивительного, ведь дуб в Забайкалье совершенно не выносит падей — холодных горных долин, произрастая исключительно по сухим и теплым вершинам нескольких крутых сопек.

Целью нашего посещения было не только изучение состояния популяции монгольского дуба, но и выявление сопутствующих ему маньчжурских элементов флоры и фауны. Наибольший интерес здесь могли представлять монофаги, трофически связанные с дубом. Первые же экспедиции 1996—1997 гг., организованные директором Даурского биосферного заповедника В.А.Бринихом, дали интереснейшие результаты. Удалось обнаружить несколько видов бабочек — монофагов дуба, таких как орденская лента Дула (*Catocala dula*) из семейства совков, пеструшка тисба (*Neptis thisbe*), относящаяся к нимфалидам, а также голубянки — зефиры широкополосый (*Favonius cognatus*) и таксила (*F.taxila*). Последующие экспедиции 2001—2003 гг. дали еще более богатый материал: среди монофагов дуба отмечены горная толстоголовка (*Erynnis montanus*), желтый зефир (*Japonica lutea*) и несколько других видов из семейств молей-пестрянок, листоверток, пядениц, совковидок и совков. В общей сложности к настоящему времени число известных здесь видов бабочек, развивающихся исключительно на дубе, превысило десяток. По всей видимости, в течение нескольких последних десятилетий все эти дальневосточные виды в Забайкалье были связаны только с реликтовой рощей — маленьким островком дубов в окружении сибирской тайги.

Изолированность и малочисленность популяций, находяще-



Листья дуба, поврежденные молью-пестрянкой.

ние их на периферии видовых ареалов требует принятия мер по организации мониторинга и охране перечисленных видов. Четыре из них, открытые в 90-е годы, уже включены в Красную книгу Читинской обл. и Агинского Бурятского автономного округа, еще несколько видов, к сожалению, попасть не успели. Судя по наблюдениям, численность популяций большинства видов бабочек чрезвычайно мала. Случись что с рощей, исчезнут и реликтовые бабочки, так отважно цепляющиеся за жизнь там, где не смогли это сделать многие из их бывших соседей, не переживших очередного похолодания.

Единственное исключение составляет моль-пестрянка амурская (*Acrocercops amurensis*), весьма многочисленная в реликтовой роще. Более того, гусеницы данного вида, минирующие листья монгольского



Бабочки — монофаги дуба. У самцов зефиров и пеструшки тисба изображены верхняя и исподняя стороны крыльев.

Рисунки Т.П.Черновой

дуба, способны существенно их повреждать. Так, летом 2002 г. на листьях практически всех осматриваемых нами деревьев обнаружены характерные повреждения, оставленные гусеницами.

Кроме дубовых монофагов внимания заслуживают и другие насекомые, типичные для маньчжурской фауны и ранее в Сибири не отмечавшиеся. Таковы крупные пластинчатоусые жуки — восковик-гноримус (*Gnorimus subopacus*) и темно-зеленая бронзовка (*Cetonia viridiopaca*), жужелица сахалинский скакун

(*Cicindela sachalinensis*), усач-прутоед (*Oberea morio*) из семейства дровосеков и божья коровка — гипераспис амурский (*Hyperaspis amurensis*). Среди ос примечательна находка шершня Дыбовского (*Vespa dybowskii*), сетчатокрылых — гемероба неуронемы Тьедера (*Neuroneta tjederi*), мух — журчалки хейлозии Зиновьева (*Cheilosia zinovievi*), бабочек — носсы уссурийской (*Nossa palearctica*).

Шершень Дыбовского — крупная, почти черная оса — примечателен тем, что его сам-



Темно-зеленая бронзовка.



Восковик-гноримус на цветке пиона.



Зорька сверкающая.



Ясенец мохнатоплодный.



Княжик охотский.

ки, подобно кукушкам, не строят собственного гнезда, а пробираются в гнезда обыкновенных шершней, убивают чужую матку и откладывают в соты свои яйца. Поэтому в таких гнездах можно встретить рабочих особей сразу двух видов — и обыкновенного, и черного шершней. В дубовом лесу на Аргуни нам удалось наблюдать этот феномен в августе 1986 г.

Фауна позвоночных в районе дубовой рощи изучена хуже, однако не вызывает сомнения, что здесь также могут быть сделаны новые важные находки дальневосточных видов. В частности, здешние места представляют собой, вероятно, единственное в Сибири место обитания большеклювой вороны (*Corvus mac-*

rorhynchos) — характерного дальневосточного вида.

Еще больше впечатляет присутствие маньчжурских элементов во флоре этого района Приаргуны. По сути, здешние растительные сообщества — живые хранители природной памяти о том, как выглядели экосистемы Забайкалья тысячелетия назад, в периоды, когда отступавшие холода позволяли проникать сюда видам, которых сейчас можно встретить только на Дальнем Востоке. И Приаргунье, словно некий «парк юрского периода», — единственный уголок Сибири, где многие дальневосточные реликты смогли зацепиться и удержать плацдарм в надежде когда-нибудь перейти в наступление на Запад.

Хотя, пожалуй, плацдарм — слишком громкое слово. Реликты здесь ведут себя скорее как шпионы соседнего государства, которым поставлена задача, особенно не высовываясь, переждать трудные времена. Японские ильмы укрылись в степных распадках и речных зарослях. Монгольские дубы спрятались под пологом леса. Китайская по происхождению орхидея с необычным названием «шансийский венерин башмачок» образовала сложные помеси с местными видами, и желтизна ее цветков с трудом узнается в получившихся гибридах. Амурские тигры даже в начале XX в. лишь изредка решались на кратковременные разведывательные рейды в эти края. И только большеклювая ворона смело занимает самые верхушки деревьев. Поэтому не приходится удивляться, если пролетающая над вашей головой с виду обычная черная птица вместо привычного карканья вдруг раздражается злорадным хриплым хохотом.

Но маскировка, к которой прибегают дальневосточные реликты, зачастую шита белыми нитками. Не нужно быть опытным специалистом, чтобы заметить, насколько сильно многие из них яркостью красок и размерами отличаются от более скромных «коренных сибиряков». В разгар лета на степных склонах горят оранжевые свечи амурского желтушника. На лугах эту эстафету перехватывают



Водосбор острочашелистиковый (справа — белоцветковая форма).

алые звезды лихниса, или зорьки сверкающей. На речном берегу скромно склонили пурпурные и белые околответники остроchasелистиковые водосборы. Бурые стволы даурских берез коряво изломаны в самых неожиданных направлениях. И даже обычные даурские лиственницы украшены лианами охотского княжика, которые, подобно аксельбантам, свисают с двухметровой высоты, безуспешно конкурируя с лазурными орденами княжика крупнолепесткового.

Такая зоологическая и ботаническая специфика Приаргуны заставляет задуматься о границах между Европееко-Сибирской и Восточноазиатской (или Палеаркееко-Арктической) по-

добластями Палеарктики. Большой процент маньчжурских видов в районе урюпинской дубовой рощи вполне сопоставим с таковым на территориях Верхнего Амура и Верхней Зеи. В связи с этим таежные низовья Аргуни, вероятно, следует рассматривать в качестве северо-западной периферии Палеаркееко-Арктики.

Пока реликтовая роща труднодоступна и находится под защитой пограничников, ей особенно ничто не угрожает. Правда, пограничники периодически ломают дубовые ветки на банные веники, но это может выглядеть детской шалостью по сравнению с настоящими угрозами для леса. Ведь увеличение рубок леса или добыча полез-

ных ископаемых могут привлечь в окрестности памятника больше людей, что чревато бичом наших лесов — пожарами. Угроза эта не абстрактна. Страшные забайкальские пожары 2003 г. значительно повредили рощу, уничтожив практически всю молодую поросль. В районе идет активное строительство лесовозных дорог, неподалеку ожидается открытие нового транспортного перехода для переезда лесоматериалов в Китай. Поэтому так важно найти пути сохранения всех обитателей реликтовой дубовой рощи — уникального генетического резервата, участка забайкальской тайги, где так остро ощущается дыхание древних лесов, дыхание тысячелетий. ■

Литература

1. Дубатовол В.В., Василеко С.В., Стрельцов А.Н. // Евразийский энтомологический журнал. 2003. Т.2. Вып.3. С.167—180.
2. Красная книга Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа. Животные. Чита, 2000.
3. Dubatolov V.V., Kosterin O.E. // Entomologica Fennica. 2000. V.11. P.141—166.

М.Папагригоракис (М.Парагригоракис; Афинский университет, Греция) утверждает, что эпидемия 430—426 гг. до н.э., погубившая треть жителей Афин, была вызвана возбудителем брюшного тифа *Salmonella enterica*. Следы ДНК именно этого микроорганизма он обнаружил в пульпе зубов скелетов из древнего захоронения под городским кладбищем Керамейкос, которое относится ко времени эпидемии. Ранее считалось, что Афины тогда поразила чума.

Science et Vie. 2006. №1062. P.21 (Франция).

Наблюдения американских биологов под руководством С.Хэддока (S.Haddock) показа-

ли, что самка кальмара *Gonatus onyx* (ее обнаружили на глубине более 2000 м) на протяжении нескольких месяцев сохраняет свое потомство в «кармане», который удерживает цепкими крючками-когтями, расположенными на щупальцах. Специалисты считают такое поведение рискованным, поскольку самка, отягощенная «питомником» примерно из 3 тыс. яиц, становится легкой добычей для хищников. Возможно, во избежание встречи с ними она и уходит на большие глубины. Sciences et Avenir. 2006. №708. P.16 (Франция).

В декабре 2005 г. англичанин Л.Пью установил мировой рекорд по длительности плавания

в ледяной (2—3°C) воде, преодолев неподалеку от побережья Антарктиды, на 65° ю.ш., более полутора километров примерно за 30 мин. За четыре месяца до этого он стал первым человеком, проплывшим дистанцию в 1 км в Северном Ледовитом океане, на 80° с.ш. Температура тела спортсмена в экстремальных заплывах не опускалась ниже 36.5°C. Врачи, наблюдавшие за состоянием его здоровья, считают, что помимо регулярных тренировок в бассейне с ледяной водой и серии различных процедур, рекорды стали возможны благодаря уникальной способности Пью повышать температуру собственного тела. Sciences et Avenir. 2006. №708. P.21 (Франция).

Кавказский заповедник, или Девять дней суровой сказки

В.И.Булави́нцев,

кандидат биологических наук

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

История охраны природы в местах нынешнего Кавказского заповедника восходит к 1882 г., когда на площади в 552 тыс. га была создана великокняжеская «Кубанская охота» — охотничий заказник с большим штатом егерей. В 1906 г. решением рады Кубанского войска охраняемая территория перешла в подчинение 135 станций с концом аренды в 1909 г. По истечению срока заказнику грозил разор от рук браконьеров разного толка. Вплоть до 1919 г. Российской академией наук и природоохранной комиссией Русского географического общества предпринимались безуспешные попытки основать заповедник на территории бывшей «Кубанской охоты». И только в 1923 г. было принято решение о создании Кубанского высокогорного заповедника площадью 250 тыс. десятин. Впоследствии она неоднократно перекраивалась. С 1979 г. заповедник стал биосферным.

В пределах заповедника проходят многочисленные ландшафтные, орографические, климатические, зоо- и ботанико-географические рубежи разного ранга. Все это определяет богатство природных условий и разнообразие комплексов животных и растений.

В заповеднике девять видов земноводных, 16 видов пресмыкающихся, более 200 видов птиц и

60 видов млекопитающих, в ручьях и речках 18 видов рыб. Очень много насекомых — около 100 тыс. видов, среди которых немало эндемиков Кавказа, особенно среди жуков-жужелиц.

Не менее интересна флора, вбравшая в себя до 900 видов сосудистых растений, в числе которых более 36% кавказских эндемиков. В заповеднике больше 720 видов грибов. Но судя по всему, все эти данные не окончательны. Поле для научной и природоохранной работы в заповеднике более чем интересное, но, увы, нынешняя действительность не внушает особого оптимизма относительно судьбы этой природной жемчужины Северного Кавказа. Но не буду забегать вперед, начну с начала, по порядку. На встречу с этой жемчужиной мы с почвоведом Алексеем Шамшиным из Института охраны природы и отправились в первых числах июня позапрошлого года.

Поезд Москва—Адлер доставил нас до конечного пункта. Адлер встретил хорошей погодой, немалым буйством растительности в окрестных горах, спокойным, но еще прохладным морем. Сразу по прибытию мы собирались отправиться в центр заповедника, на высокогорный стационар Джуга. Но удалось нам это только день спустя, ибо директор заповедника категорически отказал нам в посещении, хотя предварительная договоренность с заместителем

директора заповедника по науке Б.С.Туниевым была оформлена официальным договором о сотрудничестве с Академией наук. В конце концов все устроилось.

Серым дождливым утром мы вместе с проводником Виталием погрузились в автобус Адлер—Красная Поляна и уже через час стояли с рюкзаками на плечах. Предстоял крутой подъем по лесному волоку в сторону «пихтовой поляны», где предполагалась первая ночевка. Нужно было подняться на 900 м.

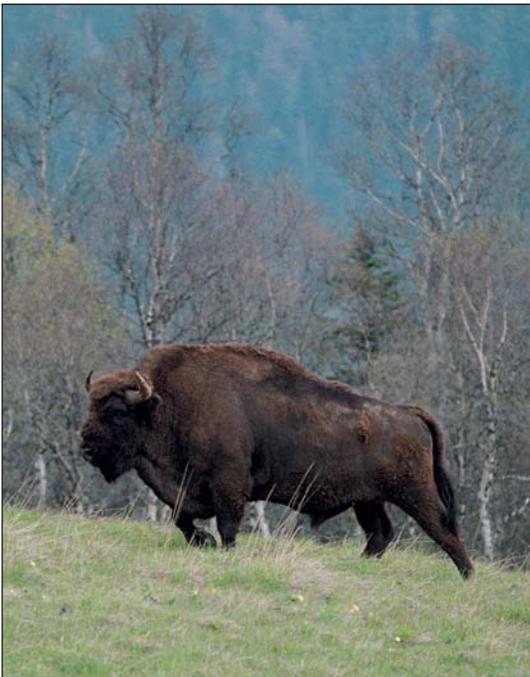
Даже вспоминать об этом шестикилометровом пути, длившемся под непрекращающимся дождем шесть часов, не хочется. Порой казалось, что нет сил и шага сделать дальше. Но мы шли и шли, пока не вползли измотанные и полуживые наверх.

Внизу пихтарник, выше субальпийский пояс и скальные массивы, припорошенные снегом. Чтобы добраться туда, нам предстояло карабкаться на следующий день еще 800 м. Но это завтра, а сегодня нужен костер. Дров нет, лес мокрый. И все же умудрились разжечь огонь под навесом у перевальной избушки. Переделались в сухое. Это первое правило для работы в горах. В рюкзаках, в непромокаемых пакетах, сухая смена обуви и одежды, без чего долго здесь не протянешь.

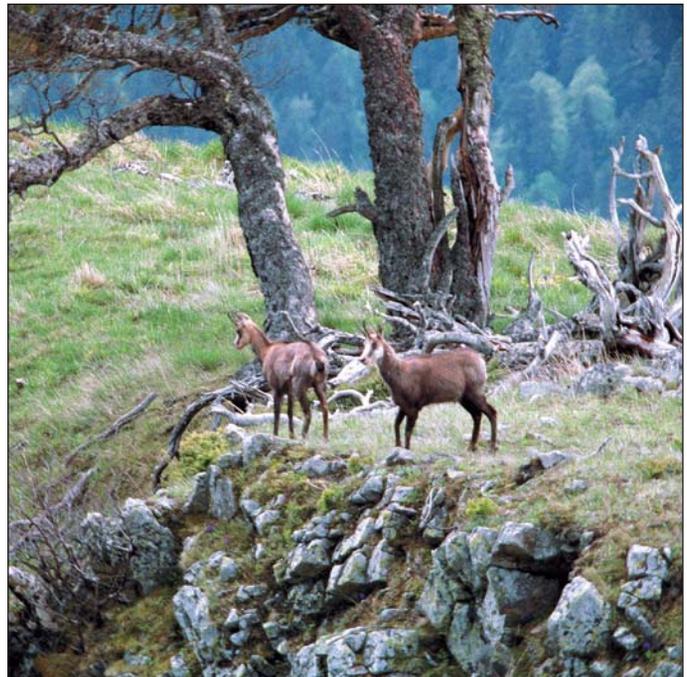
Ужин на скорую руку, горячий чай. И — в спальник. После адовой



Лани. Их осталось сравнительно немного, больше всего — в центре заповедника.



Обитатель заповедных лесов зубр. Его численность за последние десятилетия значительно сократилась.



Серны — еще обычные в районе Джуги копытные, хотя в сердце высокогорного Кавказа они почти исчезли.

Фото автора

муки преодоления горной кручи будто попадаешь в неземной рай, сон наваливается мгновенно. Часа в четыре утра проснулись и запели птицы, уже не поспишь. В седьмом подъеме, в восемь рюкзаки на спину и снова в гору. Но теперь легче, хотя крутизна такая же, как вчера. Лезем по скальной тропке к вершине, ее хорошо видно, и часа за три с половиной поднимаемся к конечной цели.

Впереди перевал. Спускаемся круто вниз по рыхлому снегу, а дальше — где снег, где ручьевая талая хлябь. Вниз по горной долине бредем под дождем, пока не упираемся в горный поток. Переправа через горную речку — дело непростое. Сравнительно легко идти вброд по колено, устоять на ногах можно. Скорость реки метра три в секунду, и скользкие булыжники на дне. Если вода доходит до торса, парусность тела столь велика, что преодолеть поток, не искупавшись с ног до головы в ледяной воде вместе с тяжелым рюкзаком, нереально. Нас судьба от такой напасти уберегла, целиком купаться не пришлось.

К четвертому дню пути преодолеваем последний затяжной подъем, и вот он — высокогорный стационар Джуга. Несколько домиков на опушке леса у границы альпийской зоны. Выше только луга и скалы, правда, не очень высокие, около 3000 м.

Один день неомраченного солнца Джуга нам подарила, позволив увидеть кавказских тетеревов, туров, серн и ланей. Нас окружали великолепные заснеженные горы, изумрудно-зеленые альпийские луга и рыжевато-серые скальные массивы.

Повсюду по склонам гор в высокой еще траве — белые, желтые и синие цветы, вестники пришедшей сюда весны. Пройдет немного времени, и их сменит высокоотравье в рост человека, а места оно поднимется так, что и всадника на лошади будет чуть видно. Склоны гор изрезаны руслами ручейков и ручьев, говорливых и неугомонных в это время года. Вода скачет и бурлит в каменистых руслах, неудержимо уносясь вниз, на-

встречу другим потокам. Набирает силы, чтобы ниже обратиться в кипящие горные реки, которые смегают на своем пути переправы из вековых деревьев, режут подобно разъяренному зверю в теснинах сырых ущелий и несут ледяные потоки вниз, на равнину, к людям.

Как умудряются жить в этом ледяном вареве форель и разные водные беспозвоночные, уму непостижимо. Воистину велика созидательная сила природы, сумевшая приспособить своих чад к жизни в горных реках или на горных кручах. Здесь нет пути человеку, но с легкостью скачут серны и круторогие туры. На зелени альпийских лугов пасутся небольшими группами лани. У них малыши. Заботливые матери прячут их по опушкам горного криволеся, навеваясь только для кормления. Малыши еще слишком слабы, но пройдет немного времени, и если судьба убережет от медведей, шатающихся по лугам в поисках оленят, оставшиеся в живых будут пасти вместе с матерями.

Заходят сюда и волки. Раньше в горах обитали горные, крупные звери, теперь, если верить наблюдателям стационара Джуга, появились крупные степные бандиты. Они способны небольшой стаей справиться с оленем-рогачом, оставив после кровавой пирушки рожки да ножки.

До сих пор бродят еще в горных лесах, выходя к солонцам на лесные поляны и альпийские луга, зубры. Стало их несравненно меньше, но увидеть кавказских гигантов пока вполне возможно. Тропы в местах выхода родников обращены копытами зубров в жидкое вязкое месиво.

Леса заповедника еще служат убежищем дикому зверю, но будущее копытных не столь уж радужно. Прямо по пройденному нами маршруту предполагается строительство автодороги Черкесск—Адлер, планируется перенос сюда и железнодорожной магистрали. С разных сторон наступают на заповедник горнолыжные курорты: «Лагонаки», что в горном массиве Фишт, и «Путинград» в Красной Поляне. Научные исследования

свернуты до минимума. Единственный высокогорный стационар Джуга в научных целях по сути не используется. Работают по научным программам отдельные энтузиасты, подобные герпетологу Б.С.Туниеву и орнитологу П.А.Тильбе. Но для заповедника это капля в море. Администрацию заботит в первую очередь другое — доходы от туризма и устройство горных приютов, отнюдь не для научных изысканий. Грустная картина, как везде сейчас в России.

И все же хочется верить, что горная жемчужина Северного Кавказа — Кавказский заповедник — выживет. Останутся в веках горные леса, и еще долго будут радовать взор наших потомков изумрудные ковры альпийских лугов, величавые заснеженные вершины и мрачные ущелья горных рек.

Но для этого одной веры недостаточно. Каждому надобно понять, что будущее наших детей и внуков зависит от сегодняшнего жизненного выбора. Жить ли, плывя по течению мутных вод российской действительности, или противостоять бездумной жадности человеческой, угрожающей ныне не только большинству населения нашей Родины, но и ее богатствам — недрам, лесам и рекам, тому, без чего человеку на земле жить невозможно. К счастью, еще есть люди, в этом не сомневающиеся. Мы убедились в том, спустившись на девятый день нашего путешествия по западному Кавказу к кордону Умпырь, что приютился в долине Малой Лабы. К немалому нашему удивлению, здесь, на глухом кордоне заповедника, встретили малышей, членов экологического клуба «Зубренок», организованного в Сибире. Самому младшему, прошедшему горными тропами, которые местами подтоплены по-весеннему вздувшимися водами Малой Лабы, было чуть больше семи лет, старшему лет двенадцать. Руководит клубом Наталья Леонидовна Лукьянова. У ребят живые, умные, добрые лица. И глядя на них, никак не верилось, что из таких малышей могут вырасти люди, подобные нынешним функционерам от заповедного дела. ■

Жизненный путь микулинской балки

С.А.Сычева

Недалеко от Курска, в Александровском карьере, где добывают строительное сырье, можно наблюдать хорошо сохранившийся фрагмент эрозионной системы микулинского межледниковья (около 130—118 тыс. лет назад). Благодаря нашим многолетним усилиям, в 2004 г. этот удивительный палеогеографический объект объявлен администрацией Курской обл. охраняемым природным памятником регионального значения, получившим название «Микулинская погребенная балка и позднеплейстоценовая почвенно-седиментационная толща».

В чем же значимость этого памятника? Во-первых, погребенная балка (рис.1), подобно древним манускриптам, хранит бесценную информацию о происходивших преобразованиях ландшафтов, по детальности соизмеримых с записями, хранящимися в океанических осадках или ледовых кервах.

Во-вторых, восстановленная картина изменений палеоэкосистем может использоваться для долгосрочных прогнозов эволюции современных экосистем. И если учесть, что в процессе неоднократной перестройки природы происходит разрушение водоразделов и примыкаю-



Светлана Арсеньевна Сычева, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории географии и эволюции почв Института географии РАН. Занимается циклами развития плейстоценовых и голоценовых ландшафтов, культурными слоями и почвами древних поселений, вопросами науковедения.

щих к ним склонов, то именно балки (палеоврезы) и их заполнения — тот ключик, которым открывается недавнее в геологическом масштабе времени прошлое междуречий.

И, в-третьих, анализ строения малых погребенных эрозионных форм помогает воссоздать картину полного геоморфологического цикла: от образования форм до погребения, связать этапы развития форм с эволюцией климата и ландшафтов.

Следы былых катастроф в почвах

По мере выработки пород, благодаря постепенному отступанию стенок карьера, в течение

10 лет мы наблюдали за изменением поперечных срезов одной и той же формы. Это позволило реконструировать фрагмент продольного профиля микулинской балки протяженностью около 300 м и восстановить эрозионный палеорельеф (рис.2) на площади свыше 50 тыс. м² [1].

Древняя балка в современном рельефе не выражена. Заложена она в толще однородного палеового лесса, накопившегося во время московского оледенения (около 230—130 тыс. лет назад). Для его верхней части характерно чередование буровато-палевых и белесовато-палевых прослоек и линз (постшлировая слоистость), свидетельствующее о формировании пород в условиях многолетней мерзлоты [2].



Рис. 1. Микулинская погребенная балка в Александровском карьере в 2000 г. Пунктиром обозначена поверхность балки по гор. А1 микулинской почвы.

Палеоформа легко узнается благодаря находению в ее днище и на склонах хорошо развитой почвы лесного генезиса, состоящей из горизонтов с контрастной цветовой гаммой и ярко выраженной организацией почвенной массы (рис.3). Гумусово-аккумулятивный горизонт (А1) мощностью 5–15 см из темно-серого суглинка с обилием копролитов червей сменяется белесым, светло-палевым легким суглинком пластинчатой структуры — 20–50-сантиметровым элювиальным горизонтом (А2), из которого вынесены глина, оксиды железа и алюми-

ния. Ниже залегает ярко-бурый суглинок ореховатой структуры — иллювиальный горизонт (Вt) вноса и накопления этих соединений. Резкая дифференциация, большая мощность профиля (1.5–2.5 м), обилие следов почвенной мезофауны в гумусовых горизонтах, многочисленные новообразования (например, железисто-марганцовистые конкреции в гор. А2 и глинистые натечи в гор. Вt) свидетельствуют о том, что почва формировалась на стабильной поверхности продолжительное время, соизмеримое по длительности с со-

временным межледниковьем — не менее 10–12 тыс. лет. Диагностические признаки позволяют отнести ее к почвам предшествующего микулинского межледниковья, весьма сходным с современными дерново-подзолистыми почвами Подмосквья. Правда, ее наиболее близкие аналоги находятся гораздо западнее — это лювисоли Центральной Европы, а в окрестностях древней балки в настоящее время развиты совсем иные почвы — лесостепные черноземы (рис.4).

Судя по составу спор и пыли, во время образования мику-

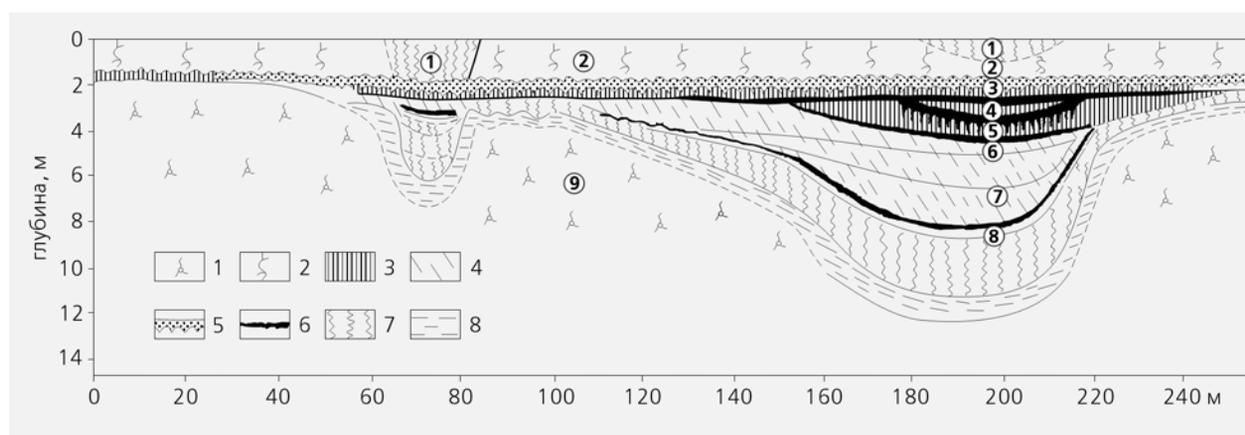


Рис.2. Поперечный срез балки, 1988 г. Лессы: 1 — московский, 2 — валдайский; 3 — педоседименты; 4 — делювиально-солифлюкционные отложения; горизонты и признаки почв: 5 — А1 брянской, 6 — А1 микулинской и ранне- и средневалдайских, 7 — иллювиальные голоценовой и микулинской; 8 — постшлировая текстура. Цифрами в кружках обозначены основные слои: 1 — современная почва, 2 — валдайский лесс, 3 — брянская почва, 4 — александровская почва, 5 — стрелецкая почва, 6 — кукуевская почва, 7 — делювиально-солифлюкционные и эолово-делювиальные осадки; 8 — микулинская почва, 9 — московский лесс.

линской почвы господствовала древесная растительность — береза, сосна, ель, ольха, ива, а также широколиственные породы, появившиеся во вторую, более влажную половину микулинского межледниковья. Присутствовали папоротники, лесные виды плаунов и диатомовые водоросли во влажных средах [5].

Залегающие ниже межледниковой почвы палевые лессы с признаками криогенных и эрозионных процессов могут быть отнесены к московскому оледенению. Отложения и почвы, развитые выше микулинской почвы, образовывались во время следующего и последнего — валдайского оледенения.

По сохранившимся горизонтам межледниковой почвы определяется морфология палеобалки. Она асимметрична — левый борт, обращенный на юго-восток, более крутой и короткий, чем более длинный и пологий двухъярусный правый. Днище балки шириной 30–60 м, в средней части продольного профиля плоское, с небольшим падением к тальвегу. Ширина депрессии между балочными склонами достигает 130–200 м. Глубина балки от бровки до

днища — около 5 м. Ближе к водоразделу балка становится более симметричной. В ее днище появляются разновозрастные донные овраги, неоднократно прерывавшие формирование межледниковой почвы. Балка осложнена несколькими отвершками (лощинами и ложбинами), появляющимися и исчезающими по мере выработки пород карьером.

На сохранившихся участках склонов и в днище межледниковая почва образует палеокатену (геохимическое сочетание почв по склону), которая указывает на длительное существование в микулинское межледниковье устойчивой балочной геосистемы. На участках днища формировалась сложная почвенно-седиментационная толща, представленная частично наложенными друг на друга профилями почв (рис.5). В начале межледниковья формировались дерновые почвы, в оптимум — светло-серые лесные, в конце — их оглеенные разновидности. Почвенные стадии разделены эрозионными этапами. Иногда им предшествовало сильное промерзание почвы, следы которого сохранились в виде клиновидных структур (рис.6).

Многочисленные угольки, сажистые прослойки, кусочки обожженного суглинка в поверхностных горизонтах микулинской почвы (рис.7) свидетельствуют о природной катастрофе — сильнейшем лесном пожаре в конце межледниковья, который вызвал ускоренную эрозию почв на склонах. На прибалочных склонах микулинская почва была в разной степени смыта, в днище и на балочных склонах погребена под наносами, что положило начало заполнению балки. В результате лес уже не возобновился, устойчивая лесная геосистема перестала существовать. Криогенные нарушения в лежащих выше почвы слоях свидетельствуют о сильнейшем похолодании, а, значит, о перестройке климата от межледникового режима к ледниковому.

Во время валдайского оледенения, когда на северо-западе Европы неоднократно наступал и отступал ледник, над днищем балки накопилась почвенно-седиментационная толща мощностью 10 м, детально отразившая колебания палеоклимата. По полноте и степени сохранности она не имеет аналогов в Восточной Европе.

Осадки первичного заполнения древней балки сформированы в результате разрушения межледниковой почвы и переотложения материалов ее горизонтов. Слои этого так называемого педолитоседимента отражают последовательность сноса с водоразделов и склонов: вначале гумусовых, затем элювиальных и иллювиальных горизонтов, в завершении — материнской породы (московского лесса). Вначале балка заполнялась в результате заиливания днища, но вскоре стала преобладать солифлюкция: оттаявший грунт, зажатый между нижним — многолетнемерзлым — слоем и верхним — сезонно-мерзлым, стекал по склону. Затем она стала чередоваться с плоскостным смывом, и в конце к ним присоеди-

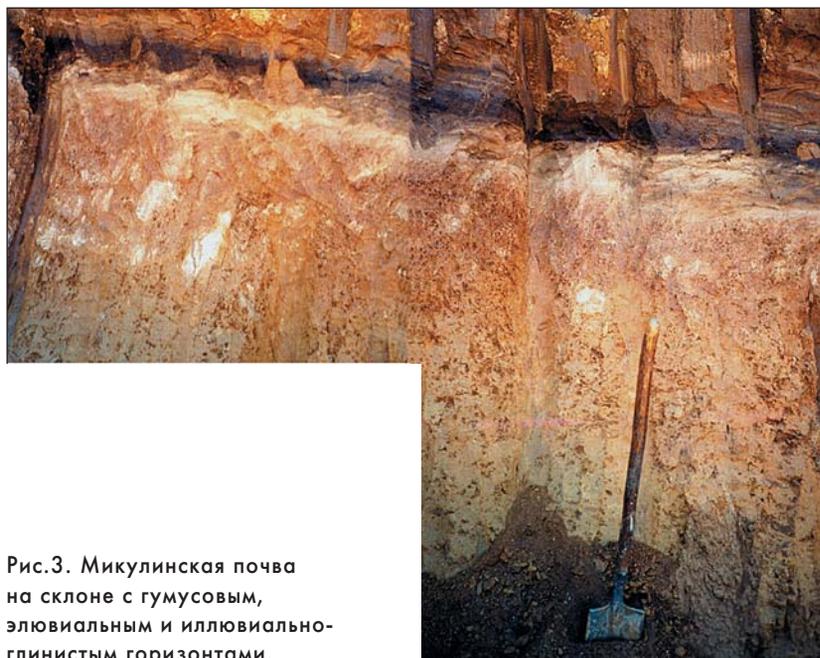


Рис.3. Микулинская почва на склоне с гумусовым, элювиальным и иллювиально-глинистым горизонтами.

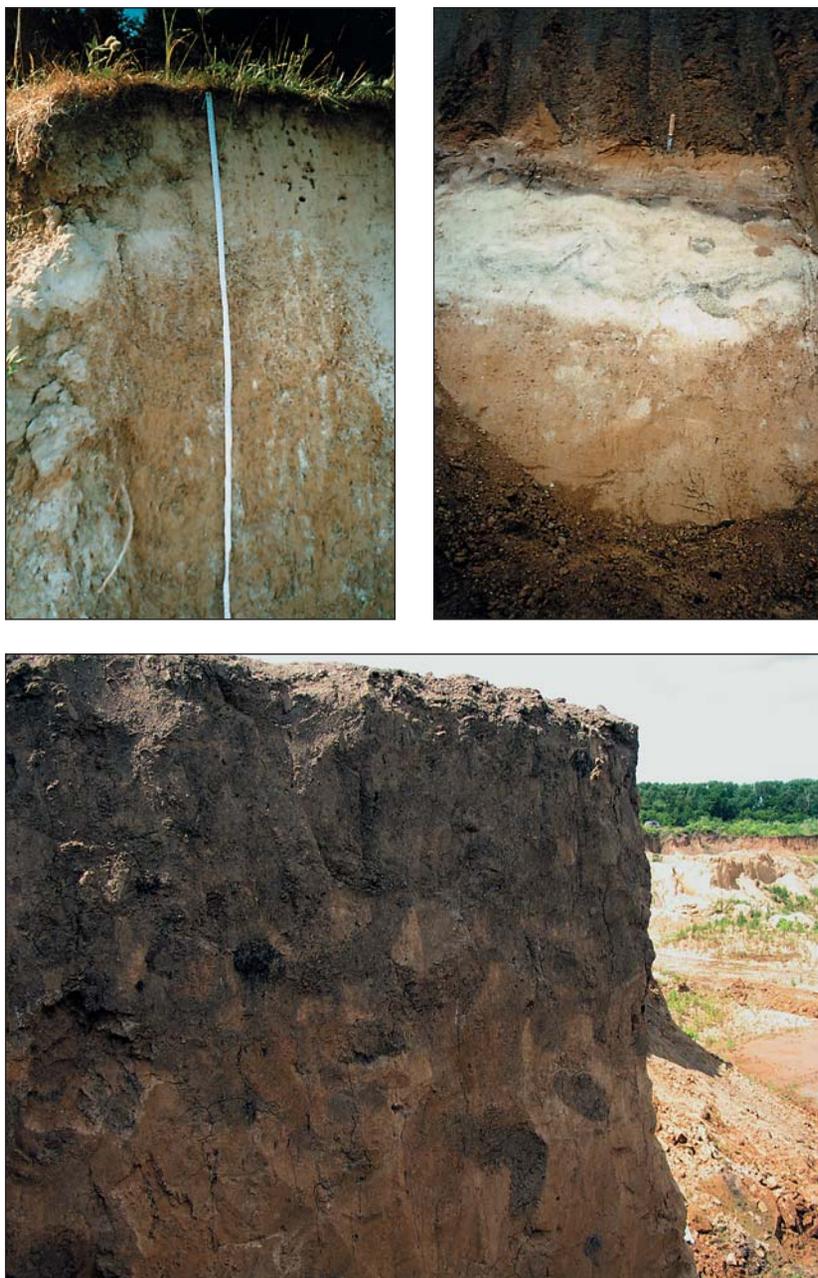


Рис.4. Микулинская почва (справа сверху) и ее возможный аналог — дерново-подзолистая почва Подмосковья (слева). Внизу: голоценовая почва — типичный чернозем.

лось эоловое осадконакопление. В отдельные периоды по днищу балки протекал ручей, русло которого смещалось относительно первичного тальвега. В днище и на правом склоне материал накапливался быстрее, чем на противоположном. Это привело к выполаживанию бортов депрессии и смещению

тальвега. Палеоформа постепенно становилась не только менее глубокой, но и более симметричной.

Ранне- и средневалдайское ледниковое время характеризовалось постепенным нарастанием суровости климатической обстановки и неоднократной сменой потеплений (интерста-

диалов) и похолоданий (стадиалов). Во время первых образовывались почвы, а вторых — усиливались рельефообразующие процессы и накапливались лессовидные породы. Выше осадков первичного заполнения (ранневалдайского педолитоседимента) развиты две ранневалдайские (кукуевская, стрелецкая) и две средневалдайские (александровская, брянская) ископаемые почвы (рис.8).

Они относятся к группе луговых кальций-гумусовых почв, не обладают столь дифференцированным и мощным профилем, как у микулинской межледниковой почвы, так как формировались менее продолжительное время и в иных палеоклиматических условиях. Современные аналоги этих палеопочв — лугово-черноземные почвы остепненных лугов Западной Сибири, характеризуются высокой емкостью биологического круговорота минеральных веществ (от 1500 до 3000 кг/га), превышающей емкость круговорота хвойно-широколиственных лесов, реконструируемых в микулинское межледниковье.

В заключительные этапы формирования на них воздействовали мерзлотные процессы, создавая различные деформации: грунтовые жилы — в кукуевской и стрелецкой почвах, аструктурные складки — в александровской и крупные клиновидные структуры (псевдоморфозы) — в делювии, разделяющей стрелецкую и александровскую почвы, в брянской почве. Почвы слегка размыты (особенно ранневалдайские), наиболее хорошо сохранились во вторичных понижениях, над дном микулинской балки. К ее бортам они накладываются друг на друга, сливаются, отражая процесс заполнения депрессии и выполаживания рельефа.

Полностью перекрывает балочную систему (днище, балочные склоны, отвершки) александровская влажно-луговая почва. В оглеенном суглинке между александровской и брянской

почвами найдены костные остатки шерстистого носорога и доисторической лошади, радиоуглеродный возраст которых составляет 40200 ± 420 и 39710 ± 580 лет соответственно, а возраст брянской ископаемой почвы в ее нижней части, согласно такой датировке, — 33140 ± 230 лет. Возможные аналоги почвы — мерзлотно-палевые лесостепные почвы Якутии [5].

В средневалдайское время микулинская палеоформа еще проявлялась на поверхности, но уже не в виде линейной, а неглубокой замкнутой депрессии — блюдца. Это подтверждается оглееным карбонатным горизонтом брянской почвы, развитым только над днищем заполненной балки. В отдельные периоды блюдце превращалось в озерцо, в котором накопились сизые оглеенные суглинки, образующие линзу между двумя средневалдайскими палеопочвами.

В максимум валдайской ледниковой эпохи — 20–18 тыс. лет назад — и в ее вторую половину изученная форма была полностью занесена золово-делювиальными суглинками — поздневалдайскими лессами мощностью 2.5–3.0 м. В голоцене на них сформировались современные выщелоченные и типичные черноземы.

На фоне ритма межледниковье—оледенение

Проследим жизненный путь балочной палеогеосистемы, начиная с ее предистории. В конце московского оледенения получили развитие криогенные процессы, которые создали неоднородность пород и предопределили заложение будущих форм рельефа. В результате промерзания верхняя часть московских лессов приобрела слоеподобную (шлировую) текстуру. Последующее смягчение климатических условий приве-



Рис.5. Микулинская почвенно-седиментационная толща в днище палеобалки в 2000 г.



Рис.6. Следы сезонной мерзлоты на склоне северной экспозиции палеобалки. Выделен клин, заполненный материалом гор. А2р.

ло к вытаяванию льда и образованию термокарстовых просадок [6]. В дальнейшем уже в оттаявших породах стали возможными суффозионно-просадочные явления, связанные с выносом легкорастворимых соединений и глин. В результате на плоских водоразделах в московское позднеледниковье стали образовываться западины, блюдца. В потепления на склонах долин, водораздельных блюдца и озерца закладывались

линейные формы — термоовраги или делли, в образовании которых, кроме эрозии, принимали участие криогенные процессы [7].

Одновременно с возникновением линейных форм в условиях перигляциального климата их склоны приобретали асимметрию: обращенные на север и восток подвергались солифлюкции в большей степени, чем противоположные, и, разрушаясь, становились положе



Рис.7. Угли в микулинской почве — свидетели сильного лесного пожара.

и длиннее. Постепенно линейные формы приобретали вид зрелых балок с плоским дном и асимметричными склонами [7]. К началу микулинского межледниковья многолетняя мерзлота полностью деградировала. Понижались местные базисы эрозии, что способствовало усилению глубинной эрозии рек и активизации линейной эрозии в долинах рек и на водоразделах [4]. Продукты размыва пород выносились далеко за пределы овражно-балочной сети. Таким образом в послеледниковое время одновременно со вскрытием долин малых рек создавалась новая разветвленная овражно-балочная сеть. В этот период сформировалась изученная нами микулинская балка.

В микулинское межледниковье сомкнутый растительный покров практически остановил течение ускоренной эрозии. В балке рос смешанный сосново-широколиственный лес, под пологом которого формировались текстурно-дифференцированные почвы — лювисоли. Однако случались эпизодические проявления эрозии, приуроченные к дну балки. Сочетание процессов почвообразования и эрозии в межледниковье привело к формированию

в днище балки сложных профилей межледниковых почв, а на склонах — к созданию катен.

В конце межледниковья случилась локальная катастрофа — сильный пожар, уничтоживший длительно существовавшую устойчивую лесную геосистему, спровоцировав ускоренную эрозию. Для этого периода характерна нестабильность природной обстановки — частое чередование лет с резкими климатическими колебаниями (сильные засухи, наводнения, ранние заморозки и т.д.). Длительные засухи способствовали возникновению сильных пожаров, уничтоживших лесную растительность, а послепожарные ливни вызвали смыв верхних горизонтов почв на склонах и захоронение почв в днищах депрессий. Пожары — естественные механизмы возобновления лесной растительности, и в межледниковье они не оказывают столь разрушающего воздействия на геосистему, как в период перестройки к оледенению. В первые периоды заполнения балки, когда влажность климата была высока, склоны лишились лесной растительности, проявилась мерзлота и возникла солифлюкция.

В результате накопления отложений депрессия стала менее

глубокой, расширилась за счет слияния балочных и прибалочных склонов. Процесс заполнения балки протекал волнообразно, чередуясь с периодами стабилизации, во время которых сформировались интерстадиальные почвы.

Во время образования кукуевской почвы господствовали лесостепные ландшафты. Березовые и сосново-березовые рощи чередовались с разнотравными и злаково-разнотравными участками. Когда формировалась стрелецкая почва, основное распространение получили разнотравно-злаковые лесостепи. В конце интерстадиала сосновые леса с участием широколиственных пород вытесняют степные сообщества. Климат более благоприятен, чем во время развития кукуевской почвы.

В стадиалы по-прежнему происходило разрушение почв межбалочных водоразделов и склонов. Материал денудации почв частично переносился в речную долину, где накапливался в виде аллювия. Но основная его масса задерживалась в самой депрессии. В результате эпизодического проявления овражной эрозии формировались конуса выноса отвершков, которые полностью перегораживали днище балки, и она превратилась в цепочку блюдец и западин.

Окончательное заполнение депрессии приходило во время заложения ложа первой надпойменной террасы р.Сейм. Понижение базиса эрозии вызвало денудацию прилегающих склонов и срезание межбалочных водоразделов. В средневалдайские интерстадиалы все еще продолжала существовать неглубокая, но обширная замкнутая депрессия (блюдец). В стадиалы она периодически превращалась в озерцо, к которому приходили на водопой животные — лошади и носороги, которые вязли в топком грунте и гибли. Их костные остатки были найдены в оглеенной толще.

В период формирования александровской почвы, судя по

присутствию кустарниковых форм берез, ольхи, увеличению содержания спор, диатомий, климат был холоднее и влажнее, чем ранее [5]. Развитие брянской почвы происходило в условиях мозаичного лесостепного ландшафта, представлявшего собой сочетание лиственнично-сосновых лесов с участием ели и сосны сибирской, злаково-маревых степей, суходольных лугов и тундровых сообществ. Обстановка была относительно холодной и аридной. Климат еще заметнее ухудшился в период погребения брянской почвы — приближался максимум валдайского оледенения. Господствуют открытые пространства сухих и холодных степей. В этот основной этап лессонакопления валдайской эпохи произошло полное погребение бывшей микулинской балочной системы и выравнивание поверхности.

Геоморфологический цикл, длившийся от конца московского оледенения, включая микулинское межледниковье, до второй половины валдайского оледенения, завершился. В валдайское позднеледниковье начался новый цикл рельефообразования, и в голоцене сформировалась новая эрозионная форма.

* * *

Итак, в первую половину валдайского оледенения до его максимума шло неоднократное срезаение межбалочных водоразделов. Линейные формы рельефа превратились в цепочки замкнутых. Увеличились площади пологих склонов. Расчлененный межледниковый рельеф Среднерусской возвышенности становился выровненным. Плакоры покрылись блюдцами и западинами, занятыми черноземно-луговыми почвами. Начиная с раннего валдая (около 115—70 тыс. лет назад) лесная зона на Русской равнине заменилась лесостепной: умеренной мезофильной — в интерстадиалы и перигляциальной высокотравной — в стадиалы.

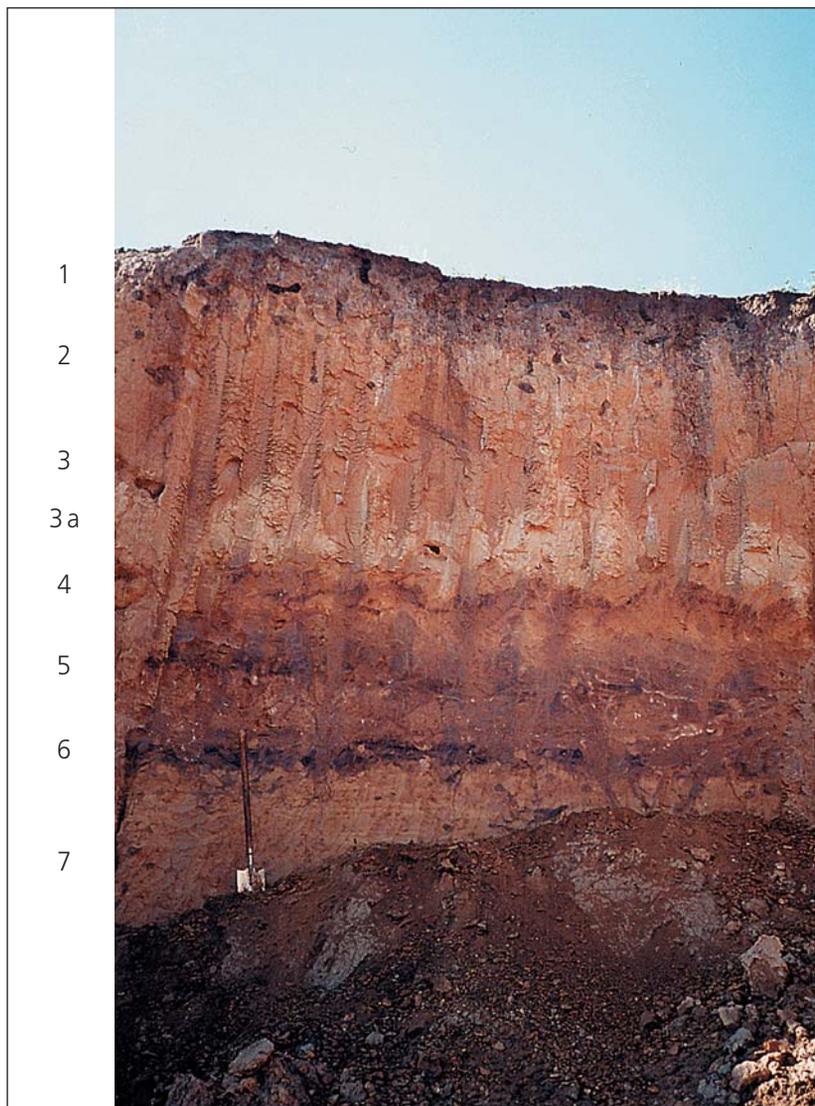


Рис.8. Строение надмикулинской толщи (снизу вверх):

7 — ранневалдайский педолитоседимент; 6 — кукуевская палеопочва; 5 — стрелецкая палеопочва; 4 — александровская палеопочва; 3а — оглеенный лесс; 3 — брянская палеопочва; 2 — поздневалдайский лесс; 1 — голоценовая почва.

Процессы, создавшие безлесные плакоры со слабопересеченным рельефом, способствовали расселению древнего человека. К этому времени создавалась морфолитогенная основа перигляциальных лесостепных высокопродуктивных ландшафтов, кормивших многочисленные стада мамонтов и бизонов, без которых было бы невозможно существование людей в суровом климате верхнего палеолита. Закрытие оврагов и балок

на водоразделах, а также уменьшение глубин речных долин способствовали расселению древнего человека на Восточно-Европейской равнине.

Разрез с погребенной микулинской балкой неоднократно демонстрировался на научных конференциях, стал одним из объектов проекта «Полигенез позднплейстоценовых палеопочв», поддержанного Международным научным союзом. В настоящее время в Александровской

ровском карьере продолжают исследования, в которых принимают участие студенты и аспиранты кафедры геоморфологии и палеогеографии геогра-

фического факультета МГУ, молодые сотрудники и аспиранты Института географии РАН. Этот уникальный объект может быть прекрасным учебным полиго-

ном для освоения других специальностей наук о Земле — четвертичной геологии, почвоведения, ландшафтоведения, геоэкологии. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 03-05-64802 и 06-05-65302.

Литература

1. Сычева С.А. // Извест. АН СССР. Сер. географ. 2003. №8. С.15—18.
2. Сычева С.А., Гунова В.С. Результаты изучения позднеплейстоценового лессово-почвенного комплекса в погребенной балочной системе Средне-Русской возвышенности // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. №65. М., 2004. С.86—101.
3. Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань, 1986.
4. Sycheva S.A. The role of local landscapes of the periglacial forest-steppe on the Russian plain in the formation of food resources for mammoth herds in the Valdai time (P). // 2nd Internatiol Mamoth conference. 1999. P.62—63.
5. Морозова Т.Д. Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М., 1981.
6. Катасонов Е.М. Криогенные текстуры, ледяные и земляные жилы как генетический признак многолетнемерзлых четвертичных отложений // Вопросы криологии при изучении четвертичных отложений. М., 1962. С.37—45.
7. Хруцкий С.В. // Геоморфология. 1985. №1. С.17—21.
8. Катасонова Е.Г. Роль термокарста в развитии деллей // Условия и особенности развития мерзлотных толщ в Сибири и на Северо-востоке СССР. М., 1963. С.130—136.

Основатель общества «Зеленое топливо» И.Берзин (I.Berzin; Массачусетский технологический институт, США) предложил для сокращения газовых эмиссий теплоэлектростанций использовать водоросли. Идея проста: выбросы газов циркулируют в биореакторах, где одноклеточные водоросли усваивают CO₂ в процессе фотосинтеза и бурно растут. Создаваемую таким образом биомассу будут затем сжигать для получения энергии. На ближайшее время намечен полномасштабный эксперимент с водорослью *Dunaliella tertiolecta* на ТЭЦ, работающей на природном газе.

Science et Vie. 2006. №1060. P.29 (Франция).

Уточнены прежние данные о высоте Монблана, которые определялись посредством Системы глобального позициони-

рования (Global Positioning System — GPS): 4810.4 м в сентябре 2001 г., 4808.45 м — в сентябре 2003 г. Новая высота, измеренная геодезистами Верхней Савойи в сентябре 2005 г., составила 4808.75 м.

Sciences et Avenir. 2006. №708. P.18 (Франция).

Польские археологи полагают, что им удалось найти останки Николая Коперника (1473—1543). Во время археологических раскопок под алтарем кафедрального собора г.Фромборк, в котором Коперник служил каноником, они обнаружили череп 70-летнего мужчины, предположительно принадлежащий основоположнику современной астрономии. Компьютерная реконструкция лица продемонстрировала существенное сходство с известными прижизненными портретами великого ученого. Тем не

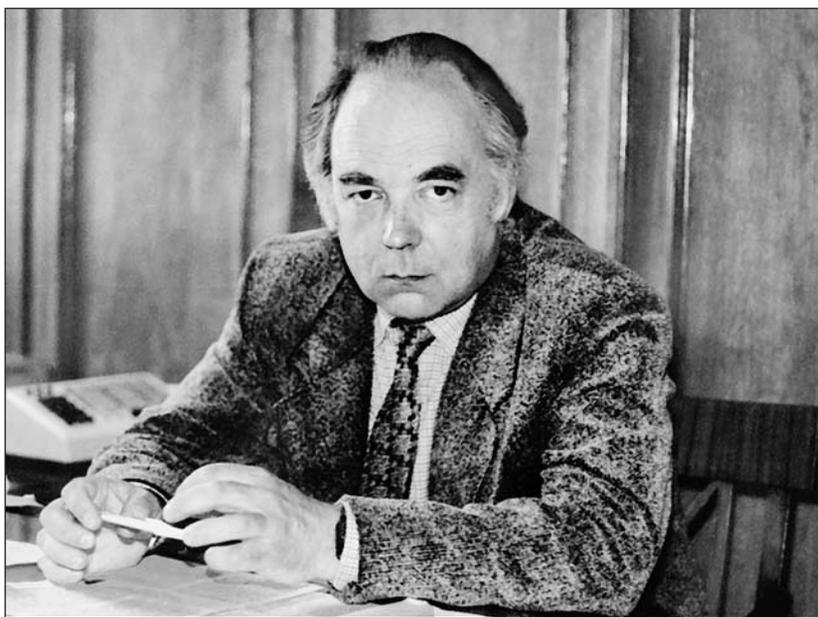
менее полную уверенность в выводах сможет дать лишь генетический анализ — сравнение по ДНК с останками родного дяди Коперника.

Science et Vie. 2006. №1060. P.15 (Франция).

Правительство Норвегии приступило к созданию генетического банка, в котором будут храниться семена всех сельскохозяйственных растений мира. Высокопрочное хранилище, способное выдержать последствия природных или техногенных катастроф общепланетарного масштаба, будет расположено на архипелаге Шпицберген, в толще скальных пород. Стоимость проекта превышает 3 млн долл. США, предполагается срок окончания строительства — осень 2007 г.

Science et Vie. 2006. №1062. P.33 (Франция).

«Я — между двух миров»



Михаил Викторович Гусев.

*Человечество —
это множество.
Это тысячи тысяч
в вечности.
Это лучший пример
невозможности
Понимания бесконечности.*

М.В.Гусев

Биосфера

Речь пойдет об известном микробиологе Михаиле Викторовиче Гусеве. Формального повода (точнее, круглой даты) в этом случае нет. Родился Михаил Викторович 29 мая 1934 г., а умер 11 июля 2005 г. Кроме научного таланта он обладал не выставляемой напоказ творческой энергией, которая помогла ему оставить печать несомненной одаренности во всех областях, к которым он прикасался.

Возможно, «ген творчества» он получил от своего отца, Виктора Гусева, поэта и писателя, автора сценариев к фильмам «Свинарка и пастух», «В шесть часов вечера после войны». Михаил Викторович и сам писал глубокие, забавные и самые разные стихи, снискавшие ему популярность в его окружении. Впрочем, здесь он не претендовал на высокий профессионализм. Профессионалом он был в сферах микробиологии. В 1957 г. окончил биолого-почвенный факультет МГУ. Работал там под руководством видного микробиолога академика В.Н.Шапошникова. Научные интересы Гусева распространялись на изучение физиологического многообразия клеток микроорганизмов, растений, животных. Он подчеркивал важность физиологического подхода к исследованию бактерий и других микроскопических объектов. Ввел в обиход лабораторных экспериментов культуру цианобактерий (их прежнее название — синезеленые водоросли). Впервые показал анаэробную природу некоторых цианобактерий и возможность использования ими органических веществ с помощью механизмов, не связанных с окислением. Разработал классификацию форм жизни по типу их взаимодействия с молекулярным кислородом. Им обоснованы новые представления о путях формирования дыхательного метаболизма. Совместно с коллегами им были созданы и изучены искусственные ассоциации цианобактерий с клетками высших растений, что важно для развития биотехнологии и клеточной инженерии.

В 1973 г. Гусев, уже будучи доктором наук, возглавил биологический факультет МГУ. Лектором, организатором он был блестящим. И все делал словно без труда, без натуги. Стал заслуженным профессором, лауреатом Ломоносовской и Государственной премий. Долгие годы был главным редактором журнала «Вестник Московского университета» (Сер. «Биология»), членом редакционной коллегии международного журнала «Symbiosis». Представлял страну в Комиссии по биологическому образованию Международного союза биологических наук при ЮНЕСКО.

Михаил Викторович был личностью, влияние которой оставило яркий след в душах его коллег, друзей. Сказанное относится и к очерку Владимира Петровича Скулачева. Но прежде чем предоставить ему страницы журнала, уступим искушению — познакомим читателя хотя бы с несколькими всплесками поэзии Михаила Викторовича.

ДРУГУ ДЕТСТВА

Мы с детского сада знакомы,
Лет с девяти — друзья.
А выросли — и живем далеко мы,
И у каждого жизнь своя...
Но в каких бы далеких краях я ни был,
О детстве думая, всякий раз
Я помнил, что ты капитан Немо,
Что скоро тебе улетать на Марс.
И еще, как носил от меня записки
Маленькой девочке в дом на горе.
То, что в детстве становится близким,
Не может с возрастом умереть!
Но вот последняя наша встреча,
Огни фонарей заливали вокзал,
И, может, от блеска их в этот вечер
Чужими казались твои глаза.
Ты уезжал на вечернем в Сочи.
Случайно встретились. Обнялись.
Понятно, ты торопился очень,
Но те слова у тебя сорвались...
Ты говорил о какой-то девушке,
Что кто-то ее тебе «уступил»,
Что на любовь ее не надеешься,
Но это еще для тебя не тупик.
В Сочи она собирается тоже,
А там попадется, ведь ты не протак!
Когда же ты стал пошляком ничтожным
И научился мечтать вот так?
Я не жду от тебя ответа.
Не нужен мне оправдательный фарс.
Самое грустное в том, что это
Несовместимо с полетом на Марс!

ОН ЗДЕСЬ, НА ЗЕЛЕНОМ ПОЛЕ...

«Умер... Федотов... Майор...»
Застыл над газетой в горе я.
Из траурной рамки, в упор,
Смотрят глаза Григория.

Мне скажут, возможно, с насмешкою:
«Ода на смерть футболиста?»
Не надо этого смешивать
С криками, давкой и свистом.

Это не то. Мне просто
Вспомнился стадион.
Парни высокого роста
Играют в футбол. И он.

Вы помните ведь, не правда ли,
Это чувство огромное,
Чувство весенней радости,
Единственное, стадионное?

И бурного марша фразы?
Да, на трибуне, поверьте,
Никто, никогда, ни разу
В жизни не думал о смерти.

И вот эти строчки скучные.
Ушел, отыграв, отработав.
В это поверить трудно:
Умер Григорий Федотов.

Да нет же! Федотов с нами,
Здесь — на зеленом поле,
Здесь — на спортивном знамени.
Здесь — в советском футболе.

Радостью, солнечным светом
Зовут площадки и корты,
Жизнь! Именно в этом
Сущность нашего спорта.

И если прямо в ворота,
Мяч на ходу обработав,
Форвард бьет с поворота,
Скажем:
— Это Федотов!

Я — между двух миров...
Сомнениями я полон,
стою на междуречье —
Мир детства
с юностью моей
Пришел в противоречье.
Я не могу —
— и в этом есть ответ —
Преодолеть извечное
различие,
Так, как не может же преодолеть
Заика
своего косноязычья.
Наука — царство стойков и воли.
В ней жизнь одна — ничтожное звено,
И жрец науки — раб ее, не более,
В ней быть лишь продолжателем дано,
Участником огромного процесса,
Простым сотрудником дыхания Земли.
И до такого страшного прогресса
Ее безвестные герои довели.
А я не подхожу...
Пишу вот так стихи я,
Летаю в облаках,
от музыки дрожу.
Да! Мир науки —
не моя стихия.
Не подхожу.

Друг мой, Миша Гусев*

Академик В.П.Скулачев
Москва

Окончив МГУ, он принялся ездить по стране за любимой командой «Динамо», чтобы не пропустить ни одного ее матча.

Став сотрудником биофака, попал в приемную комиссию, где всегда ставил лишний бал лицам «неправильных» национальностей.

Возглавил биофак тридцать три года тому назад, и за все эти годы никто ни разу не видел его спешащим куда-то или вообще суетящимся.

Мой учитель Сергей Евгеньевич Северин как-то сказал: «Знаете, Володя, главная беда нашего времени — это то, что у людей исчез досуг». Я не сразу оценил всю глубину северинской максимы и лишь с годами понял, как точно выразился старый университетский профессор. Ведь что отличало всегда русскую мысль от мысли западной: широта подхода вплоть до риска выйти за очевидные пределы. Традиционно эту черту склонны были объяснять обстоятельствами географического порядка: дескать, необъятна и плоска наша страна, а, стало быть, дальше видно. Но, позволяйте, взберитесь на хоть какую-никакую горюшку, и обзор будет шире! Нет,

здесь дело, конечно же, в истории, а не географии.

Россия так прочно застряла в феодальном средневековье, что пропустила вперед, к капитализму все остальные цивилизованные страны. А при феодализме творческий, интеллектуальный труд — удел представителей господствующего класса, статус которых не предполагает мыслей о хлебе насущном. Творить, чтобы получить удовольствие от самого процесса, а не корысти ради. Помните изумление петербургского поэта в пушкинских «Египетских ночах», когда к нему пришел за поддержкой итальянский поэт-импровизатор, зарабатывающий поэзией себе на жизнь. В «Деревне» Пушкин пишет про «праздность вольную, подругу размышленья». Когда есть время и возможность неспешно поразмышлять, возникает широта подхода и исчезает страх перед рискованными гипотезами. Найдя золотую жилу, мы не в силах устоять от соблазна тут же отправиться на поиски следующей, обещающей оказаться еще богаче. А западный человек силою обстоятельств вынужден рыть вглубь, пока не иссякнет золото, пусть даже найденное не им самим, а кем-то другим.

И поныне бытует крылатая фраза о том, что в России отменили рабство в тот же год, когда

в Лондоне пустили подземку. Жаль, конечно, что в Москве метро появилось на 70 лет позже, но случись это в 1861 году, кто знает, каких взлетов русского гения не досчиталось бы человечество. А ведь «праздность вольная» не кончилась 1861 годом. Хватило еще лет на сотню, — до тех времен, когда вырубил вишневый сад.

Затем пришла советская власть, и всех уравнили в бедности. Богатые были ликвидированы как класс. Казалось бы, это должен был быть конец *бескорыстного свободного творчества* как русской национальной идеи. Но вот что мы читаем у великих поэтов этого времени. Пастернак: «И пораженья от победы ты сам не должен отличать!» (сравни с американской деловитостью и ее духом соревнования). Или: «Быть знаменитым некрасиво, не это подымает ввысь» (а как же «без публицити нет просперити»?). Маяковский: «Мне ни рубля не накопили строчки!» («Нашел чем гордиться!» — сказал бы западный человек). Весь фокус в том, что при царе творчество было бескорыстным, потому что творящему корысть была без надобности, а при советском режиме оно осталось бескорыстным, поскольку корысть отменили: каждый получал свой паек или свою пайку независимо от

* См.: Вестник МГУ. Сер.16: «Биология». 2006. №1.



Гусевы Михаил Викторович и Виктор Михайлович на ул.Виктора Гусева во Внукове. 2002 г.



На даче во Внукове. Празднование дня рождения. Справа от Михаила Викторовича его супруга, профессор-нейрофизиолог Галина Николаевна Болдырева, слева — сын Виктор, спортивный комментатор ТВ. 2002 г.

качества и количества затраченного труда.

...Поступив в 1952 г. на биолого-почвенный факультет МГУ, мы с Мишей Гусевым попали в одну учебную группу №6. Мне сразу понравился этот красивый и добродушный юноша, ко-

торого друзья называли «Грос». «Вы думаете, что Грос — это большой, а ведь на самом деле это — великий», — пошутил как-то Гусев. Как и многие в то время, он пришел в науку по двум причинам: наука в России спокон веков была наиболее пре-

стижным занятием, а в советское время она еще и гарантировала от вмешательства в вашу работу безграмотного руководства. Никто из партийного начальства не мог указать Мише, как ему ловчее заняться его любимыми цианобактериями.

С легкостью необычайной Гусев защитил положенные две диссертации и к 38 годам заложил, казалось бы, прочные основы дальнейшей научной карьеры. Но тут случилось событие, сыгравшее в его судьбе решающую роль. Биолого-почвенный факультет разделился-таки на биологический и почвенный. При этом декан биолого-почвенного, Глеб Всеволодович Добровольский, ведущий почвовед страны, ушел на почвенный факультет, а вновь возрожденный биофак МГУ остался без декана. Как раз в эти дни сотрудник биофака Алик Тамбиев собрал в ресторане «Арагви» «мальчишник» — выпускников биофака 1957 г. Как всегда, заводилой застолья был Вадим Федоров. Зашла речь о будущем декане. «А вот он, декан, сидит перед нами, выпивает и закусывает!» — сказал вдруг Вадим, указав на Мишу. Тот засмеялся: «Брось Ваньку валять!» Но слово было сказано. И месяца не прошло, как с нашей легкой руки Миша стал деканом. «Гусев-Арагвийский!» — подшучивали мы над новоиспеченным главой биофака. Еще через месяц один физик, знакомый мне по Совету МГУ, выслушав первое выступление Гусева на Совете, заметил с тоской в голосе: «Молодцы биологи, нашли себе молодого, умного декана!»

Гусев «взял» факультет в трудное время. Биологическое сообщество МГУ было фактически расколото на «полевиков», исповедовавших классическую *биологию видов*, и «молекулярщиков», спешивших привнести в биологию методы точных наук. Первые были более известны и уважаемы, вторые — более молоды и агрессивны. «Раздрай» в тысячном коллективе

факультета грозил непреходящей склокой, и молодому декану предстояло совершить, казалось бы, невозможное, чтобы сохранить единство и, главное, рабочую, традиционно доброжелательную атмосферу биофака МГУ. И Гусев с честью решил эту задачу. Конечно же, была поддержка мудрого руководства МГУ: ректоров Р.В.Хохлова и В.А.Садовниченко, вице-президента академии Ю.А.Овчинникова, ключевых заведующих кафедр, таких как С.Е.Северин, В.Е.Соколов, И.П.Ашмарин, В.В.Малахов. Однако решающую роль все же сыграли личные качества Миши: природный ум, доброта, честность, интеллигентность и, наконец, та самая российская *широта подхода к проблеме*, о которой шла речь выше. По образованию микробиолог (т.е. представитель классических дисциплин), Гусев в своей научной работе стремился использовать молекулярные методы, олицетворяя собой плодотворность, а не антагонизм двух лагерей, грозивших расколоть факультет.

В конце своего жизненного пути Гусев посвятил себя идее биоцентризма как антитезы антропоцентризму, исповедующему приоритет интересов человека над интересами живой природы. Борьба за пропаганду и реализацию этой концепции, близкой как старой, «классической», так и новой, молекулярной биологии, явилась, по существу, венцом деканской деятельности Михаила Викторовича: сегодня трудно себе представить лучшего поля научного творчества для декана биофака первого университета России. Блестящий лектор и талантливый оратор, Гусев с неизменным успехом нес свои взгляды слушателям самых разных аудиторий. Его овациации провозглашали студенты-первокурсники, внимательно выслушивали участники общественного лектория МГУ и Общего собрания РАН. Высок был и международный авторитет декана-биоцентриста.

Широта подхода сказалась и в отношении декана Гусева к Институту им.А.Н.Белозерского, а также созданному на базе института факультету биоинженерии и биоинформатики. Гусев неизменно поддерживал обе эти организации, понимая, что они не ослабляют, а наоборот, усиливают фронт биологических исследований в МГУ. Ведь как институт, так и новый факультет получились не за счет распада биофака, а в дополнение к уже существующим биологическим кафедрам и лабораториям. Я никогда не забуду дружеской поддержки со стороны Миши практически во всех начинаниях, связанных с институтом и факультетом. Чего стоит хотя бы тот факт, что по решению декана биофак взял на себя преподавание классической биологии на новом факультете.

При всем многообразии работ декана огромного факультета и заведующего им основной кафедры физиологии микрорганализмов и иммунологии Гусев умудрился сохранять время и силы для *занятий на досуге*. Миша был страстным коллекционером марок. До самых последних дней писал стихи (на его 71-м дне рождения, за несколько месяцев до смерти он читал свои новые стихи сотрудникам родной кафедры). Но, пожалуй, его самым любимым хобби стал футбол.

Футбол для нашего с Мишей поколения был куда больше, чем развлечение, любимая игра. Нам было по 10—11 лет, когда кончилась война. Два общественных события запомнились мне в последний военный год. Одно из них — фильм по пьесе поэта Виктора Гусева (потом я узнал, что он Мишин отец) «В шесть часов вечера после войны». Гениальным было само название фильма. Оно убеждало: страшная война кончится и этот конец уже не за горами. Другое событие — игры на кубок СССР по футболу. «Раз в Москве опять начались футболы, значит войне конец», сказал

мой старший двоюродный брат. «А ты за кого болеешь?» — спросил он меня. Я деликатно поинтересовался, за кого нужно, по его мнению, болеть. «Как за кого? — изумился брат. — Конечно, за ЦДКА!» Но мне показалось каким-то неказистым это слово: что-то вроде «спотыкач». «Ну тогда болей за «Спартак»». Но и это слово мне не понравилось: «Спартак-верстак»... Зато третья команда, названная братом, «Динамо», сразу очаровала звонкостью, мелодичностью и какой-то открытостью звучания своего имени (тогда еще не изобрели мерзкого слова «динамить»).

Так я стал динамовским болельщиком. А когда отец взял мне билет на стадион и я увидел «своих», то окончательно и бесповоротно влюбился в эту команду. Первыми на осеннем поле стадиона «Динамо» появились наши соперники — цедковцы. Они были в красно-черной форме, что соответствовало тому времени: черный и красный были самыми распространенными цветами. А затем выбежали и рассыпались по полю динамовцы — ослепительно белоголубые, так разительно контрастирующие с грязносерым полем и трибунами, заполненными людьми в бедных темных одеждах. Потом я узнал, что «Динамо» — это общество милиции и КГБ, а голубой цвет — это «мундиры голубые»... Но уже ничего не мог с собой поделать. «Динамо» стало моей командой, моей любовью, верность которой я храню вот уже 60 лет.

Футбол был в те годы единственным массовым зрелищем с непредсказуемым (как верили тогда) результатом. Еще не было канадского хоккея и фигурного катания. Не было и телевидения. В кино шли только советские фильмы, причем новых лент появлялось не больше двух-трех в год. Футбол был символом мирной жизни. На стадион шли как на праздник. Появление на трибуне в пьяном виде, сквернословие или драка были так же



С внуком Мишей. 2005 г., январь.

невероятны, как в театре. После матча огромная многотысячная толпа отправлялась пешком по Ленинградскому шоссе от стадиона в сторону центра. Неспешно беседовали со случайными соседями, стараясь поддержать болельщика проигравшей команды: «Да ты не вешай нос: сегодня наша взяла, а завтра, может, твоя...»

Как болельщик я всегда тихо завидовал Мише. Я никогда не осмелился бы взять, как он, командировку в Тбилиси «для сбора биологического материала», когда наши выезжали туда играть с грузинами. В молодости он болел истово, не жалея времени, посещая все матчи с участием «Динамо» и прочитывая все, что о «Динамо» появлялось в прессе. Свою страсть он передал любимому сыну Виктору, который стал лучшим футбольным комментатором России. Включите первую программу, когда транслируется какой-нибудь матч, и вы увидите Виктора Гусева, который так поразительно

похож на своего отца в молодости. Помню, мы были вместе с Мишей в командировке, когда Вите было всего лет шесть-семь. Миша позвонил жене домой и узнал, что у Вити сильная простуда. «Ну так хоть футбол разреши ему посмотреть по телевизору», — попросил Миша. За два дня до смерти Миши наша команда выиграла со счетом 3:1 у «Крыльев Советов». Узнал ли этот последний счет лежавший в реанимации Миша?

Вскоре после 70-летия Гусева, на которое я не попал будучи в отъезде, я зашел домой к Мише. Я выпил за его здоровье рюмку коньяка. Он пил тогда уже только чай. Поговорили о «Динамо». Надо сказать, что такой разговор я всегда затевал с ним, когда «доходил до точки» и бесконечные заботы брали верх. Он беседовал со мной пять, десять минут — и житейская муть куда-то проваливалась: отпускало... В тот день после футбола Миша завел речь о поэзии и политике. «Знаешь, кто лучше всех сказал о Ленине? — Пастернак» и процитировал: «Он управлял движеньем мысли и только потому — страной».

Гусев был большим знатком советской поэзии. Здесь

сыграло роль не только кровное родство (отец), но и то, что его отчим К.Я. Финн был писателем. В школьные годы Константин Яковлевич часто просил Мишу, чтобы тот продекламировал свои стихи перед застольем членов Союза писателей, которые часто собирались дома. Мише это надоело и однажды, поставленный в торце ломящегося от яств и напитков стола, за которым заседало писательское начальство, он отчетливо произнес: «Феб золотудрый, к морю спустившись, мочился». «Купался, Мишенька, купался!» попробовал спасти положение отчим. «Мочился!» — как отрезал Миша. Больше его уже не заставляли читать стихи за столом.

В жизни мой друг был романтиком и немного Дон-Кихотом. Его любимым было стихотворение Ильи Иословича «Дон-Кихот», опубликованное издательством МГУ в серии «Второе призвание» (1997). В той же серии вышла и книжка стихов самого Михаила Викторовича Гусева. Вот одно из них*. Я привожу его в первоначальном варианте, ходившем в списках среди студентов-биофаковцев пятидесятых годов ушедшего века:

Так было... Однажды на крыши домов
Внезапно спустились тысячи желтых слонов.
Так было! Не помните? Жалко... Слоны
Были прекрасно на крышах видны.

Все думали — шутка, все думали — утка,
Какой-нибудь старенький трюк,
Ведь это смешно же, и желтые тоже,
И все одновременно, вдруг!

Их звали на землю: — Идите, слоны,
Вы нам в зоопарках ужасно нужны!
Другие кричали: — Там нету слонов,
Не верим мы в магию и колдунов!
Но были слоны, и на землю они
Совсем не хотели идти,
На крышах домов и под светом луны
Им нравилось больше пастись.

И люди, смеясь, отступили. Сильны
И стойки на крышах остались слоны!

* Стихотворение посвящено В.П.Скулачеву. — Примеч. ред.

Новости науки

Астрофизика

Предстоящий солнечный максимум будет очень мощным

С тех пор как был открыт 11-летний цикл солнечной активности, прошло почти два века. За это время ученые неоднократно старались предсказать интенсивность предстоящего максимума — и терпели неудачу. Солнечный максимум был то едва заметным, как в 1805 г., то чрезвычайно мощным, как в 1958 г., не подчиняясь никакой очевидной закономерности. О долгожданном прорыве в понимании цикла солнечной активности объявили специалисты Национального центра атмосферных исследований США: «Мы впервые смогли предсказать мощность очередного цикла, опираясь не на статистику, а на физическую модель», — заявил руководитель группы М.Дикпати (M.Dikpati).

Несколько лет назад Дикпати осознал, что ключ к загадке заключен в солнечном «конвейерном течении». На Земле похожий глобальный конвейер переносит воду и тепло из океана в океан. На Солнце конвейерное течение представляет собой поток не воды, а электропроводящего газа. Такое течение переносит солнечное вещество по направлению от экватора к полюсам со скоростью около 1 м/с, затем оно опускается ко дну конвективной зоны на глубину 200 тыс. км и течет обратно к экватору; на экваторе оно поднимается, замыкая круг. Эта картина была воссоздана по данным гелиосейсмологии. Именно солнечное конвейерное течение управляет «погодой» на Солнце, точнее, циклом солнечных пятен.

Солнечные пятна — сгустки магнитных силовых линий, генерируемых внутренним солнечным динамо. Обычно солнечное пятно живет несколько недель и распадается, оставляя после себя остаток в виде слабых магнитных полей. Верхняя часть конвейерного течения скользит по поверхности Солнца, сметая магнитные поля старых солнечных пятен. На полюсах их остатки погружаются на глубину 200 тыс. км и вытягиваются дифференциальным вращением. В процессе растяжения поля усиливаются, черпая энергию из вращения Солнца. Усиление магнитного поля повышает подвижность остатков, и они всплывают к поверхности в виде новых пятен — зародышей очередного солнечного цикла.

Все это происходит очень медленно. Такому конвейерному течению для завершения полного цикла в среднем требуется около 40 лет, но период варьирует в широких пределах — от 30 до 50 лет. Если скорость течения велика, то оно сметает много магнитных полей и очередной цикл солнечной активности оказывается более интенсивным. Этот факт и составляет основу предсказания. В 1986—1996 гг. течение двигалось быстрее обычного, поэтому в 2010—2011 г. мы можем ожидать особенно крупных солнечных пятен.

С помощью новой модели ученые успешно воспроизвели «хронотраж» и интенсивность последних восьми солнечных циклов и потому уверены в предсказании. Они считают, что предстоящий цикл, 24-й по счету за время научных наблюдений Солнца, будет на 30—50% сильнее, чем только что закончившийся. Солнечные пятна покроют более 2.5% ви-

димой поверхности Солнца. Всплеск солнечной активности, вероятно, сравнится с историческим солнечным максимумом 1958 г., когда полярное сияние трижды наблюдалось над Мексикой. Следует учесть, что за прошедшие годы существенно усилилась наша зависимость от электроники — это сотовые телефоны, GPS, метеоспутники и многие другие современные приборы, которые могут пострадать от солнечной активности.

У новой модели есть еще одно предсказание, проверить которое можно будет уже очень скоро. Помимо интенсивности цикла, авторы работы рассчитали и время его начала: оказалось, он наступит на 6—12 мес позже обычного. Пик последнего цикла пришелся на 2001—2002 гг., а сейчас мы находимся вблизи минимума. Согласно прогнозу, первые пятна нового цикла появятся не раньше конца 2007 г. или начала 2008 г. Прогноз же, основанный исключительно на статистическом анализе последних наблюдений, говорит, что новый цикл начнется в конце 2006 г. или в начале 2007 г. Его автор Д.Хатэвей (D.Nathaway; Центр космических полетов им.Маршалла, США) не оспаривает предсказанную высокую интенсивность максимума, но напоминает, что предыдущие периоды особенно сильной активности Солнца всегда начинались «с опережением графика». Если предсказание Дикпати и его коллег о позднем начале цикла сбудется, это станет убедительным доказательством того, что основной физический процесс солнечного цикла описан ими правильно.

Geophysical Research Letters. 2006. V.33. №5. P.L05102 (США).

Пылевой диск вокруг нейтронной звезды

Сейчас как-то стало забываться, что первые планеты за пределами Солнечной системы были открыты в очень необычном месте — близ пульсара B1257+12. Точнее говоря, в «распорядке» прихода импульсов от него в 1992 г. были обнаружены признаки периодических движений под воздействием гравитационного притяжения трех планет. Пульсар, или нейтронная звезда, которую мы наблюдаем в виде источника пульсирующего излучения, представляет собой ядро массивной звезды, пережившее один из самых мощных взрывов во Вселенной — вспышку сверхновой. Откуда могут взяться планеты вокруг нее? Остатки ли это некогда существовавшей вокруг звезды планетной системы или объекты, сформировавшиеся уже после вспышки?

Доказательство в пользу второй гипотезы получили недавно Д.Чакрабартти (D.Chakrabarty; Масачусеттский технологический институт, США) и его коллеги. В рамках программы систематического поиска вещества, окружающего молодые нейтронные звезды, они наблюдали рентгеновский пульсар 4U 0142+61 на космическом телескопе «Spitzer» и впервые получили спектр подобного объекта в ближнем инфракрасном диапазоне. Спектр этот имеет тепловую природу, причем наилучшим образом его описывает модель, в которой источником излучения является пылевой диск, нагретый рентгеновским излучением звезды до температур 700—1200 К и простирающийся на расстоянии примерно от 2 до 7 млн км от пульсара. Внутренний размер диска связан, по-видимому, с тем, что ближе к звезде всю пыль испарило ее излучение. Внешний размер представляет лишь минимальную оценку, поскольку пылинки на более далеких расстояниях, вероятно, слишком холодны, чтобы их можно было обнаружить в ближнем ИК-диапазоне. Полная масса веще-

ства в диске, по имеющимся данным, не превышает $10^{-5} M_{\odot}$.

Открытие диска у молодой нейтронной звезды важно с нескольких точек зрения. Во-первых, это доказывает, что сверхновая выбрасывает в окружающее пространство не все вещество звезды — часть оболочки остается в системе и способна образовать вокруг оголившегося ядра диск, в котором позже действительно могут формироваться планеты. Во-вторых, взаимодействие диска с магнитосферой нейтронной звезды может приводить к дополнительному затормаживанию ее вращения, что ставит под вопрос оценки возраста пульсаров, основанные на величине уменьшения их периодов. Наконец, данные Чакрабартти и его коллег опровергают гипотезу, согласно которой высокая рентгеновская светимость 4U 0142+61 и других подобных объектов может быть связана с аккрецией вещества диска на поверхность нейтронной звезды. Анализ спектра 4U 0142+61 показывает, что сколь бы то ни было заметной аккреции вещества в этой системе нет.

Nature. 2006. V.440. P.772 (Великобритания).

Планетология

«Полосатые» дюны Титана

На нескольких планетах Солнечной системы, в том числе на Земле, Марсе и Венере, некоторые формы ландшафта созданы взаимодействием ветра и зернистого материала — это дюны и барханы. Группа американских исследователей под руководством Р.Лоренца (R.Lorenz) предположила, что длинные параллельные полосы, видные на высококачественных радарных изображениях поверхности одного из спутников Сатурна — Титана, образованы аналогичными процессами.

Интерпретация изображений поверхностей небесных тел, полученных орбитальными и спускаемыми аппаратами, основана на предположении о сходстве физи-

ческих процессов, порождающих одинаковые формы рельефа на Земле и на этих космических объектах. В качестве аналога группа Лоренца использовала песчаные дюны нескольких земных пустынь, в том числе Намиб, Калахари и Срединно-Австралийской. Для выбора наиболее подходящей модели применялись спутниковые снимки этих пустынь и графики зависимости расстояния между гребнями дюн от их высоты.

Известные условия формирования определенных форм эолового рельефа на Земле позволяют на основе физики геоморфологических процессов наложить весьма жесткие ограничения на параметры аналогичных процессов на небесных телах и тем самым получить дополнительную информацию о существующих там физических условиях. Так, выяснилось, что для образования линейных дюн необходимо достаточное, но не чрезмерное поступление зернистого материала подходящего размера, отсутствие жидкости, смачивающей этот материал, достаточная, но не слишком большая скорость ветра, а также периодическая (сезонная) смена направления господствующих ветров. При этом они должны дуть под острым углом к дюнам то с одной, то с другой стороны, так, чтобы в обоих случаях продольная составляющая скорости ветра была направлена в одну и ту же сторону. Такие ветры способствуют наращиванию дюн в направлении осредненного по сезонам вектора переноса при некотором боковом смещении структуры как целого.

Порождать сыпучий материал с подходящими размерами зерен могут разнообразные процессы: взрывные извержения вулканов, выбрасывающие пепел и пемзу; дробление пород при образовании метеоритных ударных кратеров; выветривание и эрозия горных пород. На Титане появление таких материалов может быть связано с гидродинамическими процессами, о чем свидетельствует наличие там системы каналов. Кроме того, накоплению твердых углеводородных частиц размером

с песчаные зерна могут способствовать атмосферные осадки.

Существование эоловых форм рельефа говорит о способности ветра перемещать эти зерна. На Титане же, где сила тяжести низка, а плотность атмосферы высока, для перемещения подобного материала достаточно очень слабого ветра — порядка 0.1 м/с. Модели атмосферы и некоторые измерения спускаемых аппаратов указывают, что в настоящее время на Титане такие условия имеются. (На Марсе, напротив, ветры при современном состоянии атмосферы очень редко достигают силы, достаточной для создания эоловых форм рельефа.) Перемещение на Титане значительных масс сыпучего материала говорит об отсутствии здесь заметных объемов жидкой фазы, по крайней мере там, где есть дюны.

Накопление в некоторых районах сыпучего материала требует пространственно неоднородной циркуляции атмосферы, при которой приток материала в некую область превышает его вынос из нее, что и приводит к накоплению отложений. Такие пространственные неоднородности энергии ветра, вероятнее всего, возникают вследствие глобальных или региональных схем циркуляции, причем топография играет локальную роль, как и для земных пустынь.

Science. 2006.V.312. P.702–703 (США).

Физика

Перегретый лед

В физике хорошо известен перегрев твердых тел, когда они не плавятся при температуре, превышающей точку плавления. Наиболее ярко этот эффект проявляется в монокристаллах с очень малым числом дефектов (в окрестности последних и возникают обычно зародыши жидкой фазы).

Поскольку лед твердый, теоретически его можно перегреть. Однако этому препятствуют многочисленные дефекты сложной трехмерной сетки водородных связей, удерживающих вместе молекулы H₂O и обуславливающих необыч-

ные свойства как воды, так и льда. До недавнего времени перегретый лед удавалось «создать» лишь на компьютере, путем численного моделирования. И вот состоялся первый успешный эксперимент, проведенный группой германских физиков. При избирательном возбуждении моды колебаний O–H температуру льда удалось довести до 290±2 К. Образец оставался твердым в течение всего времени наблюдения, пусть и очень небольшого — всего 250 пс.

Nature. 2006. V.439. №7073. P.183–186 (Великобритания); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_03/index.htm

Химия

Сигареты с нанотрубным фильтром

При горении сигареты образуется более 4 тыс. различных соединений, в том числе мутагенных, токсичных и канцерогенных (последних около 60). Помимо газовых компонентов (оксида и диоксида углерода, цианистого водорода, аммония, нитробензола, ацетона, сероводорода и др.), в табачном дыме содержатся никотин и смолы (табачный деготь), а также ртуть, кадмий, стронций, полоний, таллий, свинец, мышьяк.

Китайские исследователи показали, что эффективно поглощать вредные вещества, образующиеся при курении, могут углеродные нанотрубки¹ (они уже хорошо зарекомендовали себя для удаления фтора, свинца, кадмия из растворов²). В экспериментах использовали окисленные трубки, полученные при каталитическом пиролизе пропилена и обработанные в концентрированной азотной кислоте. Их сравнивали со стандартными сорбентами — цеолитом NaY и активированным углем. «Курение» проводили автоматически в стандартных

условиях. Главный поток дыма проходил через сорбенты, затем на фильтрах собирали конденсат и взвешивали его. Никотин и смолу анализировали методами газовой хроматографии и масс-спектрометрии.

Наиболее эффективно поглощали никотин (до 0.56 мг с каждой сигареты) и смолу (до 13 мг) нанотрубки, хотя их удельная поверхность (151 м²/г) гораздо меньше, чем у цеолита (766 м²/г) и активированного угля (904 м²/г). Дело в том, что искривленные трубки длиной от сотен нанометров до нескольких микрометров образуют агрегированные поры размером 3–40 нм (у цеолита и активированного угля размер пор 0.74 и 3–7 нм соответственно), поглощающие любые молекулы табачного дыма. Открытые (благодаря обработке азотной кислотой) нанотрубки становятся своеобразными контейнерами — их внутренние каналы и межслоевые пространства заполняются никотином и смолой. Часть вредных веществ адсорбируется на внутренней поверхности стенок, часть (главным образом полициклические ароматические углеводороды) — на внешней. По мнению исследователей, важную роль в повышении эффективности нанотрубок играет капиллярная конденсация.

Цеолит же, прекрасно сорбирующий молекулы нафталина и антрацена (их размер 0.73 нм), малоэффективен против никотина (0.78 нм) и многих компонентов смолы. У активированного угля размеры пор больше, чем у цеолита, но меньше, чем у нанотрубок, соответственно и по эффективности он находится между ними: цеолит задерживает 8.2% никотина и 41.3% смолы, активированный уголь — 34.5 и 60.6, а нанотрубки — 50.9 и 81.3.

Оптимальное количество нанотрубок в фильтре сигареты, по оценкам экспериментаторов, составляет 20–30 мг. Даже если стоимость сигареты с таким фильтром немного возрастет, польза для здоровья несомненно окупит эти затраты.

¹ Zbigang Chen, Lisha Zhang et al. // Appl. Surf. Sci. 2006. V.252. P.2933–2937.

² Углеродные нанотрубки удаляют из воды свинец // Природа. 2003. №2. С.82; http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2_03/index.htm; http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/3_11/index.htm

Итак, найдена новая область применения углеродных нанотрубок. Может быть, производители сигарет станут теперь спонсорами соответствующих научных исследований и разработок?

http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/6_09/index.htm

Электроника

Вирусы на службе у нанотехнологий

Нанотрубки и нанопроволоки, которые служат элементами нанoeлектронных приборов и устройств, несмотря на все усилия, различаются по форме и (или) размеру. Это стало одной из серьезных проблем, возникающих при разработках в области нанотехнологий. Для преодоления этого недостатка недавно был предложен нестандартный подход — использование биологических объектов, размеры и форма которых строго определены природой. Такими объектами стали... извечные враги человека — вирусы. Уже несколько лет они прекрасно работают в качестве матриц для производства органических и неорганических наноматериалов и устройств. И вот недавно американские исследователи показали, что для нужд нанoeлектроники хорошо подходит вирус табачной мозаики (ВТМ)¹. Его структура напоминает нанокабель — полую белковую трубку, внутри которой проходит спиральная «жила» РНК.

Все частицы ВТМ одного типа идентичны по структуре, форме и размерам; могут образовывать определенные упорядоченные структуры (например, цепочки); очень стабильны как в химическом, так и в физическом отношении. Зрелые вирусы (вирионы) можно покрывать металлами, диоксидом кремния и полупроводниковыми материалами.

В качестве наноматриц для изготовления гибридных (вирус/неорганический материал) наноструктур исследователи использовали вирусы ВТМ-U1, представля-

¹ Liu WL, Alim K, Balandin AA. // Appl. Phys. Lett. 2005. V.86. P.253108—253110.

ющие собой наностержни длиной 300 нм и диаметром 18 нм с внутренними аксиальными каналами диаметром 4 нм.

Из вирионов, выделенных из листьев табака, специальным образом приготовили суспензию и смешали ее с водным раствором соли PtH₂Cl₆. После добавления восстановителя (гидразингидрата) частицы платины начали адсорбироваться на поверхности вируса и покрыли его почти целиком за 20 мин. Процесс контролировали с помощью электронного микроскопа. Через семь дней все вирионы были полностью покрыты металлом и абсолютно не повреждены!

В дальнейшем экспериментаторы попытались изготовить на основе вируса и золотую нанопроволоку, но ощутимого успеха не добились.

Конечно, на пути создания «вирусных» наноматериалов для электроники есть свои трудности. Управлять нанесением покрытия и контролировать его качество довольно сложно. Взаимодействие соли с вирусом, скорость формирования металлических частиц, их расположение и многое другое зависят от химического состава среды. Также очень важно точно определить параметры получаемых структур. Для этого, кроме электронной микроскопии, можно использовать рамановскую спектроскопию, которая в последнее время стала успешно применяться для изучения биологических образцов. В данных экспериментах результаты микрорамановской спектроскопии показали различия в спектрах исходных, Pt- и Au-ВТМ (в основном связанные с присутствием металлов на белковой оболочке вируса).

http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/5_22/index.htm

Электроника

Кремний: вторая жизнь?

Основа современной электроники и вычислительной техники — кремний. Используя его, специалисты справлялись почти с любой

проблемой, возникавшей при разработке новых поколений устройств обработки и хранения информации. Однако так было только до последнего времени. Дальнейший существенный прогресс возможен лишь при распределении и передаче информации между процессорами или внутри них оптоэлектронным методом. Отсюда следует необходимость интегрировать оптические и электронные устройства, что весьма сложно, поскольку оптические компоненты изготавливаются из полупроводниковых соединений (например, GaAs и InP), кристаллическая структура которых сильно отличается от структуры кремниевых электронных компонент. Сам же Si для использования в оптических устройствах непригоден, поскольку относится к классу полупроводников с непрямыми межзонными переходами (потолок валентной зоны и дно зоны проводимости расположены при разных значениях квазиимпульса электрона).

Поскольку кремниевый лазер, несмотря на все старания, сконструировать пока не удалось, исследователи переключили внимание на кремниевые оптические модуляторы. Принцип работы этих устройств такой же, как у диафрагмы фотоаппарата: они пропускают свет, когда «открыты», и поглощают, когда «закрыты», — в зависимости от напряжения на соседних электронных компонентах. Наилучшие характеристики имеют модуляторы, изготовленные из полупроводниковых соединений типа A^{III}B^V и их сплавов, основанные на размерно-квантованном эффекте Штарка (сдвиге энергетических уровней электрона в тонких полупроводниковых слоях под действием электрического поля). Такие устройства срабатывают даже быстрее, чем лазерные переключатели. К сожалению, эффективность модуляторов на основе кремния оказалась гораздо ниже, а попытки изготовить их из Ge (который прекрасно интегрируется с Si) также не приводили к успеху, и все по той же причине — непрямым межзонным переходам.

Удача улыбнулась специалистам Станфордского университета и компании «Hewlett-Packard» (США)¹. Их идея заключалась в том, чтобы задействовать для оптических переходов не наиминимальные, а высоколежащие уровни зоны проводимости, расположенные при тех же значениях квазиимпульса электрона, что и потоки валентной зоны, т.е. уровни с прямыми межзонными переходами. В эксперименте они использовали слоистую наноструктуру из 10 квантовых ям Ge шириной 10 нм каждая, разделенных барьерами Si_{1-x}Ge_x толщиной по 16 нм. Толщины слоев подбирали так, чтобы в отсутствие электрического поля энергии налетающих фотонов было недостаточно для поглощения их электронами валентной зоны. Когда же на структуру подавали напряжение, формы квантовых ям изменялись, система энергетических уровней перестраивалась и фотоны начинали поглощаться, что и требовалось для работы оптического модулятора. Энергия фотонов составляла ~0.8 эВ. Хотя непрямоe поглощение тоже имело место, оно было гораздо слабее прямого. Существенно, что эффект оказался столь же сильным, как и в лучших на сегодня модуляторах на основе материалов A^{III}B^V. И все это — при комнатной температуре!

Поскольку использованные материалы и методика изготовления полностью совместимы с кремниевой технологией, широкомасштабное использование данного метода возможно уже в ближайшем будущем.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_21/index.htm

Электроника

Газоразрядная лампа с катодом из нанотрубок

Для фоновой подсветки жидкокристаллических экранов обычно используют газоразрядные люминесцентные лампы с холодным катодом. Однако у них есть существенный недостаток — высокий уровень потребляемой мощности (сравнимый с полной мощностью, подводимой к экрану) и необходимость подачи высокого напряжения.

Недавно специалисты из Тайваня (КНР) предложили новую конструкцию катодов: одинаковые электроды, разделенные расстоянием 5 см, покрыли пастообразной смесью люминофора и многослойных углеродных нанотрубок в отношении 200:1. При давлении плазмообразующего газа (аргона) 0.17 Торр напряжение зажигания составило 300 В (в контрольном образце, без использования нанотрубок, инициирование разряда наблюдали при напряжении не ниже 1100 В). При использовании электродов новой конструкции резко (с 670 до 87 В) снизилось напряжение горения разряда. Разрядный ток поддерживался на уровне 10 мА. Катодная пластина испускала яркое излучение в видимой области спектра.

Применяя описанную технологию, исследователи изготовили экспериментальный плоскочастотный (7 мм толщиной) источник света полезной площадью 25 см². Межэлектродное расстояние 4 мм фиксировали с помощью стеклянных полосок. При рабочем давлении аргона 0.45 Торр напряжение зажигания составило 220 В, напряжение горения — 180 В. Однородное по всей площади излучение (суммарной яркостью ~500 кд/м²) в видимой области спектра испускалось как катодной, так и анодной поверхностями прибора.

Applied Physics Letters. 2006. V.88. P.013104–013105 (США).

Биология

Терморегуляция и окраска чешуйчатых пресмыкающихся

Хорошо известно причудливое многообразие окраски и узоров на теле чешуйчатых пресмыкающихся — ящериц и змей. Расцветка этих животных биологически определяется главным образом

покровительственным и сигнальным ее значением. Но есть и другие, тоже очень важные аспекты такого многоцветья. Ведь эти животные — холоднокровные, а следовательно, сильно зависят от температуры среды и процесса нагревания своего тела. Яркие примеры зависимости цвета тела ящериц и змей от термальных условий среды приведены в любых учебниках по зоологии, но такие широко известные примеры лишь косвенно иллюстрируют термобиологическую составляющую окраски рептилий.

Более детальную связь расцветки тела ящериц и змей с их термальными потребностями раскрывают некоторые исследования, проведенные в Японии. Герпетологи А.Мори и Х.Рандриамахазао из Киотского университета² комплексно изучали термальные аспекты окраски мадагаскарской игуановой ящерицы *Oplurus cuvieri*. У этого вида довольно необычный для ящериц рисунок на спине: от шеи до основания хвоста расположен ряд темных поперечных полос, которых у разных особей может быть от одной до семи. Исследователи индивидуально поместили 240 оплурусов, при этом зарегистрировали особенности каждого экземпляра, и в первую очередь характер рисунка. Кроме того, отметили, где живет каждая ящерица. Через год отловили 108 из них. Сравнение показало, что у 6% особей число полос в рисунке на спине уменьшилось, но у 21% особей их стало больше! Таким образом, вариабельность окраски у этого вида не может быть объяснена обычной онтогенетической изменчивостью. Обнаружилось также, что оплурусы тесно привязаны к определенному месту обитания, и у тех из них, кто занимает более заросшие (тенистые) участки, полос существенно больше. Все это позволило заключить, что рисунок у этих ящериц прямо связан с терморегуляцией и даже может изменяться, «подстраиваясь» под локальные термобиологические

² Mori A, Randriamabazo H. // Current Herpetology (Япония). 2005. V.24. №1. P.19–26.

условия. Этот вывод подкреплен и наблюдениями в террариуме. Из собранных в природе яиц вывели детенышей, которых разделили на две группы и содержали при различной освещенности. У тех, кто рос при менее ярком свете, полос оказалось больше! Иначе говоря, темные полосы играют роль аккумуляторов тепла, и чем ниже инсоляция, тем большее их количество нужно ящерице.

Другой ученый из того же университета — К.Танака¹ — провел прямое измерение температуры тела у малочешуйчатого полоза *Elaphe quadrivirgata* (этот обитатель Японских о-вов включен и в фауну России). В природе совместно живут две его цветковые морфы — полосатая и черная (меланистическая). Эксперименты Танаки показали, что черные экземпляры полоза нагреваются в световых лучах достоверно быстрее, чем пестрые, и в определенных экологических условиях это дает им эволюционное преимущество. Подобный цветовой диморфизм позволяет виду выживать в более широком диапазоне экологических условий. Действительно, небольшие популяции малочешуйчатого полоза встречаются в весьма разнообразных биотопах, и соотношение цветковых морф в них существенно различается.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Морская биология

Загрязнение окраинных морей на северо-западе Тихого океана

Акватории дальневосточных морей, расположенные в зоне активной береговой деятельности, характеризуются комплексным загрязнением одновременно всеми видами поллютантов. Кроме того, дальневосточные моря находятся под влиянием глобальных природных факторов: Тихоокеанского рудного пояса, вулканической деятельности, выноса на по-

¹ Tanaka K. // Zoological Science (Япония). 2005. V.22. №11. P.1173—1179.

верхность значительной массы глубинных элементов через активные зоны апвеллингов и мощных течений. Совместное воздействие целого комплекса поллютантов на живые организмы усугубляет негативную экологическую ситуацию.

Ясно, что прибрежные морские акватории, подвергающиеся столь значительной антропогенной нагрузке в результате сброса сточных вод и хозяйственного использования, нуждаются в постоянном мониторинге состояния среды. Для решения этой актуальной задачи сотрудники Академии экологии, морской биологии и биотехнологии Дальневосточного государственного университета (Л.С.Бузолева, И.П.Безвербная, Е.В.Журавель, Е.Г.Калитина) разработали оперативный экспресс-метод контроля качества среды — метод микробной индикации. Поскольку микроорганизмы отличаются очень высокой скоростью размножения и широким спектром энзиматической активности, они способны перерабатывать и утилизировать практически все природные органические соединения и быстро адаптироваться к меняющимся условиям существования. При этом реакция микроорганизмов индивидуальна на каждый вид поллютантов. Микробные показатели, в том числе оценка численности эколого-трофических групп микроорганизмов, устойчивых к отдельным видам загрязняющих веществ, дают дифференцированные результаты, соответствующие содержанию конкретных соединений в морской воде или донных осадках. Таким образом, микробные показатели отражают химико-экологическую ситуацию в любом обследуемом районе и наиболее выразительно подчеркивают особенности геохимических условий конкретного биотопа. Эти факторы и легли в основу масштабных скрининговых работ по микробной индикации в прибрежной зоне дальневосточных морей, отличающихся комбинированным загрязнением. Были обследованы экологически неблагополучные

районы у берегов о.Сахалин (в районе нефтедобычи), п-ова Камчатка (Авачинский залив), южного Приморья (зона влияния стока р.Туманной) и в бухте Золотой Рог (залив Петра Великого). Контрольным районом был взят морской заповедник (бухта Пограничная, о.Попова).

Данные микробиологического анализа показали, например, что в районе устья р.Туманной высок уровень биологического загрязнения (10^6 — 10^7 клеток/мл). Хотя здесь нет береговых поселений и не ведется активный рыбный промысел, тем не менее воды загрязнены бактериями группы кишечной палочки (10^4), а также выявлена достаточно высокая численность фенолустойчивых бактерий, что связано с присутствием фекальных стеролов, приносимых рекой. Присутствие фенолоксилирующих бактерий отражает загрязнение моря не только фекальными стеролами, но также пестицидами и нефтепродуктами: известно, что на территории Китая на р.Туманной находятся дерево- и кожеобработывающие предприятия, чьи сточные воды могут приносить фенолы. Предустье р.Туманной с российской стороны несудоходно, однако в большинстве проб воды выявлена большая численность микроорганизмов-деструкторов дизельного топлива и других нефтяных углеводов. По-видимому, и этот вид загрязнения обусловлен стоком р.Туманной, которую соседние страны активно используют как судоходную. Высокая численность микроорганизмов-деструкторов мазута и сырой нефти связана с расположением по берегам р.Туманной на территории Китая нефтеперерабатывающих предприятий.

У юго-западного побережья о.Сахалин микробная индикация подтвердила известное сильное влияние Цусимского течения, приносящего от берегов Японии воды, загрязненные нефтяными углеводородами и тяжелыми металлами; прослежено также влияние Приморского течения, на что указывает высокая численность деструкторов органических пол-

лютантов. Фекальное загрязнение и большое количество гетеротрофных микроорганизмов, обнаруженных в этом районе, подтверждается присутствием легкоразлагающихся органических соединений, что прежде всего связано с поступлением хозяйственно-бытовых стоков.

Микробная индикация, проведенная авторами в разных акваториях дальневосточных морей, продемонстрировала возможности этого метода для экспресс-оценки качества прибрежных вод. Метод не только позволяет определить характер и степень загрязнения, установить его источник, выявить геохимические особенности района, но и дать краткосрочный экологический прогноз происходящих изменений.

Океанология. 2006. Т.46. №1. С.55–63 (Россия).

Экология

Особенности накопления осадков в Азовском море

О.В.Ивлиева (Ростовский государственный университет) изучала современный режим седиментогенеза в Азовском море, отличающемся от других внутриматериковых бассейнов рядом специфических черт. Одна из них — существенное изменение состава и структуры донной фауны под влиянием биогенного фактора.

Если содержание хемогенного карбоната кальция не превышает в Азовском море 5%, то биогенного (раковинного) — чрезвычайно велико и на некоторых участках дна превышает 70%. Ежегодно в осадки поступает 19.6 млн т раковин — 37.9% от всего количества осаждающегося материала. В современном составе донного сообщества отсутствует, по сравнению с периодом естественного режима, более 30 видов только беспозвоночных. За последние 15 лет резко снизилась роль основного высокопродуктивного моллюска — церастодермы: в 70–80-е годы ее биоценоз занимал 40% площади моря, а теперь сократился до 21%, при этом сред-

няя биомасса моллюска уменьшилась за это время почти в два раза — с 98.4 до 41.9 г/м². Между тем в результате жизнедеятельности биоценоза церастодермы (биомассой 250 г/м²) за один сезон на участок дна в 1 км² может поступить до 40 т створок раковин.

В чем причины произошедших изменений?

Во-первых, частые заморные явления, которые обусловлены увеличением органического углерода в донных отложениях, вызвали гибель аборигенных видов и вселение заморостойчивых видов. Немаловажную роль сыграл частый ранний весенний заход гребневика и связанное с этим интенсивное потребление личинок церастодермы, а как следствие — снижение эффективности размножения этого моллюска. В настоящее время главную роль в формировании донных биоценозов играют черноморские вселенцы — мидия, мия, куннарка. Они успешно натурализовались на всей акватории моря, сильно потеснив биоценоз церастодермы. На численности моллюска сказались также выедание зообентоса донными рыбами: вселенцев они поедают только на первом-втором году жизни, а церастодерму — на протяжении всего периода жизни.

Створки раковин у мидии, мии, куннарки в 1.5–2 раза крупнее, прочнее и тяжелее, чем у церастодермы, а оседают они преимущественно в местах обитания этих моллюсков и захораниваются в толще осадков, не поступая в береговую зону. Это не могло не сказаться на биогенной составляющей донных отложений. В итоге массовое развитие моллюсков-вселенцев и сокращение численности аборигенных видов привело к увеличению в целом по морю карбонатности донных отложений в 1.5–2 раза (при некоторых различиях между отдельными участками обитания разных видов моллюсков).

Тезисы докладов XVI Международной школы морской геологии. Т. II: Геология морей и океанов. С.27–28. Москва, 2005 (Россия).

Сейсмология

Былые землетрясения Закаспия — фактор риска для нефтегазового комплекса

Огромная, в основном равнинная территория Закаспия (Скифская платформа и Туранская плита) традиционно рассматривается как сейсмически безопасная. Эти устоявшиеся представления, базировавшиеся на опыте нескольких поколений при отсутствии инструментальной регистрации местных событий, практически не изменились в региональном масштабе даже после серии высокомагнитудных Газлийских землетрясений 1976–1984 гг. Западная часть региона, прилегающая к Каспийскому морю, на новых картах общего сейсмического районирования России (ОСР-97) и Казахстана (СР-2000) блистательно лишена эпицентров сильных землетрясений; она отнесена к зоне возможных землетрясений интенсивностью $I \leq 5$ баллов (и вероятностью превышения на 1–5% за 50 лет) в пределах России и $I = 6$ баллов — в пределах западной части Казахстана.

Между тем уже в 1976–1978 гг. А.А.Никонов (Институт физики Земли им.Г.А.Гамбурцева РАН) продемонстрировал карту, составленную по историческим данным, на которой показан целый ряд разрушительных (около 9 баллов) землетрясений, в прошлом происходивших на западе и в центре Туранской плиты. В конце XX в. знания о подобных землетрясениях в этом районе значимо возросли, в основном благодаря использованию археосейсмического и палеосейсмогеологического подходов при их выявлении. Эти факты, остающиеся за пределами внимания сейсмологов, составляют основное содержание доклада автора.

Актуальность вопроса, вызванная сосредоточением в регионе действующих и проектируемых в крупных масштабах нефтяных и газоконденсатных месторождений, нефтеналивных портов, неф-

теперерабатывающих заводов и сети магистральных нефте- и газопроводов транснационального значения, не говоря уже о местных коммуникациях, требует конкретной оценки сейсмического потенциала района. Явный недоучет сейсмического риска чреват крупными неожиданностями и потерями в экономическом, технологическом и экологическом отношении.

Восьмые геофизические чтения им. В. В. Федынского. 2–4 марта 2006 г. Тезисы докладов. М., 2006. С. 2004.

Климатология

Позднедриасовое похолодание вызвало паводок?

Потепление климата в конце последнего ледникового периода привело к отступлению Лаврентьевского ледникового щита, покрывавшего большую часть Северной Америки, и к появлению на месте современных Великих озер огромного озера талых вод (оз. Агассиз). Однако переход от холодного ледникового периода к современному теплоте межледниковью не был монотонным: где-то между 12 900 и 11 500 лет назад наступило новое похолодание, известное как позднедриасовое.

Широко распространено убеждение, что это похолодание спровоцировало поток паводковых вод, хлынувших в Северную Атлантику и нарушивших термохалинную океанскую циркуляцию. В какой-то момент во время отступления Лаврентьевского ледникового щита паводковые воды прорвались через северный и восточный берега оз. Агассиз; это изменило направление стока на восток — через Верхнее озеро в Северную Атлантику, вдоль долины р. Св. Лаврентия. В объяснениях механизма похолодания важно, что его причиной считается именно внезапное и быстрое опорожнение одного из заливов озера и как результат — мощный выброс в океан большого объема пресной воды.

Однако аэрофотосъемка района к западу от оз. Верхнее не пока-

зала видимых признаков паводковых долин или россыпей валунов, которые могли бы подтвердить сценарий внезапного паводка. Их отсутствие особенно странно, поскольку другие паводки — значительно меньшего масштаба, случившиеся уже после похолодания, — оставили впечатляющие каньоны и валунные россыпи. Что же тогда, если не паводок, привело к похолоданию?

Есть несколько возможных вариантов. Во-первых, паводковые воды из оз. Агассиз могли прорваться на север, а не на восток. Действительно, есть четкие свидетельства катастрофического паводка, прокатившегося через район к северу от озера и оставившего здесь долину шириной 1 км и длиной 30 км. В конце этой долины находятся россыпи гальки, а за ними — огромный веерообразный пласт песка. Однако радиоуглеродный возраст этих отложений 9800 лет, т.е. они моложе позднего дриаса. Конечно, более ранний паводок, предшествовавший похолоданию, мог пройти тем же путем, но пока что никаких вещественных свидетельств этого не обнаружено.

Во-вторых, воды из оз. Агассиз могли уйти в океан под ледниковым щитом. В этом случае никакого материала, пригодного для радиоуглеродной датировки, не существует, так как под многометровым пластом льда ничто не может расти. Кроме того, радиоизотопная датировка валунов, перенесенных подледными водами, покажет по ^{10}Be время их выхода на дневную поверхность, а не время паводка (радиоактивные атомы ^{10}Be возникают в результате расщепления ядер кислорода нейтронами космических лучей, а они не могут проникнуть сквозь ледниковый щит). В самом деле, непосредственно к северу от оз. Верхнее есть огромный каньон длиной 2 км и глубиной 100 м. Но здесь пока не найдено никаких горных пород, содержащих кварц (для датировки по ^{10}Be нужен именно кварц, так как его можно травлением кислотами очистить от поверхностного загрязнения

атомами ^{10}Be , образовавшимися в атмосфере и затем адсорбированными поверхностью образцов). Измерения по ^{10}Be гранитных валунов, найденных к западу от оз. Нипигон, дают возраст около 8400 лет; это нижняя оценка времени освобождения района ото льда.

Наконец, не исключено, что позднедриасовое похолодание вообще не было связано с катастрофическим распреснением поверхностных вод Северной Атлантики. Возможно, температурная аномалия в тропическом поясе могла изменить характер ветров над Северной Атлантикой, что, в свою очередь, привело к образованию в этом районе плавучих льдов, прервавших термохалинную циркуляцию. И хотя сторонники этой точки зрения расходятся с большинством в отношении причин, спровоцировавших похолодание, все согласны в одном: для стабилизации холодного климата на протяжении 1400 лет в позднем дриасе была необходима перестройка океанической циркуляции.

Поздний дриас уникален как завершение последнего цикла оледенения. Колонки льда из Гренландского ледникового щита и Антарктиды показывают, что в течение этого холодного времени содержание метана в атмосфере упало с 680 до 460 ppb. Керны из Гренландии не охватывают более ранние циклы оледенения, но колонки из Антарктиды включают еще три ледниковых цикла. Ни в одном из них завершение оледенения не сопровождалось падением содержания метана, подобным произошедшему в позднем дриасе. Значит, позднедриасовое похолодание было вызвано каким-то исключительным событием, а вовсе не чем-то типичным для завершения каждой ледниковой эпохи. Внезапное высвобождение накопившейся массы пресной воды можно рассматривать как такое исключительное событие, поскольку оно зависело от случайных деталей геометрии края ледникового щита и топографии местности.

Science. 2006. V.312. P.1146–1147 (США).

«Камни с неба»

А.В.Козенко,

доктор физико-математических наук
Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН
Москва

Рецензируемая книга представляет собой уникальное явление в историко-научной литературе. Она посвящена возникновению космической метеоритной теории Э.Хладни, становлению метеоритики как нового научного направления, а также ее восприятию в России и мировом научном сообществе. Автором собран и с достаточной полнотой и детальностью проанализирован громадный по объему материал, в том числе и архивный.

Монография состоит из семи частей. В первой под названием «Истоки» излагаются представления об «огненных метеорах» и «камнях с неба» с античных времен до конца XVIII в. В Древнем Китае регистрировали кометы, звездные дожди, болиды и падения метеоритов еще в 3-м тысячелетии до н.э. В Древнем Вавилоне и Египте подобные явления не регистрировали, но некоторые шумерологи интерпретируют одну из идеограмм 4-го тысячелетия до н.э. как клинописное обозначение метеорного железа. Однако со времен Аристотеля все непериодические и кратковременные световые явления на небе рассматривались как атмосферные. Космическая природа комет была доказана Тихо Браге в 1577 г. путем

измерения параллакса кометы, оказавшегося втрое меньше лунного. А в 1714 г. Эдмонд Галлей выдвинул идею о том, что болиды — это проявления встречи Земли со сгустками космического вещества.

Автор книги останавливается на предыстории «метеорных камней» и их связи с болидами до Хладни. Так, приводится и описывается фотография наиболее старого метеорита, виденного в падении и сохранившегося до настоящего времени, — каменного метеорита Энзисгейм, упавшего в 1492 г. в виде одного куса весом около 127 кг в Эльзасе. Но даже такие очевидные свидетельства не могли поколебать уверенности ученых в эпоху господства ньютонианской парадигмы. В книге подробно исследуется, почему такой авторитетный научный орган, как Парижская академия наук, в лице комиссии, состоявшей из Л.А.Лавуазье, О.Д.Фужеро и Л.К.Кадэ, отвергла реальность метеоритов. Отмечено, что многие заключения комиссии отличает истинно научный характер, а вывод был сделан в соответствии с общим состоянием науки того времени. Еремеева совершенно справедливо делает вывод: «В условиях утверждавшейся в XVIII в. классической ньютонианской картины мира, как уже говорилось, всемирная



А.И.Еремеева. История метеоритики. Истоки. Рождение. Становление.

Дубна: Феникс +, 2006. 896 с.

© Козенко А.В., 2006

гравитация и отдаленность друг от друга орбит небесных тел, казалось, делали немислимым падение фрагментов одних небесных тел на поверхность других (иначе, «камней с неба», например с Луны на Землю)» (с.123). Здесь же она подробно обсуждает проблему существования самородного железа, а также историю и происхождение находок изолированных железных масс на Земле.

Во второй части книги «Сибирская находка П.С. Палласа и ее роль в естествознании до Хладни (1749—1794)» описывается сложная история Палласова Железа. Академик Паллас в ходе своей экспедиции по Сибири в 1770—1773 гг. обнаружил некую загадочную 40-пудовую глыбу, состоящую практически из чистого железа и наполненную «каплями» стеклообразного вещества. Еремеева на основе многочисленных документальных источников доказывает, что именно Паллас обосновал реальность существования естественного, самородного железа и внес тем самым значительный вклад в минералогию, положив конец длительным спорам. Ею же отмечено, что находка «самородного железа» в Сибири стимулировала поиски подобных образцов в других регионах. Почти все они, как было показано в дальнейшем, оказались метеоритами. Описаны опыты И.К.Ф. Майера с образцами Палласова Железа, а также исследования К.Х. Брумбея. Подробно освещена роль Палласа в судьбе сибирской находки и история ее доставки в Санкт-Петербург. Не оставлены без внимания такие детали, как реакция в России и за рубежом (1777), а также роль распространения отдельных образцов Палласова Железа в XVIII в.

Автором детально проанализированы различные гипотезы, выдвинутые в то время, о происхождении массы самородного железа:

1) образовалось осадочным путем (Паллас, 1772);

2) в результате выплавления в недрах Земли (Паллас, 1776);

3) после извержения вулкана (Штелин, 1774);

4) как полуфабрикат («крица») от древней плавки (Энгстрём, 1774);

5) в результате выплавки из руды, но естественным путем — при лесном пожаре (Майер, 1776);

6) после «прорыва подземного огня» (Брумбей, 1776);

7) под воздействием удара молнии в руду (Фербер, 1776).

Есть даже «объяснение» сибирской находки местными жителями «татарами» (хакасами) как священного дара, ниспавшего с неба. В конечном итоге правы оказались именно они.

В третьей части книги «Дискуссии о роли Палласова Железа в формировании метеоритной теории Хладни» в ретроспективном плане изложены взгляды на роль Палласова Железа в возникновении метеоритной гипотезы Хладни, в том числе и о возможности его знакомства с веществом самородного железа до 1794 г.

Историко-научное исследование Еремеевой настолько тщательно, что в нем обращается внимание даже на такие детали, как, например, расхождения разных источников в изложении беседы Хладни с Лихтенбергом (Гёттинген, 1792). В заключение справедливо сказано: «Любопытно, что авторы, писавшие о возникновении научной метеоритики и опиравшиеся непосредственно на сочинение Хладни 1794 г., были близки к правильному ответу на этот вопрос и не получили его лишь потому, что не был проведен детальный анализ источников, которыми, в свою очередь, пользовался Хладни» (с.255).

Исследования по историографии вопроса позволили Еремеевой сделать вывод о том, что в отечественной историко-научной литературе утвердилось ошибочное представление о «доказательстве» Хладни космического происхождения Палла-

сова Железа на основе исследования его вещества. В зарубежной литературе существует другая крайность, когда как самому сочинению Хладни, так и сибирскому самородному железу в рождении метеоритики не придается сколь-либо значительной роли. На основе опыта собственного историко-научного анализа Еремеева пытается выявить определенные закономерности в появлении принципиально новых взглядов в науке.

В четвертой части книги «Рождение космической метеоритной теории Хладни» показано истинное место и роль Палласова Железа в сочинении Хладни 1794 г. Автором рецензируемой книги не только детально проанализированы источники, использованные Хладни в своем сочинении, но также отбор им сведений о других находках самородного железа. Проведенная Еремеевой реконструкция привела ее к мысли, что «концепция Хладни созрела не в результате непосредственного созерцания, рассматривания или даже «изучения» вещества Палласовой массы, но в результате усвоения, а затем переосмысления суждений о нем специалистов: химиков, минералогов, металлургов; эти суждения, в свою очередь, опирались на специальные знания, которыми Хладни мог и не обладать» (с.270).

В книге подробно исследованы условия зарождения метеоритной концепции Хладни, выделены две первые ее компоненты: космическая природа болидов и причинно-следственная связь между болидами и «метеорными камнями». И, наконец, показан третий, завершающий ее оригинальный элемент, — идея космической природы Палласова Железа и роль в его появлении статьи А.Штютца «О нескольких якобы упавших с неба камнях» (1790).

В конечном итоге раскрывается загадка появления интереса к минералогической проблеме у физика-акустика Хладни —

находке в Сибири «самородного железа» и появление идеи его космического происхождения.

В пятой части «Становление научной метеоритики» подробно анализируется становление новой области знания — комплексной науки метеоритики. Дана удачная, на взгляд рецензента, периодизация этого процесса.

Первый этап (1794—1803) — путь от недоверия к признанию реальности падения «метеорных масс» при открытом вопросе об их происхождении и источнике.

Второй этап (1804—1819) — тщетные попытки установить источник метеоритов химическими методами.

Третий, завершающий этап (1820—1833) — открытие космического источника «падающих звезд».

В этой самой объемной части монографии проанализированы все работы Хладни по метеоритике, выполненные между 1794 и 1819 гг., особо выделен подробный разбор его итогового сочинения «Об огненных метеорах и ниспадающих с ними массах» (1819). Последним обобщающим трудом Хладни по сути завершился второй этап становления метеоритики, принятия ее научным сообществом. Здесь же дан ретроспективный очерк открытий первых химико-минералогических и структурных признаков метеоритного вещества. Показан новый взгляд на признанные к настоящему времени приоритеты первых исследователей вещества метеоритов, явлений падающих звезд и болидов. В этой связи автором восстановлены имена подлинных первооткрывателей, незаслуженно забытые за почти два столетия.

Прежде всего, здесь следует отметить Дж.Вильямса (ок. 1765—1838), имя которого связано с открытием хондр. В результате кропотливой работы Еремеевой удалось доказать его приоритет в этом открытии, хотя название новым образова-

ням в веществе метеоритов дал более полувека спустя Густав Розе. Более того, она показала на основании изучения текстов де Бурнона и Вильямса, что первый знал об описании свойств хондр Вильямсом. Де Бурнон вместе с тем продолжил и дополнил работы Вильямса. Он детально исследовал с целью поиска хондр и другие имеющиеся у него образцы метеоритов и обнаружил их там. Нельзя не упомянуть заметившего похожие на хондры образования В.Томсона.

На основе анализа большого историко-научного материала Еремеева интерпретирует картину эволюционирующей Вселенной Хладни как развитие идей В.Гершеля и И.Канта. Более того, рассматривает концепцию Хладни как локальную революцию в науке, а рождение научной метеоритики и создание каркаса новой астрономической картины мира как ее основные результаты.

Говоря о рождении астероидной концепции метеоритов, Еремеева совершенно справедливо заключает: «Не возникает сомнения, что открытие метеоритных потоков, а с ними и формирование астероидной концепции метеорно-метеоритного феномена, — дело не одного, а многих исследователей. Главные заслуги в этом принадлежат Брандесу и Бенценбергу, которые (в период 1798—1834 гг.) сделали падающие звезды объектом систематического (и даже массового) изучения и установили параметры и закономерности явления, а Бенценберг, кроме того, первым указал на существование не одного, а множества метеорных потоков; Олмстэду, доказавшему космическую природу источника «Леонид» (1833); Аргу, впервые выдвинувшему (1835) идею замкнутой кольцевой зоны метеорных тел в Солнечной системе; наконец, Ольберсу, поскольку он первым приступил к созданию научной теории феномена: вычислению орбит падающих звезд ноябрьского пото-

ка — и высказал приблизительно тогда же догадку о существовании собственного (34-летнего) периода обращения этого кольцевого пояса» (с.617).

Можно согласиться с Еремеевой, трактующей метеоритику как претечку астрофизики. Ведь действительно изучение химии космических объектов по метеоритам на десятки лет опередило спектральный анализ.

В шестой части книги «Формирование научной метеоритики в России и дальнейшая судьба Палласова Железа» говорится о том, как были приняты новые идеи в России, и о собственном вкладе российских ученых в развитие этого научного направления. Подробно описывается распространение сведений об аэролитах в популярной русской периодике первой трети XIX в. сначала по переводным работам, а затем и оригинальным исследованиям российских авторов. Еремеева детально рассматривает первое отечественное обобщающее сочинение по метеоритной тематике А.И.Стойковича «О воздушных камнях и их происхождении» (1807) и новые исследования метеоритного вещества в России Э.Клингера, И.Э.Ф.Гизе, Л.фон Шнауберта. Не оставлено без внимания и развитие подобных исследований в Санкт-Петербургской Императорской академии наук: открытие хрома в метеоритах (академик Т.Е.Ловиц, 1804); причисление Палласова Железа к аэролитам (академик В.М.Севергин, 1807) и, конечно, труды первого русского метеоритолога И.М.Мухина, написавшего обобщающее сочинение о метеорно-метеоритном феномене, включение проблемы метеоритов в общую космогонию Солнечной системы (Ф.А.Дерябин, 1839). Автором книги внимательно прослежена судьба Палласова Железа в истории Академии наук и его роль в дальнейшем изучении структуры метеоритного вещества.

В седьмой части книги «Заключительной» представлена

авторская концепция научных революций, развитая на примере становления научной метеоритики. По мнению Еремеевой, ее можно рассматривать как революционное обновление общей астрономической картины мира, как «локальную научную революцию Хладни», с чем нельзя не согласиться. Однако сама концепция научной революции, по Еремеевой, с неизбежностью предполагает нарушение принципа соответствия. Для локальной революции, когда меняется интерпретация отдельных фак-

тов, возможно, это и так, но для принципиальных смен мировоззренческих парадигм, как при переходе к релятивистской картине мира или к квантовой, принцип соответствия выполняется. Последнее замечание, однако, не имеет прямого отношения к основной тематике рецензируемой монографии.

В заключение следует отметить, что книга хорошо издана, ее украшают множество иллюстраций, прекрасных портретов (очень редких) многих деятелей науки с древности до XIX в.

Есть именной указатель, полная библиография работ Хладни в области метеоритики и большой список цитируемых работ. Следует отметить особый раздел комментария (434 подробных пояснения к основному тексту).

Книгу Еремеевой с пользой и удовольствием прочтут как профессиональные астрономы, так и все интересующиеся историей естествознания. Она дает богатейший справочный материал для будущих исследователей истории науки. ■

Астрономия

А.М.Черепашук, А.Д.Чернин.
ГОРИЗОНТЫ ВСЕЛЕННОЙ.

Под общ. ред. Э.П.Круглякова. Новосибирск: СО РАН, 2005. 372 с.

Тематика издания чрезвычайно широка: от самых общих проблем космологии до происхождения жизни. Между этими «крайними точками охвата» нашли место вопросы эволюции звезд и галактик, поиск планет у иных звезд, загадки черных дыр и гамма-всплесков. Большинство тем раскрыто «из первых рук», поскольку каждый из авторов книги ведет исследования в широком диапазоне, а направления этих работ удачно дополняют друг друга: А.М.Черепашук — специалист по звездам, в особенности по поздним стадиям звездной эволюции и релятивистским объектам звездного происхождения, а А.Д.Чернин — специалист в области физики галактик и космологии. К тому же первый — наблюдатель, а второй — теоре-

тик. Такой удачный тандем двух известных астрофизиков из МГУ позволяет действительно окинуть мысленным взором горизонты Вселенной.

В книге сочетаются как малоизвестные исторические материалы, так и результаты самых последних исследований, а также указания на еще не решенные проблемы. Наиболее подробно рассмотрены три темы: поиск среди космических объектов черных дыр различной природы, происхождение галактик и их спиральной структуры, космологические модели Вселенной и роль в них космического вакуума.

Даже у знатоков астрономии, не говоря уже о любителях, вызовут интерес такие разделы, как вакуум Эйнштейна—Глинера, многоугольная спираль (речь идет о новых фактах и идеях относительно спиральной структуры галактик), демография черных дыр, вереницы Воронцова—Вельяминова, парадокс Хаббла—Сэндиджа, всемирное антияготение, мульти-

вселенная из вакуума, возможность путешествий во времени.

Одним словом, издание выполнено в классических традициях НАШЕЙ научно-популярной литературы, авторы которой — не журналисты, а профессиональные ученые высшей пробы — уверенно ведут читателя к вершинам современных исследований.

Морская геология

Ю.А.Богданов, А.П.Лисицын, А.М.Сагалевиц, Е.Г.Гурвич. ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ РУДОГЕНЕЗ ОКЕАНСКОГО ДНА. М.: Наука, 2006. 527 с.

В конце 1970-х годов на океанском дне были открыты подводные высокотемпературные гидротермальные источники, вблизи устьев которых находятся массивные залежи колчеданных руд. Их обнаружение стало научной сенсацией.

В книге систематизирована вся известная к настоящему времени информация об ос-

новых типах гидротермальных рудопоявлений на океанском дне, формирующихся в разных геодинамических обстановках с разной спецификой вулканизма, в разных фациальных условиях рудоотложения. Анализ этой информации позволяет установить причины неоднородности условий функционирования гидротермальных систем на разных участках океанского дна и изменчивости состава и свойств гидротермальных залежей. Выявление их связи с геодинамикой, вулканизмом и осадконакоплением — ключ к созданию генетических моделей гидротермального рудного процесса.

Книга рассчитана на геологов, изучающих древние аналоги гидротермальных рудопоявлений океанского дна — колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения континентального блока Земли. Авторы стремились показать многообразие как морфологии, так и состава субмаринных гидротермальных отложений и их взаимосвязь со структурами и вмещающими породами. Более 20 лет они занимались исследованием гидротермальной деятельности океанского дна, используя глубоководные обитаемые аппараты «Пайсис» и «Мир». В заключительных главах изложены общие представления о формировании гидротермальных циркуляционных систем, механизмах рудоотложения и причинах неоднородности распространения, состава и различия свойств рудных залежей.

Антропология

АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ. Отв. ред. Л.Г.Яблонский. М.: Классикс Стиль, 2005. 328 с.

Это первый опыт создания словаря по антропологии на русском языке. Издание не имеет аналогов в отечественной

литературе и представляет собой справочник, содержащий более 2600 кратких определений основных терминов и понятий, используемых современной наукой.

В соответствии со сложившейся отечественной научной традицией авторы понимают под антропологией в первую очередь биологическую науку, изучающую изменчивость человека во времени и пространстве на всех уровнях организации живой материи, науку о законах этой изменчивости и факторах, ею управляющих.

Словарь предназначен не только для специалистов — в первую очередь биологов и антропологов, — но и для широкого круга читателей, всех тех, кому небезразлично прошлое и настоящее современного человечества. В наши дни, когда интерес к антропологии среди широкой общественности высок, когда во многих высших и средних специальных учебных заведениях читают курс антропологии, учебная и справочная литература по этому предмету фактически отсутствует.

Авторский коллектив, в состав которого вошли известные российские ученые во главе с ведущим антропологом России академиком РАН Т.И.Алексеевой, поставил своей целью снабдить читателя справочным аппаратом по основным разделам антропологии: антропогенезу, этнической антропологии, антропоэкологии, антропогенетике, морфологии человека, ауксологии, культурной антропологии. Часть статей посвящена терминам смежных с антропологией дисциплин: биологии, генетики, анатомии, физиологии человека, археологии, этнологии, демографии, которые постоянно используются в антропологических работах. При отборе таких терминов редколлегия словаря руководствовалась принципом

частоты их применения и значимости.

История науки

А.М.Ермолаев, В.Д.Дибнер.
М.М.ЕРМОЛАЕВ — ЖИЗНЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ И УЧЕНОГО. СПб.: Эпиграф, 2005. 599 с.

М.М.Ермолаев (1905—1991) принадлежал к «гнезду Самойловича» — первому поколению советских полярников. Будучи родственником, учеником и младшим коллегой Р.М.Самойловича, Ермолаев попал в Арктику в 1925 г., участвовал во многих полярных экспедициях и зимовках. Был начальником станции Второго Международного полярного года в Русской Гавани на Северном острове Новой Земли (1932/33). Физическая география, включая ландшафтоведение, геоморфология, гляциология, океанология, палеогеография, геофизика, геохимия, литология, палеонтология — основные области научной деятельности Ермолаева, 18 лет своей жизни проведшего в ГУ-ЛАГе. Его именем названы мыс, остров, бухта и гора на островах Новой Земли.

Тематическая структура книги достаточно сложна. В ней одновременно присутствуют бытовые, научные, исторические, этнические и другие аспекты, персоналии, но все это органично соединено в обстоятельном, увлекательном повествовании.

Авторы книги хорошо знали Ермолаева. Старший сын Алексей — физик-теоретик, работающий в настоящее время в Брюссельском университете, был особенно близок с отцом до своего отъезда в Англию (1971). Виталий Давыдович Дибнер — доктор геолого-минералогических наук, живет и работает в Санкт-Петербурге, был коллегой и отчасти последователем Ермолаева.

Зубры в эвакуации

Л.М.Баскин,

доктор биологических наук

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

Зоотехник-зверовод Михаил Александрович Заблоцкий (1912–1996) посвятил свою жизнь зубрам. Он участвовал в создании зубровых питомников в Крыму (1937) и Беловежской пуще. В 1946 г. он был назначен старшим научным сотрудником Главного управления по заповедникам для руководства работами по восстановлению зубра в СССР. Им была основана и велась Государственная племенная книга зубров. Здесь речь пойдет об истории спасения зубров во время Отечественной войны. Рассказ записан со слов самого Заблоцкого.

В конце номера

В августе 1941 г., когда начались бомбежки Москвы, кому-то в Моссовете привиделась страшная картина: сбегавшие из разрушенного зоопарка звери топчут и рвут на улицах охваченных паникой людей. Поступил приказ — эвакуировать наиболее ценных животных, других, кто опасен, уничтожить. Откуда-то нашлись грузовые трамвайные вагоны, взвод солдат, доски для клеток.

Бизон Бостон и «тригибрид» (зубр × бизон × серый украинский скот) Жах, полубизонка Гедда и ее дочка от Жаха Зорька, поехали из Москвы на Кавказ. Несчастливая их ждала судьба. Очень тоненькая ниточка — от Геды, через ее дочку — протянулась к будущим горным зубрам. Рабочих, сопровождавших животных, не очень-то озаботило, что ящики стояли на открытых платформах. Хоть и в августе, а продувал ветер, поливал

дождь, туго было с кормом. Они и сами-то не чаяли, когда кончатся их муки — жить пришлось в самодельной конурке, сколоченной из дощатых обрезков, еду варили на костерке тут же на платформе. Если стояли где-нибудь в тупике, рвали руками, сколько могли, траву для зверей, таскали в мешках. А в Хаджохе, через 12 дней пути, утомленных дорогой зверей встречали со всеми почестями — «научники», бравые егеря и зуброводы, многие одетые по-казацки, всего десятка полтора человек. Едва платформы отцепили от паровоза, встречающие положили доски-покати, дружно, под команду Заблоцкого стянули на землю ящики. Двое мальчишек подогнали трех волов, к ним выпустили «москвичей».

В первый день часов за семь успели дойти до лесосеки. Загнали «приезжих» между штабелей бревен, словно в дворики, загородили выход теми же дубовыми стволами, накатили их

друг на друга. Всю ночь зуброводы и егеря дежурили. Конечно, положили сена хорошего, травы свеженакошенной. Только зерна Михаил Александрович давать не велел.

Следующий день выдался солнечный. Поскольку утреннюю прохладу пропустили, решили здесь дневать и выйти завтра, едва лишь начнет светать. Так и получилось. Звери шли неплохо. Дорога была еще мягкой, только после небольшого перевальчика Бостон стал задерживаться. «Ноги намял на камнях», — говорили егеря.

Впереди ехали верхами П.Н.Кондрашов со старшим Сапельниковым, за ними трое волов, дальше зубробизоны, чуть поотстав — отряд верховых: Заблоцкий и рядом Лида, его молодая жена, И.Жарков, М.Дементьев, старый егерь Станкевич, А.Пелипенко, еще человек пять.

На берегу остановились. Было уже жарко. Скот, недолго попасясь, лег. Мужчины полезли

Егеря и зуброводы на поляне Широкой в Кавказском заповеднике. Март 1957 г. Слева направо: М.Дементьев, А.Пелипенко, Л.Баскин.



Зубры на поляне Темная. Кавказский заповедник. 1957 г.



в воду купаться, Лида у костерка на пару с Дементьевым кашеварила. С другого берега спустился в воду всадник, подъехал к купальщикам. Воды в быстрой реке было коню по брюхо. Блестела, играя, вода, и поблескивали серебряные пластины на уздечке. У Лиды глаза были тогда как бинокли: узнала начальника северного отдела заповедника.

Щегольски он был одет, лихо сидел на коне. Привез он призывные повестки на фронт.

От костерка, с этого бережка разделилась дорога собравшихся здесь людей. Заблоцкий и еще двое, у кого были с собой паспорт и военный билет, махнули верхом в Тульскую и уже через два дня с командой мобилизованных были в эшелоне. Жар-

ков, Дементьев и другие вернулись домой за документами и попали в следующую команду. А Лида — Лидия Васильевна Крайнова — с Кондрашовым Павлом Николаевичем, с двумя зуброводами и двумя егерями, кто уже не подходил по годам в армию, продолжили поход.

Видно, счастливые были та речка, тот костерок, тот день,

потому что почти все вернулись с фронта живыми. Редко так случалось, а вот же — повезло. Но не судьба была выжить московским зверям.

В Новопрохладной сразу при въезде стояла избушка. В ней жил печник Федотов с семьей. Он гнал самогонку и продавал. Об этом вспомнили егеря, когда Жях свернул с дороги к этой избушке. «Почуял, видно, бражку», — сказал Сапельников и, пытаясь преградить быку путь, поставил коня поперек. Но Жях шел, словно слепой. Свернул к ручейку, что тек за огородом Федотовых, вышел на берег, не обращая внимания на крики загонщиков, и здесь пал.

Что было делать? Кондрашова оставили, чтобы распорядился околевшим зверем: снял шкуру, сохранил череп. А гурт тронулся дальше. До зубропарка на Сулименной поляне оставалось еще два дня пути.

Добрались вроде бы благополучно. Идти было всего ничего, может быть, два километра. Уже шли полянами, окруженными дикими садами. Места здесь просто райские. Вдруг что-то понесло Зорьку в сторону. За ней погнались трое, старались как могли. Да перестарались. Поляна, густо заросшая шиповником, терном, обрывалась в ручей скалами. Невысокими, но для Зорьки их было достаточно. Подъехали, глянули сверху, как она катится по склону, как силится поднять зад, как висит сломанная передняя нога.

Проще всего было ее пристрелить. Зверюга бы не мучилась. Но Лидия Васильевна приказала продолжать путь, оставив Зорьку.

На Сулименной тогда был большой загон в 14 га и еще несколько поменьше. Распределили зверей кого куда. Вроде бы все успокоилось. Ушли отдыхать.

Ночью Лидии Васильевне то ли приснились, то ли слышались глухие удары, так сшибаются лбами быки. Спали в сто-

рожке все вместе, на нарах, не раздеваясь, так что всего-то ей было натянуть сапоги и выйти. В сумраке она различила на фоне серых изгородей вольно бродивших животных. Идя на звуки, она увидела сражающихся быков. Сшибаясь лбами, они еще некоторое время боролись, норовя свернуть друг другу головы вбок, расходились и вновь следовал ужасный глухой звук, словно сваи вгоняли в землю огромной кувалдой.

Лида бросилась назад, за помощью, надеясь, что удастся разнять быков. Пока она собирала людей, немного засветлело. Стало видно, что сражаются Бостон и Журавль — молодой бык, живший дотоле единственным хозяином на Сулименной. Утром сумели определить, что Журавль, поддев рогом, выковырял засов на воротах, выпустил из загона самок и, войдя внутрь, напал на Бостона. Тот выглядел сильно помятым, был тих, стоял у изгороди. Казалось, вот-вот привалится к ней.

Спустившись 2 км по дороге, пройдя по росистой поляне, потом по крутому склону, заросшему дремучим кустарником, Лидия Васильевна нашла Зорьку. Она не сдвинулась с места, где ее оставили вчера, все так же стояла на трех ногах. Что-то не в порядке было с крестцом, может быть сломан. Не хотелось тревожить ее. Постояли рядом и пошли назад.

Вернулись к зубропарку. От порога их встретил Сапельников: «Сейчас передали по приемнику: наши оставили Киев». Гибель животных, уход родных на фронт, падение Киева, — все слилось в единую черную полосу.

К обеду пал Бостон. У него были переломаны ребра, все внутри — сплошной кровоподтек.

А еще через день заболели Журавль и четыре самки. Лида пошла проведать животных. Журавль был в маленьком загоне. Он подошел, но вместо того чтобы, упершись лбом в забор, сопеть, «пускать дым из ноздрей»,

как это было ему свойственно, вдруг прижался к забору щекой, дал себя чесать. Нос его был тепл, бык явно температурил.

Лидия Васильевна снарядила Сапельникова в Сохрай, послать телеграммы всем начальникам, каким могла придумать. Было мало надежды на помощь, но она все же пришла. Из Краснодара в Сохрай самолетом прилетел ветврач. Его уже ждали: сопровождающий привел коня. Они приехали на Сулименную к вечеру.

Лида неотлучно дежурила рядом с Журавлем. Быку было плохо, он лежал и прижимался кудрявой головой к груди, рукам женщины. К вечеру околел. Ветеринар по вскрытию поставил диагноз — геморрагическая септицемия.

Потом погибли еще две коровы, хотя лечили их и лекарствами, какие смогли достать, и травами.

Почти год прожили мирно. Хозяйство-то было невелико — шесть зубробизонков. Зорька поправилась, только переднюю ногу не гнула. Ходила, выставляя ее чуть вперед, дальше, чем бы нужно. Была она зла нравом, может от рождения, может после того, как поломалась. С нее и начались летом следующего года несчастья.

В июле Жанка принесла телочку. Первые три дня, как это обычно бывает, мать не отходила от малышки. Потом стала отставлять на день в кустах, сама паслась вместе с остальными зубробизонками, а вечером приходила к дочке, кормила, водила всю ночь. Примерно через неделю после отела все стадо пришло вслед за Жанкой. Телочка ошиблась, подбежала к Зорьке, а та подняла малышку на рога. Подбросила в воздух, мяла рогами на земле.

Лидия Васильевна не велела трогать калеку, ее лишь заперли в отдельном загончике, потому что ждали других отелов. Уже в 1945 г., когда стали думать о мирной жизни, Зорьку отправили в Свердловский зоопарк.

Но падение со скал, сломанный крестец, видимо, оставили свой след. Потомства от нее не было.

От «москвичей» осталась одна Геда. В ней была половина крови Кавказа*. Лидия Васильевна вглядывалась в ее облик с особой надеждой. Повыше она была в ногах, чем остальные звери. И бизоний горб не так был сильно выражен. Может быть, Геде было суждено войти в родословную новых зубров.

Геда была бродяжкой, приходила на зубропарк раз в неделю, а то и реже. Случалось, ее видели совсем рядом с Сулименной, а потом она опять, не подходя к загонам, кормушкам, людям, спускалась к Куне, где были ее излюбленные уголья.

Лидия Васильевна наладила наблюдение за Гедой. Егерям и зуброводам было велено по очереди по следам находить Геду, по возможности пригонять к зубропарку. Это никогда не удавалось. Проведя пять лет в зоопарке, Геда не боялась людей, а если уж очень надоедали, сама атаковала. Делала это очень демонстративно, не внезапно, как обычно у зубров, а долго пугала: сопела, рыла землю передней ногой, насакивала и, наконец, если ее не оставляли в покое, устремлялась тяжелым галопом вперед и тогда уже долго не отставала. Однажды она догнала молодого зубровода, у которого был туберкулез, из-за чего его не взяли в армию. Геда поддела парня за полу телогрейки, но он вытащил руки из рукавов и удрал.

Следующую неделю после этого происшествия настал черед дежурить Кондрашову. Он дважды ночевал в горах, один раз в балаганчике на Куне, другой раз у Киши. Отсюда он и заметил, как кружат грифы где-то у устья реки. Продуктов у Кондрашова не оставалось, поэтому он вернулся на Сулименную, передохнул и на завтра, прихватив

* Зубр по кличке Кавказ был пойман в 1907 г. трехмесячным на территории современного Кавказского заповедника, а потом перевезен в Германию.



Лидия Васильевна (слева) ведет экскурсию в Приокско-Террасном заповеднике. В центре — профессор Ю.Г. Пузаченко. 1982 г.

с собой молодого зубровода, пошел к Кише.

Немного им потребовалось времени, чтобы на поляне, где ивняк пророс в траве, найти мертвую Геду. Браконьеру лень было снимать всю шкуру, а он заголил заднюю часть, вырезал оттуда куски и таскал к реке. Там, в воде, придавленные камнями, лежали кожаные мешки с мясом. Иначе его в жару было не сохранить.

Кондрашов остался у мешков в засаде, а парня послал на Сулименную. Кормить комаров ему пришлось недолго. Еще и не за вечерело, как зашуршал по тропинке, протопал мимо к мясным запасам Иван Бугаенко — сын Егора Бугаенко, что жил на Марьянкиной поляне, охраняя и пася там колхозных коров. Хмурый был мужик, а сынок еще оказался и лихим. Сбежал из воинской команды, что отправлялась из военкомата, и уже год жил дезертиром. Говорили, что скрывается в горах, но Павел Николаевич не очень этому верил, думал, где-нибудь при отце сохраняется парень. А вот же,

грохнул Геду. Ему что корова, что зубр — все равно. Видно, на оленей не вырос охотиться, так в испугливого зверя пальнул.

Павел Николаевич и рассердился, и перестал бояться. До этого думал из-под винтовки конвоировать браконьера. А этого-то Бугаенко решил схватить голыми руками. Кондрашов дождался, пока Иван, взяв на плечо мешок, тронулся назад, и тут же на него наскочил. Надо бы с ног сбить, да как-то не получилось, насел на парня как медведь. И не ждал от мальчика такой резвости, видимо, жизнь в горах приучила того братья за нож, не мешкая. Иван ударил Павла Николаевича в щеку, когда только успел выхватить нож, сбросил с плеча мешок и убежал. Зажимая пробитую щеку платком, Кондрашов вернулся на Сулименную. Здесь Лида перевязала его. В сопровождении Сапельникова поехали в Сохрай к хирургу.

Так-то вот складывалась история московских зубробизонов, отправленных в августе 41-го на Кавказ. ■

В кишке номера

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
Е.А.ПИМЕНОВА

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: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 14.09.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1739
Набрано и сверстано в редакции

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