

ПРИРОДА

8 06



В НОМЕРЕ:**3 Паников Н.С., Колесников О.М.**
Метановому биофильтру угрожают обычные соли

Оказывается, даже небольшое «подсолоние» олиготрофных озер и верховых болот хлоридами, сульфатами и нитратами может погубить обитающих там метанокисляющих бактерий — естественную преграду на пути поступления метана в атмосферу Земли.

14 ЗВЕЗДЫ, КОТОРЫЕ ДЫШАТ

К 90-летию С.А.Жевакина

Куликов Ю.Ю., Троицкий Р.В.
Разгадавший тайну цефеид (14)**Фадеев Ю.А.**
Пульсации звезд (16)**Бердников Л.Н., Расторгуев А.С., Самусь Н.Н.****Современные наблюдения классических цефеид (23)****29 Калейдоскоп**

Поврежденные папирусы будут прочитаны! (29). Причины вымирания большой панды (29). Спутниковая картография состояния кораллов (29). «Экобеженцы» (29). К Полюсу недоступности — на санях под парусом (30). Океан рождается на глазах (30). Снимки гигантского кальмара (30). Феномен города Манаус (30).

31 Широкова В.А.
Пресные и минеральные воды Сарепты

Основанная немцами в 1765 г. Сарепта сегодня — крупнейший музейный комплекс Нижнего Поволжья XVIII—XX вв. Там был сооружен первый самотечный водопровод от источника в горах, а в 1775 г. создан курорт минеральных вод.

37 Богомолова Е.В., Малахов В.В.
Морские пауки

Это особая группа беспозвоночных животных, не имеющих ничего общего с обычными, наземными пауками. Хотя зоологам морские пауки известны с XVIII в. и уже описано более 1200 видов, до сих пор они плохо изучены.

Вести из экспедиций**46 Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж.**
Лиственничники Сибири и климатические тренды**Заметки и наблюдения****52 Нариманов А.А.**
Из биографии лекарственных трав: таволга, тимьян и другие**57 «ПРЕЛЕСТЬ НАУКИ В ТОМ, ЧТО ОНА, КАК ИСКУССТВО, НЕИЩЕРПАЕМА И БЕСКОНЕЧНА»**

К 60-летию Н.Ф.Глазовского

Тишков А.А.
Феномен Глазовского (58)**Глазовский Н.Ф.**
Есть ли будущее у человечества? (63)**Глазовская Л.И.**
Капитан яхты «Марианна» (65)**68 Гладышев А.И.**
Западный Копетдаг
К 90-летию первой ботанико-ресурсоведческой экспедиции Н.И.Вавилова**Резонанс****74 Андреева Н.С.**
Еще раз об открытии структуры ДНК**79 Новости науки**

История галактик: от карликов к гигантам. Сурдин В.Г. (79). «Десятая планета» лишь немного больше Плутона (80). Аэрозоль и сажа над Белым морем (80). Наблюдение осцилляций V_2 -мезонов. Киселев В.В. (81). Биосовместимость нанотрубок с живыми организмами (82). Необычное вегетативное размножение северных орхидей. Виноградова Т.Н., Гурьева А.И., Дубовицкая А.В. (82). Крупнейший хуннский курган на территории России. Миняев С.С. (84).

Коротко (13, 78)

Рецензии**85 Тютюнник В.М., Карикова Е.В.**
В кривом зеркале Нобелевских премий**90 Новые книги****92 Наумов Г.Б.**
Вернадовка**В конце номера**

CONTENTS:

3 **Panikov N.C., Kolesnikov O.M.** **Methan Biofilter Is Threatened by Common Salts**

It turns out that even minor quantities of common salts (chlorides, sulphates, nitrates) added to oligotrophic lakes and bogs can extinguish methanotrophic bacteria dwelling here — a natural barrier to methane entry into Earth atmosphere.

14 **STARS THAT BREATHE** To 90th Anniversary of S.A.Zhevakin

Kulikov Yu.Yu., Troitzky R.V. **The Man Who Unraveled a Mystery of Cepheids (14)**

Fadeev Yu.A. **Pulsations of Stars (16)**

Berdnikov I.N., Rastorguev A.S., Samus N.N. **Current Observations of Classical Cepheids (23)**

29 **Kaleidoscope**

Damaged Papyri Will Be Read! (29). Causes of Great Panda Extinction (29). Satellite Cartography of Corals Viability (29). «Ecorefugees» (29). To the Pole of Inaccessibility in Sail Sledge (30). Ocean Is Emerging before Our Very Eyes (30). Giant Squid Photographs (30). Manaus Town Phenomenon (30).

31 **Shirokova V.A.** **Fresh and Mineral Waters of Sarepta**

Town Sarepta, founded by German colonists in 1765, is now the largest 18–20 century museum complex of Lower Volga region. The first conduit from mountain spring was built there, and mineral water health resort established in 1775.

37 **Bogomolova E.V., Malakhov V.V.** **Sea Spiders**

This is a separate group of invertebrates having nothing in common with usual, terrestrial spiders. Although sea spiders are known to zoologists since 18 century and more than 1200 species of these are already described, they are still poorly explored.

News from Expeditions

46 **Kharuk V.I., Dvinskaya M.L., Ranson K.J.** **Siberian Larch Forests and Climate Trends**

Notes and Observations

52 **Narimanov A.A.** **From Biography of Official Herbs: Spiraea, Thyme and Others**

57 **«THE FASCINATION OF SCIENCE IS THAT IT, LIKE ART, IS INEXHAUSTIBLE AND ENDLESS»** To 60th Anniversary of N.F.Glazovsky

Tishkov A.A. **Phenomenon of Glazovsky (58)**

Glazovsky N.F. **Does Humankind Have a Future? (63)**

Glazovskaya L.I. **Captain of Yacht «Marianna» (65)**

68 **Gladyshev A.I.** **Western Kopet Dag** To 90th anniversary of the first botanic resources exploring expedition of N.I.Vavilov.

Resonance

74 **Andreeva N.S.** **Again on DNA Structure Discovery**

79 **Scientific News**

History of Galaxies: From Dwarves to Giants. **Surdin V.G.** (79). «The Tenth Planet» Is Only Slightly Bigger than Pluto (80). Aerosol and Soot over White Sea (80). Observation of *B_s*-mesons Oscillations. **Kiselev V.V.** (81). Biocompatibility of Nanotubes with Living Organisms. (82). Unusual Vegetative Reproduction of Boreal Orchids. **Vinogradova T.N., Gurjeva A.I., Dubovitskaya A.V.** (82). The Biggest Hunnu Burial Mound in Russia. **Minyaev S.S.** (84).
In Brief (13, 78)

Book Reviews

85 **Tyutyunnik V.M., Karikova E.V.** **In Distorting Mirror of Nobel Prizes**

90 **New Books**

In the End of the Issue

92 **Naumov G.B.** **Vernadovka**

Метановому биофильтру угрожают обычные соли

Н.С.Паников, О.М.Колесников

Речь действительно идет о самых обычных минеральных солях — хлоридах, сульфатах и нитратах. Причем далеко не рассолах с их заведомо ожидаемым гипертоническим эффектом, а о довольно разбавленных растворах, где концентрации не превышают 10^{-3} М. Массовое применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве и промышленные выбросы оксидов серы и азота приводят к увеличению притока неорганических соединений даже в далекие от промышленных районов точки планеты. Для экосистем с высоким минеральным фоном эта добавка незаметна, однако в ультрапресных средах, таких как олиготрофные озера и верховые болота, даже небольшое «подсоление» может оказаться критическим. Здесь мы обсудим собственные и литературные данные о воздействии солей на метановый биофильтр Земли — естественную преграду на пути поступления метана в атмосферу.

Метановый биофильтр и его глобальная роль

Видимо, нет нужды пространно объяснять значение атмосферного метана и метанового

© Паников Н.С., Колесников О.М., 2006



Николай Сергеевич Паников, доктор биологических наук, до 2002 г. заведовал лабораторией почвенной микробиологии и биокинетики Института микробиологии РАН, ныне профессор кафедры химии и химической биологии Технологического института Стивенса (Хобокен, штат Нью-Джерси, США). Научные интересы — экология, физиология и кинетика роста микроорганизмов.



Олег Михайлович Колесников, окончил аспирантуру Института микробиологии РАН. Научные интересы связаны с почвенной микробиологией и экологией.

биофильтра для современной биосферы, об этом уже было немало публикаций [1, 2]. Хорошо известно, что климат становится менее стабильным и более теплым, причем потепление объясняется парниковым эффектом — усилением теплоизоляции Земли за счет накопления в атмосфере газов, поглощающих в ИК-спектре (CO_2 , CH_4 , N_2O). Не берясь судить о справедливости

данного механизма, среди климатологов в том нет единства взглядов. Однако не вызывает сомнения, что в индустриальный период состав атмосферы Земли действительно претерпевает драматические изменения. Самый яркий пример дает атмосферный метан. Его относительный прирост до 1990 г. составлял 0.8—1.0%/год (!) и ныне остается на уровне 0.2—0.8%/год [3].

Основными источниками метана служат природные болота и озера, рисовники, некоторые животные (жвачные и термиты), лесные пожары, свалки твердых бытовых отходов (ТБО), а также утечки газа при разработке нефти и каменного угля [1, 2]. Распространено мнение о рисовниках как главном виновнике глобальных изменений. Действительно, динамика атмосферного метана, полученная путем анализа заземленного во льдах воздуха, удивительно точно повторяет динамику роста площадей под посевами риса. Однако тесная корреляция, как известно, не эквивалентна причинно-следственной связи. Против рисовников как главного источника свидетельствуют данные о широтном распределении CH_4 с максимумом на севере, где рис не растет. Здесь доминируют болота и озера. В расчете на квадратный метр они генерируют меньше метана, но будучи колоссальными по размерам, несомненно вносят значительный вклад в глобальную эмиссию.

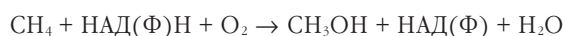
Вот тут-то и надо вспомнить о фоновом загрязнении солями, чтобы попытаться разрешить противоречие. Болота как природный источник метана существовали задолго до скачкообразного изменения состава атмосферы. Можно ли допустить, что под действием антропогенных факторов, прежде всего кислых и солевых осадков, жизнедеятельность болотного сообщества изменилась так, что эмиссия метана резко возросла?

Ответ лежит в сфере микробиологии метанового цикла. Метаногенные организмы, эти строго анаэробные археи, живут за счет превращения ацетата или $\text{H}_2 + \text{CO}_2$ в метан. Другая группа организмов, метанотрофы, или метанокисляющие бактерии (МОБ), напротив, потребляют CH_4 как основной питательный субстрат. В болотах, озерах, рисовниках, свалках ТБО они тяготеют к границе раздела анаэробной и аэробной зон и перехватывают около 90% метана, образуемого археями. Роль МОБ, таким образом, истинно глобальна, метановый биофильтр поглощает львиную долю газа, не давая ему ускользнуть в атмосферу. Может ли этот биофильтр «забиться» или «прорваться» в ответ на неблагоприятные условия, такие как атмосферные поллютанты?

Устойчивость МОБ к ингибиторам

К сожалению, мир устроен так, что мирные трудяги оказываются наименее защищенными от внешних напастей. Так случается не только с людьми, но и с микробами. Судите сами. Метанотрофы — явно мирные микробы, они не патогенны и не образуют ни токсинов, ни антибиотиков, ни киллер-факторов. Рост бактерий на метане сопряжен с весьма тяжелой работой по извлечению газа из сильно разбавленной смеси. Так, МОБ в автоморфных (незаболоченных) почвах вынуждены расти на атмосферном метане с concentra-

цией менее 2 на 1 млн частиц. Это примерно то же, что корове пастись на лугу, где на площади 2.5 км² растет одна травинка! Чтобы выжить, МОБ выработали высокое сродство к газовому субстрату за счет увеличения поверхности мембран (многочисленные инвагинации, складки и стопки мембранных дисков) и интенсивной работы главного фермента — метанмонооксигеназы (ММО). Она и осуществляет окисление метана в метанол:

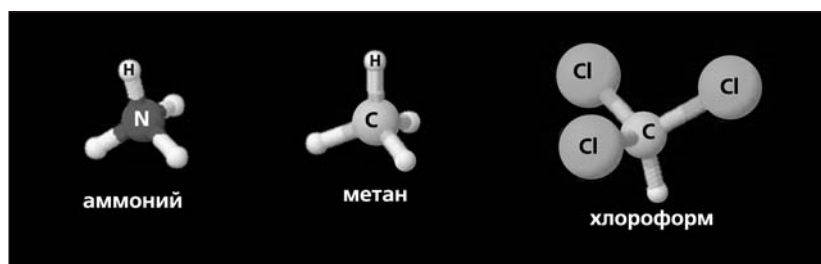


Каталитическая константа метанмонооксигеназы высока и, как следствие, обширна субстратная специфичность фермента. Он окисляет не только метан, но и другие восстановленные соединения: NH_4^+ , многие алканы и алкены, ароматические, циклические и хлорированные углеводороды. Как ни обидно, энергия окисления всех перечисленных субстратов, кроме метана, пропадает зря: метанотрофы не могут сопрягать их окисление с синтезом АТФ. Более того, продукты неметанового окисления токсичны [4—6]. Тем не менее лишь такой расточительный режим работы фермента способен обеспечить рост бактерий на чрезвычайно низких концентрациях метана, более аккуратный и селективный катализ не дал бы требуемого потока энергии в клетку. Возвращаясь к сравнению с коровой на чахлом лугу: бедное животное должно бы не пастись, а носиться «галопом» по полю, чтобы за сутки собрать с территории 2.5 км² хотя бы 5 кг корма. При этом корова не только неразумно растратит силы, но и, второпях не сумев распознать пищу, вместо травы запросто сжует мухомор (если он там вдруг вырос). Иными словами, высокая скорость процесса несовместима или трудно совместима с высокой селективностью.

Исторически сложилось так, что вскоре после открытия МОБ Н.Зёнгером (1906) был найден лишь один из многочисленных неметановых субстратов ММО — аммоний. Классики энзимологии Х.Лайнувер и Д.Бэрк, с легкой руки которых мы до сих пор строим графики в двойных обратных координатах, обнаружили ингибирующее действие NH_4^+ на рост *Pseudomonas methanica* [7]. Механизм был идентифицирован как конкурентное ингибирование, что логически следовало из структурного сходства между CH_4 и NH_4^+ . Еще более убедило в конкуренции обнаружение способности метанотрофов не просто окислять аммоний, но и осуществлять всю цепочку превращений NH_4^+ в NO_2^- , как делают специализированные нитрификаторы. Те же, в свою очередь, могут дублировать МОБ — окислять метан до CO_2 [4, 8]. Хотя метанотрофы и нитрификаторы усваивают свои родные субстраты на два-три порядка быстрее, между ними может возникать конкуренция в природных средах [4].

В последние два-три десятилетия, когда МОБ стали многообещающими технологическими

Метан и два его структурных аналога. Главный фермент метанотрофов — метанмонооксигеназа — способен окислять оба соединения, поэтому они могут служить конкурентными ингибиторами.



инструментами (для очистки шахт от метана, деградации ксенобиотиков, производства кормового белка и т.д.), выявился более длинный список окисляемых соединений. Стало ясно, что помимо аммония метанмонооксигеназа, а значит, и МОБ могут ингибироваться десятками других соединений. К.Бедард и Р.Ноулс, например, приводят список 34 природных и синтетических веществ [8]. Механизмы разные: за счет связывания меди (она — кофактор мембранной ММО) в хелатные комплексы, ингибирования конечным продуктом (аминокислотами и их аналогами), суицидного ингибирования ацетиленом и др. Тем не менее конкурентное ингибирование аммонием крепко засело в сознании исследователей. В экологической литературе он как-то незаметно вырос до более широкого понятия — источника азота. И работа метанового фильтра была поставлена в зависимость от азотного режима почв (хотя логичнее было бы вести поиск химического стресса среди других субстратов ММО, производящих токсичные метаболиты). Впервые счастливая мысль увязать энзимологию метанооксиляющих бактерий с глобальными изменениями атмосферы пришла экологам из Вудс-Хоула (США, штат Массачусетс) [9]. Катастрофический рост атмосферного метана они объяснили не усилением функции источника (т.е. увеличением эмиссии газа), а ослаблением функции биологического стока метана — его потребления метанооксиляющими бактериями в автоморфных почвах. Не покидая пределы своего райского местечка в Новой Англии, экологи провели микроделяночные эксперименты с внесением азотных удобрений в почву под лесом и засвидетельствовали подавление метанотрофной активности. Позднее в опыты были включены МОБ не только дренированных сухих местообитаний, но и болот.

Аналогичные полевые и лабораторные опыты вскоре начались (и до сих пор активно ведутся) на других объектах. Список цитирования в одном из свежих обзоров состоит из 111 источников [10]. Результаты коротких и многолетних, лабораторных и полевых, тщательных и небрежных опытов оказались противоречивыми: ингибирующее действие азотных удобрений на МОБ, отсутствие достоверного результата и даже стимуляция. Анализ кинетики ингибирования не помог, а лишь запутал дело. Конкурентный механизм, установленный для аммония в 1934 г., вроде бы не

подтвердился ни на почвах, ни на новых изолятах МОБ. Взамен появилось объяснение, что, дескать, ингибитором служит не аммоний, а продукт нитрификации — нитрит [5, 6]. Однако по данным самих же авторов, внесенный в почву нитрит оказался менее токсичен, чем аммоний или хлориды. Чтобы разобраться в сути противоречий, обратимся к кинетике процесса.

Кинетика потребления метана

Кинетика, наука о скоростях и механизмах реакций, — наука точная, но не сухая, требует воображения и изобретательности от исследователя. Он должен быть способен ставить эксперименты количественно и иметь математическую подготовку, пусть и в объеме стандартного университетского курса, но на твердую пятерку. Почему? Потому что поиск истины (расшифровка механизмов) идет на основании косвенных, а не прямых доказательств. Исследователь сравнивает экспериментальные данные с расчетом по математической модели, отражающей механизм процесса. Если согласие отсутствует, модель отбрасывается и создается новая. Попытки повторяются еще и еще раз, пока не будет достигнуто согласие как с текущими наблюдениями, так и с достоверными знаниями, уже накопленными в данной области.

К сожалению, все процитированные работы по ингибированию МОБ солями были сделаны количественно и без математического дополнения. Лабораторные опыты по оценке активности МОБ ставят так: почвенный монолит, разрыхленную влажную почву или культуру бактерий помещают в герметичный сосуд, вводят метан и инкубируют в термостате, давая возможность бактериям потреблять газовый субстрат. В периодически отбираемых пробах определяют остаточное количество метана (s). Скорость процесса (v) рассчитывают по крутизне падения s и данные подставляют в уравнение Михаэлиса—Ментен:

$$- \frac{ds}{dt} = v = \frac{V^m s}{K_m + s}, \quad (1)$$

где t — время, V^m — максимальная скорость процесса и K_m — константа насыщения, численно равная той концентрации CH_4 в воздухе, которая обеспечивает скорость процесса, равную половине V^m .

Заложены ли в этом уравнении какие-либо механизмы? Да, оно описывает формирование динамического фермент-субстратного комплекса (ФСК). Более того, допускается, что система быстро входит в стационарное состояние, когда скорости образования и распада ФСК равны. Эти два условия принципиально отличают ферментативный катализ от абиотического, и их выполнения достаточно, чтобы кинетика ферментативных реакций следовала уравнению (1).

Введение обратимого ингибитора (соединения, которое образует динамические комплексы с ферментом или ФСК) может изменить наблюдаемые, кажущиеся значения параметров V и K_m . Но гиперболическая форма кривой $v(s)$ при этом сохранится, правда, всего в трех простейших случаях. Вот они:

1. Величина V остается неизменной, а кажущееся значение K_m растет:

$$K_m^{\text{каж}} = K_m(1 + i/K_i), \quad (2)$$

где i — концентрация ингибитора, K_i — константа диссоциации комплекса фермента с ингибитором. Это критерий конкурентного ингибирования.

2. Сохраняется исходная величина K_m , а кажущаяся максимальная скорость падает:

$$V^{\text{каж}} = V/(1+i/K_i). \quad (3)$$

Это неконкурентное, или смешанное, ингибирование, характерное для ингибиторов малого размера (например, протонов). Они захватываются активным центром фермента без изменения его конфигурации, важной для связывания субстрата.

3. K_m и V пропорционально снижаются. Это бесконкурентный механизм, обеспечивающий связывание ингибитора с ФСК.

Возникает вопрос: а применимы ли эти уравнения к изучаемому объекту? Все-таки речь идет

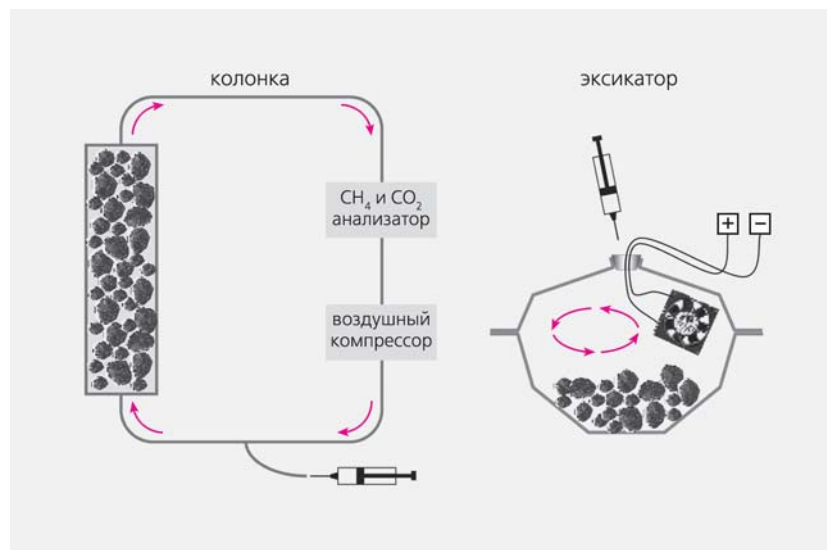
о почве и сообществе организмов, а не о чистом ферменте. В наших исследованиях показано, что уравнения ферментативной кинетики остаются в силе для культур МОБ и даже для почвенного сообщества, если количество клеток в ходе опыта не успевает измениться [11–14].

«Корень зла» и источник противоречий в изучении ингибирования метаноокисляющих бактерий лежит в способе измерения активности. Описанный здесь стандартный метод инкубации почвенных монолитов или почвы под метаном часто не дает михаэлисовой гиперболы. Причиной служит диффузионный контроль процесса, когда потребление метана определяется не столько образованием фермент-субстратного комплекса, сколько транспортом газа (диффузией) в водные пленки и микрзоны, где сидят клетки бактерий. Диффузию можно учесть по упрощенному уравнению Фика, приняв, что концентрация газа внутри микрзон, занятых МОБ, близка нулю:

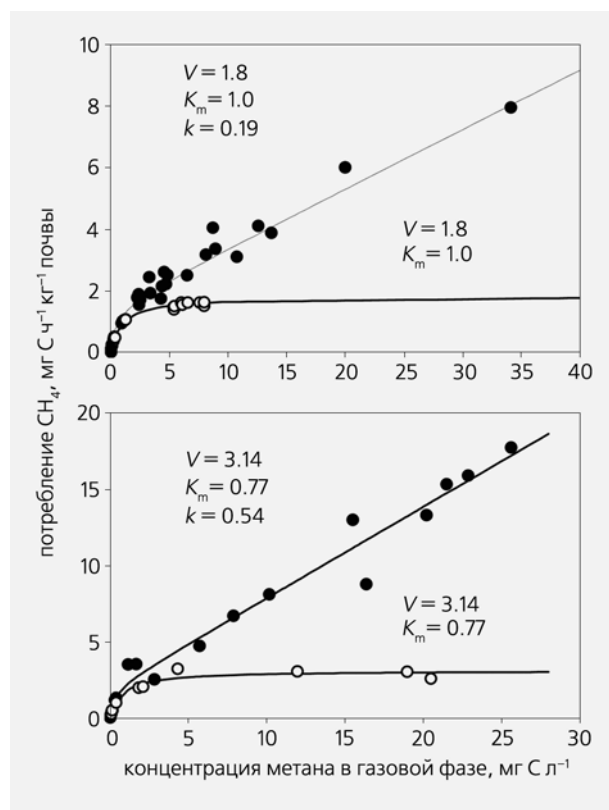
$$v = \frac{V_m s}{K_m + s} + ks, \quad (4)$$

где v — общая убыль газа, первое слагаемое — потребление метана бактериями, а второе — и есть диффузия (k — константа массообмена).

Для более точного описания нужно знать концентрацию метана в воздухе над почвой, в самой почве и в жидкой фазе, где локализованы МОБ. А таких экспериментальных данных явно мало. К тому же сами по себе диффузионные барьеры и кинетика растворения газа понятны и не столь интересны, однако они мешают определению параметров ингибирования. Поэтому в дальнейшем мы их просто исключали, интенсивно перемешивая воздух внутри инкубационной камеры. Удовлетворительные результаты были получены с двумя техническими устройствами. Первое из них —



Два устройства для определения метанотрофной активности почвенного сообщества бактерий. И в том, и в другом удается минимизировать диффузию метана за счет интенсивного перемешивания его смеси с воздухом, которая в первом устройстве прокачивается через колонку по замкнутому контуру, а во втором — непрерывно перемешивается внутри эксикатора стандартным компьютерным вентилятором. В колонке потребление метана прослеживали автоматически с ИК-анализатором. Шприц обозначает точку внесения метана и отбора пробы воздушной смеси.



Кинетика потребления метана в торфе из Бакcharского болота. Без перемешивания воздуха над почвой (на графиках отмечено знаком ●) кинетика потребления приближалась к кинетике первого порядка (верхний график), причем только в образцах с влажностью 90% (нижний график).

При непрерывной вентиляции (скорость 0.5 л/мин) колонки с торфом (знак ○) диффузионный контроль над потреблением метана устранялся и кинетика процесса соответствовала уравнению Михаэлиса—Ментен. Такой же была кинетика без вентиляции, но со сниженной влажностью торфа — 80% (знак ○; нижний график). Очевидно, что при диффузионных ограничениях параметры уравнения Михаэлиса—Ментен могут быть найдены лишь с большой ошибкой.

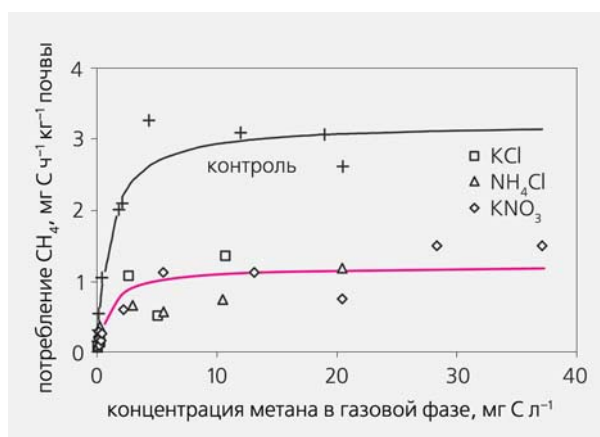
почвенная колонка с непрерывной циркуляцией газовой смеси (~1 л/мин) по замкнутому контуру (для автоматической регистрации метана и CO₂ в циркулирующем воздухе мы использовали ИК-анализаторы). Вторая установка проще первой, это стандартный вакуумный эксикатор с почвой и вентилятором внутри, который обеспечивает перемешивание газовой смеси. Благодаря этому диффузионные ограничения довольно полно устранялись. Метан, введенный в максимальной концентрации (5–10%), в ходе инкубации при 25°C потребляется в конечном счете полностью, при необходимости его добавляли, а избыток CO₂ удаляли.

Из результатов выяснилось, как влияет циркуляция на форму кривой зависимости $v(s)$. Без перемешивания кинетика процесса близка к первому порядку, так как удаление метана обусловлено главным образом его растворением в почвенной влаге. С перемешиванием кривая имеет форму гиперболы, что в полной мере соответствует уравнению (1). В опытах с перемешиванием, но с разной увлажненностью торфа (80 и 90%) результаты зависят от содержания влаги. При 80%-м уровне более половины пор остается открытой для газообмена, и это устраняет диффузионный контроль с той же эффективностью, что принудительная вентиляция.

Применение модифицированного уравнения Михаэлиса—Ментен позволяет хоть как-то вычислить параметры V и K_m . Однако ошибка определения слишком велика, чтобы рекомендовать данный подход для регулярного использования. Легче поставить вентилятор и отжать лишнюю воду.

Влияние разных солей на почву

Итак, надежный метод, позволяющий анализировать кинетику потребления метана, найден. Мы применили его к почвам, в которые добавляли минеральные соли. Почвенные образцы были взяты из двух контрастных регионов: огромного (10×100 км) Бакcharского болота (Западная Сибирь), где многие годы проводились стационарные исследования эмиссии метана [2], и Куровского болота, что в 20 км севернее Московской кольцевой дороги. Оно хоть и маленькое, но на-



Влияние солей на кинетику потребления метана в торфе из Бакcharского болота. По сравнению с контролем все испытанные соли (концентрации 3–5 ммоль/кг торфа) сильно ингибировали процесс. Форма кривой при этом практически не менялась, так как снижалось лишь кажущееся значение V^m , а величина K_m оставалась относительно постоянной. Формально такой эффект квалифицируется как неконкурентное ингибирование.

поминает по составу растительности своего сибирского родственника-великана, однако поступление атмосферных поллютантов, разумеется, здесь на несколько порядков выше.

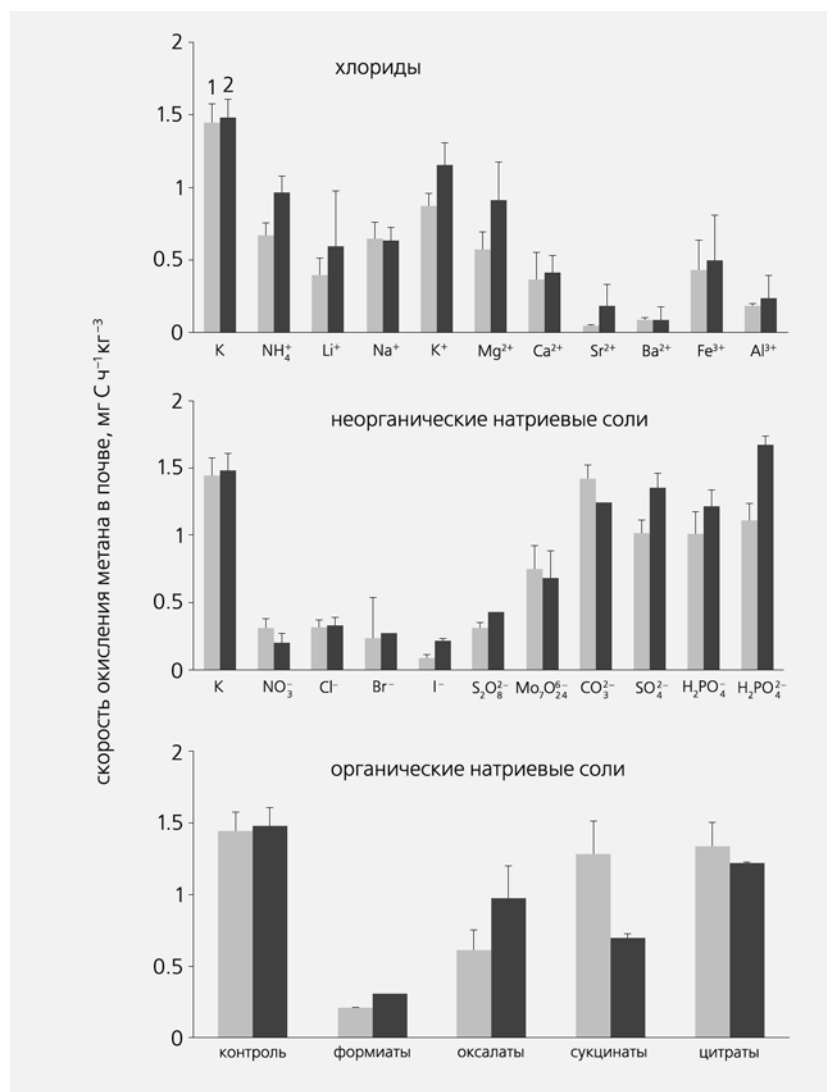
Добавка к образцам торфа каждой из трех солей (NH_4Cl , KCl и KNO_3) приводила к немедленно снижению скорости потребления метана. Формально оно подчинялось неконкурентному типу ингибирования (2): та же, что и в контроле, константа Михаэлиса K_m при значительном снижении максимальной скорости V^m (табл.1). Таким образом, мы получили два неожиданных результата: вместо конкурентного ингибирования для аммония — неконкурентное — и одинаковое действие всех трех солей независимо от содержания в них азота.

В чем дело? Не пожалев времени, мы собрали все соли, которые нашлись в Институте микробиологии, и методично проверили их действие на МОБ в двух торфяных почвах [14]. Из полученных результатов приведем здесь действие только соля-

нокислых солей разных металлов и натриевых солей нескольких минеральных кислот, чтобы понять, как влияют разные катионы в сочетании с одним и тем же анионом Cl^- и разные анионы на фоне катиона Na^+ . Кроме того, сравним между собой действие натриевых солей минеральных и органических кислот.

Любые хлориды подавляли микробную активность, причем степень ингибирования зависела от катионов. Сильно действовали не только известные токсические катионы (Sr , Ba , Al), но и казалось бы безвредные Li и Na . Аммоний тяготеет к самым слабым ингибиторам, чем подтверждался только что сделанный вывод: структурный аналог метана активность метанотрофов не угнетает.

Анионы преподнесли еще пару сюрпризов. Оказалось, что все однозарядные анионы (Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO^- и CNS^-) обладают сильнейшим ингибирующим эффектом. Слабее действовали «традиционно токсические» анионы $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ и $\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}$, а фосфаты, сульфаты и карбонаты практически на



Влияние минеральных и некоторых органических солей на метанотрофную активность микроорганизмов в образцах из Бакчарского (1) и Куровского болот (2). Видно, что активность подавляют не только такие известные ингибиторы, как хлориды стронция, бария и алюминия, но и все соли одноосновных сильных кислот, включая соединения, считавшиеся ранее вполне безобидными (LiCl и NaCl). Среди органических солей максимально подавляет активность метанотрофов формиат, т.е. тоже соль достаточно сильной одноосновной кислоты.

Таблица 1

Кинетические параметры уравнения Михаэлиса-Ментен для метанотрофной активности образцов исходного торфа и с добавлением солей.

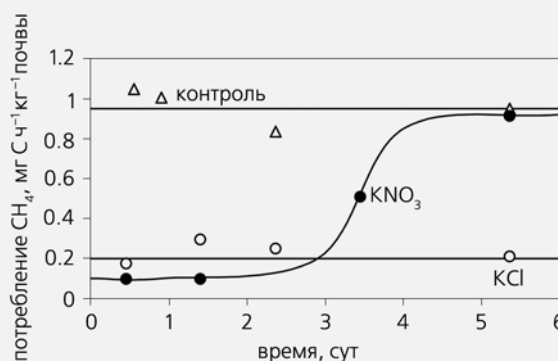
Вариант опыта	Параметры	
	V^m , мг С/ч/кг	K_m , мг С/л
Контроль	3.22	1.00
KNO ₃	1.56	1.00
KCl	1.49	1.00
NH ₄ Cl	1.24	0.86
Все соли	1.21	1.00

Примечание: соли вносили в концентрации 4 ммоль/кг влажной почвы.

процесс не влияли. Фосфаты иногда даже стимулировали потребление метана. Итак, похоже, теперь можно отбросить гипотезу о специфическом ингибировании метанотрофов и их главного фермента аммонием или продуктами нитрификации. Отчасти, видимо, можно согласиться с мнением Г.Кинга и С.Шнелль, что не аммоний, а нитрит подавляет активность МОБ [5, 6]. Правда, необходимо дополнить, что такое же действие оказывают все соли одноосновных сильных кислот, а не один лишь нитрит с его уникальными биохимическими и мутагенными свойствами. Из солей органических кислот максимальное ингибирование проявляли соли муравьиной кислоты, самой сильной и единственной одноосновной кислоты среди тестированных соединений. Это подтверждает наш главный вывод: МОБ в почве наиболее чувствительны к солям сильных одноосновных кислот.

Есть ли разница между сибирским и московским болотами? Да, московское устойчивее сибирского, хотя и не очень сильно. Учитывая, что до первых пятилеток воздух над Москвой был, видимо, ничуть не хуже, чем над дремучим Бакчаром, удивляться нечему: эволюция протекает медленно, но тенденция развития резистентности наметилась четко.

Следующий важный вопрос: действуют галогениды и нитраты только на метанотрофов или на всех остальных микробов? В очень простых опытах мы получили ясный ответ. Образцы торфяной почвы инкубировали без метана с испытуемыми солями и без них и определяли динамику дыхания почвы по скорости выделения CO₂ (дыхание — один из самых общих процессов, почти все активные микроорганизмы участвуют в нем). После добавления метана интенсивность дыхания немедленно возрастала благодаря активации метанотрофов, причем в контрольных образцах (без солей) возрастание было намного сильнее. По разнице между дыханием почвы до и после внесения метана мы оценили парциальную дыхательную активность МОБ и, самое главное, увидели, как



Метанотрофная активность в торфе после снятия химического стресса. Видно, что ингибирование, вызванное нитратом, оказалось обратимым: через четверо суток активность полностью восстановилась. Этого не случалось, если стресс был вызван хлористым калием.

влияют соли на остальные микроорганизмы (табл.2). Выяснилось, что метанотрофы были главной мишенью солевого стресса — они теряли более 90% активности. Потери активности остальных микробов составляли всего 5–15%.

Обратимо или необратимо солевое ингибирование? Чтобы получить ответ, мы продлили инкубацию торфа с солями больше чем на неделю. Оказалось, что на четвертые сутки метанотрофы восстановились от стресса, вызванного KNO₃, но не KCl. Разница между этими солями очевидна: первая содержит хоть и токсичный, но все же ассимилируемый анион нитрата. В голодной по минеральным элементам торфяной почве нитрат рано или поздно утилизируется метанотрофами или другими микроорганизмами (мы давно это показали в других опытах). Другое дело хлорид, на него охотников нет, и его ингибирующее действие практически необратимо.

Таблица 2

Влияние солей на дыхательную активность микроорганизмов в торфе (% к контролю)

Вариант опыта	Метанотрофы	Остальные организмы
Контроль	100	100
KNO ₃	2.3	84.9
KCl	6.8	94.5
ацетат натрия	88.2	106.3
ацетат марганца	13.6	126.7

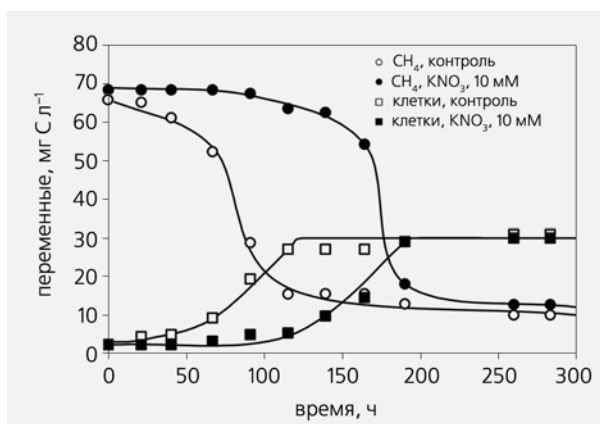
Примечание: дыхание измеряли по скорости выделения CO₂ из образца почвы до (v_1) и после инъекции метана (v_2), вклад метанотрофов вычисляли по разнице $v_2 - v_1$. Превышение 100% есть результат окисления ацетата.

Влияние солей на чистые культуры МОБ

Чтобы проверить выводы, полученные на почвенных образцах, мы провели тесты с чистой культурой одного из доминантов сообщества МОБ, выделенного из Бакчарского болота сотрудницей Института микробиологии С.Н.Дедыш [13]. Называется этот организм *Methylocapsa acidiphila* B2^T, что с латыни переводится как использующий метильные группы, покрытый капсулой и кислотолюбивый, а индекс Т означает, что штамм B2 не какой-нибудь простой, а типовой, эталон вида. В клетках хорошо развита система внутрицитоплазматических мембран в виде стопок везикул, расположенных параллельно на одной стороне клеточной мембраны. Бактерия обладает связанной с мембраной метанмонооксигеназой (мММО) и может расти на метане и метаноле. *M.acidiphila* предпочитает разбавленную питательную среду с низким содержанием минеральных солей (не более 0.5 г/л, оптимум — 0.2 г/л). Такая соль, как NaCl, полностью ингибирует рост уже в концентрации 0.5%.

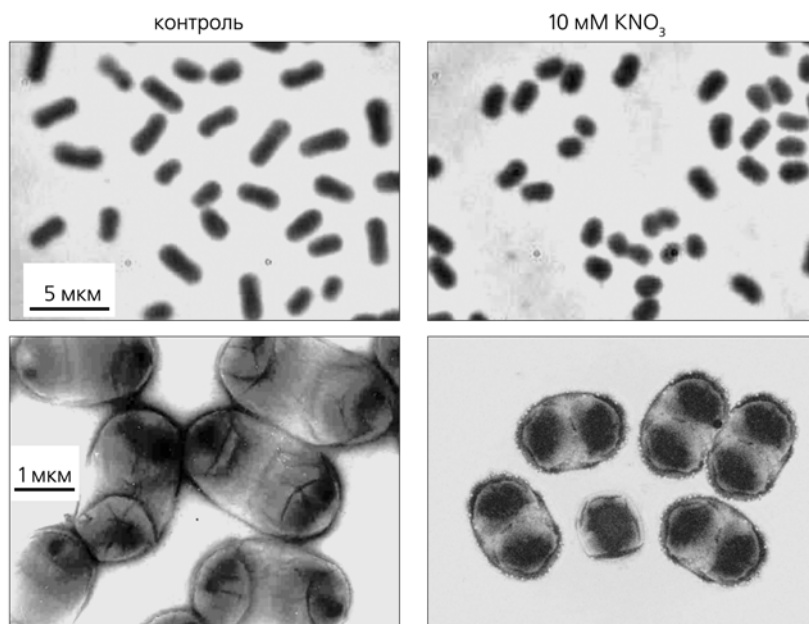
В опытах культуру *M.acidiphila* выращивали во флаконах на минеральной безазотистой среде под метаном при 25°C с разными солями, ранее испытанными на почве. Сильнее всего подавляли рост штамма нитраты, хлориды, иодиды, а менее — сульфат калия. За некоторыми исключениями, закономерности, выявленные на почве, подтвердились. Однако в отличие от серо-черного ящика почвы, в культуре все процессы видны лучше. В частности, мы проследили, как влияют соли на рост и активность клеток, на их форму и размеры.

В присутствии нитрата росту клеток предшествовала длительная лаг-фаза, она была тем дольше,



Влияние нитрата калия в концентрации 10 мМ на рост бактерии *Methylocapsa acidiphila* B2 на метане. Действие соли проявляется в сильном замедлении роста клеток (квадраты) и потребления ими метана (кружки) в начале опыта. Затем бактерии постепенно адаптируются к ингибитору, и оба процесса ускоряются примерно в одинаковой степени. В результате конечный урожай клеток оказывается таким же, как в контроле. Переменные (на оси) — это концентрация клеточной массы и остаточное содержание CH₄.

чем выше концентрация соли. Затем начинался рост и протекал он медленнее, чем в контроле, но конечный выход биомассы клеток не снижался. Любопытно, что в ответ на добавление солей клетки *M.acidiphila* будто съеживались, их размеры уменьшились на 20–25%. Излишне говорить, что добавление нитратов не создавало высокого



Метанотрофные бактерии *Methylocapsa acidiphila* в поле зрения обычного светового микроскопа с фазовым контрастом (вверху) и сканирующего электронного. Бактерии выращивали на метане на среде с оптимальной концентрацией минеральных солей (200 мг/л; контроль) и с избыточным содержанием нитрата калия (10 мМ). Реакция клеток на довольно малый избыток соли (менее 0.3%) оказалась весьма сильной, они будто съежились — размеры уменьшились на 20–25%.

осмотического давления, максимальная из испытанных концентраций (10 мМ) эквивалентна всего лишь 0.3% соли.

Вместо заключения несколько гипотез

Подведем итоги. С одной стороны, метанотрофы оказались очень чувствительными к солевому стрессу, в отличие от других микроорганизмов, обитающих в сфагновом болоте. Миллимолярная концентрация казалось бы совершенно безобидных солей (хлориды, роданиды, нитраты) пусть не убивает, но лишает МОБ активности на 70–90%. С другой стороны, классические представления о конкурентном ингибировании аммонием ключевого фермента — ММО — также не подтверждаются. В отличие от очищенного, «голового», фермента, клеточная популяция бактерий в культуре или почве вполне устойчива к NH_4^+ . Вместо конкурентного ингибирования работает неконкурентный механизм, который проявляется зачастую в тех случаях, когда фактическим ингибитором служат протоны H^+ , или, точнее, ионы гидроксония H_3O^+ . Наконец, похоже, что ингибирование совсем не специфично, совершенно разные соли могут вызывать один и тот же эффект, лишь бы они были солями сильных одноосновных кислот. Все сказанное убеждает нас, что причина ингибирования лежит в области ионного обмена и кислотно-основного равновесия.

Попробуем сформулировать несколько моделей, объясняющих наши опыты и литературные данные. Для этого рассмотрим обмен ионов между почвенным раствором и твердыми заряженными частицами, включая клетки, а также ионный поток через клеточную мембрану МОБ. Примем во внимание также специфические особенности болотной почвы под сфагнумом как среды, в которой протекают реакции ионного обмена. Болота — экстремально олиготрофный и ультрапресный тип местообитания. По сути это губчатый полимер (мертвые остатки сфагнума), тщательно отмытый от всех минеральных солей и залитый дважды дистиллированной водой. Из химии сфагнума отметим его чрезвычайно низкую зольность и наличие α -кето-карбокислых групп в полимере сфагнана, который составляет ~60% от суммарной голоцеллюлозы гиалиновых клеток мха [15]. Таким образом, в торфе исходно нет солей, но есть много отрицательно заряженных ионных групп. Для баланса зарядов их надо нейтрализовать катионами, из которых имеются в наличии только протоны.

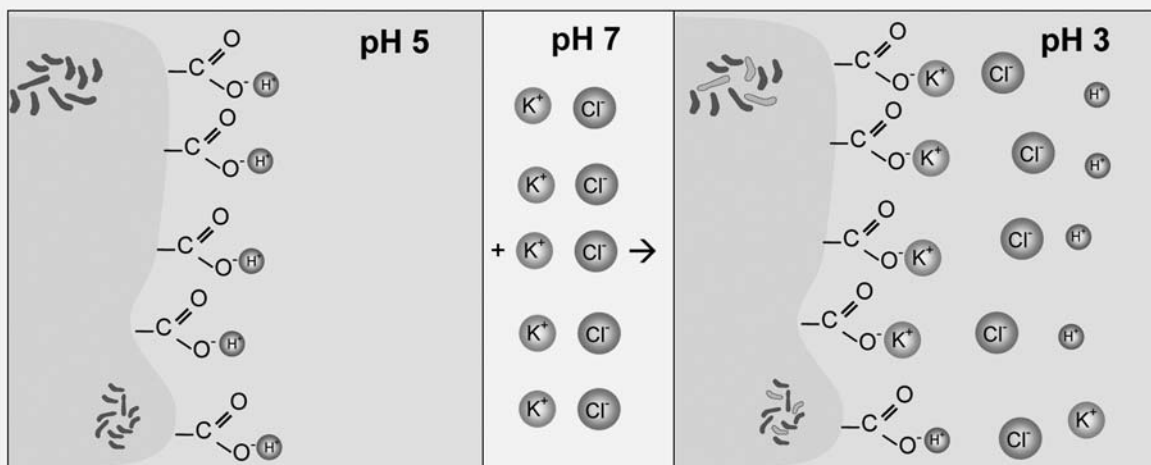
Что происходит в торфяной почве после внесения соли одноосновной сильной кислоты, скажем, KCl? Исходная соль нейтральна (pH 7), потому что разность концентраций сильных ионов

$[\text{K}^+] - [\text{Cl}^-] = 0$. Однако обмен катионов приводит к связыванию K^+ и высвобождению H^+ в жидкую фазу почвы. Разность $[\text{K}^+] - [\text{Cl}^-]$ становится отрицательной, среда закисляется. Болотные МОБ вроде *M. acidiphila* нельзя считать в полном смысле ацидофилами, такими как тиобациллы. Оптимальная кислотность среды для МОБ — pH 5.5–6.0. Скорее всего они в действительности — нейтрофильные «буферофобы», т.е. терпеть не могут высокой буферности среды, которая создается повышенными концентрациями слабых кислот и оснований. При слабой буферности болотная «изжога» — явление временное: вокруг своей микроколонии МОБ могут подрегулировать кислотность метаболическими реакциями. При высокой буферности такая регуловка запрещена большими затратами метаболической энергии. Так что *M. acidiphila* в подсоленной и кислой среде должна чувствовать себя дискомфортно.

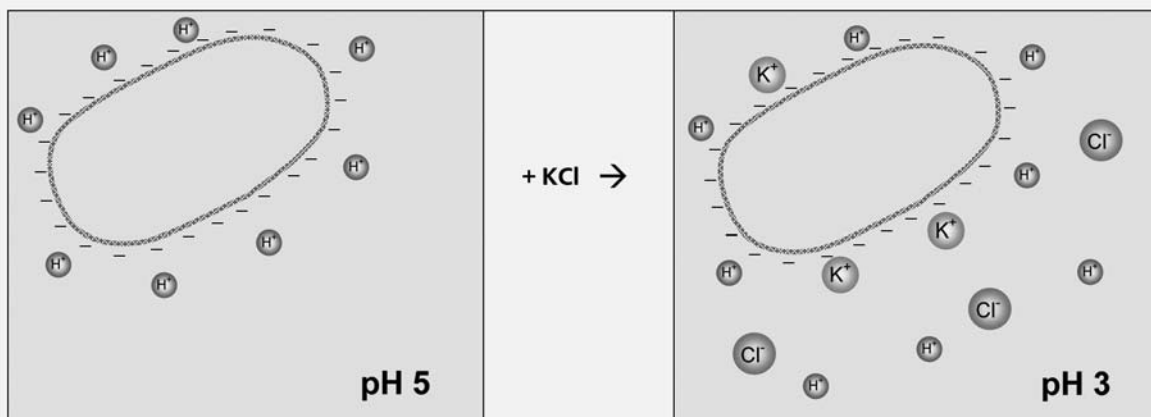
Итак, первая гипотеза объясняет токсичность в почве, но как быть с ингибированием чистой культуры МОБ? Вместо сфагнана, которого нет в культуре, K^+ связывают ионогенные группы на поверхности самих клеток. Практически все микробные клетки заряжены отрицательно за счет карбоксильных, сульфатных и, более всего, фосфатных групп в составе тейхоевых кислот.

Однако, что более серьезно, ингибиторами выступают соли не всех сильных кислот, а только одноосновных. По какой-то причине сульфат калия не подавляет рост или активность МОБ, хотя свободная серная кислота ничуть не менее кислая, чем соляная. Кроме того, подкисление должно вредить многим микробам, а мы заметили эффект только для МОБ. Исчерпывающего объяснения такого выборочного ингибирования мы не имеем, но есть гипотеза, которая описывает ионный обмен между средой и клеткой. В нормальной болотной среде, сильно дефицитной по минеральным соединениям, клетки МОБ все же содержат внутриклеточный набор электролитов — положительных (K^+ , NH_4^+) и отрицательных (аспарагин, глютамин, фосфаты). Хрупкое кислотное равновесие поддерживается за счет фиксации атмосферного азота (потребление аммония привело бы к сильному подкислению). Добавка KCl приводит к закислению цитозоля: избыток Cl^- активно входит в клетки по градиенту концентрации, поток K^+ более слаб из-за меньшего градиента (за счет калия, запасенного внутри клетки), поэтому разность концентраций сильных ионов падает в пользу анионов. В результате внутриклеточная среда закисляется, снижается трансмембранный градиент протонов, клетка теряет активность.

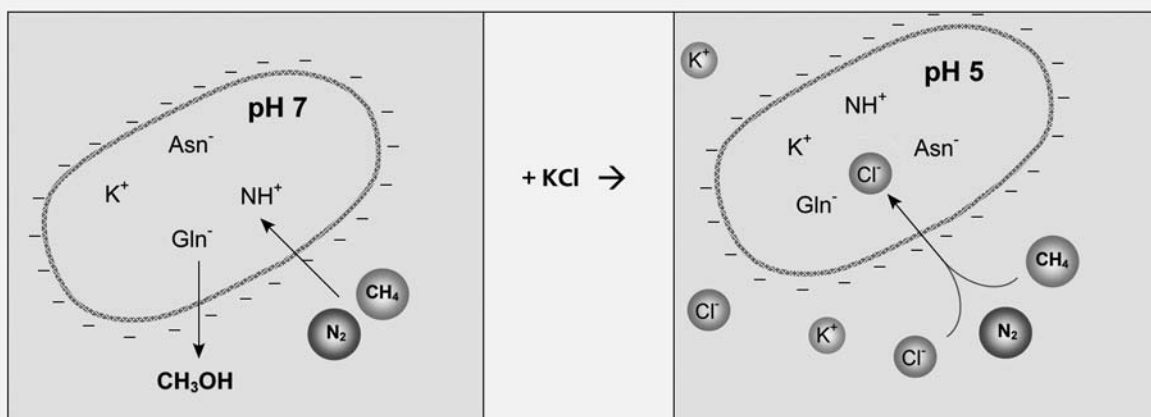
Почему мембрана проницаема для однозарядных Cl^- ионов, но не для сульфатов? Из-за меньшей плотности заряда. Если сравнить проницаемость биомембран для ионов, самым мобильным анионом окажется роданид, как сообщает



исходный пресный торф



клетка в среде с низкой концентрацией солей



клетка в оптимальной среде; реакция цитозоля нейтральная

Гипотетические механизмы, объясняющие повышенную чувствительность метанотрофов к одноосновным солям сильных кислот (приведен пример с KCl) тем, что они закисляют среду — внеклеточную и внутриклеточную. Механизм закисления внеклеточной среды сводится к связыванию катионов K^+ карбоксильными группами сфагнана (вверху) либо ионогенными группами на поверхности клеток бактерий (в середине), в результате чего разность концентраций сильных ионов $[K^+] - [Cl^-]$ падает в пользу Cl^- , а убыль K^+ компенсируется высвобождением в среду протонов. Добавка KCl приводит к закислению и внутриклеточной среды, т.е. цитозоля (внизу). Здесь в норме за счет внутриклеточных электролитов поддерживается pH 7, а поступление избытка сильного аниона Cl^- , который проникает внутрь по градиенту концентрации, ведет к разрядке трансмембранного градиента протонов и дезактивации клеток.

А.А.Константинов из НИИ физико-химической биологии МГУ. А эта соль — такой же сильный ингибитор, как хлориды. Сульфаты и фосфаты практически не могут спонтанно проникать через мембрану. Почему МОБ? Видимо, потому что у них особенно развита поверхность мембран и намного выше удельная площадь мембранного контакта со средой, чем у других организмов. Возможно, мембраны МОБ обладают и другими специфическими свойствами, которые обеспечивают легкость прохождения метана и выделе-

ния метанола — продукта начальной реакции ассимиляции.

Предложенные гипотезы надо еще, вероятно, долго проверять в экспериментах по расшифровке загадочного метаболического механизма. А от него (кто знает?) может зависеть судьба и глобальная стабильность планеты. Мы сочтем свою задачу выполненной, если читатель задумается над этим вопросом или даже возмутится нашими ошибками. Будем признательны и за подсказку, и даже критический отклик, пишите. ■

Литература

1. Заварзин Г.А. Микробный цикл метана в холодных условиях // Природа. 1995. №6. С.3—14.
2. Паников Н.С. Таежные болота — глобальный источник атмосферного метана? // Природа. 1995. №6. С.14—25.
3. NOAA/ESRL Global Monitoring Division, <http://www.cmdl.noaa.gov/index.php>
4. Hanson R.S., Hanson T.E. // Microbiol. Rev. 1996. V.60. P.439—471.
5. King G.M., Schnell S. // Appl. Environ. Microbiol. 1998. V.64. P.253—257.
6. King G., Schnell S. // Appl. Environ. Microbiol. 1994. V.60. P.3508—3513.
7. Lineweaver H., Burk D. // J. Am. Chem. Soc. 1934. V.56. P.658—666.
8. Bedard C., Knowles R. // Microbiol. Rev. 1989. V.53. P.68—84.
9. Steudler P.A., Bowden R.D., Melillo J.M., Aber J.D. // Nature. 1989. V.341. P.314—316.
10. Bodelier P.L.E., Laanbroek H.J. // FEMS Microbiology Ecology. 2004. V.47. P.265—277.
11. Дедыш С.Н., Паников Н.С. // Микробиология. 1997а. Т.66. С.563—568.
12. Dedysb S.N., Panikov N.S., Tiedje J.M. // Appl. Environ. Microbiol. 1998. V.64. P.922—929.
13. Колесников О.М., Дедыш С.Н., Паников Н.С. // Микробиология. 2004. Т.73. С.488—490.
14. Колесников О.М., Паников Н.С. // Почвоведение. 2005. Т.38. С.419—424.
15. Painter T.J. // Carbohydrate Polymers. 1991. V.15. P.123—142.

Инженеры Политехнического института Ренсселара (США) разработали подводную лодку-робот, использующую солнечную энергию. Она может находиться на глубине в течение 12 ч, после чего должна всплыть на 8 ч для подзарядки аккумуляторов от солнечных батарей. Аппарат предназначен для оценки параметров морских (речных, озерных и т.д.) вод. Длина лодки 2 м, ширина 1 м, масса 180 кг. Судно может плавать со скоростью 3.5 км/ч и погружаться на глубину до 500 м.

Science et Vie. 2005. №1058. P.20 (Франция).

По результатам исследования 71 землетрясения, которые были зарегистрированы на протяжении нескольких последних

десятилетий, американские сейсмологи пришли к заключению, что первые секунды сейсмического толчка позволяют дать прогноз магнитуды землетрясения. Прежде считалось, что до окончательного формирования разлома в земной коре эту характеристику оценить нельзя.

Science et Vie. 2005. №1049. P.44 (Франция).

20 тыс. км — такова рекордная дистанция, преодоленная менее чем за 9 мес самкой белой акулы. Передатчик, укрепленный на ее теле, позволил ученым Нью-Йоркского общества охраны дикой природы установить, что акула в 2002 и 2003 гг. совершала «челночное» плавание между Южной Африкой и Австралией. В прибрежные воды Австралии белые аку-

лы приплывают для спаривания. До сих пор специалисты полагали, однако, что столь длинные миграции могут совершать исключительно самцы. Sciences et Avenir. 2005. №706. P.28 (Франция).

Население Китая, составляющее в настоящее время 1,3 млрд человек, к 2030 г. достигнет 1,45 млрд, хотя до этого времени и будет отмечено замедление роста численности. Перепись, проведенная в 2000 г., показала возрастающий дисбаланс между мальчиками и девочками, причем в пользу первых. Доля числа жителей от 65 лет и старше, определенная в 2005 г. в 8%, к 2030 г. составит 16%.

Sciences et Avenir. 2005. №705. P.35 (Франция).

Журнал

ЗВЕЗДЫ, КОТОРЫЕ ДЫШАТ

К 90-летию С.А.Жевакина

Разгадавший тайну цефеид

На рубеже XVI и XVII вв. астрономы обнаружили первую переменную звезду, Миру Кита, которую мы сегодня относим к пульсирующим звездам. К началу XX в. уже было известно несколько типов периодических переменных звезд, изменения блеска которых не связаны с затмениями звездами друг друга в двойных системах (из них самую важную для астрономии и астрофизики роль по ряду причин играли и играют, пожалуй, классические цефеиды), а счет таким звездам пошел на сотни. Немецкий физик А.Риттер предложил объяснение их переменности, основанное на пульсациях газовых шаров. Однако какой физический механизм поддерживает звездные пульсации, не дает им затухнуть, оставалось неясным вплоть до работ С.А.Жевакина, одного из тех российских ученых, кому удалось внести золотой вклад в развитие астрофизики. Именно он сумел объяснить природу переменности блеска цефеид и построить модель явления. В этом году исполнилось 90 лет со дня его рождения.

Сергей Александрович Жевакин родился 11 апреля 1916 г. в Москве. Его мать Гали Николаевна Кравченко (1890—1967) была из дворян, в ее жилах «перемешалась» кровь итальянцев, французов, поляков, сербов, русских. Прапрадед Жевакина по материнской линии — Виктор Поджио, итальянец, переселившийся в Одессу, — известен как один из устроителей этого города наряду с герцогом Ришелье, де Рибасом и Ланжероном. Прадед,

известный декабрист, участник Бородинского сражения, Иосиф Викторович Поджио (1792—1848), умер в иркутской ссылке.

Дед Сергея Александровича по отцовской линии — Сергей Иванович Жевакин, крестьянин из села Выездное, расположенного через реку Тешу от Арзамаса, — стал приказчиком, а потом и хозяином фабрики в этом городе. Его сын — Александр Сергеевич Жевакин (1888—1971) — прошел по конкурсу вторым номером, поступив в Высшую императорскую техническую школу (ныне МГТУ им.Н.Э.Баумана).

В Нижний Новгород семья Жевакиных переехала в конце двадцатых годов. Сергей учился в школе имени Покровского (ныне научно-технический лицей-школа №38), а в 1933 г. поступил на физико-математический факультет Горьковского государственного университета. Он обладал блестящими математическими способностями и любил математику, но все же закончил физическое отделение. В университете он познакомился со своим будущим научным руководителем Александром Александровичем Андроновым (1901—1952), впоследствии академиком, основателем в Нижнем Новгороде школы теории колебаний. В 1939 г. Жевакин закончил с отличием Горьковский государственный университет по специальности «физика колебаний».

Только в 1941 г. Андронову удалось «выхлопотать» для него место в аспирантуре, и в мае Сергей Александрович увольняется из Центральной военной



Сергей Александрович Жевакин. 60-е годы.

индустриальной радиолaborатории, где он работал после университета, а в июле призывается в действующую армию. Он прослужил до победы младшим лейтенантом-связистом. Награжден орденом Красной Звезды, медалями, был дважды ранен. Ему довелось слышать краткое выступление маршала Г.К.Жукова, обращенное к младшим офицерам непосредственно перед началом решающих боев за Днепр на Букринском плацдарме в сентябре 1943 г.

После демобилизации Сергей Александрович возвращается в аспирантуру к Андронову, который привлек внимание своего ученика к проблеме пульсации переменных звезд. К этому времени было хорошо известно, что

цефеиды и еще несколько типов переменных звезд не только меняют свой блеск — они периодически изменяют свои размеры и температуру фотосферы (поэтому их называют пульсирующими). Проблемами звездных пульсаций занимался в 1918—1926 гг. сэр Артур Стенли Эддингтон. Ему удалось показать, что свободные пульсации таких звезд должны быстро затухать, а значит, должен существовать механизм, преобразующий энергию излучения внутренних слоев звезды в энергию колебаний. Эддингтон отметил, что в принципе возможны два механизма звездных пульсаций. Наиболее очевидный механизм предполагал, что энергия, поставляемая энерговыделяющим ядром звезды, за счет каких-то внутренних причин изменяется с частотой наблюдаемых пульсаций. В этой ситуации управляющими выделениями звездой энергии параметрами служат температура и давление в ядре. Другой, так называемый клапанный механизм, предполагал, что внешние слои звезды могут периодически накапливать энергию излучения ядра, увеличивая свою непрозрачность. Затем запасенная энергия излучается, а ее часть преобразуется в механическую энергию колебаний звезды.

В своих первых работах Сергей Александрович показал, что амплитуда автоколебаний в случае переменного энерговыделения должна быть в десятки раз больше наблюдаемой. Он исследовал и второй механизм, рас-

считывая вслед за Эддингтоном в качестве энергетического «резервуара» звезды ее подфотосферные области ионизации водорода. Однако эта схема тоже работала плохо... И все же Сергею Александровичу удалось найти физическую модель именно в этом направлении. Оказалось, что звездным аккумулятором работают главным образом области вторичной ионизации гелия.

В 1949 г. он защищает кандидатскую, а в 1956 г. — докторскую диссертацию на тему «Теория пульсационной звездной переменности» [1]. И хотя оппонентами на защите в Ленинградском государственном университете были известный физик С.Э.Хайкин и не менее известные астрофизики Л.Э.Гуревич и В.В.Соболев (впоследствии академик), а голосование было единоголосным, утверждение ВАК состоялось лишь в 1959 г. В середине 50-х годов пришло и международное признание. Работы Сергея Александровича были внимательно изучены, перепроверены и восприняты на Западе как прорыв в теории пульсирующих звезд. В 1966 г. за цикл работ по теории звездной переменности ему была присуждена премия им.Ф.А.Бредихина АН СССР.

Еще одной областью научных интересов Сергея Александровича было поглощение радиоволн атмосферными газами [2]. Кстати, самая первая его научная работа, написанная еще до войны, на заводе, называлась «Поглощение радиоволн ионо-

сферой». В этом направлении он занимался теорией поглощения радиоволн в диапазонах от субмиллиметров до дециметров. Здесь им и его учениками получены классические результаты по форме линий поглощения водяного пара и кислорода в атмосфере, которые в числе прочих легли в основу целой прикладной науки — дистанционного зондирования атмосферы. За эти работы он получил Государственную премию 1987 г.

Именно на кафедре распространения радиоволн Горьковского государственного университета, еще в 1947 г., Сергей Александрович начал свою преподавательскую деятельность. В дальнейшем почти за 30 лет работы на радиофизическом факультете университета (сейчас ННГУ — Нижегородский государственный университет им.Н.И.Лобачевского) профессор Жевакин перечитал почти все курсы теоретической физики... Одновременно он работал в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ) со дня его основания (1956), где почти 25 лет заведовал отделом.

Последним его научным увлечением был фрактальный подход к эффектам поглощения и рассеяния радиоволн в дождях. Однако закончить решение этой задачи (забить третий гол, как он говорил) ему не удалось.

Сергей Александрович Жевакин скончался 21 февраля 2001 г. Он прожил долгую жизнь и сумел оставить яркий след в науке.

© Куликов Ю.Ю.,

доктор физико-математических наук

Институт прикладной физики РАН

Нижегород

Троицкий Р.В.,

кандидат физико-математических наук

Нижегородский планетарий

Литература

1. Жевакин С.А. Теория звездных пульсаций // Пульсирующие звезды / Ред. Б.В.Кукаркин. М., 1970. С.17—63; Zhevakin S.A. Physical basis of the pulsation theory of variable stars // Annual Review of Astronomy and Astrophysics. 1963. V.1. P.367—400.
2. Жевакин С.А., Наумов А.П. Распространение сантиметровых, миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн в земной атмосфере // Известия вузов. Сер. Радиофизика. 1967. №9—10. С.1213—1243.

Пульсации звезд

Ю.А.Фадеев

Звезды пребывают в неизменном состоянии на протяжении десятков и сотен миллионов лет благодаря почти равномерному выделению энергии термоядерного синтеза в центральной части звезды. Температура и плотность газа монотонно убывают от центра к поверхности, и в каждой точке звезды отрицательный градиент газового давления уравновешивает силу тяжести всех выше лежащих слоев вещества. Однако при гидростатическом равновесии, наряду с очень медленными изменениями радиуса и светимости звезды, сопровождающими термоядерный синтез, могут возникать звездные пульсации — периодические движения вещества около состояния равновесия. В простейшем случае это радиальные пульсации, при которых амплитуда и фаза смещения элементарного объема газа зависят только от расстояния до центра, т.е. звезда всегда сохраняет сферическую форму. Периоды радиальных пульсаций составляют от нескольких часов до сотен суток — в зависимости от размеров звезды и распределения плотности газа вдоль радиуса. У одних пульсирующих звезд изменения радиуса и соответственно светимости пренебрежимо малы, тогда как у других величина смещения внешних слоев сравнима с радиусом звезды, а светимость изменяется в 2–3 раза. Скорость движения внешних слоев пульсирующих звезд измеряется десятками километров в секунду. Несколько пульсирующих переменных звезд были известны уже в древности, одна-



Юрий Александрович Фадеев, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН. Область научных интересов — гидродинамические процессы в звездах.

ко природа переменности их блеска стала понятна лишь в XX в.

В звездах могут возникать и более сложные нерадиальные пульсации, для описания которых необходимо использовать все три пространственные координаты. В этом случае одни участки поверхности звезды смещаются вдоль радиуса в сторону от центра, а другие — в противоположном направлении. Для наблюдателя звезда представляется точкой, поэтому изменения потока излучения, которое испускают различные участки обращенной к наблюдателю звездной поверхности, частично компенсируют друг друга, и результирующая амплитуда изменений блеска нерадиально пульсирующей звезды редко превосходит 1%. Периоды нерадиальных звездных пульсаций измеряются минутами и часами. Возможность регистрировать столь быстрые и малые изменения блеска появилась лишь во второй половине XX в. благодаря увеличению точности астрономических измерений.

Способность звезды совершать тот или другой вид колебаний определяется ее внутренним строением, т.е. распределением вещества от центра до поверхности.

Поэтому теория звездных пульсаций неразрывно связана с теорией внутреннего строения и эволюции звезд.

Пульсирующие звезды — автоколебательные системы

Поразительная повторяемость звездных пульсаций на протяжении многих тысяч периодов наводит на мысль, что мы имеем дело с автоколебаниями. В механике так называют вид незатухающих колебаний, когда убыль энергии, обусловленная затуханием, пополняется за счет какого-либо источника энергии. Наиболее распространенный пример автоколебательной системы — механические часы, в которых энергия заведенной пружины использует-

ся для компенсации потерь вследствие трения.

В начале XX в. А.Эддингтон [1] высказал предположение, что источником энергии, который обеспечивает автоколебания звезд, может быть излучение, распространяющееся от центра к поверхности. Для этого необходимо, чтобы вещество внутри звезды становилось менее прозрачным при сжатии, задерживая часть проходящего через него излучения, и более прозрачным — при расширении звезды, чтобы задержанное прежде излучение быстрее высвобождалось. Эддингтон полагал, что такими свойствами может обладать частично ионизованный газ, однако, проанализировав непрозрачность звездного вещества в области ионизации водорода, он пришел к отрицательному заключению, так и не подтвердив свою догадку расчетами [2]. Позднее С.А.Жевакин показал [3–5]: нужными свойствами обладает зона ионизации гелия, и эффективность возбуждения пульсационной неустойчивости в этих слоях столь велика, что позволяет объяснить наблюдаемые пульсации звезд. Вот ключевые идеи, лежащие в основе теории автоколебаний пульсирующих звезд.

Рассмотрим изменение непрозрачности вещества в слое газа, который под воздействием малого возмущения был выведен из состояния равновесия. Приближенная зависимость коэффициента поглощения излучения κ от плотности и температуры газа ρ и T дается формулой $\kappa = \kappa_0 \rho^n T^{-s}$, где $n \approx 0.8$, $s \approx 3.5$, κ_0 — постоянная величина, значение которой определяется химическим составом звездного вещества. В нейтральном или полностью ионизованном газе работа адиабатического сжатия превращается главным образом в кинетическую энергию частиц, т.е. сопровождается увеличением температуры, и изменения коэффициента поглощения определяются преимуществен-

но вариациями температуры. Следовательно, при сжатии вещество становится более прозрачным, что способствует затуханию колебаний.

Совсем другие свойства у частично ионизованного газа, обладающего значительно более высокой теплоемкостью. Это связано с тем, что в таком веществе работа адиабатического сжатия расходуется в основном на ионизацию оставшихся нейтральных атомов и температура газа возрастает незначительно. Основным фактором, определяющим изменение непрозрачности частично ионизованного газа, становится плотность ρ , поэтому при сжатии слой накапливает тепло, что приводит к усилению колебаний.

С термодинамической точки зрения каждый слой вещества звезды представляет собой элементарную тепловую машину, способную совершать положительную (нарастание колебаний) или отрицательную (затухание колебаний) механическую работу за счет энергии проходящего через этот слой излучения (рис.1). Рассматривая звезду как совокупность большого числа тепловых машин,

мы приходим к выводу, что пульсации всей звезды в целом могут возникнуть лишь при условии, если суммарная работа всех слоев вещества положительна: $A > 0$. В противном случае ($A < 0$) звезда устойчива относительно пульсаций, и любые колебания в ней затухают.

По мере того, как в пульсационно неустойчивой звезде амплитуда колебаний нарастает, непрозрачность частично ионизованного газа при максимальной сжатии увеличивается, и механическая работа, совершаемая слоем за цикл, оказывается все больше. Однако это происходит лишь до тех пор, пока в данном слое газа остаются нейтральные атомы. Как только все атомы ионизованы, дальнейшее усиление сжатия становится невозможным, так как приводит к уменьшению непрозрачности и увеличению потерь тепла, т.е. уменьшению величины механической работы. Таким образом происходит переход к предельному циклу (автоколебаниям), когда суммарный вклад всех слоев, возбуждающих неустойчивость, компенсируется вкладом слоев, подавляющих колебания, т.е.

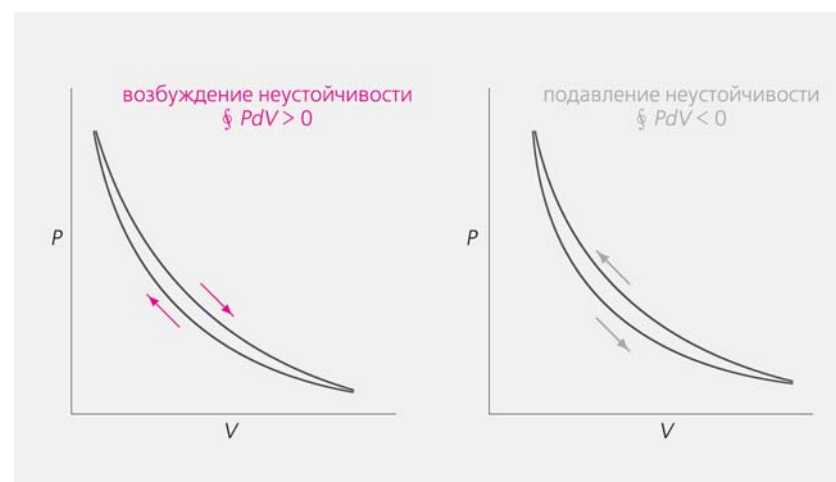


Рис.1. Каждый слой пульсирующей звезды является своеобразной тепловой машиной, преобразующей часть лучистой энергии в механическую работу. Эта работа может быть направлена на раскачку пульсаций (слева: термодинамический цикл на PV-диаграмме описывается по направлению часовой стрелки) или на подавление (правая PV-диаграмма).

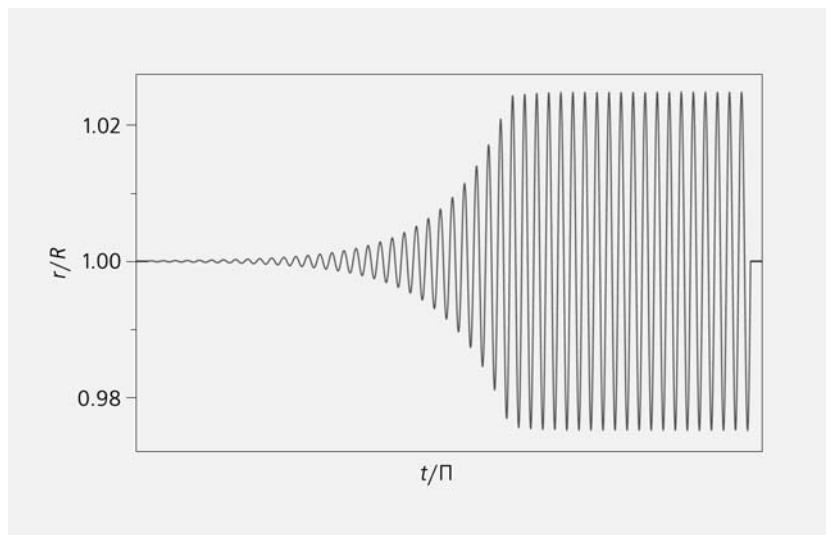


Рис. 2. Рост амплитуды пульсаций с последующим переходом к автоколебаниям. По горизонтальной оси число пульсационных циклов — t/Π . По вертикальной оси — радиус пульсирующей звезды r в единицах равновесного радиуса R . В цефеидах стадия роста амплитуды продолжается в течение многих тысяч циклов.

когда суммарная работа всех элементарных тепловых машин равна нулю: $A = 0$. В зависимости от внутреннего строения звезды стадия роста амплитуды может занимать от одного десятка до многих тысяч пульсационных циклов (рис. 2). По сравнению со временем прохождения звездой стадии пульсационной неустойчивости этот промежуток времени достаточно короток, поэтому все наблюдаемые нами пульсирующие звезды находятся на стадии автоколебаний.

Последующие многочисленные и более детальные исследования подтвердили основные выводы пионерских работ Эддингтона и Жевакина, и в научной литературе для обозначения описанного выше вида неустойчивости используется термин κ -механизм. Благодаря успехам в области атомной физики были получены более точные данные о коэффициенте поглощения излучения различными химическими элементами, и теперь ясно, что пульсационная неустойчивость звезд может возникать не только в зоне час-

тичной ионизации гелия, но также в зонах ионизации других элементов.

Зависимость «период — средняя плотность»

Основная характеристика звезды — ее масса M , однако, кроме Солнца, уверенная оценка этой важнейшей величины может быть получена лишь для объектов двух групп. Во-первых, для звезд, которые входят в состав тесных двойных систем с плоскостью орбиты, лежащей близко к лучу зрения. На основе анализа периодических затмений одной звезды другой и измерений скоростей движения звезд по орбите находятся орбитальные параметры двойной звездной системы, а с помощью третьего закона Кеплера — и массы обоих компонентов. Во-вторых, для пульсирующих звезд. Из теории самогравитирующих газовых шаров следует, что период радиальных колебаний Π связан со средней плотностью вещества $\langle \rho \rangle$, т.е. массой

M и радиусом звезды R , следующим образом:

$$\begin{aligned} \Pi &= Q \sqrt{\langle \rho_{\odot} \rangle / \langle \rho \rangle} = \\ &= Q (R/R_{\odot})^{3/2} (M/M_{\odot})^{-1/2}, \end{aligned}$$

где $\langle \rho_{\odot} \rangle = 1.41 \text{ г/см}^3$, M_{\odot} , R_{\odot} — средняя плотность, масса и радиус Солнца. Величина Q в силу исторических причин называется пульсационной константой, хотя на самом деле является медленно меняющейся функцией массы и радиуса $Q = Q(M, R)$; она вычисляется методами теории звездных пульсаций.

Период пульсаций определяется из наблюдений с высокой точностью, а разработанные в последние годы наблюдательные методы позволяют измерять радиусы пульсирующих звезд с погрешностью менее 10%. С наблюдательными оценками периода Π и радиуса R , а также функцией $Q = Q(M, R)$ зависимость «период — средняя плотность» превращается в нелинейное алгебраическое уравнение относительно массы звезды M . Решение этого уравнения предоставляет единственный способ определения масс одиночных звезд.

Классические цефеиды

Пульсационная неустойчивость возникает на определенных стадиях звездной эволюции, поэтому классификация пульсирующих переменных звезд по продолжительности периода, форме кривой блеска и некоторым другим наблюдаемым признакам отражает их эволюционный статус, т.е. принадлежность к группе звезд с определенными значениями массы, возраста и химического состава. Наиболее изученными радиально пульсирующими звездами являются классические цефеиды (прототип — звезда δ Цефея), изменяющие свой блеск с периодами от одного дня до нескольких десятков суток. Светимость цефеид в 10^3 – 10^4 раз превосходит светимость Солнца, а эффективная

температура* лежит в пределах $5000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} \leq 7000 \text{ K}$. Цефеидами становятся звезды с массой от 2 до $15 M_{\odot}$ на стадии термоядерного горения гелия, наступающей после истощения водорода в центральной части звезды. Продолжительность стадии цефеиды находится в интервале от 10^6 до 10^7 лет.

Условие гидростатического равновесия требует, чтобы с увеличением массы звезды возрастала температура в ее центре. Скорость термоядерных реакций зависит от температуры в очень высокой степени, поэтому чем больше масса звезды, тем выше ее светимость. Этому правилу подчиняются и цефеиды. Узкий диапазон эффективных температур цефеид и соотношение «период — средняя плотность» неизбежно ведут к корреляции между периодом пульсаций P и светимостью L . Эта корреляция, известная как зависимость «период—светимость» классических цефеид, была обнаружена в начале XX в. и заняла место одной из важнейших эмпирических зависимостей астрономии, на которой основываются шкалы межзвездных и межгалактических расстояний.

Определение эволюционного статуса классических цефеид стало одним из самых замечательных достижений теории эволюции звезд, однако уже первые оценки масс цефеид, выполненные с помощью зависимости «период — средняя плотность», обнаружили существенное расхождение с выводами теории эволюции. В частности, массы цефеид, которые находили из анализа наблюдаемых звездных пульсаций, систематически оказывались на 30—50% меньше значений, со-

ответствующих расчетам звездной эволюции. Это расхождение не получало приемлемого объяснения на протяжении двух с лишним десятилетий вплоть до появления более точных данных об уравнении состояния и непрозрачности звездного вещества. Лишь в конце XX в., когда удалось учесть многие миллионы атомных переходов в высокотемпературной плазме, состоящей из сотен ионов различных химических элементов, выяснилось, что ранее в теоретических исследованиях непрозрачность вещества существенно недооценивалась. Различие между прежними и новыми значениями коэффициента поглощения оказалось особенно велико (приблизительно в два раза) при температуре $T \sim 2 \cdot 10^5 \text{ K}$, соответствующей ионизации элементов группы железа.

Использование более точных данных об уравнении состояния и коэффициенте поглощения звездного вещества неизбежно повлекло за собой некоторую коррекцию как предсказаний теории звездной эволюции, так и значений пульсационной константы Q . В итоге массы цефеид, определяемые методами теории звездных пульсаций, теперь находятся в хорошем согласии с результатами расчетов теории звездной эволюции. Этот факт следует рассматривать как надежное подтверждение правильности наших представлений о внутреннем строении и эволюции звезд. Достижения атомной физики позволили не только устранить столь существенное противоречие двух теорий, но и глубже проанализировать пульсационные свойства цефеид, наблюдаемых в других галактиках с иным содержанием химических элементов тяжелее гелия. Анализ таких тонких эффектов важен для более точных оценок значений постоянной Хаббла, характеризующей скорость космологического расширения Вселенной.

Стоячие волны

При пульсациях классических цефеид амплитуда радиального смещения внешних слоев, как правило, не превосходит одной десятой доли радиуса звезды, а сами пульсационные движения с хорошей точностью описываются колебаниями типа стоячей волны со свободной внешней границей. Это подразумевает, что двигающаяся от центра волна претерпевает во внешних слоях звезды полное отражение, и суперпозиция двух волн, распространяющихся во взаимно противоположных направлениях, дает стоячую волну. Для выполнения условия отражения необходимо, чтобы существенное изменение плотности газа во внешних слоях происходило на расстоянии, значительно меньшем длины волны, которая по порядку величины сравнима с радиусом звезды. В цефеидах условие отражения выполняется с хорошей точностью, и лишь незначительная доля механической энергии пульсаций «просачивается» во внешние слои звездной атмосферы в виде бегущих волн.

У каждой звезды существует свой набор периодов радиальных колебаний, который задается распределением вещества внутри звезды. При самом длительном из всех возможных периодов вдоль радиуса звезды укладывается половина длины пульсационной волны, амплитуда смещения монотонно возрастает от центра до поверхности, а фаза смещения одинакова для всех слоев (рис.3). Про звезды с таким видом колебаний говорят, что они пульсируют в фундаментальной моде: к их числу принадлежат цефеиды с периодами, большими 7 сут.

Как и в музыкальных инструментах, колебания звезд могут происходить также и в обертонах. Например, цефеиды с периодами короче 7 сут пульсируют в первом обертоме. В этом случае вдоль радиуса укладывается $3/2$ длины пульсационной вол-

* Эффективная температура T_{eff} относится к слоям уровня фотосферы, в котором формируется наблюдаемый непрерывный спектр излучения звезды, и вводится в предположении, что звезда радиуса R и светимости L излучает как абсолютно черное тело: $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4$, где σ — постоянная Стефана—Больцмана.

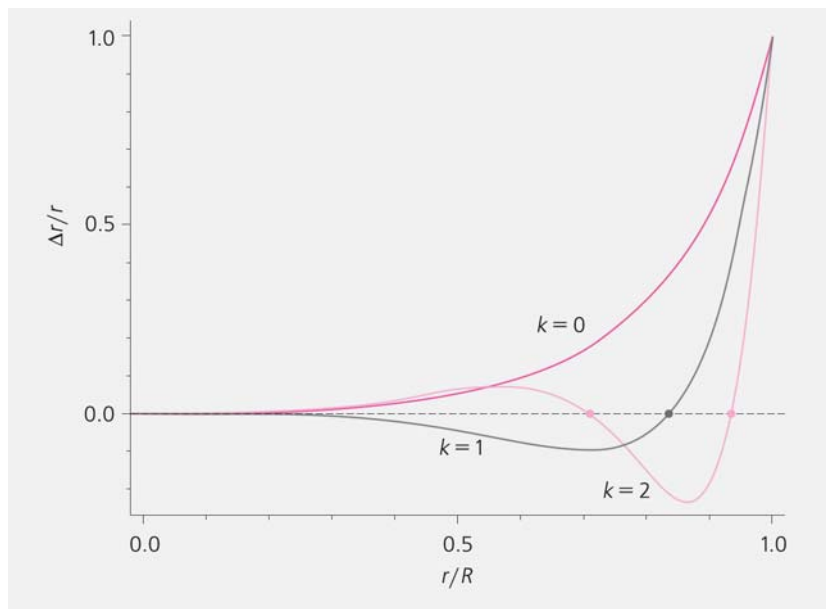


Рис.3. Амплитуда смещения слоя Δr в зависимости от расстояния от центра звезды r при радиальных пульсациях в фундаментальной моде ($k = 0$), первом ($k = 1$) и втором ($k = 2$) обертонах. Кружками показаны узлы обертонов.

ны, и в звезде имеется слой газа — узел обертона, который остается неподвижным на протяжении всего пульсационного цикла. Положение узла обертона внутри звезды определяется условием, что время пробега звуковой волны от центра звезды до узла равно периоду пульсаций, а время распространения звука от узла до поверхности — вдвое меньше. Вследствие неравномерного распределения плотности газа внутри звезды узел первого обертона находится недалеко от поверхности — в слое с радиусом $r \approx 0.83R$. При обертоновых звездных пульсациях фаза смещения остается постоянной в промежутках между узлами, а в самом узле скачкообразно изменяется на π . Поэтому в звезде, пульсирующей в первом обертоне, внутренние слои колеблются в противофазе с внешними слоями (рис.3).

Обычно радиальные пульсации происходят в какой-либо одной моде (обертоне), и для определения порядка этого обертона можно продолжить аналогию с музыкальными инструмен-

тами. Например, на струнном щипковом инструменте струна может звучать с удвоенной, утроенной и т.д. частотой при игре приемом флажолетов. Для этого струна слегка придерживается пальцем в узле, а звук извлекается в окрестности пучности колебаний. Точно так же мода (порядок обертона), в которой происходят пульсации звезды, диктуется положением области возбуждения неустойчивости относительно узлов и пучностей обертонов. Например, в цефеидах с периодами короче 7 сут область частичной ионизации гелия всегда находится ближе к поверхности, чем узел первого обертона. Если в процессе роста амплитуды пульсаций область возбуждения неустойчивости начинает захватывать узел, происходит переход к пульсациям в моде меньшего порядка. Вполне вероятно, что самые короткопериодические цефеиды пульсируют во втором обертоне. Пульсации цефеид в обертонах порядка $k > 2$ невозможны, так как зона ионизации должна находиться слишком близко к по-

верхности, и вклад этих слоев в раскачку колебаний оказывается недостаточным по сравнению с подавлением неустойчивости во внутренних слоях звезды.

Применительно к звездам колебания типа стоячей волны являются математической абстракцией, так как предполагают консервативность (адиабатичность) движений каждого сферического слоя. На самом деле при автоколебательном режиме существует некоторый поток механической энергии из области возбуждения неустойчивости. В цефеидах величина этого потока столь невелика, что с хорошей точностью пульсации могут рассматриваться в адиабатическом приближении. Малость потока механической энергии из области возбуждения неустойчивости — причина медленного роста амплитуды на стадии раскачки колебаний. Характерное время, в течение которого амплитуда пульсаций цефеид увеличивается в $e \approx 2.718...$ раз, измеряется сотнями и тысячами периодов.

Фазовое отставание

Изменения блеска пульсирующей звезды отражают главным образом изменения ее эффективной температуры, поэтому, очевидно, при адиабатических звездных пульсациях максимум светимости должен совпадать с моментом наибольшего сжатия звезды. Однако из наблюдений известно, что максимум светимости цефеид отстает от минимума радиуса на четверть периода и приблизительно отвечает моменту наиболее быстрого расширения внешних слоев. Такое фазовое запаздывание максимума светимости в течение долгого времени ставило в тупик сторонников пульсационной модели переменности цефеид [2, 4], и его объяснение пришло лишь благодаря более детальному пониманию внутреннего строения звезд [6].

Фазовое отставание, наблюдаемое в цефеидах, нисколько не противоречит тому, что пульсации этих звезд с хорошей точностью являются адиабатическими. В момент наибольшего сжатия звезды поток излучения достигает максимума на всем протяжении от внутренних слоев вблизи центра звезды до зоны ионизации водорода с температурой $T \approx 1.5 \cdot 10^4$ К. Эти слои находятся непосредственно под фотосферой, где формируется наблюдаемый непрерывный спектр излучения звезды. Несмотря на свою малую геометрическую толщину, зона ионизации водорода непрозрачна, и возрастание потока излучения через эти слои сопровождается поглощением лучистой энергии, которая превращается в энергию ионизации атомов водорода. Таким образом, при наименьшем радиусе звезды максимум светимости только начинает перемещаться к поверхности звезды, постепенно ионизуя все более внешние слои нейтрального водорода. Мы наблюдаем максимум светимости, лишь когда граница ионизации оказывается в слоях со столь низкой плотностью газа, что затраты на его ионизацию уже не могут поглотить весь избыток лучистой энергии. Таким образом, величина фазового сдвига задается распределением плотности газа во внешних слоях звезды, и детальные газодинамические расчеты хорошо воспроизводят эту наблюдаемую особенность цефеид.

И все же пульсации не столь «безобидны» для звезд, как можно подумать. В судьбе другого класса звезд — красных гигантов — они играют весьма драматическую роль.

Красные гиганты

Свое название красные гиганты получили из-за низкой эффективной температуры ($T_{\text{эф}} \approx 3000$ К), вследствие чего в оптическом диапазоне спек-

ра основная доля излучения этих звезд приходится на красную область. Подавляющее большинство наблюдаемых красных гигантов — это звезды с массой, близкой к солнечной, но светимостью, более чем в 10^3 раз превосходящей светимость Солнца. Благодаря огромным радиусам и, следовательно, малому ускорению силы тяжести, физические условия во внешних слоях красных гигантов оказываются благоприятными для возникновения звездного ветра — непрерывного истечения вещества в межзвездную среду. По современным наблюдательным данным скорость потери массы красных гигантов составляет $\dot{M} \leq 10^{-6} M_{\odot}/\text{год}$. Поэтому звезда довольно быстро (по космическим меркам) теряет весь оставшийся во внешних слоях водород, превращается в гелиевую звезду с углеродно-кислородным ядром и перестает быть красным гигантом из-за быстрого уменьшения своего радиуса.

Относительно физической природы звездного ветра красных гигантов выдвигались различные гипотезы, однако в последние годы общепринятой стала модель, в которой ключевую роль играют звездные пульсации. В отличие от цефеид, радикальные пульсации красных гигантов характеризуются большой амплитудой смещения внешних слоев, сравнимой с радиусом звезды: $\Delta r/R \approx 1$. В течение каждого пульсационного цикла во внешних слоях красного гиганта возникает ударная волна, которая движется по направлению от звезды. Из-за ударного сжатия температура газа кратковременно возрастает до $T \approx 10^5$ К, и ударная волна обнаруживается по интенсивным эмиссионным линиям бальмеровской серии водорода, которые являются одним из основных наблюдательных признаков принадлежности к миридам (прототип — звезда Мира Кита) — пульсирующим красным гигантам.

Периодические ударные волны приводят к существенному изменению структуры протяженной звездной атмосферы. По мере удаления от звезды связанная с тяготением возвращающая сила убывает, в то время как интервал времени между прохождением последовательных ударных волн остается неизменным. В результате внешние слои не успевают вернуться в исходную точку к тому моменту времени, когда их настигает следующая ударная волна. Усредненный за пульсационный цикл радиус слоя постепенно возрастает, скорость течения газа после прохождения очередной ударной волны становится все ближе к скорости убегания, а изменение плотности газа как функция радиуса приближается к зависимости вида $\rho \propto r^{-2}$, соответствующей стационарному сферически-симметричному истечению вещества.

Вследствие перестройки структуры внешних слоев под воздействием периодических ударных волн происходит значительное (несколько порядков величины) увеличение плотности газа по сравнению с распределением плотности при гидростатическом равновесии. Парциальное давление некоторых молекулярных соединений во внешних слоях звездной атмосферы становится больше давления насыщенного пара, и при температуре ниже 1000 К в потоке истекающего газа конденсируются пылевые частицы.

Обладая высокой поглощательной способностью, пылевые частицы ускоряются давлением излучения звезды и посредством трения увлекают за собой газ (рис.4). Присутствие пылевых частиц вокруг красных гигантов обнаруживается по избыткам инфракрасного излучения (по сравнению с распределением энергии в спектре излучения абсолютно черного тела с температурой $T_{\text{эф}}$) и по линейной поляризации оптического излучения звезды, свидетельствующей об отклонениях от сферической

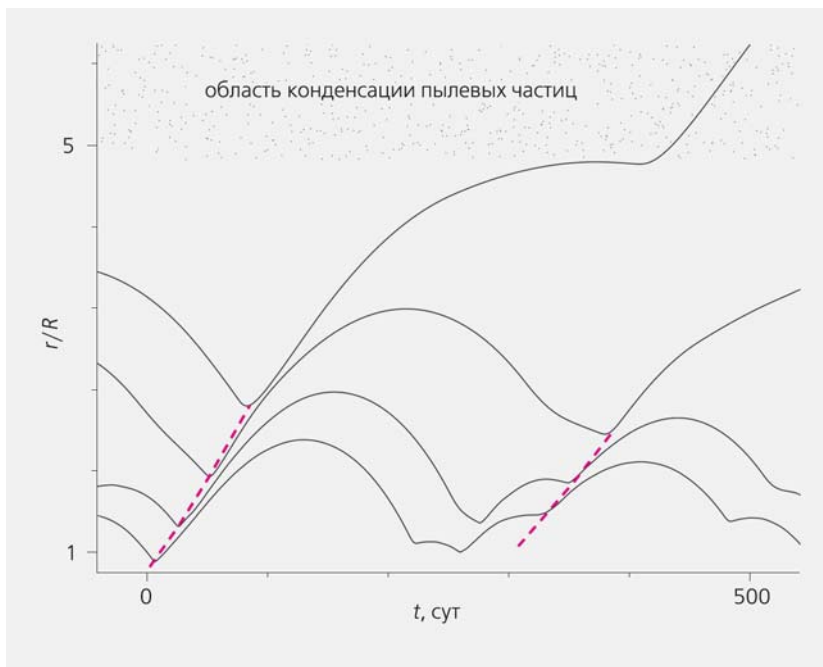


Рис. 4. Радиусы отдельных слоев вещества r пульсирующего красного гиганта в единицах равновесного радиуса фотосферы R . Под действием периодических ударных волн (их траектории показаны штриховыми линиями) самые внешние слои достигают области конденсации пылевых частиц. Дальнейшее ускорение этих слоев газа обусловлено передачей импульса от пылевых частиц, ускоряемых давлением излучения звезды.

симметрии в пространственном распределении рассеивающих свет пылевых частиц.

Таким образом, анализ радиальных пульсаций позволил объяснить как возникновение звездного ветра красных гигантов, так и присутствие в их околозвездной среде пылевых частиц. Однако до сих пор остается целый ряд нерешенных проблем, связанных с природой пульсационной неустойчивости красных гигантов. Эти звезды отличаются от цефеид не только большими амплитудами пульсаций, но также тем, что в зоне ионизации гелия перенос энергии происходит преимущественно за счет конвекции, и эти слои, по всей видимости, не участвуют в раскачке колебаний из-за малого потока излучения. Также остается неясным вопрос о порядке пульсационной моды мирид. Согласно одним исследованиям, мириды

пульсируют в фундаментальной моде, в то время как имеется ряд аргументов в пользу гипотезы, предполагающей пульсации в первом оберitone. Этот вопрос имеет принципиальное значение, поскольку от его решения зависят оценки светимости красных гигантов.

Результаты немногочисленных до сих пор газодинамических расчетов, моделирующих самовозбуждающиеся радиальные пульсации красных гигантов, показывают, что неустойчивость этих звезд может быть связана с изменениями коэффициента поглощения в зоне ионизации водорода. К сожалению, данные выводы отягощены значительными неопределенностями из-за отсутствия строгой теории переноса энергии турбулентной конвекцией. Более того, до сих пор не сформулирован подход к описанию взаимодействия конвективных

элементов с пульсационными движениями в звезде. Возможно, необходимые рецепты будут найдены на основе трехмерных газодинамических расчетов, моделирующих конвективный теплообмен в звездах.

В дополнение к сказанному

За последние пять десятилетий, прошедшие после публикации первых работ Жевакина, были развиты различные приложения теории звездных пульсаций. Механизм возбуждения пульсационной неустойчивости, связанный со свойствами непрозрачности вещества в зонах ионизации, оказался настолько универсальным, что позволяет объяснить наблюдаемую переменность как радиально, так и нерадиально пульсирующих звезд. Выше мы затронули лишь несколько отдельных проблем, однако и они наглядно иллюстрируют роль теории звездных пульсаций в современной астрофизике.

К сожалению, из-за значительной сложности описания нерадиальных колебаний звезд нам пришлось опустить обсуждение астросейсмологии — направления, которое в последнее время значительно расширило круг задач, решаемых теорией звездных пульсаций [7]. При нерадиальных колебаниях неустойчивость обычно проявляется в нескольких модах и число неустойчивых мод нередко исчисляется десятками. Современные методы астрономических измерений и их обработки позволяют выделять отдельные периодические составляющие из обширных рядов разрозненных наблюдательных данных. При отождествлении наблюдаемых периодов с определенными нерадиальными модами удается реконструировать внутреннее строение звезд. В круг задач, решаемых методами астросейсмологии, входят определение глубины распространения внешней

конвективной зоны звезды, установление распределений скорости осевого вращения и молекулярного веса вдоль радиуса. Наблюдаемые изменения периодов нерадиальных мод служат непосредственным тестом выводов теории охлаждения белых карликов, представляющих собой финальную стадию эволюции звезд с массой, близкой к солнечной.

Представляя собой одно из направлений радиационной газовой динамики, теория звезд-

ных пульсаций сталкивается со свойственными этому разделу физики трудностями. Например, даже в простейшем случае бесконечно малых адиабатических радиальных звездных пульсаций решение уравнений не может быть получено в аналитическом виде, поэтому в основе всех результатов теории лежат сложные и трудоемкие вычисления. Существующие в настоящее время вычислительные средства позволяют моделировать лишь сферически-сим-

метричные звездные пульсации, тогда как анализ нерадиальных звездных пульсаций проводится в линейном приближении, предполагающем бесконечно малые амплитуды смещения. Несомненно, что по мере роста производительности компьютеров возможности вычислительной радиационной газовой динамики распространятся на решение трехмерных задач, и свое развитие получит нелинейная теория нерадиальных звездных пульсаций. ■

Литература

1. *Eddington A.S.* // The Internal Constitution of the Stars. Cambridge, 1926.
2. *Eddington A.S.* // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 1941. V.101. P.182—194.
3. *Жевакин С.А.* // Астрон. журн. 1953. Т.30. С.161—179.
4. *Жевакин С.А.* // Астрон. журн. 1954. Т.31. С.141—153.
5. *Zhevakin S.A.* // Annual Review of Astron. and Astrophys. 1963. V.1. P.367—400.
6. *Кокс Дж.П.* // Теория звездных пульсаций. М., 1983.
7. *Unno W., Osaki Y., Ando H. et al.* // Nonradial Oscillations of Stars. Tokyo, 1989.

Современные наблюдения классических цефеид

Л.Н.Бердников, А.С.Расторгуев, Н.Н.Самусь

Классическими цефеидами* называют желтые (принадлежащие к спектральным классам F и G) сверхгиганты из звездного населения I типа, переменность блеска которых

* Общим названием «цефеиды» обычно объединяют классические цефеиды и звезды типа W Девы, рассматривая обе группы как аналоги, относящиеся к разным типам звездного населения. Первые принадлежат к числу объектов плоской составляющей Галактики.

© Бердников Л.Н., Расторгуев А.С., Самусь Н.Н., 2006

обусловлена их радиальными пульсациями. В настоящее время в Общем каталоге переменных звезд [1] зарегистрировано около 700 цефеид Галактики, периоды пульсаций которых заключены в пределах от одного до 68 дней.

Блеск этих звезд изменяется строго периодически с амплитудами от нескольких десятых до 1.5 звездных величин (в визуальных лучах), причем усиления яркости происходят значительно быстрее, чем ослабления —

кривые изменения блеска асимметричны. Во время пульсаций изменяются размеры (до 10%) и показатели цвета, а значит, и температура — в максимуме блеска цефеиды голубее и горячее. В максимуме все цефеиды имеют спектральный класс F5, а спектральные классы в минимуме бывают разными, от класса G до сравнительно высокотемпературных подклассов спектрального класса K: чем длиннее период, тем более холодной звезде соответствует спектр.

Что же известно к настоящему времени о цефеидах и почему необходимы их дальнейшие исследования?

Оглядываясь назад

Первые цефеиды — η Орла и δ Цефея — были открыты английскими астрономами-любителями Э.Пиготтом и Дж.Гудрайком в 1784 г. Наблюдения переменных звезд поначалу велись визуальным методом, поэтому число открытых объектов росло медленно: в последующие 100 лет их было найдено немногим более сотни, включая десяток цефеид. Положение кардинально изменилось в конце XIX в., когда астрономы стали применять фотографию: порой открывали до полутысячи переменных звезд в год. В начале XX в. было подмечено, что чем ярче цефеида, тем длиннее ее период изменения блеска. На рис.1, заимствованном из исторической работы Г.Ливитт [2], показано, как связана с логарифмом периода видимая звездная величина цефеид Малого Магелланова Облака в максимуме и в минимуме. Эта закономерность получила название зависимости «период—светимость». В те годы уже знали, что Малое Магелланово Облако представляет собой изолированную звездную группировку, т.е. все ее звезды находятся практически на одинаковом расстоянии от нас. А это значит, что соотношение между периодом и видимым блеском отражает связь между периодом и истинной светимостью звезды (ее абсолютной звездной величиной). Определив мощность излучения близких цефеид другими способами (измерив тригонометрический параллакс, установив так называемый статистический параллакс или воспользовавшись данными о цефеидах в звездных скоплениях с известными расстояниями) и сравнивая истинную светимость и видимую яркость звезды, с по-



Николай Николаевич Самусь, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН и Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга МГУ им.М.В.Ломоносова (ГАИШ), сопредседатель Международной общественной организации «Астрономическое общество». Руководит работами по составлению каталогов переменных звезд, занимается измерением лучевых скоростей цефеид и исследованиями шаровых звездных скоплений.

Леонид Николаевич Бердников, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ГАИШ. Область научных интересов — фотометрия классических цефеид, исследования их распределения в Галактике и эволюционных изменений периодов.

Алексей Сергеевич Расторгуев, доктор физико-математических наук, профессор физического факультета МГУ и ведущий научный сотрудник ГАИШ. Занимается изучением строения, кинематики и динамики Галактики, исследованиями переменных звезд и звездных скоплений.

мощью зависимости «период—светимость» можно найти расстояния до далеких цефеид. Благодаря этой зависимости цефеиды стали играть важнейшую роль в астрономии: по сравнению с другими объектами расстояния до далеких цефеид можно определить легче и точнее, а значит, можно узнать расстояние и до любой галактики, где их удастся обнаружить. Так, открытие цефеид в галактиках M 31, M 33 и NGC 6822 позволило американскому астроному Э.Хабблу в 1927—1928 гг. оценить расстояние до них и окончательно доказать, что они лежат за пределами нашей Галактики и представляют собой самостоятельные крупные звездные системы. Можно сказать, что именно цефеиды «переместили» наше

Солнце из центра единственной (как казалось прежде) звездной системы Млечного Пути на окраину одной из бесчисленного множества таких систем. Сейчас найденные данным способом расстояния используют для определения постоянной Хаббла, которая является ключом для решения вопроса о возрасте Вселенной, ее прошлом и будущем.

Точность измерения расстояний этим способом зависит как от точности установления зависимости «период—светимость» [3], так и от степени изученности самих цефеид. Поэтому в конечном итоге все упирается в проведение большого числа наблюдений. До середины прошлого века фотометрические наблюдения проводились визуальными или фотографи-

ческими методами, которые давали большие ошибки и не позволяли надежно определить расстояния до цефеид и выяснить их физические характеристики. Ситуация качественно изменилась с появлением фотоэлектрических фотометров, в которых регистрация светового излучения основана на фотоэффекте. Точность измерений блеска повысилась на порядок, а главное — стало возможным проводить высокоточные наблюдения звезд в различных участках спектра, что позволило определять межзвездное поглощение света от каждой звезды, ее температуру, расстояние и т.п.

Массовые фотоэлектрические измерения блеска цефеид стали проводиться с начала 1950-х годов, и в течение двух десятилетий интенсивность наблюдений оставалась высокой в обсерваториях многих стран, за исключением нашей. Именно в это время С.А.Жевакиным были заложены физические основы теории цефеид, объяснены причины радиальных пульсаций этих звезд. Долгосрочные наблюдательные программы всегда особенно успешно проводили российские и советские астрономы, и когда в семидесятых годах число проводимых наблюдений цефеид повсеместно стало быстро уменьшаться из-за переключения ученых на более «модные» направления, эстафету исследований подхватили в нашей стране. С начала восьмидесятых цефеиды стали активно и регулярно наблюдаться только у нас: в течение последующих двадцати пяти лет было получено свыше 75 тыс. наблюдений в широкополосной системе UBVR_I, что составляет сейчас около 60% всего мирового наблюдательного материала цефеид в этой стандартной системе.

На рис.2 показано распределение цефеид с надежно определенными расстояниями в плоскости Галактики. Солнце находится в центре рисунка, положение центра Галактики (GC)

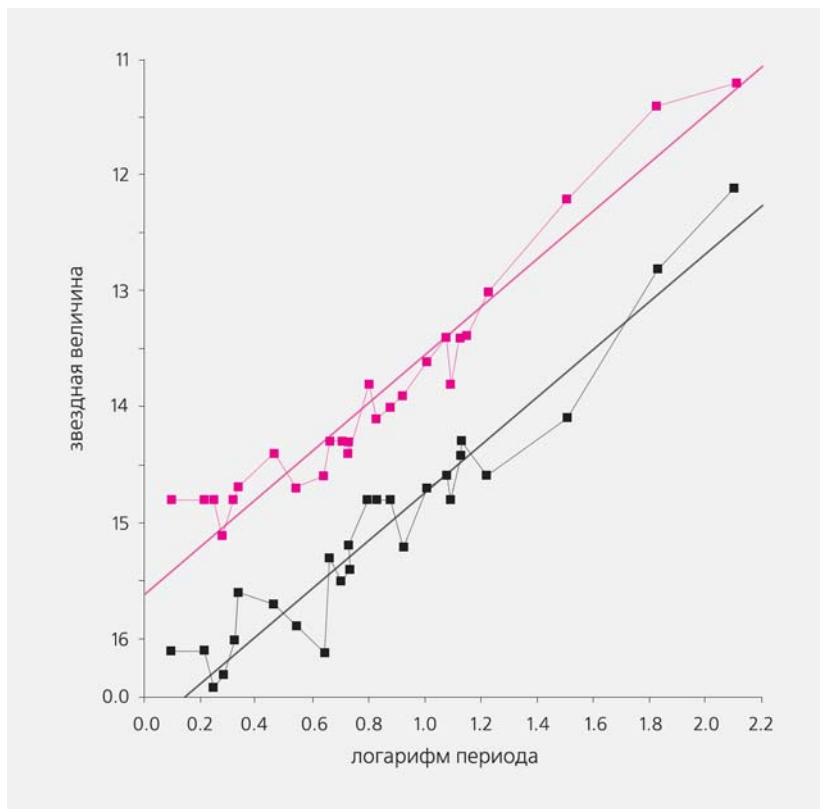


Рис.1. Зависимость между звездной величиной в максимуме (показана цветом) и минимуме и логарифмом периода (в сутках) для цефеид Малого Магелланова Облака из работы Г.Ливитт 1912 г.

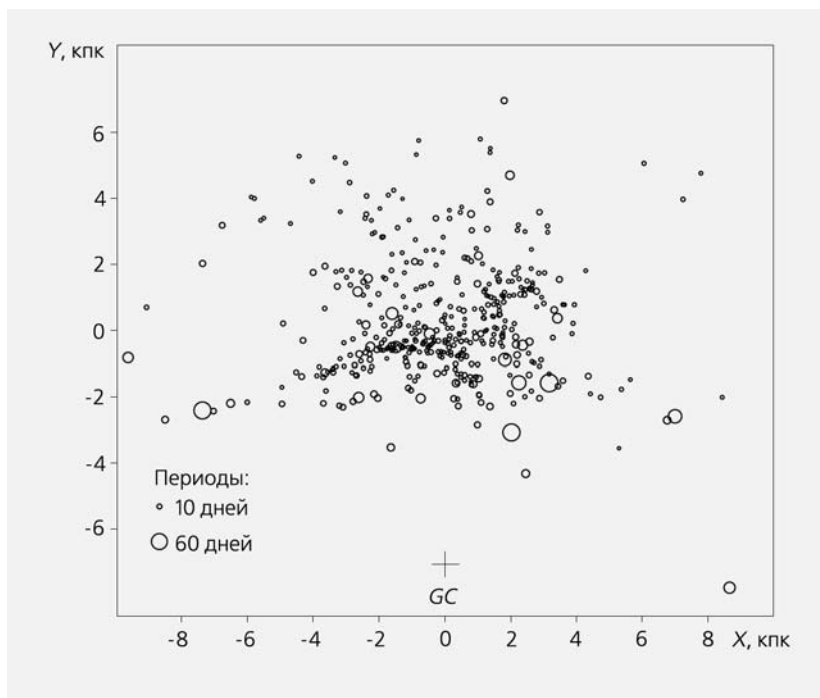


Рис.2. Распределение цефеид в проекции на плоскость Галактики.

отмечено крестом. Цефеиды изображены кружками, диаметры которых пропорциональны периодам в масштабе, показанном внизу слева. Поскольку цефеиды принадлежат плоской составляющей Галактики, изучение их пространственного распределения позволяет определить реальную структуру галактического диска [4].

Важнейшая наблюдательная характеристика цефеиды — период ее пульсаций. Уже в начале XX в. у некоторых звезд были обнаружены небольшие изменения периодов, у некоторых звезд период систематически увеличивается или уменьшается на протяжении десятилетий. Природа изменений периода оставалась неизвестной вплоть до 1960-х годов, когда появление ЭВМ дало толчок к бурному развитию теории звездной эволюции, которая и предсказала систематические медленные изменения периодов цефеид. Цефеида подобна пружинному маятнику, роль жесткости пружины играет средняя плотность вещества звезды. У эволюционирующей звезды постепенно меняется диаметр, а значит, и средняя плотность.

Что уже знаем

При изучении эволюции звезд всегда обращаются к диаграмме Герцшпрунга—Рассела, которая связывает температуру и светимость звезд. В ходе эволюции звезда перемещается по диаграмме вдоль кривой, именуемой эволюционным треком. На рис.3 представлена теоретическая диаграмма Герцшпрунга—Рассела, на нее нанесены эволюционные треки звезд с массой, в четыре (внизу) и семь (вверху) раз превосходящей солнечную. Штриховыми линиями показаны границы полосы неустойчивости, т.е. области, в которой звезды становятся цефеидами, а цветными отрезками — линии одинаковых периодов цефеид. Треки не совпа-

дают с линиями постоянного периода, значит, при пересечении звездой полосы неустойчивости ее период будет медленно изменяться. Мы видим, что, согласно теоретическим расчетам эволюции, эволюционный трек звезд с массой в четыре солнечных пересекает полосу неустойчивости только один раз, а трек более массивной ($7 M_{\odot}$) звезды — троекратно. Для некоторых звезд теория эволюции может предсказывать и пятикратное пересечение полосы неустойчивости, и каждый раз при этом звезда становится цефеидой. Если движение в полосе неустойчивости на нашей диаграмме происходит слева направо, то период цефеиды возрастает, если же справа налево — уменьшается. Средством анализа изменений периода служит диаграмма O—C, на которую в зависимости от времени нано-

сят разности между наблюдаемыми моментами максимального блеска (O) и предвычисленными моментами (C). В случае монотонного векового изменения периода диаграммы O—C будут иметь форму параболы, ветви которой идут вверх или вниз в зависимости от направления эволюции.

При изучении изменчивости периодов очень важно охватить наблюдениями как можно больший интервал времени. При этом не только собираются все опубликованные ранее данные, но и изучаются старые фотопластины, имеющиеся в архивах многих астрономических обсерваторий. С помощью старых данных удастся сконструировать диаграммы O—C, охватывающие столетний (а иногда и более продолжительный) временной интервал, что помогает выявить эволюционные измене-

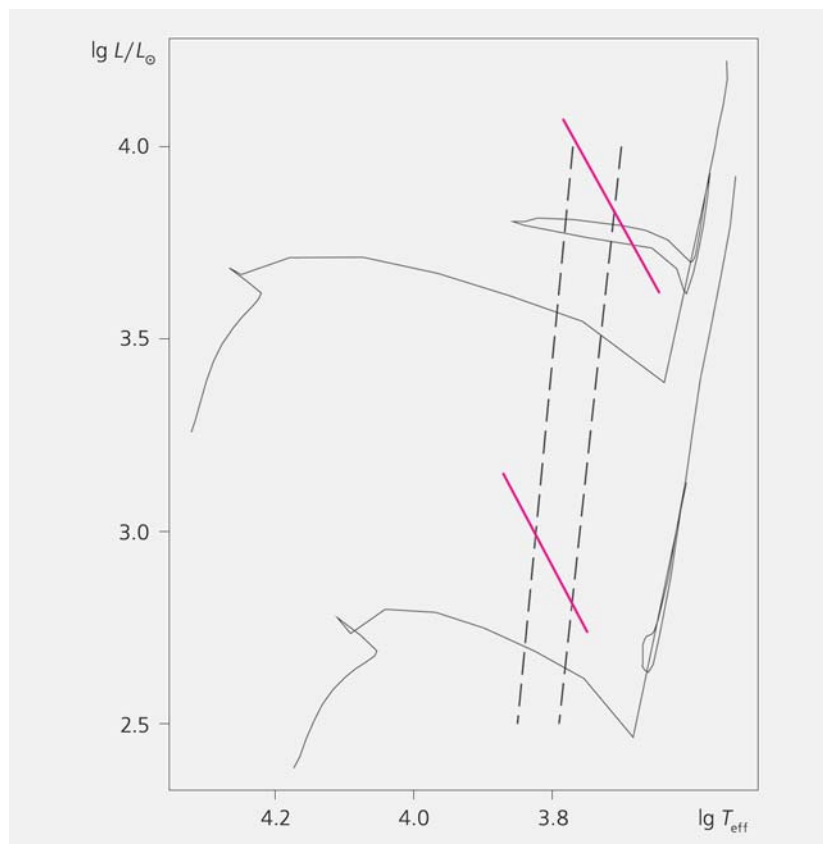


Рис.3. Эволюционные треки звезд на теоретической диаграмме Герцшпрунга—Рассела (по вертикали отложены логарифмы светимости, по горизонтали — логарифмы эффективной температуры).

ния периодов для большинства цефеид. В качестве примера на рис.4 приведена диаграмма O—C для цефеиды VY Киля [5], период которой необыкновенно быстро уменьшается.

Подобный анализ, проведенный почти для 200 цефеид, показал хорошее совпадение наблюдаемых скоростей изменения периодов с теоретическими, что позволяет определять, какой по счету раз каждая из звезд оказалась в полосе неустойчивости, а в перспективе сделает возможным строить зависимость «период—светимость» отдельно для каждого такого этапа эволюции. В результате возрастет точность измерения расстояний до цефеид, так как уменьшится разброс точек на зависимости (он связан в том числе и с тем, что звезды, находящиеся на разных по порядку пересечениях полосы неустойчивости, могут иметь равные периоды, но разные светимости).

Реализация проектов по поиску эффектов гравитационного микролинзирования, помимо решения основных поставленных задач, позволила открыть более тысячи новых цефеид в Магеллановых Облаках. Большинство из них имеют небольшие амплитуды изменений блеска и, как выяснилось, пульсируют в первом оберлоне. Тот факт, что свыше трети цефеид Магеллановых Облаков имеют малые амплитуды, совершенно не согласовывался с ситуацией в нашей Галактике, где на долю таких цефеид приходилось всего около 8%. Противоречие разрешилось довольно скоро — через несколько лет были опубликованы первые результаты мониторинга южного неба с ПЗС-приемниками излучения (проект ASAS), при котором было найдено более тысячи звезд, показывающих периодические изменения блеска небольшой амплитуды, а среди них, несомненно, есть и цефеиды. Это означает, что имеется шанс значительно увеличить число известных цефеид и использовать их как для

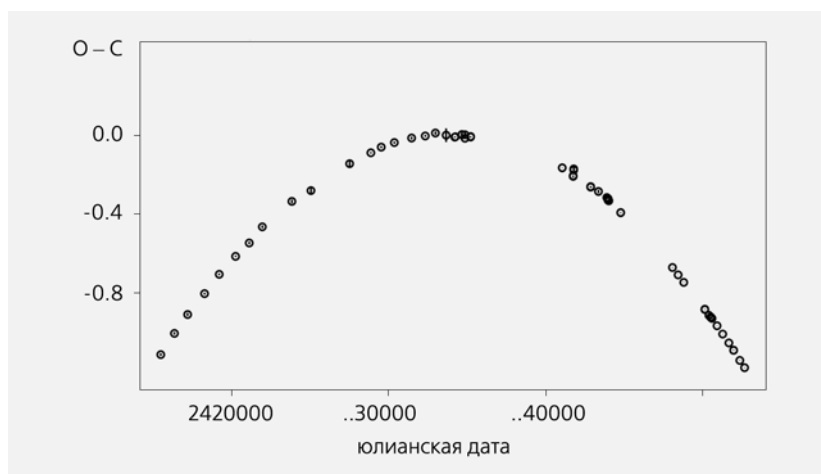


Рис.4. Диаграмма O—C для цефеиды VY Киля, период которой быстро изменяется (разность O—C выражена в долях периода звезды, который составляет 18.94 сут).

изучения свойств самих объектов, так и в качестве индикаторов расстояний при анализе структуры диска Галактики и для уточнения постоянной Хаббла.

В последние два десятилетия усилия исследователей были направлены на массовое измерение лучевых скоростей классических цефеид, т.е. скоростей движения их атмосфер вдоль луча зрения, определяемых на основе эффекта Доплера. Эти скорости отражают движение цефеиды в Галактике (для цефеид в двойных системах — и орбитальное движение), а также пульсационные движения в атмосферах. Начиная с 1986 г. при помощи созданного в ГАИШ МГУ корреляционного спектрографа — измерителя лучевых скоростей — астрономы ГАИШ и Института астрономии РАН сделали более 10 тыс. измерений для 165 цефеид северного неба с характерной погрешностью порядка 0.5 км/с и впервые построили кривые изменения лучевых скоростей с относительной точностью, сравнимой с точностью фотоэлектрической фотометрии. Полученный массив оригинальных высокоточных данных стал богатейшим в мире. Средняя скорость (скорость системы) большинства цефеид определена с погрешностью менее

0.1 км/с, а скорости многих слабых цефеид вообще получены впервые. На основе таких результатов можно решить целый ряд важных проблем строения и кинематики Галактики.

Что предстоит узнать

Во-первых, благодаря высокой светимости цефеид и сравнительно надежно установленной шкале расстояний можно использовать их лучевые скорости для уточнения кривой вращения Галактики, причем что особенно важно — на больших расстояниях от ее центра. Для этой цели лучше всего подходят цефеиды с галактическими долготами вблизи 135 и 225°. Более того, пользуясь полученными данными совместно с информацией о молодых рассеянных скоплениях, можно по возмущениям поля пространственных скоростей установить основные параметры волны плотности, определяющей спиральную структуру Галактики, такие как угол закрутки спиралей и амплитуды возмущений скоростей, составляющие 5—10 км/с. Вследствие серьезного влияния эффектов наблюдательной селекции (неполнота выборки, сильное межзвездное

поглощение) на пространственное распределение объектов именно особенности кинематики цефеид и скоплений содержат самую богатую информацию о спиральном узоре Галактики.

Во-вторых, пространственные скорости цефеид, вычисленные на основе надежно измеренных лучевых скоростей, а также собственных движений, приведенных в каталоге HIPPARCOS, дают возможность применить метод статистических параллаксов для определения их кинематических характеристик и уточнения шкалы расстояний. Предварительные результаты показали, что выборка цефеид с периодами пульсаций менее 9 суток может быть «засорена» цефеидами, пульсирующими в первом оберitone. Зависимость «период—светимость» для таких пульсаций иная, что необходимо учитывать. Этим же методом показано, что шкала расстояний группы цефеид с более продолжительными периодами не нуждается в заметной коррекции.

В-третьих, многолетний мониторинг лучевых скоростей открывает перспективу исследования спектрально-двойных цефеид. Поскольку спутниками сверхгигантов-цефеид являются, как правило, звезды главной последовательности, практически не вносящие вклада в суммарный блеск, в спектрах исследуемых цефеид видны линии только одного компонента. На основе нашей базы данных по высокоточным лучевым скоростям [6] удалось обнаружить ряд ранее неизвестных двойных цефеид, и по фотометрическим и спектральным данным, полученным в однородной системе, найти параметры орбит и массы компонентов новых и уже изве-

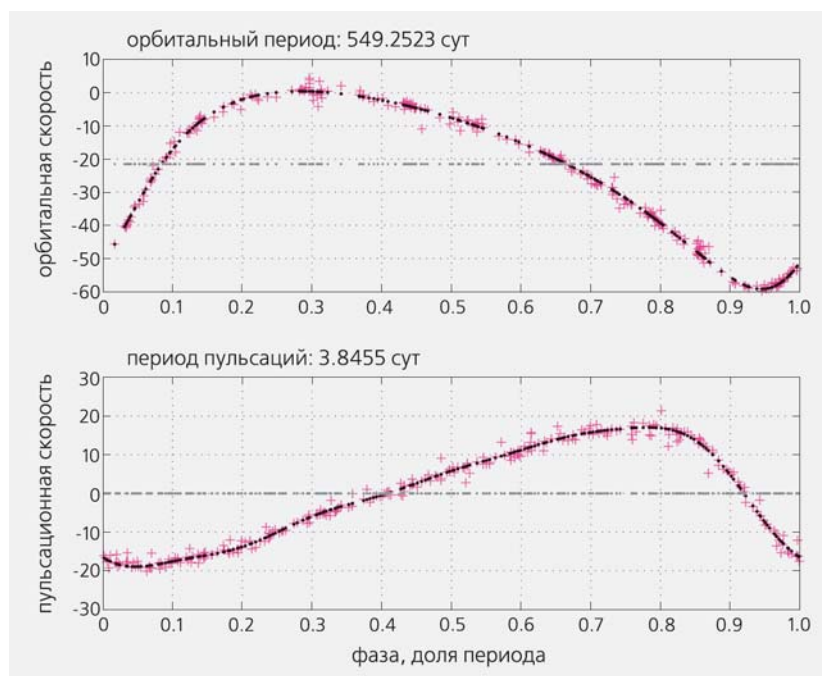


Рис.5. Кривые изменения лучевых скоростей двойной цефеиды SU Лебеда.

стных двойных цефеид. Периоды подавляющего числа спектрально-двойных цефеид составляют сотни дней, что согласуется с их большими геометрическими размерами. В качестве примера на рис.5 показаны орбитальная и пульсационная кривые изменения лучевых скоростей двойной цефеиды SU Лебеда, орбита которой характеризуется довольно высоким эксцентриситетом (0.36). Мы оцениваем долю спектрально-двойных цефеид Галактики в 22%, что хорошо согласуется с долей спектрально-двойных звезд-гигантов.

И наконец, объединяя информацию о лучевых скоростях цефеид с многоцветными фотометрическими данными, можно рассчитать пульсационные радиусы цефеид и выделить те це-

феиды, радиусы которых будут доступны непосредственному измерению при помощи современных интерферометрических методов. В частности, зависимость «период—радиус» у классических цефеид открывает дополнительные возможности для выделения цефеид, пульсирующих в первом или втором оберitone, и уточнения на этой основе индивидуальных расстояний цефеид Галактики.

Суммируем сказанное: классические цефеиды лежат в основе современной шкалы расстояний во Вселенной, остаются одним из основных средств исследования строения и кинематики нашей Галактики и являются объектами, позволяющими наиболее надежно проверить теорию эволюции звезд. ■

Литература

1. Холопов П.Н., Самусь Н.Н., Горанский В.П. и др. Общий каталог переменных звезд. Т.1—III. М., 1985—1987.
2. Leavitt H. Harvard Observatory Circular №173. 1912. P.1—3.
3. Бердников Л.Н., Возякова О.В., Дамбис А.К. // Письма в Астрон. журнал. 1996. Т.22. №12. С.936—944.
4. Бердников Л.Н. // Письма в Астрон. журнал. 1987. Т.13. С.110—117.
5. Turner D.G., Forbes D., van den Bergh S. et al. // Astronomical Journal. 2005. V.130. №3. P.1194—1205.
6. Горыня Н.А., Самусь Н.Н., Сачков М.Е. и др. // Письма в Астрон. журнал. 1998. Т.24. №12. С.939—942.

Археология

Поврежденные папирусы будут прочитаны!

В 1897 г. неподалеку от Каира (Египет), на развалинах древнегреческого городка Оксиринкус, было обнаружено множество папирусов, ставших с тех пор предметом многочисленных исследований. Около 10% манускриптов — литературные произведения (в том числе принадлежащие Аристофану, Софоклу, Еврипиду, Эсхилу, а также отрывки Евангелий), остальная часть — административные документы. Пока переведена и опубликована лишь очень незначительная доля текстов, но и она составляет почти 70 томов, хранящихся ныне в библиотеке Оксфордского университета.

Изучение папирусов затруднено их плохим состоянием. Однако недавно работа существенно ускорилась благодаря использованию цифровой камеры с несколькими ультрафиолетовыми и инфракрасными фильтрами, которые усиливают контраст между фоном и текстом. Это особенно важно для рукописей, написанных на темной или грязной поверхности. Теперь специалисты Оксфордского университета под руководством Д.Оббинка (D.Obbink) надеются расшифровать около 20% папирусов, ранее не поддававшихся прочтению.

Sciences et Avenir. 2005. №700. P.30 (Франция).

Охрана окружающей среды

Причины вымирания большой панды

В настоящее время большая панда, или бамбуковый медведь (*Ailuropoda melanoleuca*), обитает лишь в Китае и считается там национальным достоянием. В естественной среде оста-

лось около 1600 особей, в неволе по всему миру содержатся еще 163 бамбуковых медведя. Этой численности недостаточно для сохранения вида. По мнению некоторых специалистов, основная проблема заключается в том, что даже в природе большая панда размножается крайне неохотно. Для лучшего понимания полового поведения бамбуковых медведей китайские и американские биологи будут на протяжении трех лет отслеживать их поведение с помощью системы GPS в природном резервате, находящемся в провинции Шэньси.

У специалистов Всемирного фонда дикой природы иная точка зрения на причины сокращения численности панды. Их исследование 2001 г. показало, что главные угрозы, нависшие над видом, обусловлены сокращением или дроблением его ареала. Так, в провинции Сычуань, где большая панда наиболее многочисленна, ее ареал за последние 15 лет сократился вдвое.

Terre Sauvage. 2005. №211. P.56 (Франция).

Экология. Климатология

Спутниковая картография состояния кораллов

Европейский спутник «Envisat» способен обнаруживать обесцвечивание кораллов на глубинах до 10 м, тем самым предоставляя морским биологам возможность оценивать состояние коралловых рифов в мировом масштабе.

Эта неожиданная новация позволила австралийским исследователям недавно получить и изучить снимки коралловых рифов у о.Герон, находящегося у южной оконечности Большого Барьерного рифа.

Побеление кораллов происходит тогда, когда температура вод длительное время превышает

средние многолетние максимумы летних температур. А.Деккер (A.Dekker), один из участников исследования, отмечает, что увеличение частоты побеления, скорее всего, служит одним из признаков изменения условий окружающей среды в связи с глобальным потеплением. Отсюда — необходимость картографирования этого явления в мировом масштабе. Однако для выполнения картографических работ такого объема до сих пор использовались лишь самолеты и небольшие суда, что не позволяло покрыть наблюдениями столь обширные зоны, как Большой Барьерный риф. Полная оценка состояния этой огромной коралловой зоны должна занимать 15 дней. Теперь появился такой эффективный метод, как спутник «Envisat».

Science et Vie. 2005. №1059. P.36 (Франция).

Экология

«Экобеженцы»

Согласно данным ООН за 2005—2010 гг., от таких разрушительных процессов в природной среде, как опустынивание, истребление лесных массивов, подъем уровня моря и др., вынуждено будет переселиться в более благоприятные районы до 50 млн человек. К зонам риска отнесены пустыня Гоби (Китай), активное наступление которой угрожает многим поселениям; пахотные земли Турции, подверженные эрозии; половина орошаемых площадей Египта, оказавшихся засоленными, и даже о.Шишмарева на Аляске — там потепление вызвало таяние пласта вечной мерзлоты, что заставляет коренных жителей, иннуитов, покидать обжитые места.

ООН разрабатывает статус «экобеженцев», или «инвайронментальных беженцев». Такая юридическая норма позволит

установить степень ответственности на различных административных уровнях.

Science et Vie. 2006. №1060. P.28 (Франция).

География

К Полюсу недоступности — на санях под парусом

В январе 2006 г. трое испанских полярников — Рамон Ларраменди, Хуанма Вию и Игнасио Официальдегюи — завершили 4500-километровый переход через Антарктиду, продолжавшийся 62 дня. Они совершали его на санях специальной конструкции, оборудованных парусом, по форме напоминавшим бумажный змей.

Экспедиция испанцев стала первой в истории исследования Антарктиды, достигшей Южного полюса недоступности без применения механического транспорта, без авиационной поддержки и снабжения.

Географически Полюс недоступности — место, наиболее удаленное от любой точки побережья. Во время перехода полярниками отобрано более 50 проб льда, анализ которого будет проведен в лаборатории гляциологии (Гренобль, Франция) и даст информацию о климатических событиях последних 400 тыс. лет.

Science et Vie. 2006. №1062. P.17 (Франция).

Геофизика

Океан рождается на глазах

Специалистам, работающим по проекту «Геофизический литосферный эксперимент эфиопского Афар», удалось непосредственно наблюдать процесс формирования будущего океа-

на. Менее чем три недели спустя после землетрясения, произошедшего в сентябре 2005 г. на северо-востоке Эфиопии, в пустыне Афар, глазам геологов открылся разлом длиной 60 км и шириной 4 м. Образование разлома такого типа никогда ранее визуально не наблюдалось.

А.Аиеле (A.Ayele; Университет Аддис-Абебы, Эфиопия) отметил, что эта трещина или разлом — всего лишь незначительное событие в длительном процессе рождения океана. Район Афара расположен вблизи точки сочленения геологически подвижных зон: зоны большого рифта (разлома, возникшего в результате расхождения двух тектонических плит), континентальной восточноафриканской зоны и зоны океанических рифтов Красного моря и Аденского залива. Механизм, который привел к образованию нового разлома, сформировался 25—30 млн лет назад, когда тектоническая впадина Афар, смещенная к востоку, начала раздвигать Африканский континент. Этот постоянно нарастающий процесс влечет за собой подъем магмы, которая постепенно сформирует дно бассейна, и он будет активно наполняться водами. Однако, учитывая скорость спрединга (раздвижения краев разлома) — 2 см/год, новый океан появится через несколько миллионов лет.

Science et Vie. 2006. №1061. P.32 (Франция).

Зоология

Снимки гигантского кальмара

Морские биологи Ц.Кубодера и К.Мори (Ts.Kubodera, K.Mori; Токио) стали первыми, кому удалось сфотографиро-

вать гигантского кальмара (*Architeuthis dux*) в естественной среде. Для съемок была выбрана акватория в прибрежных водах Японии, где обитают кашалоты — главные враги гигантских кальмаров. Исследователи опустили на 900-метровую глубину трос с фотокамерой и приманкой (садком с креветками), которая привлекла молодого восьмиметрового кальмара (длина взрослых особей вместе с щупальцами достигает 18 м). Пока он на протяжении 4 ч пытался добраться до креветок, было сделано 550 снимков. «Схватка» с приманкой закончилась потерей щупальца, изучение которого и позволило провести видовую идентификацию этого головоногого моллюска.

Science et Vie. 2005. №1058. P.19 (Франция).

Геофизика

Феномен города Манаус

Город Манаус, расположенный в самом сердце Бразилии, поднимается и опускается в соответствии с водным режимом Амазонки. Этот феномен, амплитуда которого может достигать 7.5 см, открыт американскими и бразильскими геофизиками и объясняется переменами в общей массе речных вод. В дождливый период бассейн Амазонки проседает, причем средний расход реки достигает в это время 225 тыс. м³/с. Наоборот, в сухой период весь этот регион поднимается по мере того, как расход воды снижается до 90 тыс. м³/с, а уровень воды опускается на 15 м. Только упругость земной коры обеспечивает возможность такого процесса.

Science et Vie. 2005. №1058. P.44 (Франция).

Пресные и минеральные воды Сарепты

В.А.Широкова

Императрица Екатерина II, имея целью освоение южных необжитых окраин России и защиту их от кочевников и южных соседей, издала 4 декабря 1762 г. Манифест, которым определила место, условия и права переселенцев из Европы. Одними из первых на призыв России откликнулись потомки Чешских или Моравских братьев — гернгутеры из Саксонии. По прибытии братьев на берег р.Сарпы (1765) первым встал вопрос о названии поселения. Они обратились к Библии. Название реки — Сарпа — напомнило колонистам слова Господа, обращенные к пророку Илие: «Встань, и пойди в Сарепту Сидонскую, и оставайся там. Я повелел там женщине вдове кормить тебя. И встал он, и пошел в Сарепту». Итак, колонисты дали своему поселению библейское имя — Сарепта, подсказанное названием притока Волги.

Деревянный водопровод Сарепты

14 сентября 1765 г. в Сарепте начались строительные работы, а уже 11 октября колонисты вселились в первый дом. Начав с землянки в степи, поселение стремительно росло. В течение



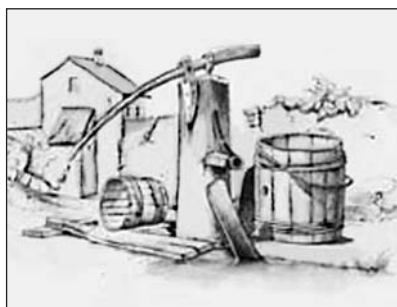
Вера Александровна Широкова, доктор географических наук, заведующая отделом истории наук о Земле Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Область научных интересов — история гидрологии, гидрохимии, лимнологии и гидротехники.

20—30 лет развились такие ремесла и производства, как кирпичная и гончарная фабрики, кузница, лесопильный завод, скорняжня, красильня, дубильня, пекарня, дом для производства мыла, мельницы, плотины на р.Сарпе и др. Были возделаны плантации овощей, посеяны зерновые, посажены сады и виноградники. Такое развитие, конечно, невозможно без воды. Поэтому уже в 1768 г. был сооружен первый деревянный (дубовый) самотечный водопровод из Шенбрунского источника в горах (Ергенинская возвышенность) не только в бассейн посреди площади поселения, но и в частные дворы. Для сравнения, в Царицыне (ныне Волгоград) водопровод проложили и открыли только в 1890 г.

А еще ранее пять братьев евангелического братства Августанского исповедания, получив августейшее разрешение 16 августа 1765 г., двинулись на юг от Царицына. Определяясь с местом поселения, они наткнулись на водный источник. А.Глич, школьный инспектор и помощник проповедника в общине Сарепты, писал об открытии Шенбрунского источника: «Из скопления песка там пробился сильный источник, который освежил их вкусной питьевой водой, в их сердцах возникла картина той живой воды, которая здесь, возможно, найдет свой источник, чтобы напоить жаждущий народ» [1]. На этом месте было основано селение Шенбрун, принадлежащее «Гернгутерской колонии,



Сарепта. Церковная площадь с водоразборным фонтаном. Начало XIX в.



Первый самотечный водопровод в Сарепте. «...С гор провели деревянные трубы, посреди своего жилища соорудили обширное вод вместилище с насосами, из которого довольствуются и все проезжающие» [3].

названное так по колодезю, содержащему весьма хорошую воду», — дает разгадку названия (от нем. Schönbrun — прекрасный источник) И.Н.Болтин — известный историк, археограф, член Российской академии наук и общественный деятель, часто посещавший эти места [2]. Болтин настоятельно рекомендовал всем приезжающим для лечения на курорт минеральных вод и лечебных грязей — «Екатерининские воды» — открытый в 1769 г., не использовать для питья воду из рек Волги и Сарпы, а довольствоваться водопроводной водой из Шенбрунского источника.

Академик И.И.Лепехин описал сарептский самотечный водопровод во время своего пребывания в Сарепте в 1768 г.: «...Низменные горы, с лишком в версте от их усадьбы находя-

щиеся, снабдевают прозрачною и приятною водою. Они с гор провели деревянные трубы, посреди своего жилища соорудили обширное вод вместилище с насосами, из которого довольствуются и все проезжающие. Из сегож вместилища во все жилища проведены трубы на Голладский образец, где каждая хозяйка в своей поварне завсегда имеет воды, сколько ей потребно» [3. С. 443—444].

Еще при основании поселка сарептяне отказались от воды из Волги и Сарпы, употребляя в качестве питьевой только родниковую. Именно это уберегло их от болезней и вымирания во время эпидемий. Так, в 1830 г. от холеры погибли тысячи людей вокруг Сарепты, в том числе и в Царицыне, не говоря уже об Астрахани и Саратове, а в поселке наблюдались только симптомы этой страшной болезни.

В 1775 г. сарептский водопровод усовершенствовали: в середине площади построили водяную камеру, при которой находился главный бассейн, снабженный напорным устройством, из него происходила регулировка воды. В 1791 г. к старой системе подсоединили еще один источник, обнаруженный на расстоянии в три версты. С выходом из строя деревянного трубопровода на некоторых участках ставили глиняные и железные трубы. Водопроводы доставляли в Сарепту ключевую воду со скоростью 1000 ведер в час.

При обследовании Царицынского уезда в 1911 г. санитарный врач В.Е.Забалуев сделал пометки по немецкому поселению Сарепта: «Постоянные жители для всех надобностей в достаточном количестве снабжены хорошей, не загрязняющейся водой из двух родников: одного на расстоянии одной версты, а другого на расстоянии трех верст от колонии. Выходы родников заключены в деревянные срубы, откуда вода поступает в закрытые цистерны; из последних по оцинкованным трубам самотеком поступает в 10 фонтанов для общественного пользования и 21 в частных дворах. Из квартир лишь некоторые имеют краны с водой. Содержание и ремонт водопроводных сооружений обходится ежегодно в 1200 руб.» [4. С. 12].

Водопровод в поселке Сарепта просуществовал вплоть до крупномасштабного строительства жилых высотных зданий и централизованного водопровода в 1960-х годах.

Сейчас самоизливающиеся источники — памятники природы, «Шенбрунские родники» — особо охраняемые природные территории. Жители близлежащих районов и по сей день пьют и хвалят эту природой очищенную воду. Ученики близлежащей гимназии №6 под руководством заслуженного учителя и руководителя общества учащихся «Эколог»

И.В.Зверевой не только изучают историю своей знаменитой местности, но и активно способствуют ее сохранению и благоустройству.

Екатерининские воды

Иная, бесславная участь постигла курорт минеральных вод и лечебных грязей, открытых по подсказке калмыков в 1769 г. врачом братства И.И.Виером* на склонах Ергенинской возвышенности. Они были обнаружены в восьми верстах на северо-запад от Сарепты, в семнадцати — на юго-восток от Царицына и в трех — на запад от Волги. Целебные свойства воды [5] в источниках и грязи позволили Виеру в 1775 г. при содействии братской общины организовать курорт минеральных вод с грязелечебницей — «Екатерининские воды», названный в честь Императрицы Екатерины. Это был один из первых в России курортов с минеральными и грязевыми ваннами. Из 32 источников самый мощный (Екатерининский) давал 10 тыс. л воды в час, вкус воды был свежим и несколько солоноватым. Вокруг источника стояло восемь домов для обслуживающего персонала. Больные ездили из Сарепты на лошадях, которых покупали у калмыков здесь же. В 1796 г. Указом императора Павла I земли рядом с «целительным колодцем — 45 десятин удобных и 342 десятины неудобных»

* Иоганн Иоахим Виер (Вир, Wier, 1728—1782) — известный сарептский медик, фармацевт и ученый. Родился в Германии. Член евангелического братства Августанского исповедания (община гернгутеров). Медицинское образование получил в Германии. Основатель первой в регионе аптеки. Содержал огород аптекарских растений. В специальной лаборатории самостоятельно изготавливал лекарства. Исследовал в сарептской аптеке открытые им минеральные воды. Как практикующий врач был известен за пределами Сарепты: в Царицыне, окрестных селах, калмыцких улусах. Умер в Сарепте.



Шернбрунский источник близ Сарепты.

Здесь и далее фото автора



Сарептская аптека.

были переданы на льготных условиях Сарептской общине. На Сарептском курорте лечились екатерининские вельможи. Его посетили представители многих аристократических фамилий России: Апраксины, Бехметьевы, Борятинские, Воронцовы, Вяземские, Голицыны, Грязные, Лопухины, Меликовы, Меншиковы, Нарышкины, Орловы, Разумовские, Ртищевы, Урусовы, Шаховские и др. [6. С.16].

К концу XIX в. в Российской Империи уже открыто и описано естествоиспытателями-химиками и врачами около 500 источников и 54 курорта. Врачи составляли диетико-терапевтические руководства для «врачующих и врачующихся», а химики исследовали воды в топографическом, геологическом и химическом аспектах.

Во всех крупных работах «Сарептские целительные воды» занимают достойное место.



Курорт «Екатерининские воды».



Штамп на бутылке с сарептской минеральной водой.

Известный врач-бальнеолог, «доктор Медицины и Хирургии, Действительный Статский Советник, Член Императорских Обществ Вольнаго Экономическаго и Русскаго Географическаго» К.И.Грум-Гржимайло в своем фундаментальном труде, посвященном минеральным водам и лечебным грязям, отвел сарептским целительным источникам отдельную главу: «В Саратовской губернии в Царицынском

уезде, где на протяжении почти 200 верст встречается более 30 ключей минерализованных вод, отличающихся преимущественно горьковатым вкусом... Воды эти были в большом употреблении и развозились некогда в кувшинах по губерниям; все оне в совокупности описаны Георги в 1776 г., Палласом 1778, Веревкиным 1780, Болтиным 1782, Фальком 1786 и др.; над ними сделаны надлежащие наблюдения. <...> Нет определенного анализа воды; но некоторые составные части ея доказаны. Ее исследовали Гильденштедт, Вир, Герман, Георги, Зейдель. Она, без сомнения, содержит серноокислую магнезию, серноокислый натрий и кальций, дающие солоноватый вкус воде. Доказано также присутствие в ней железной закиси, потому, что где вода протекает из колодца, осаждается охристое вещество и горькая соль, почему и считали сарептскую воду железистою. Очевидна в воде угольная кислота; кроме того, в воде находятся углекислая и серноокислая известь. Относительно минерализации, в фунте воды содержится от 30 до 32 гранов твердых частей; Георги из 100 унцев воды получил их пол унца и два скрупула; Щека-

тов показывает в 6 унцах воды $3\frac{1}{2}$ золотника твердых частей. В Сарептской аптеке приготовлялась из нея горькая соль и хлористый магний» [7]. По химическому составу воды Екатерининского источника сходны с Пирмонтскими водами.

В конце XVIII в. «Екатерининские воды» пользовались уже всероссийской славой. Курорт ежегодно посещало до 300 человек, преимущественно из дворянской знати, военных и духовенства. Ергенинскую минеральную воду разливали в бутылки и развозили в различные города и села России: «...в каждой год до 20000... Взимая с бутылки по четыре копейки» [3. С.96]. По мнению современных курортологов, это была первая из отечественных бутилированная вода.

К 1781 г. «тщанием и трудами И.Виера» было построено: «покрытие колодезя сараем длиною с небольшим тридцать сажень, а шириною около четырех. Поперешняя его стороны одна к горе, подле которой и колодез находится, а другая к полю: сия вся отверста и ею входят в сарай; с протчих же сторон защищено и покрыто лубьями. Колодез обделан изрядно рубленным срубом, и накрывается створчетою западнею. Вода в нем вровень с пошвою сарая, а избытки оныя, с тихим журчанием, стекают жолобом, положенным под землю, в лощину находящуюся против поперешной стороны сарая... По правую руку сарая, во всю надольную его сторону, построены небольшие горенки, разгороженные досками. В каждой перегородке находится по одной ванне, и по кровати для отдохновения. В ванны проведено по две трубы, из коих одна теплую, а другая холодную воду источают: таких ванн зделано восемт... Приезжие к водам живут в домах Шернбруне — три, Отраде — шесть, на берегу Волги — пять, и того четырнадцать» [2. С.12—13, 88]. Кроме того, обещано было построить еще «несколько домиков; и лучше обделается колодезь, на пять сот рублей, дан-

ных нарочно для того, Княгинию Натальею Александровною Голицыною» [8. С.16].

М.И.Веревкин (1732—1795) — писатель, переводчик, педагог — приводит данные: «Где, сколько я могу проведать, кто, в котором году, как далеко от колдодца жил, от чего лечился и с каким успехом» за период с 1775 по 1780 г. (Только за 1780 г. есть сведения о 122 «посетителях». — *В.Ш.*) [8]. Эти столь тщательно собранные данные принадлежат не Веревкину, а Виеру, о чем и пишет Болтин: «Виер с оскорблением жаловался мне и бывшим со мною у него в доме, что упомянутый М.Веревкин, выпрося у него почитать примечания его о водах, с описанием трав в тамошнем краю растущих, и описью сколько в котором году было приезжих к водам, какими болезнями были они одержимы, и какую пользу от питья вод получили; напечатал все под своим именем; о чем он очень сожалел», особенно потому, «что описание то издано не в таком виде, в каком желал он его издать» [2. С.25—26].

После смерти Виера курорт содержали его вдова и сарептский врач К.А.Зейдель. С покорением горских племен и освоением Пятигорских минеральных вод в начале XIX в. курортный центр России переместился на Северный Кавказ. «Екатерининские воды» пришли в упадок. В 1801 г. сюда прибыл всего один иногородний посетитель. Курортом стало пользоваться только местное население. Содержать его стало невыгодно, и он был закрыт. Упадок и ликвидация курорта повлекли за собой резкое сокращение добычи и потребления минеральной воды из родников Ергенинского плато. И лишь в 40-х годах XX в. было продолжено изучение ее химического состава и лечебных свойств. Ергенинские глины содержат большое количество легкорастворимых солей — гипса, известняка, поваренной соли. Ергенинская минеральная вода



Сарпта. Площадь Свободы (бывшая Церковная площадь).

относится к группе сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевых вод и рекомендуется при заболеваниях печени, почек, желудочно-кишечного тракта и при нарушениях обмена веществ [9]. Первые клинические наблюдения над действием Ергенинской минеральной воды при лечении заболеваний органов пищеварения стали проводиться в 1940—1941, а затем в 1946—1948 гг. Результаты исследований позволили определить круг болезней, поддающихся лечению. Исполнительный комитет Сталинградского городского Совета народных депутатов в 1954 г. принял решение об организации буты-

лочного розлива и газирования минеральной воды для обеспечения научного исследования. По решению Волгоградского областного Совета народных депутатов к середине 60-х годов XX в. было налажено промышленное производство минеральной воды «Ергенинская» бутылочного розлива для широкого потребления [10. С.16].

И хотя курорт «Екатерининские воды» не сохранился, до сих пор Ергенинская питьевая минеральная вода добывается на склонах Ергени и в Чапурниковской балке (на территории Красноармейского и Кировского районов г. Волгогра-



Надгробный камень с могилы И.И.Виера.

да) и широко применяется в лечебных целях в санаториях Волгограда и Волгоградской области (Дубовка, Качалино). Всего в этом районе обнаружено около 40 источников, из них первые пять найдены и исследованы сарептским врачом Виером.

* * *

Основанная немцами в 1765 г. как религиозная миссия среди калмыков, Сарепта сегодня стала крупнейшим музейным комплексом Нижнего Поволжья XVIII—XX вв. По инициативе Комиссии содействия охране памятников истории и культуры Красноармейского райсовета г. Волгограда в 1989 г. был создан Музей истории Сарепты-Красноармейска. Год спустя районный музей преобразовали в Государственный историко-

этнографический и архитектурный музей-заповедник «Старая Сарепта». Я глубоко благодарна сотрудникам «Старой Сарепты» и особенно его директору М.И.Табакову, много сделавшему для сохранения и возрождения музея в столь сложное и кризисное время, за предоставленную возможность ознакомления и дальнейшего использования архивных документов, фондовых и экспозиционных материалов.

Сегодня «Старая Сарепта» — крупный научно-исследовательский, методический, культурный и туристический центр, цель которого не только сохранить и донести до широких масс самобытную культуру коренных народов Волгоградской области, но и приумножить ее. В 2005 г. Сарепта отметила свой 240-летний юбилей. ■

Литература

1. Глич А. История братской общины Сарепта на востоке России во время ее столетнего существования. Сарепта, 1865.
2. Болтин И.Н. Хорография сарептских целительных вод. СПб., 1782.
3. Лепехин И.И. Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства. Ч.1. СПб., 1771.
4. Забалуев В.Е. Водоснабжение в Саратовской губернии в Санитарном отношении. Царицынский уезд. Саратов, 1913.
5. Виер И.И. [Георги И.Г.] Наставление об употреблении сарептских целительных вод // Санктпетербургский вестник. Ноябрь. Ч.2. СПб., 1778.
6. Медведев В. «Екатерининские воды» // Новости Сарепты. №35—36. 9 сентября 2005 г.
7. Грум Кондратий [Грум-Гржимайло К.И.] Полное, систематическое, практическое описание минеральных вод, лечебных грязей и купаний в Российской Империи. СПб., 1855.
8. Веревкин М.И. Описание Екатерининских вод в Астраханской губернии между города Царицына и селения Евангелического братства Сарепты, собранное в месте 1780 г. в Августе и Сентябре месяце Михаилом Веревкиным. М., 1782.
9. Широкова В.А. История гидрохимии в России: этапы развития, проблемы, исследования. М., 2005.
10. Курышев А.В. Ергенинская минеральная вода // Новости Сарепты. №35—36. 9 сентября 2005 г.

Морские пауки

Е.В.Богомолова, В.В.Малахов

Чтобы никого не вводить в заблуждение, сразу оговоримся — никаких пауков в море нет. Они вообще крайне неохотно покидают сушу; водный образ жизни ведет лишь один вид — обитающий в пресных водах паук-серебрянка (*Argyroneta aquatica*). Морские пауки — это особая группа беспозвоночных, которая наряду со всем знакомыми паукообразными, ракообразными и насекомыми входит в тип членистоногих — самых многочисленных и разнообразных многоклеточных животных в современной биосфере, освоивших все среды на Земле.

В зоологии морских пауков называют Rantopoda (от греч. παντός — весь и ποδι — нога), т.е. «состоящие из одних ног», или Руспогониды (от греч. ρυχνός — частый, плотный и γωνίχ — угол), т.е. «многоугольные» или «многоколенчатые». Хотя зоологам морские пауки известны с середины XVIII в. (в нашей стране ими занимались выдающиеся ученые В.М.Шимкевич и В.А.Догель) и уже описано более 1200 видов, однако до сих пор плохо изучена фауна пикногонид многих регионов и слабо разработана классификация (нет даже общепринятого деления на отряды).

Морские пауки обитают во всех районах Мирового океана, на всех глубинах от литорали до абиссали и на любых грунтах. Обычно они живут в условиях



Владимир Васильевич Малахов, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий кафедрой зоологии беспозвоночных биологического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Автор более 200 публикаций. Область научных интересов — сравнительная анатомия и эмбриология беспозвоночных животных. Член редколлегии журнала «Природа».



Екатерина Валериевна Богомолова, кандидат биологических наук, научный сотрудник той же кафедры. Специалист по морским паукам.

нормальной океанической солености, лишь немногие виды способны существовать в опресненных водах таких морей, как Черное или Балтийское. Большинство морских пауков — свободноживущие донные животные, некоторые — симбионты донных беспозвоночных: кишечнополостных, иглокожих или моллюсков, а иногда и планктонных организмов (медуз). Отдельные карликовые формы обитают в капиллярных пространствах между частицами морского грунта [1]. Некоторые виды освоили районы под-

водного вулканизма — гидротермальные зоны.

Размеры морских пауков сильно варьируют: от 4 мм до 70 см в размахе ног [1]. Туловище по сравнению с ногами крошечное — от 1 мм до нескольких сантиметров, поэтому выглядят морские пауки очень странно: кажется, что тело животного состоит только из ног. Благодаря покровительственной, маскирующей окраске многие пикногониды — животные с маленьким туловищем и длинными тонкими ногами — превращаются в «привидения», которые



Самец морского паука *Nymphon longitarse*, пойманный в Белом море.
Фото С.А.Белорусцевой

трудно заметить среди водорослей, в зарослях гидроидов или кораллов. К тому же морские пауки очень неторопливы. Одни из них — с массивным дисковидным туловищем и относительно короткими ногами — сидят неподвижно (например, на теле иглокожих или актиний) либо

медленно ползают по дну. Другие — стройные с длинными конечностями — способны шагать по дну и даже плавать, перебирая ногами, как при ходьбе, или толчками — складывая и расправляя ноги [1]. Лишь для немногих видов плавание — нормальная форма активности. Как

правило, морские пауки оказываются в толще воды случайно и стремятся быстрее опуститься на дно, принимая характерную позу — собирая вместе и заводя ноги за спину, что позволяет уменьшить гидродинамическое сопротивление.

Строение

Туловище морского паука разделено на четыре сегмента, от которых обычно отходит семь пар конечностей. Четыре из них принадлежат сложному, состоящему из четырех слившихся частей, головному сегменту: вооруженные клешнями хелифоры (с их помощью пикногониды удерживают, разрывают на части, а иногда и ловят добычу), покрытые чувствительными щетинками пальпы, яйценосные ножки и одна пара ходильных ног. Остальные три пары ходильных ног крепятся каждая к своему сегменту. Состоящая из восьми члеников нога отходит от длинного бокового отростка сегмента туловища

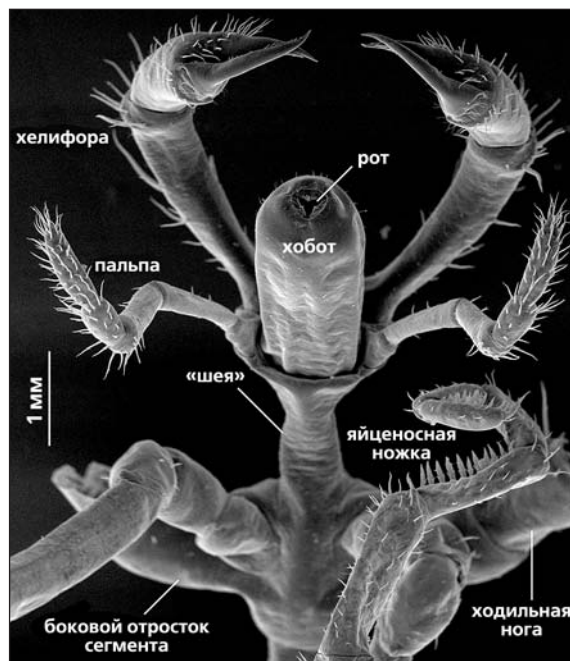
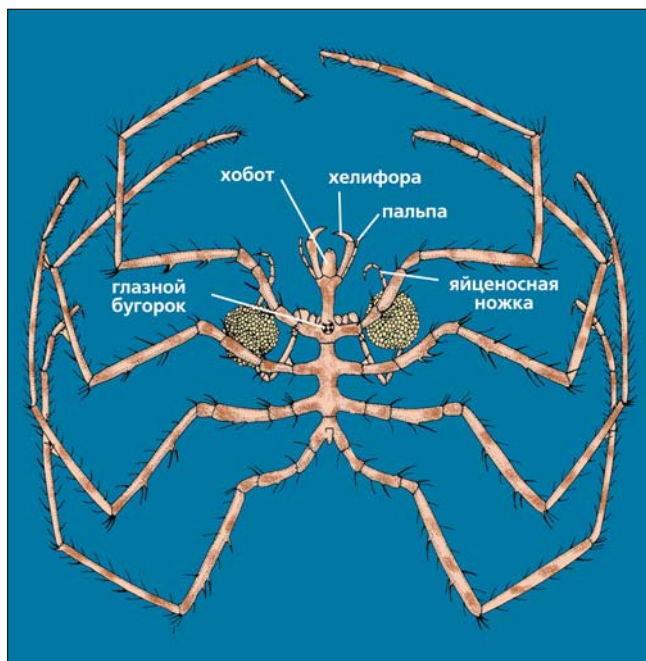


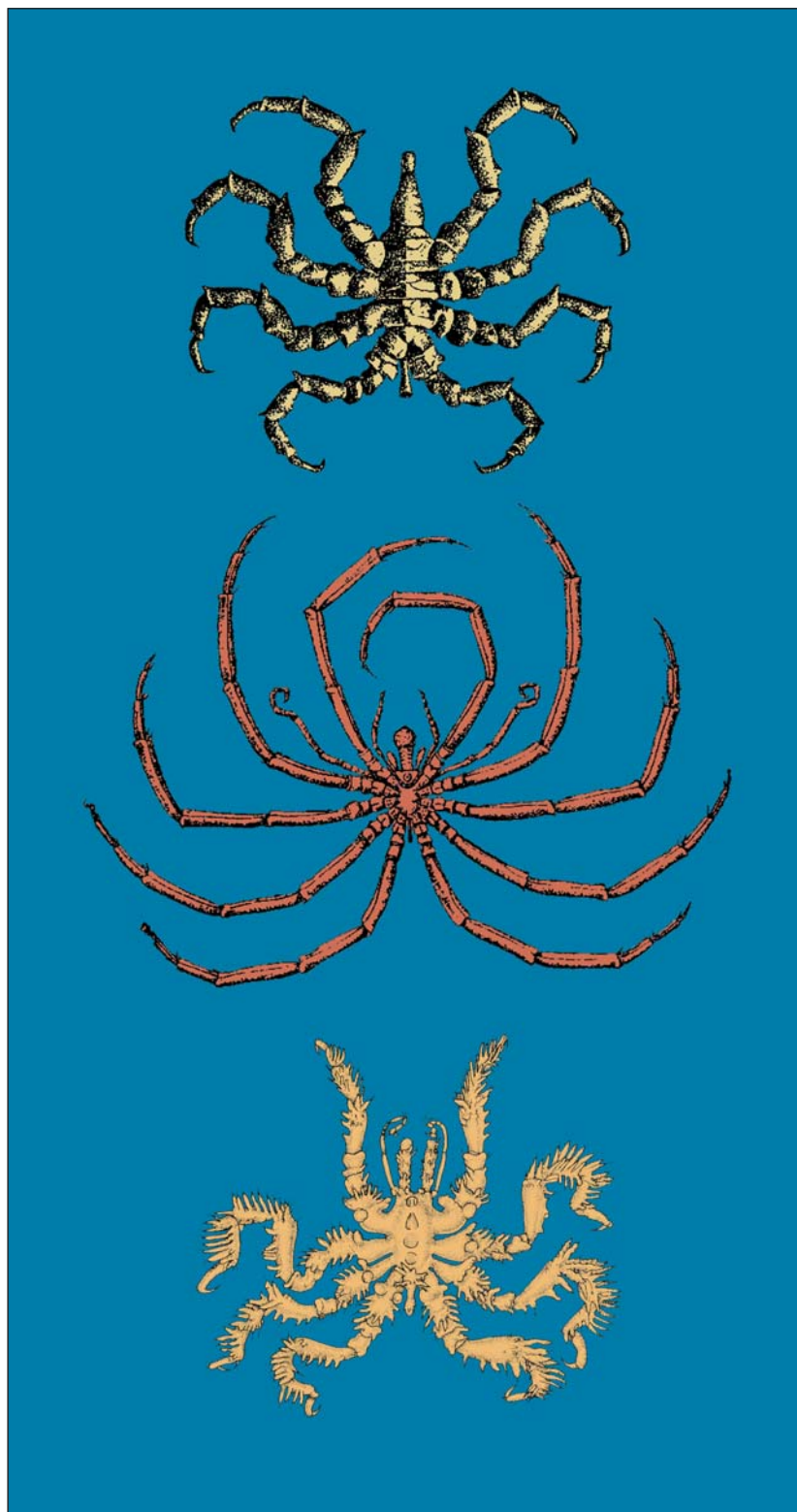
Схема строения морских пауков на примере самца *Nymphon brevirostre* и микрофотография его головного сегмента (вид с брюшной стороны).

Здесь и далее микрофотографии Е.В.Богомоловой

и заканчивается главным коготком и обычно еще двумя придаточными. Ими морские пауки так крепко цепляются за субстрат, что их трудно извлечь из массы обрастаний, где они кормятся. В природе морские пауки нередко обламывают свои длинные ноги. Часто встречаются особи, у которых некоторые ноги светлее и меньше других, — видимо, так выглядят регенерирующие конечности.

Нередко набор конечностей у пикногонид отличается от типичного, на чем и строится их классификация. Во-первых, могут отсутствовать все три первые пары конечностей или некоторые из них. Для многих видов характерен половой диморфизм: у самок яйценосные ножки отсутствуют или короче, чем у самцов. Во-вторых, число сегментов туловища, а значит, и ходильных ног, тоже может отличаться от обычного: известно семь видов с пятью парами ходильных ног и два — с шестью. Такие многоногие и, как правило, крупные формы встречаются в разных семействах и поразительно схожи с каким-нибудь родом типичных восьминогих морских пауков, от которых, вероятно, и произошли.

Полость тела в туловище и ногах разделена горизонтальной перегородкой (септой) на спинной и брюшной отделы, в которых гемолимфа движется в противоположных направлениях. Сердечная трубка в поперечном сечении треугольная: спинная сторона представляет собой просто стенку тела, а боковые сходятся и прикрепляются к кишке со спинной стороны. Сердце пикногонид редуцированное, с тонкими стенками без сплошного слоя сократимых элементов и, по-видимому, не играет важной роли в циркуляции гемолимфы. Возможно, гораздо большее значение для ее движения имеет перистальтика кишечника, оплетенного сетью поперечнополосатых мышечных волокон, и колебания горизонтальной септы.



Разнообразие морских пауков по пропорциям тела и набору конечностей. Сверху вниз: *Pycnogonum litorale* с коротким туловищем и конечностями, нет хелифор, пальп, а у самок — и яйценосных ножек; *Decolopoda australis* с дисковидным туловищем и пятью парами ходильных ног вместо обычных четырех пар; *Nymphopsis spinosissima* с коротким туловищем и ногами с многочисленными выступами.

Принято считать, что специализированной дыхательной и выделительной систем у морских пауков нет [2]. Однако недавно у *Nymphopsis spinosissima* описаны органы, которые по строению сходны с выделительными железами других членистоногих, находятся они в базальных члениках хелифор [3]. Кутикула, которая у пикногонид сравнительно тонкая и некальцинированная, пронизана протоками многочисленных кожных желез, что облегчает транспорт газов через покровы. «Дышат» морские пауки всей поверхностью тела — при тонких ногах и небольшом туловище этого достаточно.

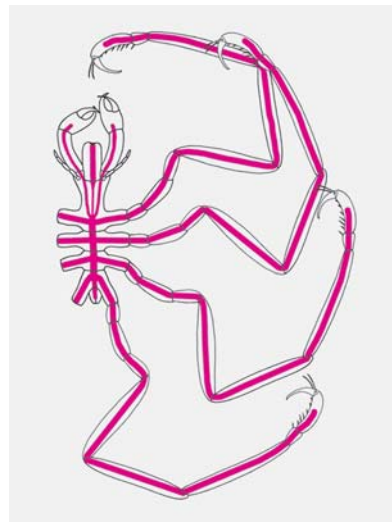
Сложных фасеточных глаз, таких как у ракообразных и насекомых, у морских пауков нет. На спинной стороне головного сегмента находится глазной бугорок с двумя парами глазков, которые способны определять лишь направление и интенсивность света, и еще парой «боковых органов» с невыясненной пока функцией. У глубоководных форм, живущих в полной темноте, глаза, да и сам глазной бугорок обычно редуцированы. Из прочих органов чувств у пикногонид есть щетинки, а также мелкие сенсиллы. Их много на всех участках тела, прежде всего на ногах.

Питание

Если чем и напоминают морские пауки наземных, так это способом питания. И у тех, и у других мало пригодных для сбора и измельчения пищи структур: их ротовые аппараты не содержат ни мандибул, ни максилл, которыми обрабатывают пищу ракообразные и насекомые. Настоящие пауки вводят в тело жертвы ферменты и затем поглощают жидкие полупереваренные ткани (наружное пищеварение). Морские же пауки хоботом с Y-образным ртом просто всасывают мягкие ткани беспозвоночных, а переваривают

в отростках средней кишки, расположенных в конечностях (!). У настоящих пауков кишка тоже с боковыми отростками, но они никогда не бывают такими длинными, как у пикногонид, и не заходят в конечности.

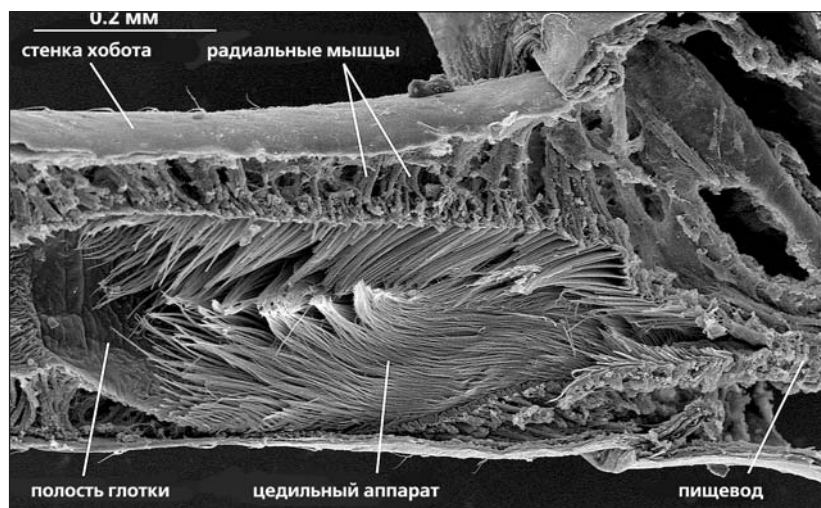
Первичная обработка пищи происходит в глотке (она треугольной формы на поперечном срезе), которая пронизывает весь хобот. Во время питания радиальные и кольцевые мышцы сокращаются, вызывая ритмичное сужение и расширение просвета глотки. В задней ее половине кутикулярная выстилка образует цедильный аппарат, который предназначен для очень тонкого измельчения пищи. Он состоит из многочисленных шипов, расположенных рядами и направленных вперед, к рту. Шипы перистые: от «ствола» отходят тонкие боковые «бородки», между которыми остаются промежутки шириной менее 1 мкм. Совокупность шипов и бородок образует сито с очень мелкой ячейкой, поэтому в пищевод попадает кашка, не содержащая не только целых клеток жертвы, но даже органоидов (!). Столь тщательное измельчение пищи необходимо для последующего внутриклеточного переваривания внутри отростков средней кишки, которые доходят почти до конца хелифор и ходильных ног. Заканчивается пищеварительная система пикногонид короткой задней кишкой.



Пищеварительная система (выделена цветом) морских пауков.

лифор и ходильных ног. Заканчивается пищеварительная система пикногонид короткой задней кишкой.

Пищей морским паукам обычно служат прикрепленные ко дну или малоподвижные беспозвоночные с мягким телом, чаще всего кишечнополостные. Их присутствие пикногониды способны чувствовать на расстоянии, для этого у них есть специальные рецепторы, расположенные на туловище, ходильных ногах и хоботе [1]. Многие сублиторальные виды морских



Микрофотография хобота *N.brevirostre* в продольном разрезе.

пауков питаются на колониях гидроидных полипов: удерживая клешней ножку гидроида, хищник погружает конец хобота в окружающую полип чашечку и высасывает его. У крупной особи *Nymphon* это занимает около минуты. Безусловно, гидроиды, как и все кишечнополостные, умеют защищаться: их стрекательные клетки выстреливают нитью, свернутой в капсуле, содержимое которой токсично для многих беспозвоночных, но, по видимому, не для морских пауков. Пикногониды с крупным хоботом часто питаются тканями актиний (у таких пикногонид обычно отсутствуют хелифоры), могут целиком поглощать сцифистом — особой полипоидного поколения сцифоидных (например, медузы аурелии). Иногда морские пауки хелифорами отрывают кусочки пищи, подносят ко рту и всасывают хоботом. Многие пикногониды специализируются на питании мшанками, некоторые могут ловить донных ракообразных и полихет. Некоторые морские пауки едят водоросли и детрит, но это исключение. Пикногониды могут переносить длительное (до 18 месяцев!) голодание [1]; физиологические механизмы, обеспечивающие эту способность, пока не изучены.

Сами пикногониды редко служат пищей другим животным. Лишь иногда их доля в содержимом желудков рыб, крабов и креветок бывает столь велика, чтобы можно было говорить об избирательном поедании морских пауков [1].

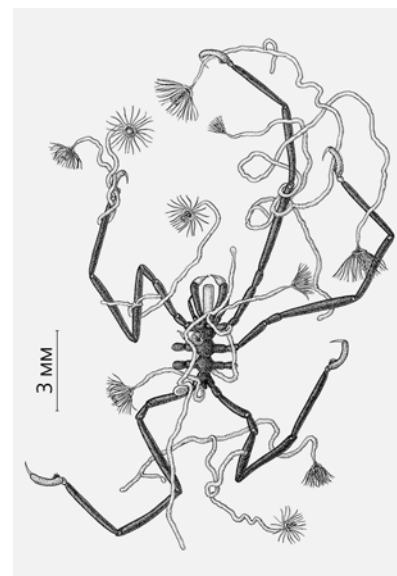
Эпибионты

Большая площадь поверхности тела при малоподвижном образе жизни способствует тому, что покровы морских пауков в периоды между линьками заселяются разнообразными эпибионтами. Так, при изучении морских пауков Белого моря на их покровах, кроме разнообразных бактерий и водорослей

(красных, зеленых, диатомовых), обнаружена богатая фауна, включающая представителей одиннадцати классов беспозвоночных. Чаще всего встречаются фораминиферы, гидроидные полипы, мшанки, молодь двустворчатых моллюсков. Кроме того, на кутикуле морских пауков поселяются инфузории, камптозои, асцидии. На теле крупных пикногонид можно найти даже усоногих рачков — баянусов. Для большинства организмов, в жизненный цикл которых входит свободноплавающая расселительная стадия, покровы пикногонид — просто твердый субстрат, пригодный для оседания личинок из толщи воды.

Чаще всего симбионты поселяются на четвертых—шестых члениках ходильных ног, реже — на спинной стороне туловища и боковых отростков, очень редко — на яйценосных ножках, хелифорах и брюшке. Туловище и несколько ходильных ног могут полностью обрастать эпибионтами. Их масса порой сопоставима с массой самого морского паука, тем более что среди обрастателей встречаются такие крупные организмы, как гидроид *Tubularia larynx*, найденный на морских пауках *Phoxichilidium femoratum* из Белого моря. Любопытно, что многие животные, поселяющиеся на пикногонидах, входят в их рацион. Так, *Phoxichilidium* не только сам предпочитает питаться *Tubularia*, но и его личинки ведут паразитический образ жизни в гастральной полости этих гидроидных полипов.

Морские пауки умеют очищаться от налипших частиц и непрошенных поселенцев, периодически протаскивая конечности сквозь свернутую в кольцо яйценосную ножку, на последних члениках которой находится «щетка» из крупных перистых шипов. Сильно изгибая эти ножки, пикногониды могут достать до боковых отростков и даже до глазного бугорка. Кроме того, морских пауков, возможно, защищает секрет много-



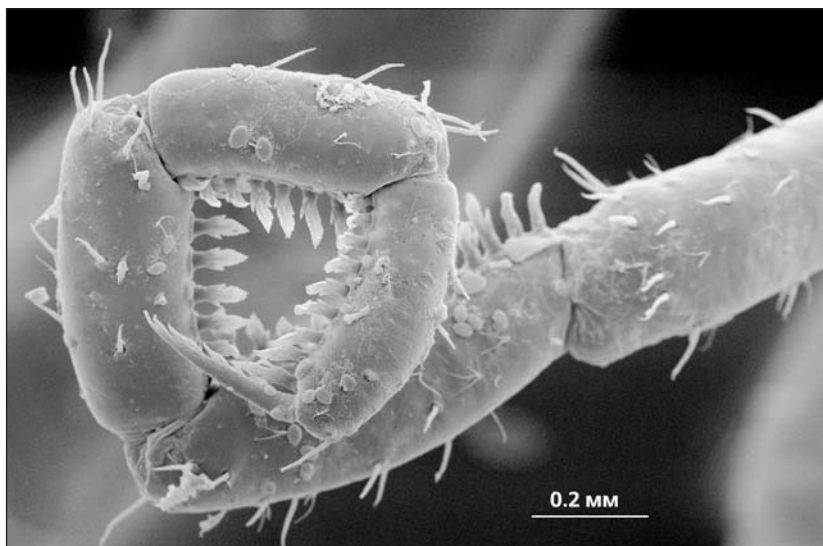
Самец *Phoxichilidium femoratum* из Белого моря. У него обломаны три ходильные ноги, на кутикуле поселились организмы-обрастатели: фораминифера, маленький двустворчатый моллюск, только что опустившийся из толщи воды на дно, и пять колоний крупного гидроида *Tubularia larynx*.

численных кожных желез. Однако полностью освободиться от эпибионтов они могут только при линьке.

Размножение

Помимо очистки поверхности тела (видимо, это их исходная функция), яйценосные ножки пикногонид играют еще одну важнейшую роль: на этих конечностях самцы вынашивают потомство.

Морские пауки, как правило, раздельнополы (известен лишь один гермафродитный вид — *Ascorhynchus corderoi*). Гонады прилегают к кишке со спинной стороны и образуют отростки, идущие у самцов в ходильные ноги до конца второго членика, а у самок — до конца четвертого, который обычно расширен, поскольку именно там созревают яйцеклетки. В отличие от других



Микрофотография последних члеников яйценосной ножки *N. brevirostre*.

членистоногих, у пикногонид нескольких пар половых отверстий, и расположены они не на туловище, а на ходильных ногах (на вторых члениках) [1, 2].

Самка откладывает яйца, размеры которых варьируют от 20 мкм (*Halosoma*) и 30 мкм (*Anoplodactylus*) до 200–300 мкм (*Callipallenidae*) и 500–600 мкм (*Chaetonymphon spinosum* и *Amtotbea tuberculata*) [2], и передает их самцу. Он, в свою очередь, оп-

лодотворяет яйца (у морских пауков оплодотворение наружное) и формирует из них «муфты» (коконы) на своих яйценосных ножках, либо погружает ножки в бесформенную массу яиц.

Яйца в кладке скрепляются студенистым веществом, которое выделяют цементные железы, расположенные на бедренных члениках ходильных ног самца. Спаривание занимает от получаса до нескольких часов, а у некоторых видов (например, *Русногонум литорале*) до пяти недель [1]. За сезон размножения самец может спариваться несколько раз, причем с разными самками. В таком случае на его яйценосных ножках может быть несколько коконов, каждый из которых содержит яйца от одной из самок. Дальнейшая забота о новом поколении ложится в прямом смысле на отцовские плечи — самец носит кладки до самых поздних стадий эмбрионального развития, а нередко до вылупления и даже полного развития личинок, которые весьма разнообразны по размерам и образу жизни [4, 5].

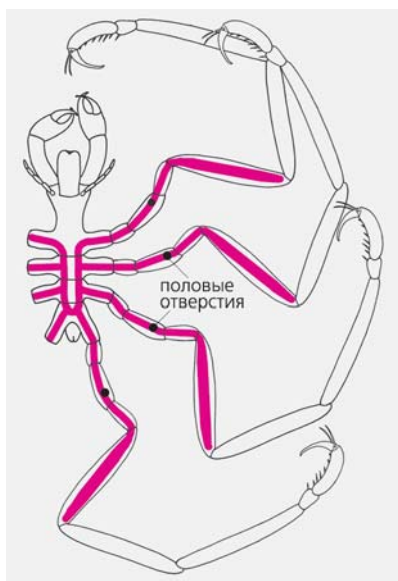
Чаще всего из яйца выходит личинка (протонимфон) размером 100–250 мкм с недоразвитым кишечником (нет задней кишки и анального отверстия)

и тремя парами конечностей — вооруженными клешнями хелифорами и двумя парами прикрепительных ножек с когтевидным последним члеником. Но не только эти конечности позволяют личинке удерживаться на яйцевом коконе: морские пауки, как и их наземные тезки, умеют делать паутину, но только на стадии личинки. Для этого у них есть прядильный аппарат — железы в хелифорах и прядильные шипы [2, 4].

Во время постэмбрионального развития, сопровождающегося линьками, в зоне роста на заднем конце тела личинки закладываются очередные сегменты с конечностями, а затем и брюшко с анальным отверстием. Вторые и третьи личиночные ножки постепенно исчезают, и на их месте развиваются пальпы и яйценосные ножки. Личинки остаются с самцом довольно долго (иногда покидают его лишь после нескольких линек), а затем расселяются и начинают питаться на гидроидах как эктопаразиты. Так происходит развитие у многих видов (в основном из семейств *Nymphonidae*, *Ammotheidae*, *Русногониде*) [4, 5].

Для пикногонид из семейства *Phoxichilidiidae* характерны мелкие (около 50 мкм) протонимфоны без прядильного аппарата, но с удлиненными вторыми и третьими ножками. Прикрепительные приспособления таким личинкам не нужны: они сразу после вылупления оставляют самцов, линяют и проникают в гастральную полость гидроидных или коралловых полипов. Там личинки паразитируют до тех пор, пока у них не появятся все конечности [4, 5]. Возможно, личинки *Phoxichilidiidae* способны расселяться на значительные расстояния, используя течения (удлиненные ножки помогают им удерживаться в толще воды). Известны находки таких личинок в планктоне [4].

Всего для нескольких видов описан третий вариант развития: протонимфоны паразити-



Половая система (выделена цветом) самок морских пауков.

руют в мантийной полости двустворчатых моллюсков или трубках седентарных полихет. У таких личинок все ходильные ноги закладываются и развиваются одновременно [5].

У многих морских пауков яйцеклетки и выходящие из них протонимфы очень крупные, с большим запасом желтка, а прядильный аппарат у них развит особенно сильно. В таком случае молодь очень долго остается на яйценосных ножках самца — до появления всех ног и брюшка, при этом длина тела ювенильных особей может быть всего втрое меньше размеров родителей [4].

При наиболее специализированном варианте лецитотрофного развития, характерном для представителей семейства Calipallenidae, из яйца выходит не протонимфон, а уже более поздняя стадия с зачатками двух пар ходильных ног. Молодь покидает родителей, имея хелифоры, две пары развитых ног и брюшко с анальным отверстием. У таких личинок сильно развит прядильный аппарат, а прикрепительные личиночные ножки отсутствуют вовсе [4, 5].

Для некоторых семейств пикногонид характерен определенный тип развития, в других семействах встречаются разные варианты. Для нескольких семейств, в основном глубоководных, личинки не описаны, и как проходит их развитие, до сих пор неизвестно [1, 4, 5].

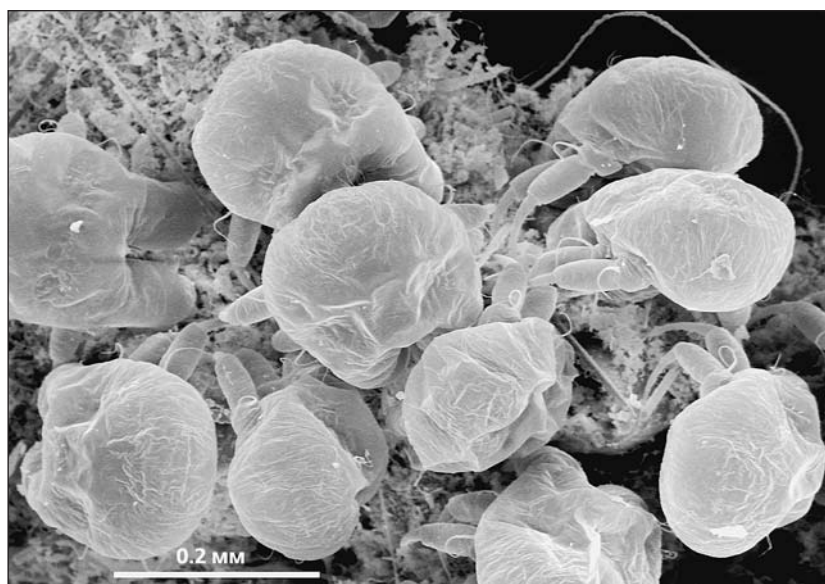
Лишь для отдельных видов морских пауков разработаны методики лабораторного содержания, которые помогают полностью описать их развитие. Лучшее из всего к настоящему времени изучен жизненный цикл и онтогенез *Pycnogonum littorale*. Личинки этого вида паразитируют вначале на гидроидах *Tubularia*, а затем, после замены личиночных конечностей и хоботка дефинитивными, поселяются на актиниях *Metridium*, питаясь их тканями. Продолжительность жизни нескольких особей *Pycnogonum* в лаборатории составила шесть лет (а одна самка прожила девять лет), при этом они периодически линяли и размножались в течение нескольких сезонов [6].

У многих видов морских пауков сезон размножения растянут на несколько месяцев,

а у других сравнительно короток. По-видимому, многие формы, живущие у нижней границы литорали, на зиму мигрируют глубже в сублитораль [7]. Жизненные циклы и сезонные миграции у пикногонид изучены очень слабо. То же можно сказать в целом о биологии морских пауков, их функциональной морфологии, физиологии, филогении, палеонтологии. Многие из этих проблем начали разрабатывать только во второй половине XX в.

Родственные связи

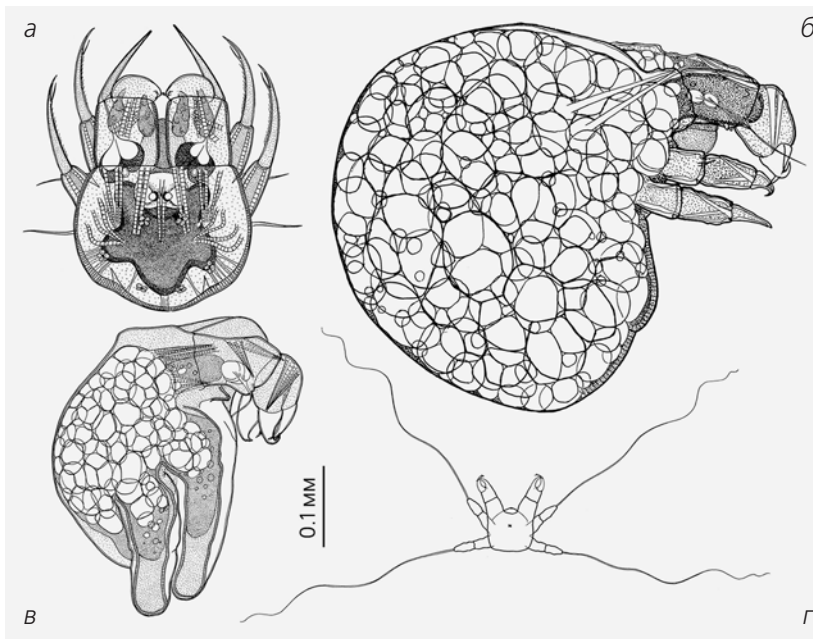
Филогенетические связи пикногонид неясны, окончательно не определено даже их место в системе членистоногих. Совсем недавно для решения этой проблемы стали применять методы молекулярной систематики, однако далеко не исчерпаны и возможности сравнительно-анатомического метода. От ранних гипотез о возможном родстве морских пауков с ракообразными сейчас отказались. Несомненно, эти животные ближе к хелицеровым



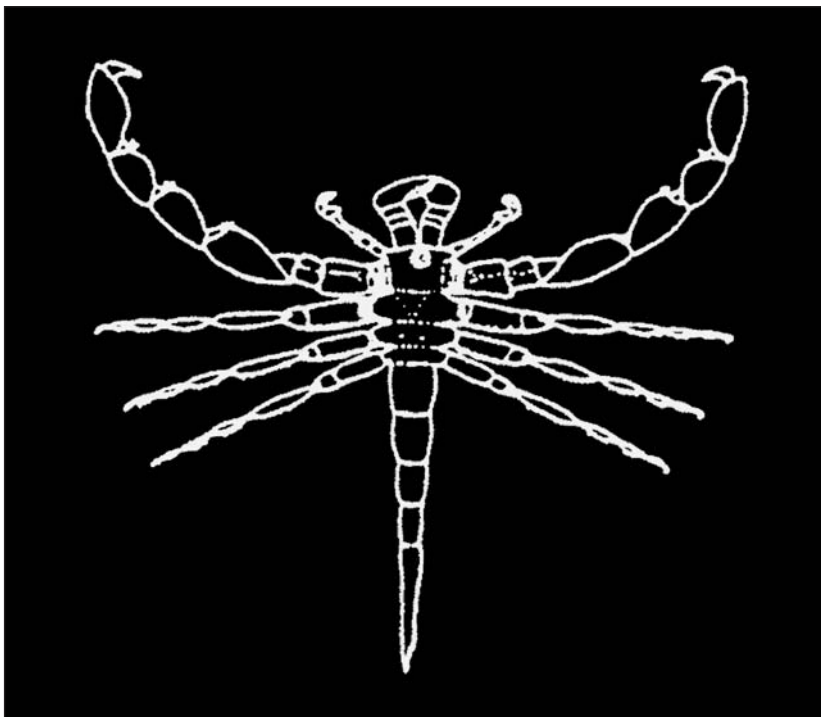
Личинки *N. brevirostre*. На яйцевом коконе они удерживаются с помощью паутинных нитей, а также клешней и специальных прикрепительных ножек.



Личинка-протонимфон *Nymphon microlox* (с брюшной стороны). Видны хоботок, конечности, прядильный шип и паутинная нить.



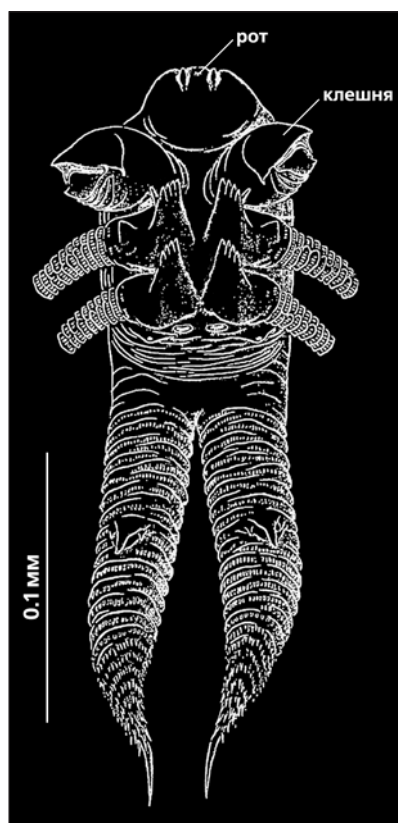
Разнообразие личинок морских пауков: а — типичный протонимф *Nymphon brevirostre* (эктопаразиты на гидроидных полипах), б — лецитотрофный протонимф *Nymphon grossipes* до окончания личиночного развития остается на ножках самца и не питается; в — лецитотрофная личинка *Pseudopallene spinipes* уже при выходе из яйца имеет зачатки двух пар ходильных ног, г — протонимф *Phoxichilidium femoratum* с удлинненными жгутовидными ножками (эндопаразиты гидроидов).



Palaeoisopus problematicus — ископаемый морской паук с длинным сегментированным брюшком [1].

(в эту группу входят мечехвосты, скорпионы, пауки и клещи), нежели к мандибулатам (к ним относятся ракообразные, многоножки и насекомые). Хелифоры и пальпы морских пауков можно рассматривать как гомологи хелицер и педипальп хелицерозных, и специалисты, опирающиеся на эту гомологию, включают пикногонид в подтип хелицерозных в ранге класса. Такое представление принято не всеми зоологами. Трудно сравнивать отделы тела пикногонид и хелицерозных, поскольку анатомия и эмбриология морских пауков изучены недостаточно, кроме того, они обладают уникальными чертами строения. Только у морских пауков есть яйценосные ножки и столь сложно устроенный хобот, обеспечивающий своеобразный механизм поглощения и обработки пищи. Необычны большое число половых отверстий и их локализация на вторых члениках ног. Только морским паукам свойственно столь малое число сегментов, причем, по-видимому, олигомеризация у них не была связана с уменьшением размеров тела. Брюшко современных пикногонид тоже укороченное, сильно редуцированное, однако у ископаемых видов это было не так.

Известно три ископаемых вида морских пауков. Лучше всего реконструирована морфология *Palaeoisopus problematicus*. Это были крупные животные (длина до 20 см) с четырьмя парами ног, приспособленных для плавания. Абдомен *Palaeoisopus*, подразделенный на пять сегментов, был тонким и длинным. На переднем конце тела находился хоботок и хелифоры. Предполагается, что *P. problematicus* жил и питался на морских лилиях, среди которых его находили неоднократно. Любопытно, что и ряд современных видов морских пауков образуют симбиотические связи с иглокожими. *Palaeopantopus taucheri* известен всего по трем экземплярам, головной



Загадочное ископаемое членистоногое *Cambropycnogon klausmuelleri* из кембрийских отложений [8]. Возможно, это личинка древнего морского паука.

конец в найденных образцах отсутствует, а abdomen имеет три сегмента [1, 2]. Наконец, третий вид ископаемых пикногонид — *Palaeotheca devonica* — практически ничем не отличается от современных форм и имеет маленький несегментированный abdomen [1].

Все палеонтологические находки взрослых пикногонид да-

тируются девоном. Нельзя, однако, утверждать, что пикногониды появились именно тогда (примерно 400 млн лет назад), а не раньше. Ситуацию усложнила находка ископаемого членистоногого *Cambropycnogon klausmuelleri*, которое было идентифицировано как личиночная форма пикногонид [8]. Это означает, что возникновение морских пауков надо отнести по меньшей мере к верхнему кембрию — такова датировка образцов *Cambropycnogon*. Прекрасная сохранность позволила в подробностях описать внешнюю морфологию *Cambropycnogon*. По набору конечностей это животное сопоставимо со второй личиночной стадией пикногонид, смущает только наличие «лишней» пары филаментов (конечностей?) рядом с ртом. В целом, у него почти не найдено деталей строения, характерных для личинок ныне живущих пикногонид, зато обращает на себя внимание совершенно иное строение большинства конечностей. Возможно, *Cambropycnogon* — личинка представителей какой-то не дожившей до нашего времени группы членистоногих и близкого родства с морскими пауками не имеет.

* * *

До сих пор трудно оценить роль пикногонид в морских экосистемах. Между тем численность морских пауков в некоторых районах Мирового океана впечатляюще высока. Так, на литорали и в сублиторали Белого моря с его изрезанными берегами и сильными приливо-отлив-

ными течениями развиваются пышные заросли гидроидов. Для морских пауков это очень благоприятные условия. В некоторых местах их численность столь велика, что они должны играть заметную роль в пищевых цепях сублиторальных сообществ, будучи специализированными потребителями гидроидов, которые, в свою очередь, питаются планктоном. Тралы и дночерпатели, опущенные в моря высоких и умеренных широт, в открытых районах океанов, приносят многочисленных пикногонид. Известно, что морские пауки могут образовывать скопления из сотен и тысяч особей. К сожалению, корректной оценкой численности пикногонид, их роли в сообществах зоологи до сих пор не занимались.

Пикногониды представляют большой интерес как реликтовая группа членистоногих, возможно, не связанная с остальными и сохранившая ряд древних черт строения. С другой стороны, организация, жизненная форма морских пауков с их малосегментным редуцированным туловищем и очень длинными конечностями с отростками кишечника и гонад внутри них, уникальна. Скорее всего, пикногониды — самостоятельная ветвь членистоногих, они выработали особый, никому более не свойственный способ жизни в море. Не сумев выйти в другие среды обитания, морские пауки заселили весь Мировой океан и сохранили характерный облик и своеобразный способ питания практически неизменными в течение по крайней мере 400 млн лет. ■

Литература

1. Arnaud F., Bamber R.N. // *Advances in Marine Biology*. 1987. V.24. P.1—96.
2. Догель В.А. Класс Многоколенчатых (Pantopoda). Руководство по зоологии / Ред. Л.А.Зенкевич. М., 1951. С.45—106.
3. Fabrenbach W.H. // *J. of Morphology*. 1994. V.222. P.33—48.
4. Богомолова Е.В., Малахов В.В. // *Зоологический журн.* 2003. Т.82. Вып.11. С.1—17.
5. Bain V.A. // *Invertebrate Reproduction and Development*. 2003. V.43. №3. P.193—222.
6. Jarvis J.H., King P.E. // *Marine Biology*. 1972. V.13. P.146—154.
7. Jarvis J.H., King P.E. // *Zoological J. of the Linnean Society of London*. 1978. V.63. P.105—131.
8. Waloszek D., Dunlop J. // *Palaeontology*. 2002. V.45. №3. P.421—446.

Лиственничники Сибири и климатические тренды

В.И.Харук,

доктор биологических наук,

М.Л.Двинская

Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН

Красноярск

К.Дж.РЭНСОН

Годдардский центр НАСА (США)

По оценкам Всемирной метеорологической организации (2002), глобальная средняя температура за последнее столетие повысилась примерно на 0.6 К, причем более значительные изменения произошли в Сибири [1]. В последующие десятилетия ожидается, что дальнейший рост температуры может повлечь за собой изменения растительного покрова, ареалов отдельных видов и их распределения в лесных сообществах [2–5]. Наиболее раннюю реакцию растений на потепление следует ожидать там, где их рост лимитирует температура, — в лесотундре. И действительно, появляются сообщения об увеличении сомкнутости притундровых лесов и продвижении древесных растений в зону тундры на севере и по градиенту высоты [6–9].

В России самое распространенное древесное растение, встречающееся от тундры на севере до степей на юге, от бассейна Печоры до Тихого океана, — лиственница. Ее основные массивы, расположенные в зоне вечной мерзлоты, рассматриваются как зона «стока» углерода. Однако наблюдаемое (и особенно прогнозируемое) возрастание температуры в высоких широтах может превратить лиственничники в источник CO₂ и других парниковых газов.

В течение нескольких лет (2000–2004) мы обследовали лиственничники Эвенкии, занимающие здесь более 80% лесов (остальная площадь — преимущественно березняки). Основная часть исследуемого региона расположена на Средне-Сибирском плато с высотами от 200 до 700 м, в зоне вечной мерзлоты. На западе территория ограничена Енисейским кряжем (с высотами до 1000 м), на севере — плато Путорана (высоты до 1700 м). Климат — холодный континентальный, среднегодовое количество осадков в центральной части составляет 300–400 мм, на западе 600–700 мм и на юге 400–500 мм.

В Восточной Сибири лиственничные леса простираются от Енисейского кряжа до Тихого океана и от Приангарья до 73-й параллели, где они образуют самые северные в мире древостой (Ары-Масский и Лукунский участки Таймырского заповедника). В Центральной Сибири преобладает лиственница Гмелина (*Larix gmelinii*) с примесью лиственницы сибирской (*L.sibirica*) на западе и юге; в зоне контакта этих двух пород встречаются гибридные формы. На западе (Енисейский кряж) и юге леса преимущественно смешанные, состоящие из лиственницы

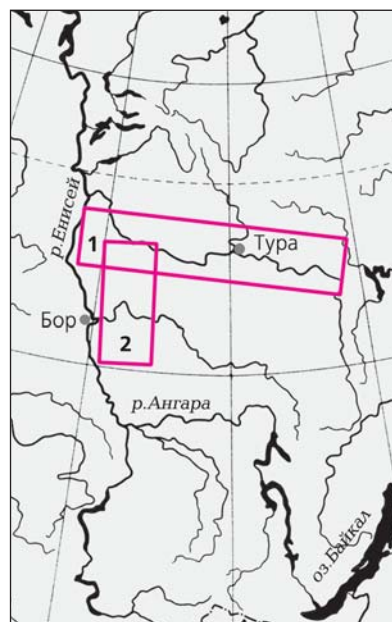


Схема маршрутов экспедиций:
1 — участок, на котором исследование велось в направлении запад—восток,
2 — в направлении север—юг.

и ели (*Picea obovata*) с примесью кедра (*Pinus sibirica*) и пихты (*Abies sibirica*), сосны (*Pinus silvestris*), а также березы (*Betula pendula*, *B.pubescens*) и осины (*Populus tremula*). По сравнению с другими хвойными лиственница более устойчива в суровых климатических условиях: она выживает при



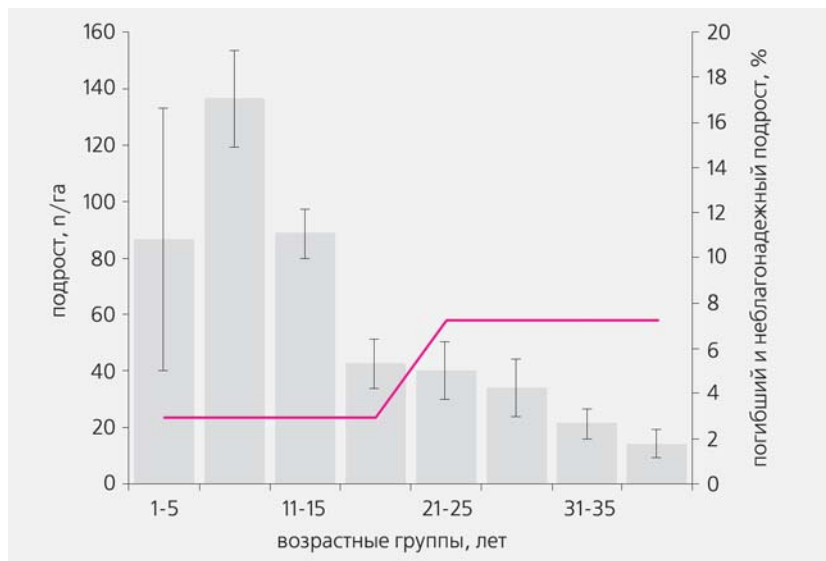
Представленность древесных растений по трансекте запад—восток: а — в верхнем пологе; б — подросте; в — коэффициент расселения. 1 — лиственница, 2 — кедр, 3 — ель + пихта, 4 — береза.

среднегодовой температуре -14°C (и абсолютном минимуме -68°C) и превосходит их по эффективности использования воды (<250 мм, что соответствует зоне полупустынь). В результате прогнозируемого повышения температуры и уровня осадков в высоких широтах лиственница может проникнуть в тундру,

возрастет продуктивность при-тундровых лесов; однако конкурентоспособность лиственницы как вида, адаптированного к суровому климату, уменьшится, и ее потеснят другие хвойные породы.

Поскольку длительность современного потепления составляет три-четыре десятилетия, то

его последствия должны проследиваться прежде всего на уровне подроста — как коренной породы (лиственницы), так и предполагаемых мигрантов (темнохвойных видов древесных растений). Поэтому в качестве индикатора экспансии темнохвойных мы выбрали видовой состав, возрастную структу-



Возрастная структура подростка кедрового леса (штрихи соответствуют доверительному интервалу $\alpha = 0.05$).

Вести из экстремальной

ру и численность подростка. Рассчитывался также «коэффициент расселения»: $K_i = (n_i - N_i) / (n_i + N_i)$, где n_i, N_i — представленность данного вида в подростке и верхнем пологе соответственно. Величина K_i принимает значение +1 в случае отсутствия i -го вида в верхнем пологе, -1 в противоположном случае, и 0 при $n_i = N_i$.

Наблюдения проводили по двум трансектам. В первой, наиболее протяженной, исследования вели в направлении запад—восток, во второй — север—юг. Трансекты были ориентированы по степени участия лиственницы в верхнем пологе и возрастанию континентальности климата. В целом полученные результаты оказались аналогичными, поэтому мы рассмотрим данные, относящиеся к самому протяженному участку.

К востоку Енисейского кряжа увеличивается континентальность климата. Так, если на западе в смешанной тайге среднегодовые температуры и осадки составляют 3.7°C и 560 мм соответственно (метеостанция Бор), то в лиственничниках их значения равны -9.0°C и 350 мм (метеостанция Тура). Соответственно, постепенно исчезают тем-

нохвойные виды (кедр, ель, пихта), уступая место в древесном пологе лиственнице и в составе древостоя, и при возобновлении и полога выкидывается примерно на 63°C.ш. : по сравнению с другими темнохвойными этот вид наиболее требователен к условиям произрастания. В целом, пихта, сосна и осина фрагментарно представлены в зоне доминирования лиственницы на склонах южной и западных экспозиций. На обследованной нами территории состав взрослых деревьев и подростка сильно отличается. Так, если в зоне доминирования лиственницы в верхнем пологе темнохвойных видов менее 1%, то внизу их подрост преобладает, что указывает на продвижение этих видов в зону обитания лиственницы.

Особого внимания заслуживает подрост кедрового леса, поскольку именно его больше всего под пологом лиственницы. Его преимущество перед елью и пихтой можно объяснить двумя причинами. Во-первых, кедр более устойчив к мерзлоте: корневая система его подростка может целиком находиться во мху. Отдельные экземпляры кедрового леса встречаются за Полярным кру-

гом. Во-вторых, активное участие в его расселении принимают некоторые виды птиц, а также млекопитающие — бурундуки, белки и мышевидные грызуны. Но главная роль здесь принадлежит кедровке (*Nucifraga caryocatactes*). Благодаря этой неутомимой труженице деревца кедрового леса обнаруживаются на расстоянии до 1—2 км от источников осеменения. По литературным данным, кедровка разносит орешки на 10—15 км (на наш взгляд, это требует проверки). Набирая в горловую полость до сотни и более орешков, она «прячет» их порциями по 5—10 шт. в подстилку, создавая для себя запасы. Часто эти птицы не опустошают свои закрома — иногда по забывчивости, а в урожайные годы за ненадобностью. Одна кедровка запасает до 60 кг орехов — количества, которого бы ей хватило на четыре года [10]. У ели и пихты нет столь эффективного помощника; если не рассматривать перенос семян при таянии снега, то у лиственницы они разносятся ветром на радиус, составляющий приблизительно всего три высоты ствола.

Наблюдаемое в последние десятилетия увеличение осадков также влияет на продвижение кедрового леса в зону лиственницы: недаром сосну кедровую сибирскую называют «деревом туманов». Обильные снегопады помогают выживать подростку хвойных. Здесь критическим периодом служит время превышения высоты снежного покрова. Метельный перенос обезвоживает и повреждает побеги, и растения либо погибают, либо формируются стланиковые формы. Деревца кедрового леса (а также ели и пихты), преодолевшие этот барьер, имеют характерную форму кроны — отсутствие веток в зоне метелевого переноса, «деревце в юбке». Взрослые деревья менее чувствительны к климатическим флуктуациям. Именно они и обеспечивают экспансию темнохвойных видов на прилегающей территории.



Лиственничные ландшафты Эвенкии.



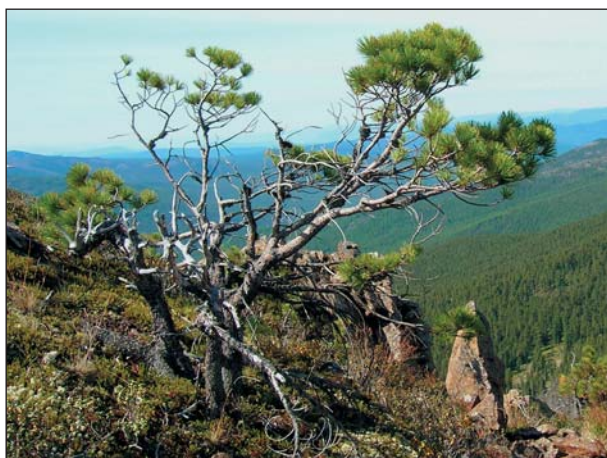
Подрост кедра под пологом лиственницы.



Корневая система подроста кедра может целиком располагаться в моховом слое.



Сеянцы кедра, появившиеся из орешков, спрятанных кедровкой во мху.



Стланиковая форма кедра.



Сосна сибирская кедровая — «дерево туманов». Здесь и далее фото В.И.Харука

Вестник



Пихта «в юбке»: результат воздействия «снежной абразии» в зоне метелевого переноса.



«Кедр-резерват» (возраст более 500 лет) в лиственничном редколесье.

Вести из экстрем-

Для выживания деревьев, особенно на пределе ареала, в условиях экстремально низких температур, очень важен ветровой режим. Большой удельный вес коры у лиственницы (>20% от объема ствола) повышает ее конкурентоспособность по сравнению с другими хвойными. Ветровой режим наиболее благоприятен вдоль гидро-сети, представляющей основной путь вторжения вечнозеленых хвойных в лиственничники. В зоне вечной мерзлоты вдоль рек и ручьев растут так называемые аллеи леса, существенно превосходящие близлежащие древостои по своим биометрическим характеристикам, что объясняется большей глубиной оттаивания почвогрунтов и лучшей аэрацией. Эти узкие полосы, обычно включающие два—четыре ряда деревьев, — возможно, модель будущих лесов Эвенкии, которые вырастут на территориях, «отвоеванных» потеплением у вечной мерзлоты.

Естественен вопрос: когда сформировался подрост других вечнозеленых хвойных и какова его вероятная судьба? Согласно анализу возрастной структуры подроста, он возник преимущественно в последние 20—30 лет. Важно, что в этой возрастной группе более 90% подроста жизнеспособно, а количество погибшего менее 10%. Примечательно, что численность кедра заметно выросла в последние 10—15 лет, когда увеличилась температура и количество осадков. Эти годы оказались самыми теплыми в XX в.

Установленные различия в соотношении численности лиственницы и других хвойных в подросте и верхнем пологе, а также в коэффициентах их расселения связаны с изменениями климата. Об этом говорит и корреляция возрастной структуры подроста кедра с колебаниями температуры и осадков.

Помимо климата, важнейшим фактором, влияющим на

продвижение вечнозеленых хвойных в зону лиственничников, служат лесные пожары. Для «южных видов» гари становятся своеобразными «стартовыми площадками». Пожары способствуют «тепловой мелиорации» почвогрунтов: улучшаются тепловой режим и дренаж почв, которые обогащаются биогенными элементами; увеличивается глубина оттаивания мерзлоты, улучшается световой режим. В то же время сокращение межпожарного интервала в XX в. (до 65 лет по сравнению со 100 годами в XIX в.) может препятствовать наступлению конкурирующих с лиственницей видов [11]. По нашим данным, подрост кедра более обилен на старых гаях, тогда как лиственница занимает свежее вследствие ее большей представленности в верхнем пологе. Если пожар совпадает с годом интенсивного плодоношения, количество подроста лиственницы достигает ~700 тыс. шт./га. На южных и западных окраинах



«Аллеиные леса» вдоль реки.

лиственничников свежие гари активно осваивает береза (до ~1 млн шт./га) благодаря своей способности размножаться корневыми отпрысками.

Сегодня на западных и южных границах лиственничников в формировании древесного полога активно участвуют темнохвойные виды. Это приводит к уменьшению величины альбедо и, соответственно, повыше-

нию уровня поглощения солнечной радиации, т.е. возникновению положительной обратной связи, усиливающей «парниковый эффект». Такой процесс будет продолжаться и дальше, если сохранятся существующие ныне климатические тренды.

Изменения видового состава подроста в лиственничниках говорят о сокращении ареала

этой древесной породы. Ранее лиственница доминировала не только в северной и средней тайге, но и на юге Сибири, где сегодня сомкнутые лиственничники встречаются лишь в горах Саян и Алтая на «теневых» (с низким уровнем осадков) макросклонах. Сохранению лиственницы в смешанных лесах при малочисленности ее подроста способствует долговечность этого вида: в южной тайге возраст лиственницы достигает 600 лет, а в северной тайге отдельные экземпляры живут более 1000 лет. У других хвойных продолжительность жизни значительно ниже: предельный возраст ели — 300–350, пихты — 200–250, сосны обыкновенной и кедровой — 400–500 лет.

Полученные результаты указывают на вторжение вечнозеленых хвойных в традиционную среду обитания лиственницы и на связь этого явления с климатическими изменениями за последние три десятилетия. В то же время в лесотундре увеличивается сомкнутость древостоев, лиственница продвигается в зону тундры [9]. В результате она может достигнуть побережья Арктики (что наблюдалось в голоцене) [12], тогда как часть традиционных лиственничников будет представлена видами, характерными для средней и южной тайги. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 06-05-64939), а также НАСА, США (грант Earth Sciences).

Литература

1. WMO [World Meteorological Organization] WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2002. WMO Press Release №684. Geneva, 2002.
2. Zwiers F.W. // Nature. 2002. V.416. P.690–691.
3. Saxe H. et al. // New Phytologist. 2001. V.149. P.369–400.
4. Theurillat J.P., Guisan A. // Climatic Change. 2001. V.50. P.77–109.
5. Walther G.-R. // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2003. V.6. P.169–185.
6. Sturm M., Racine C., Tape K. // Nature. 2001. V.411. P.445–459.
7. Callaghan H.T.V. et al. // AMBIO. 2002. Special Report 12. P.3–5.
8. Shiyatov S.G. // PAGES News. 2003. V.11. №1. P.8–10.
9. Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж., Им С.Т. // Экология. 2005а. №3. С.186–192.
10. Бех И.А., Таран И.В. Сибирское чудо-дерево / Отв. ред. В.Е.Кулаков. Новосибирск, 1979.
11. Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж. // Экология. 2005б. №5. С.334–343.
12. Антропоген Таймыра / Ред. Н.В.Кинд, Б.Н.Леонов. М., 1982.

Из биографии лекарственных трав: таволга, тимьян и другие

А.А.Нариманов,

кандидат биологических наук

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
г.Пушино (Московская обл.)

«Роща здоровья»

Сосновый бор. Величественной красотой веет от могучих деревьев, подпирающих ажурными кронами лазурное небо. От терпкого аромата «хвойного» воздуха испытываешь легкое головокружение. Тишина и безветрие. Осторожно перепархивают клесты. Где-то рядом раздастся знакомая дробь: «Тук. Тук-тук-тук». Хрустнул валежник под ногами. Красавец-дятел, прервав «обработку» дерева, с недовольным криком «Ки-ки-ки!» перелетает на дальнюю «корабельную мачту»... Летит вниз шишка. Это, наверное, дело рук, точнее лапок, белки. Так и есть. Вот она — устроилась у самой верхушки, лакомится семенами, ловко опустошая шишки.

Сосна (*Pinus silvestris*) — один из древнейших источников лекарственных средств — и в наши дни представляет для медицины ценность. Пять тысячелетий назад врачи Шумера для компрессов и припарок употребляли высушенную хвою сосны. В хвое содержится значительное количество витаминов С, каротина. Выделенный из хвои хлорофиллин натрия уничтожает неприятные запахи, способствует устранению кровоточивости десен, ускоряет за-

живление мелких порезов, ожогов. Почетное место в «зеленой аптеке» занимают сосновые почки — их отвар применяют в качестве мочегонного и дезинфицирующего средства. В народной медицине сосновые почки используются при застарелых сыпях, хронических воспалениях бронхов, водянке, ревматизме и т.д. Специалисты из Центрального института вакцин и сывороток им.И.И.Мечникова установили, что экстракт сосновых почек прекрасно справляется с бактериями, на которые перестали действовать пенициллин, стрептомицин, биомицин и другие антибиотики. К примеру, под действием экстракта гноеродные стафилококки, а также бактерии, вызывающие коклюш, в значительной мере утрачивают опасные для организма свойства.

Хорошо известно, что и смола сосны обладает бактерицидным действием. Она входила в составы для бальзамирования трупов у древних египтян. Бактерицидные свойства смол могут сохраняться на протяжении тысячелетий. Это экспериментально доказала Ф.В.Хетагурова из ленинградской Лесотехнической академии им.С.М.Кирова. Она установила, что кусочки просмоленных тканей, пролежавших в гробнице одного из египетских фараонов около

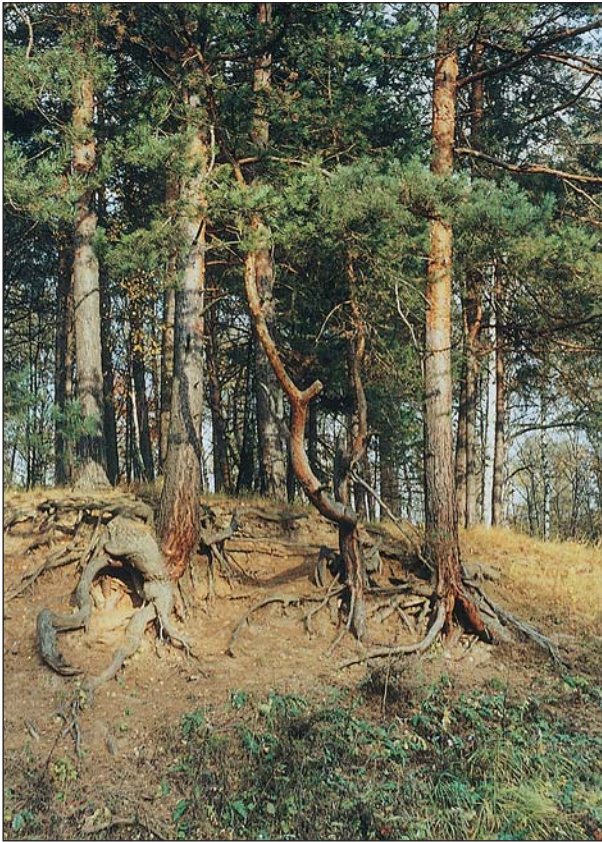
3 тыс. лет, продолжают оказывать губительное действие на культуру бактерий, вызывая их гибель.

Не только медонос

В низине, за «рощей здоровья», растет лабазник (*Filipendula ulmaria*), известный также под названием таволга. Это многолетнее растение с перистыми листьями и желтовато-белыми цветками, собранными в метельчатые соцветия, — хороший медонос, недаром сюда прилетают шмели, осы и пчелы.

Растение применяется в народной медицине (обычно в виде отвара из цветков) как средство от многих недугов, в том числе от ревматизма, разных воспалений, для укрепления сосудов. В отваре обнаружены сапонины с их противовоспалительной активностью и флавоноиды, нейтрализующие вредные для организма свободные радикалы. Флавоноиды относят к числу веществ, обладающих противоопухолевой активностью.

В начале 90-х годов прошлого века отвар цветков лабазника был впервые изучен специалистами Научно-исследовательского института онкологии им.Н.Н.Петрова (Санкт-Петербург). Крысам прививали опухо-



Один из древнейших источников лекарственных средств — обыкновенная сосна.

Здесь и далее фото автора



Массовое цветение зверобоя. Это растение отличается от многих других уникальным сочетанием физиологически активных веществ.

ли, поражающие нервную систему и почки, шейку матки и влагалище, после чего животных лечили отваром лабазника. В этих экспериментах отвар статистически значимо снижал частоту и множественность опухолей головного и спинного мозга. Из результатов было сделано заключение, что такой отвар можно применять в онкологии для первичной профилактики опухолей, лечения предраковых изменений, в комплексной терапии злокачественных новообразований.

Санкт-петербургские ученые в клинических условиях испытывали мазь на основе цветков лабазника (это разрешенное Минздравом средство применяют при воспалительных и деструктивных заболеваниях кожи и слизистых) на больных с предраковым состоянием



Соцветия лабазника вязолистного — ценное лекарственное сырье для получения препаратов с противоопухолевой активностью.



На небольших сухих склонах растет чабрец, или богородская травка. А еще одно имя — тимьян.

шейки матки. К концу курса лечения (8–14 дней) у 16 женщин был получен полный лечебный эффект, у четырех — частичный, у семи действие препарата не проявилось. По итогам испытаний мазь цветков лабазника была рекомендована для лечения среднетяжелых форм дисплазии шейки матки.

В наших исследованиях на культуре человеческих трансформированных лимфоидных клеток Raji и в опытах на животных выявлены противоопухолевые свойства не только отвара цветков лабазника, но и экстракта корня. В экспериментах средняя продолжительность жизни мышей с перевиваемой асцитной формой рака, получавших препарат корня лабазника, увеличилась в 1.4 раза по сравнению с контрольными животными. Еще дольше — в два раза — жили подопытные мыши, если в лечении сочетали экстракт корня с пленозолом, который применяют в химиотерапии онкозаболеваний. Один цитостатик-пленозол не оказывал сколь-либо существенного

влияния на продление жизни. Иными словами, экстракт лабазника, проявляя умеренные противоопухолевые свойства при изолированном введении животным, способствует достижению большего лечебного эффекта в комплексной терапии с цитостатиками.

От 99 болезней

На лесной поляне бросается в глаза изящное растение с тонким прямым, лишь в верхней части разветвленным стеблем. На концах веточек — одиночные или в полусонтиках желтые цветки, собранные в щитовидные или метельчатые соцветия. Это зверобой (*Hypericum perforatum*), «травка от 99 болезней». В XVII в. высушенную траву зверобоя как величайшую ценность привозили купцы в Москву, не подозревая, что драгоценным растением полны подмосковные леса. Зверобой широко используется в медицинской практике: для терапии воспалительных заболеваний ротовой

полости, болезней желудочно-кишечного тракта. Полученные из зверобоя иманин и новоиманин применяются при острых респираторных заболеваниях, гнойном отите, хроническом тонзиллите, ангине и других болезнях. Особо громкую известность в медицинских кругах получили эти препараты в качестве противоожогового средства. Обработка ими инфицированных ран приводит к чудодейственному эффекту — убивает все формы микрофлоры, как устойчивые, так и неустойчивые к действию антибиотиков.

По сообщению группы сотрудников Центрального института вакцин и сывороток, экстракт зверобоя усиливает у мышей неспецифический иммунитет, повышает устойчивость к заражению вирулентными культурами коклюша. Потенциальные возможности этой травы с довольно воинственным названием, по-видимому, еще далеко не исчерпаны.

«Богородская травка»

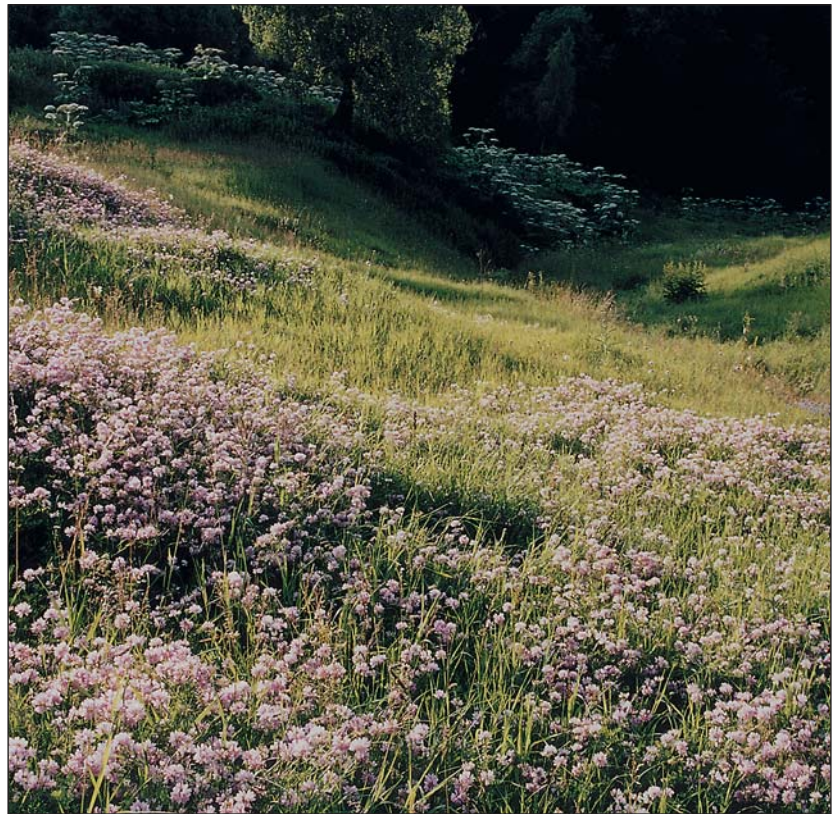
На небольших освещенных солнцем склонах можно встретить редкое в Подмосковье карликовое растение. Это чабрец (*Thymus serpyllum*), или тимьян, «богородская травка». Стебли его прижаты к земле, и только концы приподнимаются кверху, оканчиваясь рыхлым головчатым соцветием мелких фиолетово-красных цветков. Ковром, сотканным из тонких стебельков, миниатюрных овальных листочков и цветочных головок с кулачок младенца, покрывает чабрец землю. Воздух здесь наполнен приятным ароматом. Его источает все растение, насыщенное эфирным маслом, в состав которого входит тимол и другие производные фенола, и поэтому оно обладает бактерицидными свойствами. Экстракт из листьев содержится в пертуссине, который применяется в педиатрии в качестве отхаркивающего средства.

В народной медицине прошлого «богородской травкой» лечили простудные заболевания, бронхиты, боли в груди, кашель, язву желудка, одышку, малокровие, зуб, ревматизм и ряд других болезней. В тибетской медицине трава используется как ранозаживляющее средство. Основываясь на многовековом народном опыте применения чабреца, фармакологи все чаще склоняются к мнению, что лекарственные свойства этой травы еще недостаточно используются в медицинской практике.

Непрошенные гости

А не окажется ли чабрец, источающий волшебный бальзам, на грани исчезновения? Не ждет ли его в недалеком будущем резкое уменьшение численности? Тревога одолевает не напрасно — кругом заброшенные, не паханные много лет бескрайние совхозные поля, поросшие бурьяном. Тысячи гектаров плодородной земли, где раньше колосились рожь, пшеница, ячмень, гречиха, заняты огромными популяциями буйно растущих молочая, чертополоха, полыни и прочих сорняков. Они все перебрасываются и перебрасываются на новые места, засоряют пастбища, пойменные земли. Агрессивное травяное сообщество ведет борьбу за право владения свободной «жилплощадью», чем ставит под угрозу выживание не только иных видов трав, но и животных, в первую очередь насекомых.

В числе таких завоевателей и самое высокорослое травяное растение наших широт — борщевик (*Heracleum sosnowskyi*) из семейства зонтичных. Даже человеку ростом с баскетболиста трудно дотянуться до огромной, размером со сковороду, корзинки, на которой, плотно прилегая друг к другу, сидит несчетное количество белоснежных цветков. Высота борщевика может достигать 3 м при диаметре стебля 5—8 см. Этот



Эти покрытые ковром из чабреца места может занять борщевик (он на заднем плане), уже начавший наступать на чужую территорию.



Растительный Геракл — борщевик. Размножаясь семенами, он захватывает новые пространства и быстро разрастается, вытесняя другие виды трав из их привычной среды обитания.

гигант с очень крупными листьями оккупировал влажные участки, заполняет все светлые пустые места, образуя сплошные непроходимые заросли, где не могут выжить ни другие растения, ни животные. Коровы не едят борщевик — его едкий сок обжигает им рот. И всеядные козы неохотно употребляют его, а предпочитают пастись поодаль от растительного Геракла.

От борщевика страдают даже малые реки. Пример тому речка Неглядейка, пробившая к полноводной Оке пятикилометровый путь через лес, поля, луга. Лет 20 назад здесь квакали лягушки, в прибрежной шелковистой траве стрекотали кузнечики, над речкой носились стрекозы. Водились в Неглядейке и мальки гольцов. Часть молодежи скатывалась в Оку, а дальше попадала в Волгу, таким образом приумножая запасы лососевых. Сегодня остались одни воспоминания о рыбешках, и жизнь вообще замерла под сплошной крышей борщевика. Даже речка притихла, перестала журчать. И не парят уж больше над невидимым руслом коршуны, начинавшие облет своих владений с речушки.

Гигантский сорняк уже наводнил пригорки, окольцовывает лес, прочно обосновывается на лугах и полях, вытесняя местные травы из их естественного ареала, уничтожая под собой все живое. По мнению экологов, если не контролировать распространение борщевика (как, впрочем, молочая и других сорняков), последствия окажутся разрушительными, многие экосистемы могут измениться до неузнаваемости.

Есть, однако, и польза от борщевика. Его плоды, богатые

эфирными маслами и кумаринами, используются в медицине. Еще врачеватели Древней Греции и Востока применяли семена и отвар корня борщевика в лечении желтухи, при астме, эпилепсии, болезнях матки; использовали как средство от пищевого отравления, а также для возбуждения аппетита, улучшения пищеварения. С появлением лекарственных средств, обладающих более выраженным терапевтическим действием, интерес к растению угас, с годами медицинские его достоинства были забыты, и в конце концов борщевик очутился в списке перспективных для медицины трав.

В 1994 г. пушинские биофизики В.В.Архипов и Н.А.Спиридонов установили, что настой корня борщевика угнетает рост миеломных клеток мыши в культуре. Были проведены также исследования антидотных свойств борщевика, т.е. его способности инактивировать в организме человека и животных различные ядовитые вещества. Для этого группе подопытных животных предварительно давали настой корня, семян, а затем вводили токсичные химические соединения. Контрольная группа была лишена препарата борщевика. Во всех случаях подопытные животные переносили дозы ядовитых веществ, в несколько раз большие, чем контрольные. Таким образом подтвердились антидотные свойства растения, издавна известные в европейской и восточной медицине.

В дальнейших исследованиях борщевика выяснилось, что вытяжка из его семян оказывает антистрессорный эффект: защищая, в частности, внутренние органы крыс, нормализует пове-

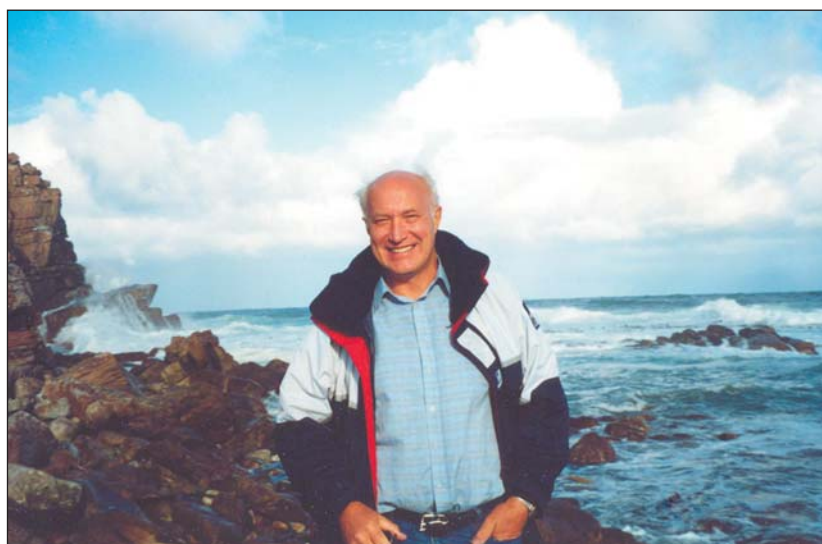
денческие реакции животных. Кроме того, было установлено, что препараты борщевика усиливают сократительную активность гладкомышечных клеток матки крысы, т.е. способствуют укреплению мускулатуры детородного органа.

Как видно, есть у борщевика и положительные качества. Тем не менее это растение (равно как молочай, чертополох, полынь и др., тоже имеющие медицинское значение) в целом представляет опасность для травяного сообщества, и эта угроза нарастает в связи с активным перемещением сорняка. Сегодня как никогда назрела необходимость остановить движение не знающих границ переселенцев. Бездействие человека, как и необдуманные решения, только усугубляет ситуацию в биоценозе, связанную с видовым замещением. Это именно тот случай, когда вмешательство человека в природные процессы не только желательно, но и обязательно!

Чтобы сохранить биоразнообразие, в первую очередь необходимо занять поля под сельхозкультуры. Пресекать распространение сорняков в среду обитания давно прижившихся в ней видов, которые в принципе не способны сосуществовать с интенсивно разрастающимися переселенцами. А в целом нужно выработать стратегию и комплексный подход в борьбе с перемещением вредоносной сорной растительности. Позиция выжидания и бездействия сулит человеку перспективу жить не в уникальном сообществе животных и растений, а в обедненной природе — в компании крыс, ворон и бездомных кошек. ■

«ПРЕЛЕСТЬ НАУКИ В ТОМ, ЧТО ОНА, КАК ИСКУССТВО, НЕИСЧЕРПАЕМА И БЕСКОНЕЧНА»

К 60-летию Н.Ф.Глазовского



Никита Федорович Глазовский (17.08.1946–20.11.2005).

17 августа 2006 г. члену-корреспонденту РАН Никите Федоровичу Глазовскому, видному геологу, географу и экологу, исполнилось бы 60 лет. Годом раньше, в октябре 2005-го, на общем собрании Института географии РАН он был избран его новым директором. География переходила в хорошие руки. Казалось, все впереди, но жизнь оборвалась на взлете...

Несмотря на научные и организационные обязанности, которых у Глазовского было великое множество, он не обходил вниманием и популяризацию знаний. Он был другом и потомственным автором (вслед за матерью, М.А.Глазовской) нашего журнала. Первые его статьи в «Природе» появились в начале 70-х, когда он занимался в основном проблемами Каспия: «Солевой баланс Каспийского моря» (1972. №10), «Природный “водопровод”» (1975. №9), затем масштабная публикация «Аральский кризис» (1990. №10–11). В 90-е годы он становится, правда, из-за чрезвычайной занятости ненадолго, членом редколлегии нашего журнала, затем помогает в выборе тем и авторов. Последняя встреча с сотрудниками журнала состоялась незадолго до его внезапной смерти.

О Н.Ф.Глазовском, ученом и человеке, рассказывают А.А.Тишков – его коллега по Институту географии РАН, и Л.И.Глазовская, супруга и друг всей его жизни. Думается, что портрет Никиты Федоровича Глазовского был бы неполным без собственных мыслей ученого о будущем человечества – мы приводим часть его выступления на семинаре в 1999 г., на пороге XXI в.

В подготовке материалов принимал участие А.В.Дроздов.

Феномен Глазовского

А.А.ТИШКОВ,
доктор географических наук
Институт географии РАН
Москва

На Камчатке, в Налычево, примерно на 53°с.ш., 158°в.д., располагаются озера, названные в 2001 г. именем Никиты Федоровича Глазовского, «российского ученого, содействовавшего созданию национальных парков» на этом далеком полуострове. Живут Глазовские озера своей жизнью, зимой замерзают, летом принимают птиц, не ведая, что человека, давшего им свое имя, уже нет на земле, той самой Земле, которую он исследовал и защищал. Этот романтический заход кажется мне вполне уместным, поскольку сам Глазовский был настоящим романтиком и в науке, и в жизни.

Знаменитая формула В.Освальда, делившего ученых на «классиков» и «романтиков», вполне применима к его личности. Кто-то десятилетиями складывает цифру к цифре, факт к факту, закономерность к закономерности. Другой всю жизнь пытается укротить свое неуемное любопытство, интересуется к познанию как таковому, берется за развитие разных отраслей знаний, ищет ответы на крупные вопросы, решает нетрадиционные задачи и получает нетривиальные ответы, он одновременно в начале и в конце поиска...

Первый — классик, второй — романтик. Второй чаще становится организатором науки, лидером в крупных делах. О больших делах Глазовского, который привлекал своей открытостью, способностью выслушать, понять, объяснить, повести за со-

бой и потому приобрел множество последователей — ученых и бескорыстных защитников природы, общественных деятелей и никак еще не проявивших себя студентов, — речь пойдет чуть позже. Сначала немного о его биографии.

Глазовский родился в с.Покровка, недалеко от оз.Иссык-Куль, 17 августа 1946 г. Здесь его мать, Мария Альфредовна Глазовская, почвовед и геохимик, работала на Тянь-Шаньской физико-географической станции. Первые годы зимой они с мамой жили в Алма-Ате, а как придет тепло и дороги в горах освободятся — в Покровке.

В разные годы на этом стационаре трудились такие известные ученые, как И.П.Герасимов, Л.Н.Соболев, Э.М.Мурзаев... Глазовский часто подчеркивал, что его всю жизнь окружали замечательные люди. Как это обычно бывает в научных экспедициях, ребенок одного из сотрудников становится своего рода «сыном полка», которого воспитывают сообща. Так происходило и в Покровке с Никитой. Особое влияние на него оказал Э.М.Мурзаев. В интервью журналу «Экос» сам Глазовский отмечал: «С детства меня опекал один очень известный российский географ — Эдуард Макарович Мурзаев. Он был последним из могижан, последним из плеяды путешественников прошлого — географов уровня Пржевальского. Мурзаев провел массу экспедиций по самым глухим районам Азии, о которой он знал вообще все... Где только он не был! Он один из крупнейших ученых в мире, и по-

лучилось так, что этот человек, которого я знал с детства, через много лет оппонировал мою докторскую диссертацию» [1].

Как только М.А.Глазовская перешла на работу в МГУ, получив место профессора, их семья поселилась в университетской высотке, Никита пошел учиться в школу №22 на Воробьевых горах. В начале 50-х годов XX в. места эти были больше деревенскими, чем городскими, еще не выселены были бараки строителей, в том числе и лагеря в Раменках, заключенные которых строили университет.

Мальчик рос, ему удалось совместить любовь к путешествиям и науке. Причем наука была совсем рядом, можно сказать — в соседнем подъезде. «Все мое детство прошло в путешествиях, уже мальчишкой я по-настоящему работал в экспедициях. Мне это очень нравилось. Словом, в том, что я стану путешествовать, у меня уже тогда сомнений не было. Сомнения были — в качестве кого это делать? В качестве геолога или моряка, например? Одно время даже думал пойти в лесной институт. После долгих размышлений решил стать географом, но поступил на геологический факультет МГУ.

На географический факультет путь мне был заказан — там к тому времени уже работала моя мама... — там она работает и сегодня*. Наверное, это был юношеский максимализм. Но я не хотел ни у кого оставлять сомнений в том, как я начинал свой жиз-

* М.А.Глазовская до сих пор профессор-консультант на кафедре почвоведения географического факультета МГУ.



Алма-Ата. В парке возле университета с мамой, М.А.Глазовской (конец 40-х).



В экспедиции на Урале. Никите (слева) около 15 лет.

ненный путь — самостоятельно или по протекции» [1].

Тут хотелось бы сделать отступление. О нашем поколении, поколении Глазовского, пожалуй, очень точно сказал известный писатель и публицист М.Веллер: «Дети победителей величайшей из войн, волны демографического взрыва — сорок шестой—пятидесятый года рождения, самое многочисленное поколение за всю историю страны. Мы, состарившиеся в мальчиках... Нам было по пятнадцать... когда Хрущев матерился с трибун и учил писателей жить — но никого не сажали, и казалось, что никогда уже не будут сажать...» [2. С.302—306].

Вот и Глазовский в школе хлебнул свобод «оттепели», которая в совокупности с традициями университетской профессуры, к которой принадлежала его мать, людей, по-настоящему, без всяких конъюнктурных соображений, увлеченных наукой, дала «гемучую смесь» свободомыслия и умения с открытым забралом, но не расталкивая и не ставя подножки, достигать своей цели. Доброжелательность в деле, в сотворчест-

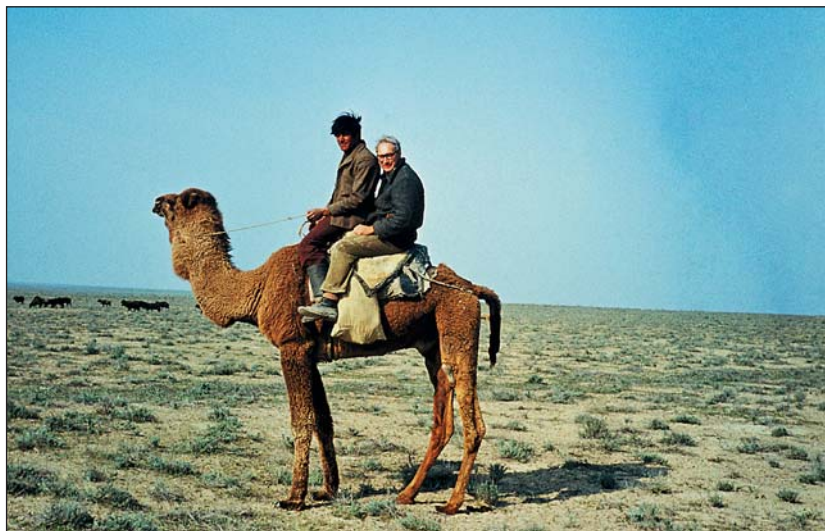


В университетской квартире с мамой и младшим братом Андреем.

ве, и жесткость в отстаивании научных и общественных позиций, интересов. И уже никакой застой времен Брежнева не смог ослабить эту силу.

Но, к сожалению, именно на это поколение выпала доля долгое время оставаться «в тени», числится по разряду «молодых ученых» вплоть до 40—50 лет. Собственно и в члены-корреспонденты РАН Глазовский выбирался по «молодежной квоте» накануне 50-летия.

Конечно, перестройка выдвинула новых лидеров в науке и помогла тому же Глазовскому обрести коллектив, где он вырос в одного из ведущих географов страны. Одновременно экологическое движение страны обрело в его лице лидера, способного отстаивать общественные интересы в деле охраны природы, а международная образовательная программа «Лидеры в области окружающей среды и развития» нашла в нем дол-



С проводником в Кара-Кумах.



В экспедиции.

гожданного руководителя, к тому же говорящего на понятном молодому поколению языке. Однако вернемся в 60-е.

Над классом, где учился Никита, шефствовал геологический факультет МГУ, и специализация была геологическая. Окончил школу в 1964 г., сразу же поступил на геологический факультет МГУ, а в 1968 г., еще студентом, работал в Межфакультетской лаборатории по исследованию взаимодействия поверхностных и подземных вод.

Окончил университет в 1969 г., спустя год поступил в аспирантуру. Руководителем кур-

совых и дипломной работ Глазовского в студенческие годы был С.А.Брусилковский. Он был не только прекрасным специалистом в гидрохимии, литогеохимии и гидрогеологии, но интересовался и другими, нетрадиционными, делами, например летающими тарелками и лозискательством. Никита Федорович отмечал, что с точки зрения доказанной достоверности, академические исследования его учителя явно превосходили факультативные, но с точки зрения воспитания в студентах любознательности, вторые явно били первых.

После защиты диссертации в 1972 г. Глазовский переходит на работу в Институт почвоведения и фотосинтеза АН СССР, в Пущино, где работает в должности младшего, а затем и старшего научного сотрудника, много ездит в экспедиции, в том числе в Среднюю Азию, участвует в работе стационара института, созданного на основе полигона Приокско-Террасного заповедника. Именно в Пущино он проходит школу выдающегося российского почвовед В.А.Ковды (1904—1991), который собственно и пригласил Глазовского в свой институт и почти 15 лет содействовал росту своего ученика.

В соответствии с полученным образованием он начинал как гидрогеолог и гидрохимик, первые весомые открытия в науке сделал при исследованиях соленакопления в аридных областях [3]. Ему удалось показать значение разных путей миграций солей и их перераспределение в ландшафте. Сделанные им выводы о мобилизации солей подземным стоком и их вторичном выносе на поверхность уникальны. Одним из первых в отечественной географии он представил проблему Аральского моря как комплексную — экологическую, социальную и экономическую, предложив также ее комплексное решение [4].

Заметив его несомненные организаторские способности, Ковда предложил ему еще в 1979 г. стать одним из руководителей Международных курсов ЮНЕП—ГКНТ «Мелиорация засоленных орошаемых земель». С этими курсами Глазовский объездил многие южные регионы бывшего СССР, обретая огромный «социальный капитал» в лице привлекаемых к работе коллег-ученых и тех, кто обучался на курсах. Уже в 1985 г. он защищает докторскую диссертацию и начинает работать на географическом факультете МГУ, где в 1987 г. возглавляет лабораторию природных ресурсов и техногенных изменений природ-

ной среды. Исключительно быстрая научная карьера в эти годы — годы начала перестройки, сопровождается и высокой общественной активностью Глазовского. Он выступает на стороне противников переброски стока сибирских рек на юг, борется с планами развернуть строительство Катуньской ГЭС как альтернативу АЭС после Чернобыля, защищает уникальную природу Алтая от посягательств гидростроителей, желающих перекрыть Катунь. Его часто можно встретить в Госдуме, Совете Федерации, Правительстве. В итоге, пусть и на короткий срок, но в новом руководстве Госкомэкологии России в 1989 г. он становится заместителем министра (у В.И.Данилова-Данильяна). До этого они вместе работают над концепцией эколого-экономического развития страны в Институте географии РАН.

Параллельно Глазовский занимается теорией устойчивого развития, приспособивая ее для «переходной экономики» на постсоветском пространстве. Будучи искренним оптимистом, он видел в географии некий базис, который ляжет в основу принципиально новых решений по реформированию отечественной экономики и социальной сферы. Он искал правильные пути развития страны после развала СССР на основе позитивных примеров, не повторяя опасные в социальном и экономическом отношении направления развития [5, 6, 7].

К сожалению для дела охраны природы, но к радости сотрудников Института географии РАН, эпопея с должностью в Министерстве экологии быстро заканчивается, и Глазовский погружается в работу на посту заместителя директора. С самых первых шагов на поприще заместителя директора ему хотелось приблизить географию к «потребителю», сделать ее востребованной.

Он сотрудничал с многими министерствами, общественными организациями, политичес-



На международном симпозиуме в Таллине. 1982 г.

кими движениями. В конце 90-х Институт географии РАН издал немало карт и атласов в помощь специалистам-практикам, занимающимся проблемами природопользования, охраны природы, ликвидации последствий и прогнозов чрезвычайных природных и техногенных ситуаций.

Помню, как уже в первый месяц своей работы в новой должности он собрал у себя в кабинете несколько сотрудников, в основном заведующих лабораториями, и говорил о постепенном, эволюционном реформировании науки. По его мнению, «самое опасное — исходить в этом деле из таких ложных посылов, как колоссальная избыточность рабочих мест, необходимость освобождения от ученых пенсионного возраста, ориентация в исследованиях только на приоритетные направления и т.д. Если этому следовать, можно потерять само творческое начало академической науки, ее преемственность, широту, а в некоторых случаях и непредсказуемость» [8].

Мысль, что освободившись от поста заместителя министра, Глазовский окажется свободен от различных бюрократических обязанностей, оказалась ошибочной. За короткий срок с 1990 по 1997 г. он был избран и назначен на великое множест-

во разных постов и должностей: вошел в состав правительственных комиссий, в руководство государственных программ, научных и научно-технических советов, Федерального экологического фонда, ВАК, совета Государственной экологической экспертизы и т.д. Он несколько лет входил в совет Института мировых ресурсов Всемирного банка развития, был вице-президентом Международного географического союза, возглавлял совет российского представительства Всемирного фонда дикой природы России — представительства крупнейшей международной природоохранной организации.

Феномен Глазовского как ученого и организатора науки в стране как раз и проявился в эти годы, когда его интересы из плоскости теории (концепция сопряженного анализа миграции вещества, методология картографирования геохимической миграции, оценки техногенного воздействия на биосферу и пр.) переходят в плоскость прикладной географии и геоэкологии. В конце 80-х — начале 90-х годов возглавляемый им коллектив разрабатывает концепцию выхода из Аральского кризиса, в 1994—1995 гг. реализует проекты по эффективности использования



С советником Посольства РФ на Кубе Е.Г.Глеком на международном форуме ООН в Гаване. 2003 г.

природных ресурсов и по оценке стратегических ресурсов России. В эти же годы его привлекают и уже упомянутые проблемы устойчивого развития на постсоветском пространстве.

Временами в ходе дискуссии и обсуждения докладов коллег, слушая комментарии Глазовского, казалось, что он знает секрет этого самого «устойчивого развития», понимает, что надо делать и какие условия создать, чтобы наша страна вышла из затяжного пике. Недаром именно ему предложили заняться подготовкой коллективной монографии под условным названием «Будущее России». Он не только

сразу согласился, но дал понять, что это и есть его заветная мечта. Кому как не географам сказать свое слово — какой им видится Россия будущего, какие сценарии ее развития ожидаемы? Где грани допустимых перемен в разных сферах жизни, взаимодействия с природой?

В своем интервью журналу «Вопросы истории естествознания и техники» Глазовский подчеркивал, что для него «наибольшее значение имели труды В.И.Вернадского по биосфере и ноосфере» [8. С.111]. И это легко понять, принимая во внимание и выбор профессии, и личность Глазовского. Несомненно,

что после своей смерти он встал в один ряд с известными последователями Вернадского. Вся жизнь в науке была посвящена исследованиям взаимосвязи потоков вещества, энергии и информации, а затем и роли человека в их изменении. По сути, он строил далеко идущие планы развития учения В.И.Вернадского применительно к современности и смотрел через эту «мировоззренческую призму» на глобальные проблемы современности.

Он верил, что судьба дает ему много времени для реализации задуманного. Лучезарная доброта и энергичная мудрость Никиты Федоровича вызывали любовь и уважение всех, кто с ним работал. Зная о болезни, он продолжал строить планы, верил в благополучный исход. В его кабинете все время толпился народ — как замечательно жить настоящим, но и будущим тоже. Эта черта характера Глазовского как никакая другая выделяла его среди многих. Жажда жизни, проявляющаяся в желании успеть как можно больше...

И еще он беззаветно и преданно любил науку. Не так давно на 100-летнем юбилее Д.Л.Арманда (1905—1965), автора знаменитой книги по проблемам охраны природы, одной из первых в России, «Нам и внукам» (1964), Никита Федорович заметил: «Прелесть науки в том, что она, как искусство, неисчерпаема и бесконечна». ■

Литература

1. Глазовский Н.Ф. // Экос. Лето—осень 2000 г. С.26—31.
2. Веллер Михаил. Хочу быть дворником. СПб., 1999.
3. Глазовский Н.Ф. Современное соленакопление в аридных областях. М., 1987.
4. Глазовский Н.Ф. Аральский кризис. Причины возникновения и пути решения. М., 1990.
5. Глазовский Н.Ф., Яблоков А.В. Проблемы и перспективы экологического обеспечения устойчивого развития России // Проблемы экологически сбалансированного развития стран с переходной экономикой. М., 2000. С.9—15.
6. Глазовский Н.Ф. // Цели, возможности и механизмы устойчивого развития на разных уровнях природно-социальных систем // Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России. М., 2002. С.8—13.
7. Глазовский Н.Ф. Социальное, экономическое и экологическое значение сельского хозяйства // Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Зарубежный опыт и проблемы России. М., 2005. С.48—64.
8. Глазовский Н.Ф. // Вопросы истории естествознания и техники. 1999. №3.

Есть ли будущее у человечества?*

Н.Ф.Глазовский

Как изменилось человечество за последний век? Усилилось воздействие на окружающую среду. 36% экосистемы нарушено, 37 — относительно нарушено и только 27 осталось в естественном состоянии.

Усилилось неравенство. Сейчас валовой внутренний продукт семи наиболее развитых стран составляет приблизительно 15 трлн долларов, совокупный валовой внутренний продукт многих десятков развивающихся стран — менее 5 млн. Если мы попробуем посчитать балансы энергии, финансовых потоков в мире, то мы увидим, что результирующие всех потоков направлены в три центра. Это США, Западная Европа и Япония. Даже такие страны, как Канада и Австралия, в широком смысле являются донорами этих трех регионов. И этот процесс постоянно увеличивает глобальное неравенство.

Вот, на мой взгляд, еще один маленький пример. 1984 г. был по-своему эпохальным в истории развития мировой экономики. Именно с 1984 г. все кредиты, которые выдаются развитыми странами развивающимся, по объему стали меньше, чем суммы, необходимые на выпла-

ту процентов и обслуживание долга, т.е. вся помощь фактически идет на выплату прежних долгов.

Чего человечество не смогло добиться? Мы не добились уменьшения военного противостояния, и все цифры показывают, что оно растет. Если в XVII в. в войнах погибло чуть больше 4 млн человек, в XVIII в. — 5,5, а в XX в., по-видимому, более 80 млн. Нам не удалось добиться изменения приоритетов развития и критериев оценки развития. Все критерии оценки развития (или, во всяком случае, основные критерии национальных экономик) нацелены на получение максимального совокупного результата, т.е. валового национального продукта, а не на повышение уровня жизни отдельной личности.

Мне кажется, что морально-этические качества людей в настоящее время не соответствуют уровню существующих проблем в целом.

Что в будущем ожидает человечество? Мой опыт показывает, что система «Человек—Природа» предельно сложная, в ней существуют нелинейные связи. Мы мало знаем о существе проблем. Мы не знаем коэффициентов связей. Даже если мы сможем написать некие формулы взаимодействия или факторного воздействия, то мы не знаем их количественных характеристик, которые позволили бы нам уже получать какие-то более или менее реальные прог-

нозы. <...> Полностью меня убеждают те сценарии развития демографии, которые приводятся С.П.Капицей. Но в целом я пессимистически отношусь к прогнозам по развитию общества. Даже более простые вещи нам часто не удастся смоделировать.

Приведу один простейший пример. Сейчас идут разговоры о глобальном потеплении. Существует шесть моделей изменения влажности почв Северной Америки при глобальном потеплении. Эти модели созданы в одно время, но мы видим, что они в значительной степени разные. Поэтому у меня очень большие сомнения в том, что могут быть созданы какие-то детерминированные прогнозы развития общества.

При анализе будущего я пойду по другому пути: попытаюсь сказать о том, что нам не грозит. Мне кажется, нам не грозит энергетический кризис. Запаса энергии хватит надолго. Нефти — на 200, угля — на 500 лет. Нам не грозит, по-видимому, минерально-сырьевой кризис. Потому что разведанных запасов алюминия и железа хватит лет на 250, никеля больше чем на 100, остальных металлов при существующих технологиях хватит на десятки лет, а технология постоянно улучшается.

Чрезвычайно сложен вопрос об экологическом кризисе. По роду своей деятельности я работаю в Министерстве окружающей среды, экологическом

* Сокращенный вариант стенограммы выступления на научном семинаре «Рубеж 2000: Достижения, потери, перспективы», проведенном в 1999 г. издательским объединением «Аванта+» совместно с Международной программой «Лидеры в области окружающей среды и развития» и Международного центра охраны среды ЮНЕСКО. М., 2002.

фонде, и у меня нет серьезных доказательств того, что существует глобальный экологический кризис.

<...> Я для себя попытался сформулировать главное условие выживания человечества. Мне кажется, оно заключается в том, что скорость изменения внешних условий нашего обитания не должна превышать скорости или возможности адаптации человека или общества. Вот если это условие нарушается, тогда нам грозят неприятности. <...> Это может касаться несоответствия скорости изменения природных условий, структурной перестройки хозяйства, технологии. Это может касаться несоответствия роста демократии способности ее разумно использовать. Это может быть несоответствие увеличения потоков информации и способности ее восприятия и анализа.

Вторая проблема — это увеличение неравенства. Доходы в развитых и в развивающихся странах растут, но диспропорция между ними постоянно увеличивается. Если развивающиеся страны в обозримом будущем смогут достичь уровня 2.5—3 тыс. долларов на душу населения, то может и не быть социального взрыва, а если рост будет меньше, то социальный взрыв, на мой взгляд, произойдет.

Мы знаем, что каждый год синтезируется до нескольких десятков тысяч химических соединений. Из них примерно лишь 2% проходит ту или иную экологическую экспертизу, причем очень сокращенную, не рассматривающую возможное действие на следующие поколения.

Сейчас средняя температура воздуха на Земле 15°C. Исторические и палеогеографические расчеты показывают, что при падении метеоритов температура понижается на 9°C, при крупных извержениях вулканов она может понизиться на 5°C. Уже известны случаи, когда температура понижалась на 2.5—3°C. Я не знаю, где бы рассматрива-

лась проблема перемагничивания: периодические смены северного и южного полюсов Земли. Как это происходит? Каким способом? Какие возникают последствия? Многих принципиальных, очень важных процессов мы пока, к сожалению, не знаем.

Сейчас говорят о необходимости изменения ценностных ориентаций общества. А возможно ли это при современном уровне знаний основной части населения Земли? Возможно ли это при существующем разнообразии ценностных ориентаций в разных культурах? Возможно ли это при существующих уровнях благосостояния? И, наконец, сколько времени потребуется человечеству на изменение ценностных установок в реальном обществе?

Что, мне кажется, надо сделать? Прежде всего давайте коснемся проблемы устойчивости биосферы. Нарушен предел ее устойчивости или нет? Была серия работ, посвященных этому вопросу, начиная с книг Д.Медоуза. В последние годы появилась и серия работ В.Горшкова, чрезвычайно интересного ленинградского физика, об устойчивости биосферы. Я считаю, эти блестящие книги абсолютно неверны. К сожалению, они сейчас взяты на вооружение нашими политиками в области экологии. Суть работы В.Горшкова в том, что устойчивость биосферы нарушена при населении больше миллиарда человек. Отсюда следует целый ряд практических выводов о необходимости срочного сокращения населения в течение жизни одного поколения до миллиарда человек. Эти провокационные, на мой взгляд, заявления были, к сожалению, опубликованы.

Есть ведь и другой путь снижения численности населения Земли — повышение благосостояния. Если мы проведем анализ различных факторов, влияющих на рождаемость, то мы увидим, что наибольшее значение имеет благосостояние, ко-

торое через ряд других, уже вторичных, факторов воздействует на рождаемость. На примере самых разных стран мира мы видим, что существует четкая корреляция рождаемости с уровнем жизни населения. Как только страны переходят определенный уровень (для разных групп стран он разный, но в среднем равен 2.5—3 тыс. долларов в год на душу населения), то рождаемость падает. В странах христианского мира это происходит раньше. В странах мусульманского — позже, но принцип один и тот же. Начиная примерно с этого уровня общество получает возможность саморазвития. Оно получает возможность тратить деньги на науку. Соответственно само в состоянии развивать различные технологии. Оно становится менее зависимым от других стран мира и от доноров.

Есть ли что-нибудь, что объединяет человечество, кроме того, что мы относимся к одному биологическому виду? Люди настолько разные, настолько разнятся сознание и культура, представление о, казалось бы, совершенно очевидных для каждого индивидуума вещах, что я временами начинаю сомневаться, есть ли что-то, что нас всех объединяет. Например, вопрос о прогрессе. Наверное, большинство скажет: «Да, конечно, можно рассуждать о прогрессе». Но есть люди, пользующиеся влиянием (тот же Хомейни), которые в принципе отвергают само понятие прогресс. А от того, есть ли у нас что-то общее или нет, зависит наша стратегия взаимодействия друг с другом.

Конечно, решение многих вопросов связано с определенными финансовыми затратами, и говорить о будущем без решения финансовых вопросов — это чистой воды идеализм. Поэтому мы должны искать какие-то резервы. И я вижу самый главный источник в сокращении военных расходов. ■

Капитан яхты «Марианна»

Л.И.Глазовская,

кандидат геолого-минералогических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Эта старенькая яхта, названная так в честь наших дочерей Марии и Анны, до сих пор стоит у волжского берега, недалеко от дома, построенного Никитой для его большой семьи и друзей. Яхту типа «Ассоль» Никите подарила мама, Мария Альфредовна, когда ему исполнилось тридцать три года. Вместе с ней в нашу жизнь вошли новые путешествия.

А свое самое первое «путешествие» Никита совершил в месячном возрасте. Он проехал довольно долгий путь на грузовике от с.Покровка возле берега Иссык-Куля, где располагалась Тянь-Шаньская физико-географическая станция, до Алма-Аты, через долины и перевалы, на руках то у своей мамы, то у ее коллеги Э.М.Мурзаева. До пяти лет он жил в теплое время года с матерью на этой станции и даже ходил в те маршруты, которые ему были под силу.

Когда мы с ним познакомились (в классе с геологическим уклоном московской школы №22), Никита был высоким, часто улыбающимся молодым человеком с чуть выющимися волосами. Среди нас он выделялся доброжелательностью и повышенным чувством справедливости, когда пытался оценивать разные ситуации, каса-

лись ли они нас или учителей. Класс наш оказался очень дружным, встречаемся до сих пор, хотя судьба разбросала нас по разным странам и профессиям. Из всех нас Никита оказался самым целеустремленным и работоспособным.

Выбирали мы будущую специальность осмысленно, уже многое зная о ней (в перечень школьных предметов входили минералогия, общая геология, петрография), лето провели в экспедиции — Никита в Забайкалье, я — на Алтае. В МГУ на геологический факультет из нашего класса поступало 24 человека, и 17 из них его окончили. Мы с ним вместе подавали заявление на отделение геохимии (решив заниматься петрологией), но Никита, недобрав баллов, поступил на отделение гидрогеологии.

В первые годы после окончания университета Никита все лето проводил в экспедициях, работая в пустынях Средней Азии, в прибрежных районах Каспийского моря. К тому времени он уже был начальником экспедиции. Несмотря на молодость, Никита умел ладить с людьми и пользовался большим авторитетом. В экспедициях не обходилось и без курьезов. Как-то ночью, когда они стояли лагерем на берегу Каспийского моря вдалеке от всякого жилья, Никиту



Капитан «Марианны». Онежское озеро, середина 80-х годов.

разбудил какой-то человек. Убедившись, что перед ним начальник экспедиции, свалившийся как снег на голову настойчивый ночной гость попросил поехать с ним и вытащить застрявший в песках грузовик. Пришлось будить шоферов. Грузовик благополучно вытащили, а утром в лагере обнаружили несколько аккуратно положенных осетров как знак благодарности — стало понятно, что пришлось помогать браконьерам.

Свою кандидатскую диссертацию Никита писал по материалам, собранным во время этих экспедиций. Она называлась «Подземный сток растворенных веществ в Каспийское море и его геохимическое значение». Защитил он ее в 1973 г. в возрасте



С внуком Никитой после удачной рыбной ловли (Норвегия).

27 лет, я помню, что к диссертации у оппонентов были какие-то замечания (так чаще всего и бывает), но своим докладом на кафедре по теме диссертации он всех просто удивил. Как правило, молодые специалисты не умели говорить, Никита же всегда был эмоциональным оратором; когда уже позже читал лекции, любил говорить, что для хорошего выступления нужен кураж.

Отпуска мы почти всегда проводили вместе и еще со студенческих времен традиционно отправлялись в путешествия, сначала чаще всего на байдарке.

Еще школьником Никита так путешествовал по рекам и озерам Новгородской обл. с Е.Н.Фрейбергом (он называл его дядей Женей). Евгений Николаевич был человек неординарный — бывший гардемарин, полярный исследователь, командор Алеутских о-вов, впоследствии писатель. Для мальчика это была настоящая школа выживания — с собой в путешествие почти ничего не брали, жили охотой, рыбалкой.

На байдарке мы с Никитой сплавились по Онеге, проплыли вдоль берега Белого моря до Архангельска, Соловецких

о-вов. Только кончалось одно путешествие, и мы начинали мечтать о следующей поездке. У нас тогда уже росла дочка Маша, жили мы отдельно от родителей, так что были вполне самостоятельными. В ту пору Никита зарабатывал деньги для семьи нестандартным способом. В выходные дни отправлялся работать в качестве собачьего парикмахера, круг его клиентов был очень широкий, и вернувшись, он часто рассказывал, с какими интересными людьми он познакомился.

К животным он относился с большой любовью. Его детские воспоминания были связаны с лошадьми, на них он путешествовал в горах Тянь-Шаня, позже в его жизнь вошли собаки. Никита был довольно удачливым охотником, мы держали охотничьих собак — ирландского сеттера, потом спаниеля. Любимцем был фокстерьер Прутик, пережил хозяина Филипп — афганская борзая. Правда, последние 20 лет жизни Никита не охотился, ружье свое подарил, но интерес к охотничьей жизни не потерял, и мы отправлялись то смотреть кабанов с охотничьей вышки, то на лыжах — смотреть следы лесных обитателей.

Во время работы в Институте почвоведения и фотосинтеза АН СССР, который располагался под Серпуховым, в Пущино, Никита стал заниматься проблемой Аральского моря и экспедиционные работы проводил в этом районе. В отпуск два года подряд он отправлялся в плавание по Аралу на швертботе «Мева». В первый год его компаньоном стал приятель брата Андрея Е.Д.Ермолин, ныне работающий в Аргентине и изучающий Антарктиду (я в то время оставалась с нашей маленькой второй дочкой Аней), во второй — друг Никиты С.Ю.Пармузин, сейчас он доцент геологического факультета МГУ. Берега Аральского моря, с кое-где встречающимися заброшенными поселками и засыпанными

колодцами, тогда (как и ныне) были безлюдны. Проблем возникло много: и пресная вода, и жгучее солнце, но трудности путешествий никогда Никиту не пугали. В одну из своих экспедиций к Аралу он отправился вместе с биологами, изучавшими жизнь в подземных озерах. Они спускались в карстовые пещеры на плато Устюрт.

На яхте «Ассоль» мы плавали по Белому морю, по Волге, Рыбинскому водохранилищу, участвовали в гонках через Онежское озеро. Никита был очень хорошим яхтсменом, у меня были права яхтенного рулевого 1-го класса, мы часто брали с собой наших дочек Машу и Аню. Все наши путешествия мы продумывали, тщательно готовились к ним и поэтому даже с самыми неожиданными ситуациями нам удавалось справиться.

Никита очень многое умел делать в жизни: он мог, в случае необходимости, починить машину, разобрать и собрать на полянке лодочный мотор. Он был очень надежным спутником, капитаном, водителем. Только дважды в его жизни мне казалось, что он неоправданно рисковал. Один раз на яхте сломалась мачта при погрузке на баржу, для отправки в Петрозаводск, где должны были начаться гонки. До старта оставалась одна ночь, и на судостроительном заводе ночью Никита установил экспериментальную мачту. Был очень сильный ветер, мы шли пятыми, и вдруг она стала гнуться и вместе с парусами ухнула за борт. С нами на яхте была дочка — двенадцатилетняя Аня. До берега 5 км, сильный ветер, мы пробуем вытащить мачту, с проплывающей мимо яхты в рупор кричат — нужна ли нам помощь, а Никита машет им, чтобы плыли дальше. Вот тогда мне стало по-настоящему страшно. И все же мы справились и даже получили приз «За волю к победе».

Еще один случай, когда я испытала чувство страха, произошел много позже, в начале мар-



На даче с мамой, женой Людмилой Ивановной и афганской борзой Филиппом.

та 2004 г. Дача у нас на берегу Волги в Тверской обл., в районе Конакова. Там еще остался дикий, нехоженный лес и озера. Чтобы зимой попасть туда, нужно переехать Волгу по льду или ехать в объезд через Тверь. Никита решил ехать через реку и еще уговорил наших друзей. Вода поднялась надо льдом, и мы на всякий случай открыли двери машины, и когда, все мокрые, выскочили на противоположенный берег, машина тут же покрылась коркой льда. Наши друзья с тех пор оставляли свою машину на другом берегу и, даже когда был крепкий мороз, переходили Волгу пешком.

В последние годы Никита всегда был очень занят: незавершенные статьи, отзывы, экспертизы и все новые начинания. Часто он засиживался за компьютером допоздна или вставал очень рано и продолжал работать. Путешествия давали ему возможность отдохнуть от работы, которой была заполнена вся его жизнь.

В последние годы на машине мы объехали всю Европу, пересекали Африку, проехали 700 км через Намибийскую пустыню.

Летом 2005 г. вместе со старшим внуком Никитой отправились на машине в путешествие по Финляндии, Швеции и Норвегии. Доехали до Нордкапа и дальше вдоль фиордов до Тромсё — места, откуда стартовали многие арктические экспедиции. Никита говорил, что лучше всего ему, когда мы вот так втроем куда-нибудь едем.

Сейчас, когда его нет с нами, особенно остро чувствуется, как много Никита дал всем нам. Говорят, что любовь с годами проходит, но, наверное, нам очень повезло в жизни, в нашей семье она не угасала; нашей общей любовью были внуки — Никита, Кузенька и маленькая Ариша.

У него многое в жизни получилось, не получилось только победить болезнь, которая стремительно унесла его от нас. Он был хорошим сыном и гордился своей матерью, любил жизнь, природу, людей и был ими любим. За несколько дней до смерти он мне сказал: «Ты знаешь, я хочу, чтобы люди запомнили меня жизнерадостным, энергичным, работоспособным, а не больным». Так у него и получилось. ■

Западный Копетдаг

К 90-летию первой ботанико-ресурсоведческой экспедиции Н.И.Вавилова

А.И.Гладышев,

доктор биологических наук

Российская академия сельскохозяйственных наук

Москва

Древние караванные пути, пересекавшие знаменитую пустыню Каракумы с севера на юг, сливались у подножья Копетдага (часть легендарного «шелкового пути»). Преодолев более 600 км труднейшего пути через песчаную пустыню, пройдя колодцы Узбоя, древней долины Амударьи, караваны на 25—30-й день спускались в Низменные (Центральные) Каракумы. Можно представить себе состояние путников, когда, наконец, на горизонте открывались контуры голубых гор Копетдага. Там, на подгорной равнине, заканчивались физические тяготы долгого перехода, изнурительного и для человека, и для животных. Именно сюда совершил свою первую научную экспедицию 29-летний агроном Николай Иванович Вавилов.

Перед поездкой в Северный Иран

В 1916 г., через пять лет после окончания Московского сельскохозяйственного института (ныне Московская сельскохозяйственная академия им.К.А.Тимирязева), Вавилов по собственной инициативе и на собственные средства предпринял большое путешествие

в Среднюю Азию, Северный Иран и на Памир. Намечалось ботанико-агрономическое изучение местной флоры, предполагался и сбор семенного материала культурных растений (преимущественно хлебных злаков) для использования в селекции [1]. Уже тогда Николаю Ивановичу со всей очевидностью была ясна необходимость «широкого подхода к мобилизации растительных ресурсов в целях их правильного использования для улучшения существующих культур и сортов» [2].

В Закаспийской области (Туркменистан) Вавилов обследует Мервский, Тедженский, Кахкинский, Ашхабадский и Кара-Калинский районы. Последний включает центральную часть Западного Копетдага.

Полученные результаты Вавилов использовал в работах о генофонде мировой культурной флоры. Его выводы имели огромное практическое значение и послужили основанием для селекции полезных дикорастущих и культурных растений в зоне сухих субтропиков.

Позднее Николай Иванович напишет о Западном Копетдаге: «Мы пришли к выводу, что этот район является одним из мировых очагов формирования ценнейших плодовых пород зоны сухих субтропиков. Здесь сосре-

доточено большое внутривидовое разнообразие миндалей, орехов, граната, инжира и винограда, представляющих значительные естественные заросли по долине р.Сумбар и его ущельям» [3].

В отличие от путешествий в северную и центральную часть Ирана, а затем на Памир, совершенных в том же году и подробно описанных в широко известной книге «Пять континентов», пребывание в Закаспийской области, где начала работу экспедиция, отмечено Вавиловым коротко. Автор лишь вскользь замечает, что изучал сельскохозяйственные культуры Закаспийской области перед поездкой в Северный Иран, куда был командирован Министерством земледелия для исследования посевов пшеницы по причине массового отравления русских солдат местным пшеничным хлебом.

Однако по масштабу задачи, охвату территории и научно-практической значимости Закаспийская экспедиция не уступала последующей работе в Иране и на Памире. Мы попытались восстановить маршрут и несколько подробней остановиться на итогах путешествия по Закаспийской области, опираясь на отрывочные литературные сведения и воспоминания ученых, которым посчаст-

ливилось в разное время работать с Николаем Ивановичем [4].

Подгорная равнина

Вавилов приехал в Закаспий в разгар весны — в апреле. В Южном Туркменистане земледельческая культура была развита слабо, хотя и отличалась своеобразием и уникальностью местных сортов. В долинах Мургаба и Теджена небольшие орошаемые площади были заняты зерновыми, в основном мягкой пшеницей, бахчевыми и овощными культурами. Сеяли «азиатскую гузу» — хлопчатник обыкновенный (*Gossypium hirsutum*), из кормовых растений предпочитали люцерну посевную (*Medicago sativa*). Заливаемые дельтовые участки занимали бахчевые культуры, а в предгорьях широко практиковались богарные посевы зерновых, главным образом мягкой пшеницы.

Вавилов собрал семена большого количества сортов местной культурной флоры, отметив значимость древних предгорных земледельческих очагов в формировании земледельческой культуры Юго-Западной Азии.

На территории Закаспийской области (подгорная равнина, предгорья и горы) поиски диких сородичей хлебных злаков не принесли больших результатов. Только в районе Кушки были обследованы сообщества ячменя дикого (*Hordeum spontaneum*) и описаны условия его обитания.

После работы на подгорной равнине и в оазисах Юго-Восточного Туркменистана экспедиция Вавилова из Ашхабада поездом добиралась до станции Арчман. Из окна вагона видны хорошо сохранившиеся у подножья Копетдага руины старых крепостей, включая древнюю столицу Парфянского государства — Нису. Отчетливо просматриваются ровные цепочки шахтных колодцев — кяризов (чудо древнейших приемов орошения), выводящих подземные



Схема маршрута экспедиции Н.И.Вавилова по Западнему Копетдагу весной 1916 г.

воды Копетдага из предгорий на поля. А на север от железной дороги — знойное mareво безбрежных Каракумов.

Западнее Ашхабада подгорная равнина довольно просторная (до 30—40 км), но из-за недостатка поливной воды под земледелие освоена слабо. Это животноводческий район. Немногочисленные оазисы жмутся к самому подножию гор, к малым горным речкам, стекающим на равнину.

Между станциями Бахарден и Арчман и далее на запад к Большому Балхану подгорную равнину прорезают глубокие следы селевых потоков. Равнина местами усеяна валунами, обрушенными с гор мощными водными потоками.

Растительный покров кажется однообразным — повсеместно на неосвоенной равнине господствуют полынные сообщества. Тем не менее на подгорной равнине Копетдага (включая приоазисные песчаные массивы) произрастает более 600 видов высших цветковых растений, которые весной, в период массового цветения разнотравья, очаровывают естествоиспытателя.

Во времена экспедиции Вавилова существенную роль в структуре растительности нижних и высоких (600—800 м над

ур.м.) предгорий выполняло арчовое редколесье из можжевельника туркменского (*Juniperus turcomanica*). Отдельные его экземпляры встречались в предгорной полосе Западного Копетдага даже на подгорной равнине.

Горная страна — Копетдаг

От Арчмана экспедиция поднимается в горы. На конях, через горные поселки, она добиралась до Сумбарского водораздела — центральной части Западного Копетдага.

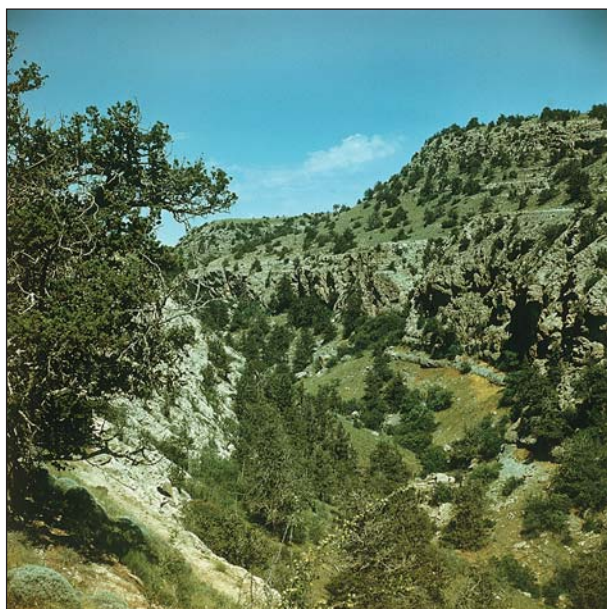
Копетдаг представляет собой систему северных хребтов Туркмено-Хорасанских гор. К нему относятся Малый Балхан и Кюрендаг — последние северо-западные массивы той же горной системы [5].

Характерная особенность Копетдага — асимметрия склонов. Северные, открывающиеся в сторону пустыни Каракум, — крутые и обрывистые, южные — значительно положе и длиннее. Они постепенно снижаются до очередной врезанной долины с маловодными речками родникового питания. Только на западе течет более полноводная река Сумбар (с притоком Чан-



Река Сумбар в межень.

Здесь и далее фото автора



Можжевельник туркменский на границе Центрального и Западного Копетдага.



Верхнемеловые и палеогеновые отложения северо-западнее Кара-Калы («лунные горы»).



Осень в Западном Копетдаге. На переднем плане заросли хвойника — эфедры хвощевой, содержащей алкалоид эфедрин, который используется в медицине как сердечное и противоастматическое средство.



Миндаль метельчатый — эндемик Юго-Западного и Центрального Копетдага.



Боярышник ложный азаролус — эндемик Юго-Западного Копетдага.



Роза Беггера — эндемик Юго-Западного и Центрального Копетдага.

дыр), впадающая в Атрек, в Средневековье доходивший до Каспия.

В Копетдаге широко распространены сернистые источники (иногда скрывающиеся в пещерах). Они связаны с древнейшими юрскими отложениями. Но сам хребет в основном сложен меловыми и третичными породами, а его окраины — бо-

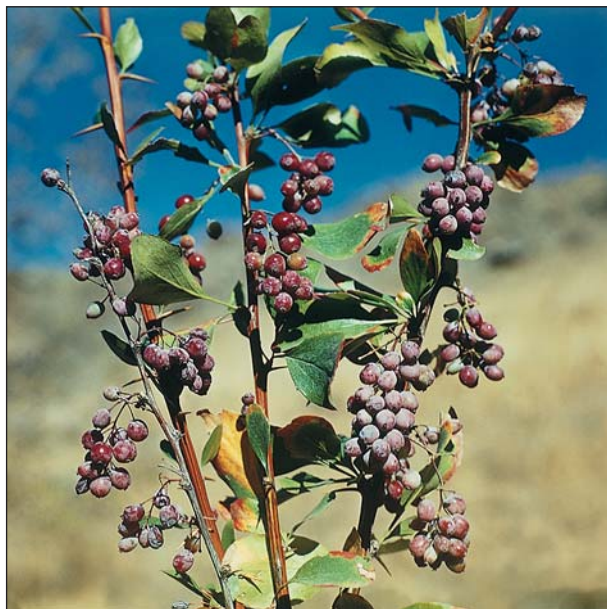
лее молодыми, четвертичными, породами.

Самые высокие точки — в Центральном Копетдаге. Гора Риза возвышается почти до 3000 м над ур.м. В Западном Копетдаге — низкогорный рельеф с высотами до 1300–1400 м над ур.м.

Флора Западного Копетдага насчитывает около 1600 видов

высших цветковых растений (всего в Копетдаге — около 2400 видов).

В настоящее время доказано, что флора горной Средней Азии как единое ботанико-географическое целое сформировалась в неогене (миоцен) в связи с активным горообразованием. Флора Копетдага, в отличие от более восточных регионов Средней



Барбарис туркменский в Юго-Западном Копетдаге образует плотные заросли.



Ирис Эвбанка — эндемик Юго-Западного и Центрального Копетдага.

Азии, близка к Закавказским и Северо-Западно-Иранским горным районам. Западный Копетдаг всегда испытывал мощное влияние Каспийского моря, его южных побережий — так называемой Чиркании [6].

Долина Сумбара

На Сумбарском водоразделе (около 1900 м над ур.м.) Вавилов наблюдал богатое разнотравье (крупные зонтичные, крестоцветные, гречишные, кузинии, астрагалы, колючелистники, полыни). Здесь арча (можжевельник туркменский) уже растет в форме настоящих деревьев высотой до 12—15 м. Как считают исследователи, активная и многовековая вырубка арчи на топливо и хозяйственное строительство, уничтожение травянистой растительности скотом постепенно привели к оголению склонов хребта и их опустыниванию.

Спускаясь в долину Сумбара по единственной гужевой дороге, экспедиция пересекает плотные заросли низких кустарни-

ковидных деревьев — боярышника (наиболее распространен охраняемый из-за вкусных плодов боярышник понтический, *Crataegus pontica*). По склонам здесь все те же крупнотравные и полынные сообщества, встречаются крупные куртины солодки голой (*Glycyrrhiza glabra*).

Неизгладимое впечатление на Вавилова, несомненно, произвели внутренние долины и ущелья Западного Копетдага. В долине Сумбара, на месте его слияния с речкой Айдеринкой, по которой и спускается экспедиция, он знакомится с богатейшим ущельем Айдере, на западных склонах которого его поражают обширные заросли и обилие разнообразных форм миндаля обыкновенного (*Amygdalus communis*) и туркменского (*A.turcomanica*). Здесь же сохранились остатки долинных лесов из каркаса кавказского (*Celtis caucasica*), платана восточного (*Platanus orientalis*), алычи (*Prunus cerasifera*), клена туркменского (*Acer turcomanicum*), ильма Андросова (*Ulmus androsowii*). Одиночными экземплярами встречаются дикорасту-

щие груша туркменская (*Pyrus turcomanica*) и яблоня туркменнов (*Malus turkmenorum*). Деревья местами густо обвиты диким лесным виноградом (*Vitis sylvestris*).

В долинах Сумбара и Чандыра Вавилов имел возможность познакомиться с дикорастущими разновидностями и формами инжира (*Ficus carica*), граната обыкновенного (*Punica granatum*), барбариса туркменского (*Berberis turcomanica*), фисташки настоящей (*Pistacia vera*), грецкого ореха (*Juglans regia*), которые сейчас внесены в списки Красной книги Туркменистана [7].

От пос.Кара-Кала экспедиция спускается на Сайванское плато, уже тогда значительно освоенное под богарное земледелие, главным образом под посевы знаменитой мягкой пшеницы акбугдай. Справа от дороги возвышается гора Хосардаг (1638 м над ур.м.), склоны которой покрыты крупным разнотравьем и арчовым редколесьем.

После перевала дорога идет по небольшой долине и в районе пос.Беурме достигает под-

горной равнины. Сюда приходит распоряжение Министерства земледелия посетить Иран. Первая часть экспедиции завершена. Дальше маршрут лежит в Северный Иран, Таджикистан и горный Бадахшан, где Вавиловым сделаны крупные научные открытия, впоследствии нашедшие отражение в его основополагающих научных трудах. Однако долина Сумбара позднее неоднократно привлекала активное внимание ученого.

Итоги экспедиции

В 1924 г. Николай Иванович становится первым директором Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур (в настоящее время Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им.Н.И.Вавилова, ВИР). Под его руководством разворачивается огромная работа, направленная на поиски и привлечение для селекции мирового сортового богатства культурных и дикорастущих растений. По всей стране создаются зональные опытные станции для интродукции, испытания и введения в культуру полезных растений мировой и местной флоры. Особое внимание в то время уделялось каучуконосным растениям как сырью для получения резины, в которой нуждалась молодая автомобилестроительная отрасль.

В 1925 г. в долинах рек Сумбар и Чендыр проводятся первые опыты по введению в куль-

туру перспективного каучуконосного кустарника из Северной Мексики — гваюлы (*Parthenium argentatum*). Вавилов приходит к заключению, что гваюла лучше всего удастся в Южной Туркмении. В результате недалеко от Сумбарской долины, в Кызыл-Атреке, были заложены промышленные плантации растения.

В 1927 г. на базе опорного пункта в районе поселка Кара-Кала создается Туркменское отделение Института прикладной ботаники ВАСХНИЛ, позднее переименованное в Туркменскую опытную станцию ВИР (в наши дни — Туркменская опытная станция генетических ресурсов растений). Первым директором этого учреждения Вавилов назначил выдающегося ботаника М.Г.Попова, и сам, несмотря на огромную занятость, неоднократно посещал станцию. Каждая его встреча с сотрудниками оставляла массу неизгладимых впечатлений, давала мощный заряд творческой энергии.

В 1936 г. Николай Иванович пишет письмо в правительство Туркменской ССР, где отмечает: «Наличие, наряду с малопродуктивными чисто дикими формами, ценных, почти неотличимых от лучших мировых стандартов сортов ставит долину Сумбара в число редчайших в мире естественных питомников субтропических культур». И далее: «Со всей остротой встает вопрос о незамедлительной организации охраны, восстановления и приведения в порядок всех ущелий по р.Сум-

бар и, в первую очередь, таких, как Айдере, Пордере, Ёлдере и т.д. Они должны быть объявлены государственными заповедниками с особыми производственными задачами по повышению их продуктивности» [3]. Эта программа Вавилова выполнялась вплоть до 90-х годов прошлого столетия, когда работы станции в основном были свернуты.

Туркменская опытная станция ВИР сыграла огромную роль в выполнении задач по рациональному использованию растительных ресурсов туркменских субтропиков и интродукции ценных культур мировой флоры. Она занимала достойное место среди ведущих ботанических учреждений Туркменистана и была хорошо известна в нашей стране и за рубежом. В начале 1991 г. коллекция образцов (генофонд) станции состояла из 1431 плодовых и орехоплодных культур, 1760 субтропических плодовых, 39 ягодных, 988 сортов винограда. Лучшие из них широко культивировались и стали неотъемлемой частью коллекций ведущих ботанических садов мира.

Так осуществилась мечта Вавилова по преобразованию Сумбарской долины, где он впервые побывал 90 лет назад. ■

Автор выражает признательность члену-корреспонденту РАН Р.В.Камелину за ценные замечания, а также ведущим научным сотрудникам ВИРА А.А.Юшину и Р.А.Удачину за консультации и советы.

Литература

1. Грумм-Гржимайло А.Г. В поисках растительных ресурсов мира. Л., 1986.
2. Вавилов Н.И. Пять континентов. М., 1987.
3. Вавилов Н.И. О дикорастущих плодовых ресурсах Копет-Дага // Растительные ресурсы. 1965. Т.1.
4. Рядом с Н.И.Вавиловым: Сб. воспоминаний / Сост. Ю.Н.Вавилов. М., 1973.
5. Очерки природы Каракумов / Ред. В.Н.Кунин. М., 1955.
6. Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л., 1973.
7. Красная книга Туркменистана. Т.2. Ашхабад, 1999.

Еще раз об открытии структуры ДНК

Н.С.Андреева,

доктор физико-математических наук

Институт молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН
Москва

В нашей отечественной литературе роль, которую сыграла Розалинда Франклин в становлении молекулярной биологии, в должной степени не отражена. Как правило, открытие структуры ДНК ассоциируется лишь с именами Дж.Уотсона и Ф.Крика, хотя на самом деле три имени должны фигурировать в подзаголовке этой замечательной работы — Уотсон—Крик—Франклин, так как каждый из них внес равноценный, индивидуальный и незаменимый вклад в определение строения вещества наследственности. Но история распорядилась так, что имени Франклин суждено было уйти в небытие*.

Все началось с того, что Уотсон и Крик построили свою модель, опираясь на неопубликованные данные Франклин, и в своей знаменитой статье о структуре ДНК не упомянули ее имя [1]. Серьезное и обстоятельное исследование реального вклада Франклин в установление структуры двойной спирали ДНК проведено А.Клугом [2], который опубликовал в 2004 г. большую подборку раз-

личных материалов, а также дневники и рабочие тетради Франклин, позволяющие не только понять ее роль в этих исследованиях, но и проследить шаг за шагом, как развивалась мысль и созревало величайшее открытие XX в. Мне кажется, что подробное описание этого процесса не только интересно, но и весьма поучительно.

Начнем с исходной ситуации. По сути изучением структуры ДНК занимались три группы. Одна из них, биофизическая, была организована при поддержке Совета по медицинским исследованиям (MRC) сэром Дж.Рэндалом в Лондонском Королевском колледже в 1946 г. «для междисциплинарной атаки на секрет хромосом и близких к ним структур». Возглавил ее эрудированный и обстоятельный биофизик М.Уилкинс. В этой группе проходил практику студент Р.Гослинг, рентгенографически исследовавший сперму различных животных. Уилкинс преуспел в получении нитей ДНК вытягиванием их из вязких растворов. Нити давали высокое двойное лучепреломление, что свидетельствовало о параллельной ориентации длинных молекул вдоль оси растяжения. Вместе с Гослингом он снял рентгенограмму влажной нити ДНК, которая оказалась чрезвычайно богатой рентгено-

вскими отражениями (как впоследствии выяснилось, это была рентгенограмма А-формы ДНК).

Именно она вдохновила молодого американского биолога Дж.Уотсона заняться определением структуры ДНК методом рентгеноструктурного анализа. Будь Уотсон более опытным исследователем, он никогда бы не принял подобного решения. Но энтузиазм молодости плюс полное отсутствие знаний в вопросах атомно-молекулярной структуры биополимеров и рентгеноструктурного анализа послужили источником его легкомысленной самоуверенности. Он добился разрешения работать над этой проблемой в знаменитой физической Кавендишской лаборатории, руководимой сэром Лоуренсом Брэггом, основателем рентгеноструктурного анализа. Его приняли в группу М.Перутца, изучавшего структуру гемоглобина и миоглобина.

Как могли Брэгг и Перутц доверить рентгенографическое определение структуры ДНК биологу, не имеющему представления о рентгеноструктурном анализе? Чтобы понять это, необходимо воссоздать атмосферу, царившую в начале 50-х годов в Англии и США в рентгеноструктурных лабораториях, изучающих строение макромолекул. На этот счет имеется мно-

* Об этом факте упоминалось недавно в краткой заметке. Подробнее см.: Корочкин Л.И., Фридман С.А. Пионер молекулярной биологии // Природа. 2004. №8. С.75—77.

го публикаций, в том числе книги Перутца [3, 4], а мне доводилось работать в лаборатории Перутца в конце 50-х и начале 60-х годов и почувствовать эту атмосферу непосредственно.

Помимо основных исследований гемоглобина и миоглобина, Л.Брэгг, М.Перутц и Дж.Кендрью пытались выяснить структуру остова полипептидной цепи, наблюдаемую во множестве фибриллярных белков и, следовательно, отражающую важные принципы строения белковых структур. Эту задачу они решали методом моделирования, в то время очень модным. Именно так были созданы первые модели структуры фибриллярных белков, синтетических полипептидов и, наконец, ДНК, которые впоследствии подтвердились прямыми экспериментальными исследованиями.

Однако когда появился Уотсон, Кембриджская лаборатория потерпела поражение в моделировании структуры фибриллярных α -белков. По словам Брэгга, это было самое крупное фиаско в его жизни: модель противоречила законам стереохимии соединений пептидной природы, которые незадолго до этого установил Полинг. В 1951 г. он опубликовал убедительные работы по моделированию структуры остова полипептидной цепи белков, оставив далеко позади модельные построения кембриджских ученых. Труды Полинга, основанные на собственных многолетних исследованиях структуры аминокислот и соединений пептидной природы, позволили ему сформулировать знаменитую теорию резонанса. Опираясь на нее, он показал, что пептидные группы белковых цепей, состоящие из шести атомов — C_{α} -CO-NH- C_{α} , всегда должны быть плоскими, а структура любого из соединений пептидной природы должна отвечать критерию полного насыщения водородными связями.

Полинг решил построить наиболее выгодную с энергетической

точки зрения модель остова полипептидной цепи, состоящего из плоских пептидных групп, и затем проверить ее соответствие экспериментальным данным. Выяснилось, что заданным Полингом критериям полностью отвечает лишь одна структура, названная им α -спиралью: она имеет нецелочисленную винтовую ось, т.е. на один ее оборот приходится дробное число пептидных групп (18 в пяти оборотах). Классическая кристаллография отвергала такие винтовые оси, поскольку они не обеспечивают плотного заполнения пространства. Но Полинг искал наиболее выгодную энергетически конфигурацию остова изолированной полипептидной цепочки, полагая, что к волокнам требования классической кристаллографии применять нельзя. Хотя модель Полинга отвечала всем требованиям стереохимии и выглядела весьма убедительной, но какова должна быть ее рентгенограмма, оставалось неясным. В первой экспериментальной проверке α -спирали, проведенной в Кембридже, Перутц выловил на рентгенограммах α -белков отражение, подтверждающее модель Полинга. Однако нужны были более обстоятельные эксперименты.

И вот тогда первый раз блеснул своим талантом работавший у Перутца 35-летний физик Ф.Крик. Он вместе с кристаллографом У.Кокреном математически разработал теорию дифракции рентгеновских лучей на спиральных молекулах с винтовыми осями любых порядков, включая нецелочисленные оси. Главное следствие его теории — особое расположение рентгеновских отражений на рентгенограммах спиральных структур. Оно позволяло по виду рентгенограмм идентифицировать спиральную конфигурацию у полимерных молекул в фибриллярных белках и синтетических полипептидах. Расчеты показали, что α -фибрилярные белки состоят из скрученных

жгутов α -спиралей. Стало понятно, что законы погасаний рентгеновских отражений от структур с винтовыми осями, которые использует классическая кристаллография, — лишь частный случай общей теории Крика [5].

Конечно, эта работа придала Крику солидный запас уверенности в себе, и когда появился Уотсон с навязчивой идеей определить структуру ДНК, Крик, видимо, решил и здесь попробовать свои силы. Уязвленный неудачей в построении модели α -фибрилярных белков, Брэгг дал молодым ученым свое согласие. Вдохновленные успехом Полинга и кажущейся легкостью в построении модели полипептидной цепи белков, Уотсон и Крик намеревались таким же способом определить строение ДНК. Рентгеноструктурные данные, полученные еще в 40-е годы В.Астбери, говорили, что ДНК свойственна определенная стабильная и упорядоченная структура. Никакой другой информацией Уотсон и Крик на первых порах не располагали.

Если при моделировании α -спирали речь шла о плотной упаковке плоских пептидных групп, состоявших из шести атомов, с точно установленным расположением, то отнюдь не плоские нуклеотидные группы содержали значительно больше атомов. Об их расположении можно было лишь гадать, да кроме того, было вообще неизвестно, из скольких цепей состоит молекула. Поэтому для определения структуры ДНК требовалась иная схема, противоположная той, которая реализовалась при анализе структуры фибриллярных белков (когда сперва строилась модель, а потом она проверялась экспериментально). Здесь в первую очередь оказались нужны независимые экспериментальные данные о параметрах структуры. Уотсон и Крик были абсолютными новичками в изучении стереохимии нуклеотидных соединений. Так что, в отличие от Полинга,

никаких основополагающих идей о том, какой должна быть структура ДНК, у них не было, кроме предположения Крика, что это спираль. Отсюда становится ясным значение результатов экспериментальных исследований как исходного пункта для построения правильной модели ДНК.

В 1950 г. Рэндал решил усилить рентгеноструктурные исследования ДНК в Королевском колледже, пригласив физико-химика Розалинду Франклин. Ее рентгенографические исследования аморфных углей, требующие экспериментального мастерства и серьезной математической подготовки в области теории рассеяния рентгеновских лучей, снискали ей высокую репутацию среди коллег. Поскольку Уилкинс как руководитель был совершенно не нужен Франклин, оба стали заниматься изучением структуры ДНК отдельно.

Существенно улучшив способ получения ориентированных препаратов ДНК и условия съемки рентгенограмм, Розалинда сразу обнаружила две структурные формы у ДНК — кристаллическую А-форму и паракристаллическую В-форму — и показала, что свои данные Астбери получил от смеси этих двух форм. Свое внимание она сосредоточила на кристаллической А-форме ДНК, пытаясь по плотности вещества и объему ячейки определить количество цепей, проходящих через одну элементарную ячейку.

Тем временем Уотсон и Крик почти вслепую начали собирать модель ДНК из латунных стержней, изготавливаемых в мастерских Кавендишской лаборатории*. Побывав в Королевском колледже на кристаллографическом семинаре Франклин,

* Стержневые модели атомов представляли собой сделанные в определенном масштабе рогатки из расходящихся из одной точки стерженьков под углами, соответствующими валентным углам атомов, с длинами, пропорциональными длинам валентных связей.

биолог Уотсон не вынес ничего, кроме того, что молекула ДНК может состоять из трех цепей. На самом деле Розалинда подчеркивала, что если учесть молекулы воды в элементарной ячейке кристаллической формы, то масса вещества в ячейке соответствует скорее двум цепям ДНК. Ничтоже сумняшеся, Уотсон и Крик принялись строить модель спиральной структуры ДНК из трех цепей с переплетающимися фосфатно-сахарными остовами вблизи оси цилиндрической молекулы и торчащими наружу основаниями, по примеру того, что наблюдается в α -спиральных белках, где нерегулярно чередующиеся боковые группы торчат наружу. Как же иначе можно было расположить нерегулярно чередующиеся азотистые основания? Построив в течение одной недели модель, Уотсон и Крик пригласили Франклин. Она сразу спросила их, куда они девали воду, а потом разнесла модель в пух и прах как не отвечающую экспериментальным данным. Услышав об этом, Брэгг категорически запретил Уотсону и Крику заниматься играми в ДНК в его лаборатории, и они прервали свою работу на довольно продолжительное время.

Надо сказать, что Уотсон и Крик были не одиноки в своей ошибке. Такую же модель построил и Полинг. Но он сделал еще более грубую ошибку, расположив заряженные фосфатные группы совсем близко друг от друга, не объяснив, почему они не отталкиваются. Ну ведь у Полинга не было экспериментальных данных о ДНК, как, впрочем, и у Уотсона с Криком, если не считать то, что постиг Уотсон на семинаре у Франклин.

Тем временем Розалинда продолжила свои эксперименты. Она получила совершенно замечательную рентгенограмму В-формы ДНК, которая сейчас называется канонической и приводится во многих учебниках [6]. Самым важным в этой рентгенограмме было располо-

жение отражений, четко соответствующее спиральной структуре молекулы, с 10 идентичными группами в одном обороте спирали, равном 34 Å и с шагом спирали в 3.4 Å. Рентгенограммы свидетельствовали также, что диаметр цилиндрической молекулы ДНК равен приблизительно 20 Å. Получив эту рентгенограмму, Розалинда замешкалась. Она никак не могла понять, как соотносится структура В-формы ДНК со структурой кристаллической А-формы, на рентгенограммах которой видимых признаков спиральной формы молекулы ДНК не наблюдалось.

Согласно теории рассеяния рентгеновских лучей на цепных молекулах, это различие находит вполне четкое объяснение. Не углубляясь в дебри специальных рассуждений, скажу лишь, что в 1950—1953 гг., будучи аспиранткой кафедры рентгеноструктурного анализа физического факультета МГУ, я занималась рентгеноструктурным анализом фибриллярных белков. Работ Розалинды Франклин я не знала, но работу Крика по дифракции на спиралах изучила до дыр. Крик рассчитывал рассеяние рентгеновских лучей изолированной цепной молекулой, не учитывая влияние взаимной упаковки молекул на дифракционную картину. В паракристаллической В-форме ДНК, где молекулы окружены водной шубой, соседние молекулы не могут находиться в регистре друг относительно друга, они всего лишь параллельны, но могут быть повернуты на любой угол вокруг своей длины и смещены вдоль нее относительно друг друга любым образом, т.е. пространственной кристаллической решетки нет. Лишь в плоскости, перпендикулярной длине молекул, они образуют двумерную квазирешетку, так как расстояние между цепями выдерживается не очень строго. Поэтому дифракционная картина от паракристаллических фибриллярных структур опре-

деляется в основном независимым рассеянием молекул, для которых полностью применима теория Крика.

Взаимная упаковка молекул проявляется лишь в виде максимумов на экваторе рентгенограммы. В то же время при дифракции рентгеновских лучей от кристаллических полимерных структур со спиральными молекулами упаковка молекул вызывает погасание большей части рассеянного излучения, оставляя лишь точечные рефлексии, обусловленные кристаллической решеткой. При этом картина рассеяния рентгеновских лучей изолированными спиральными молекулами оказывается затушеванной. Видимо, это обстоятельство не пришло на ум Розалинде. Трудности усугублялись тем, что спираль в А-форме немного отличается от спирали в В-форме ДНК, поэтому Франклин не торопилась комбинировать данные, полученные для разных форм.

Уотсон и Крик ознакомились с моделью Полинга по рукописи, привезенной в Кембридж сыном Полинга, поступающим в аспирантуру к Перутцу. Уотсон повез этот текст Уилкинсу, который в ответ показал копию рентгенограммы В-формы ДНК, полученной Франклин. Уотсон, к тому времени поднаторевший в рентгеноструктурном анализе, немедленно передал информацию Крику. Можно себе представить, как обрадовался Крик, узнав о прекрасном воплощении своей теории на рентгенограмме ДНК. Возможность построения правильной модели ДНК вновь забрезжила; Уотсон и Крик бросились к Брэгу с просьбой продолжить свои построения. Брэгг, узнав об ошибке Полинга, такое разрешение дал.

Надо полагать, что энтузиазм Уотсона и Крика в то время нарастал, и в этой атмосфере Перутц ознакомил их с подробным годовым отчетом Розалинды Франклин о проведенных ею исследованиях структуры ДНК.

По сути отчет содержал весь комплекс экспериментальных данных, необходимых для построения модели ДНК. Однако Франклин считала, что данные, полученные для одной формы, пока преждевременно переносить на другую, и поэтому медлила с публикацией своих экспериментальных работ. О том, что ее результаты попали в руки Уотсона и Крика, она не знала.

Следует отдать должное тому, как быстро и талантливо Крик скомбинировал данные Франклин для построения единственно возможной и правильной модели молекулы ДНК. Он понял, что спираль состоит из двух коаксиальных спиралей, образованных фосфатно-сахарными остовами цепей и направленных, в соответствии с требованиями симметрии C₂, найденной в А-форме, в противоположные стороны. Теперь можно было приступить к практическому построению вполне добротной модели остова молекулы ДНК.

Строил модель Уотсон, а Крик им руководил. Можно ли сказать, что модель Уотсона—Крика оказалась простой иллюстрацией рентгеноструктурных данных, полученных Франклин? И да, и нет, потому что это может касаться лишь той части модели, которая представляет строение фосфатно-сахарного каркаса молекулы; кстати, это именно двойная спираль. Но данных Франклин было недостаточно, чтобы правильно расположить азотистые основания внутри двойной спирали, хотя они и указывали, что основания, будучи плоскими и имея толщину около 3.4 Å, должны лежать стопкой перпендикулярно ее оси [7].

Работа, связанная с размещением плоских азотистых оснований внутри молекулы, стала результатом творческого поиска Уотсона и Крика, главным образом Уотсона. Посторонние структурные данные, использованные ими, сводились лишь к правильным таутомерным

формам оснований, найденным Дж.Доноу, что сыграло немаловажную роль в построении правильной модели. Но основным залогом успеха этой части работы была правильная модель фосфатно-сахарного остова, которая неукошительно вела Уотсона и Крика к их великому открытию.

Эта модель подсказала, что плоские основания двух противоположно направленных цепей, присоединенные к их сахарным группам, которые располагаются на одном уровне по высоте спирали, должны лежать точно в одной плоскости. Следовательно, они должны образовывать пары, но как в них основания располагаются друг относительно друга?

Задача решалась перебором различных пар оснований. Сразу были отброшены два неприемлемых варианта: пары пурин-пурин просто не влезали во внутреннюю полость цилиндра, а пары пиримидин-пиримидин были настолько малы, что проваливались, не цепляясь одновременно за оба крючка гликозидных связей двух противоположно направленных цепей. Судя по всему, немалую роль в быстроте этого поиска сыграла работа биохимика Э.Чаргафа о равенстве содержания аденина и тимина, а также гуанина и цитозина во всех препаратах ДНК [8]. И действительно, пары аденин-тимин и гуанин-цитозин как по выкройке размещались во внутренней полости цилиндра, и их гликозидные связи точно попадали в модели на нужное место. Вместе с тем соприкасающиеся поверхности оснований в этих парах отличались высокой комплементарностью, и при этом насыщались водородные связи, что не могло быть случайным. Вероятнее всего, открытие Чаргафа оплодотворило работу Уотсона и Крика по моделированию расположения оснований в спирали ДНК.

Итак, в единственно приемлемой со стереохимической

точки зрения структуре ДНК, отвечающей всем экспериментальным данным, последовательность оснований в одной цепи должна обязательно быть комплементарна последовательности оснований в другой. Иначе будут возникать нерегулярные пустоты и искривления цепочек, из-за чего резко упадет стабильность всей структуры. Вместе с тем на последовательность оснований в одной из цепей найденная структура никаких ограничений не налагала. Это также означало, что информация об этой последовательности может надежно храниться внутри молекулы. Следовательно, генетическая информация должна записываться именно в виде последовательности оснований, которая может передаваться по наследству, в случае, если в процессе

репликации ДНК спираль расплетается, и одна из цепей служит шаблоном для биосинтеза другой.

Наверное, счастье, которое испытали Уотсон и Крик, поняв замечательные потенции найденной ими структуры, было не меньшим, чем при присуждении им Нобелевской премии. Казалось бы, что на фоне такого удивительного подарка судьбы можно быть более щедрыми и отдать Розалинде Франклин то, что ей принадлежало по праву, т.е. отметить, что ее работы послужили экспериментальной основой модели. Но, увы, этого не произошло: о том, что ее данные позволили им построить правильную модель ДНК, не сказано ни слова, и ее имя вообще не упомянуто в их знаменитой статье, опубликованной

в «Nature» в апреле 1953 г. Правда, в своей книге «Двойная спираль», вышедшей спустя 15 лет, Уотсон вспоминает Розалинду Франклин [9]. Приходится лишь удивляться контрасту между совершенством Природы, выразившимся в удивительно гармоничной структуре молекулы ДНК, и ограниченностью человеческой природы, проявившейся при ее открытии. Вскоре после этих событий Розалинда Франклин умерла от рака. Ей было всего 37 лет.

Кратко резюмируя изложенное, можно сказать что в учебных пособиях по биологии, равно как и в лекциях на соответствующую тему, правильнее говорить не о двойной спирали ДНК Уотсона и Крика, а о двойной спирали ДНК Уотсона, Крика и Франклин. ■

Литература

1. *Watson J.D., Crick F.H.C.* // *Nature*. 1953. V.171. P.737.
2. *Klug A.* // *J. Mol. Biol.* 2004. V.335. P.3—26.
3. *Perutz M.F.* Is science necessary? N.Y., 1989.
4. *Perutz M.F.* I wish I'd make you angry earlier. *Essays on Science, Scientists and Humanity*. Cold Spring Harbour Laboratory Press. 1998.
5. *Вайнштейн Б.К.* Рассеяние рентгеновских лучей на цепных молекулах. М., 1963.
6. *Franklin R.E., Gosling R.C.* // *Nature*. 1953. V.171. P.742—743.
7. *Perutz M.F., Wilkins M.H.C., Watson J.D.* // *Science*. 1969. V.164. P.1537—1539.
8. *Уотсон Дж.* Молекулярная биология гена. М., 1988.
9. *Уотсон Дж.* Двойная спираль. М., 1969.

Более миллиона спор грибов, принадлежащих примерно к 20 их видам, может содержаться в тканном материале подушек, которыми постоянно пользуются на протяжении от года до 20 лет. Подавляющая часть видов представлена *Aspergillus fumigatus*, который вызывает серьезные аллергические заболевания. Надо отметить, что эти «случайные партнеры» спящего или отдыхающего человека более предпочитают подушки из синтетических материалов, нежели пуховые.

Science et Vie. 2005. №1059. P.32 (Франция).

Клюв птиц из семейства тукановых (отряд дятлообразных), которые обитают в Амазонии, поразительно прочен и легок. Исследования строения этого органа показали, что он представляет собой твердую «пену» из костных тканей, заключенную, как сэндвич, между слоями кератина. Такую подсказку природы могут взять на вооружение создатели различных конструкций и механизмов (в том числе автомобилей и самолетов), которым требуются названные характеристики.

Science et Vie. 2006. №1060. P.19 (Франция).

На территории израильской тюрьмы Мегиддо во время строительных работ вскрыты руины древнего храма и два прекрасно сохранившихся фрагмента напольной мозаики. На одном — покрытые глазурью изображения рыб, символа первых христиан; на другом — надпись на греческом языке, посвященная Иисусу Христу. Археологи относят находку к III—IV вв. Если этот возраст подтвердится, можно будет считать, что обнаружен древнейший христианский храм на Святой земле.

Sciences et Avenir. 2005. №706. P.24 (Франция).

Новости науки

Астрофизика

История галактик: от карликов к гигантам

Самые первые галактики были очень маленькими — примерно в 10 тыс. раз менее массивными, чем наша Галактика сегодня. Миллиарды лет назад эти миниатюрные системы в изобилии формировали в своих недрах множество горячих массивных звезд. И этим они подписали себе приговор: потоки ультрафиолетового излучения от массивных звезд заполнили Вселенную, ионизовали ее вещество, и дальнейшее формирование карликовых галактик прекратилось. Недавно астрономы С.Вайте (Университет Мельбурна, Австралия) и А.Лёб (Гарвард-Смитсоновский астрофизический центр, Кембридж, США) представили свидетельства, подтверждающие этот сценарий.

Вайте и Лёб показали, что немногочисленные крупные галактики доминировали во Вселенной уже спустя миллиард лет после ее рождения¹. А еще до этого, спустя всего лишь несколько сотен миллионов лет после Большого взрыва, прекратилось формирование карликовых галактик. «Первые карликовые галактики тормозили не только собственный рост, но и рост соседних карликов, — отметил Лёб. — Это предсказывали теоретики, но мы впервые получили наблюдательные свидетельства саморазрушительного поведения галактик первого поколения»².

Примерно 14 млрд лет назад, сразу после Большого взрыва, Вселенная была заполнена горячей

водородо-гелиевой плазмой. По мере расширения пространства и охлаждения вещества электроны и ионы объединялись, образуя нейтральные атомы. Газ остывал, температура падала... Заполненное почти однородным веществом, напоминающим ночной туман, пространство погрузилось во тьму. Астрономы так и называют ту эпоху — Эра тьмы. Однако физические процессы в темной Вселенной не прекратились: формировались первые галактики, в них рождались звезды.

Первое поколение звезд начало рассеивать окружающий «туман», заполняя Вселенную ультрафиолетовым излучением. Его мощные кванты стали вновь расщеплять атомы на отрицательно заряженные электроны и положительные ионы; начался процесс ионизации, вновь превративший межзвездное и межгалактическое вещество в плазму... Поскольку вещество Вселенной сначала было ионизованным, затем стало нейтральным, а теперь опять оказалось ионизованно звездами, этот период в жизни Вселенной назвали эпохой вторичной ионизации, или эпохой реионизации. Она наступила в течение первых сотен миллионов лет существования Вселенной.

С наступлением этой эпохи условия для формирования галактик резко изменились. Пока газ был холодным, сила гравитации могла сжимать многочисленные небольшие уплотнения газа, образуя мелкие галактики, а в них — звезды. Но горячий газ уже был непригоден для формирования таких объектов. Чем горячее газ, тем массивнее должны быть зародыши галактик, чтобы гравитация смогла преодолеть газовое давление и заставить облако сжаться и превратить-

ся в звездную систему. До эпохи реионизации в основном могли образовываться галактики с массами в 100 млн солнечных масс, а после эпохи реионизации — только галактики с массами более 10 млрд масс Солнца.

Чтобы определить типичную массу звездных систем в далеком прошлом, Вайте и Лёб решили изучить свет, приходящий от самых далеких квазаров и просвечивающий по пути зародыши многих галактик. Свет самого далекого известного нам сегодня квазара был излучен им примерно 13 млрд лет назад, когда Вселенная была гораздо моложе. Свет квазара частично поглощается водородными облаками молодых галактик, и это оставляет в спектре характерные детали. Сравнивая спектры квазаров, наблюдаемых в различных направлениях, Вайте и Лёб попытались определить типичные размеры галактик в молодой Вселенной. Если бы Вселенная была заполнена многочисленными мелкими системами, то набор линий поглощения в спектрах разных квазаров был бы примерно одинаковым, флуктуации были бы малы. А при наличии многочисленных крупных галактик, напротив, спектры разных квазаров различались бы сильно. В качестве аналогии представим себе две тарелки — с супом и с кашей. Зачерпывая ложкой кашу, мы каждый раз получаем сходный набор большого числа мелких крупинок, а из супа с редкими крупными кусками картофеля и мяса каждый раз вынимаем ложку с оригинальным содержанием.

Вайте и Лёб обнаружили большие статистические флуктуации в спектрах поглощения квазаров. Следовательно, Вселенная в ту эпоху уже не содержала много-

¹ *Stuart B.J.* // Nature. 2006. V.441. P.322—324.

² Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Press Release 06-15. 17 May 2006.

численных мелких галактик, а бы-ла населена редкими крупными системами.

Астрономы надеются подтвердить остановку в формировании карликовых галактик и их частичное разрушение, используя телескопы следующего поколения — как радиотелескопы, способные обнаружить далекий водород, так и инфракрасные телескопы, способные дать прямое изображение молодых галактик. В течение следующего десятилетия, используя новые инструменты, они надеются прояснить темную эру Вселенной.

© Сурдин В.Г.,

кандидат физико-математических наук
Москва

Планетология

«Десятая планета» лишь немного больше Плутона

Открытую в прошлом году «десятую планету», которая пока известна под неформальным именем Зена (в честь героини фантастического сериала), удалось сфотографировать 9 и 10 декабря 2005 г. с помощью космического телескопа «Hubble», точнее, не просто сфотографировать, а различить ее диск.

Зена удалена от Земли на 16 млрд км, поэтому на снимках ее изображение имеет поперечник не более полутора пикселей. Но этого оказалось достаточно, чтобы определить ее истинный диаметр. Ранние наземные наблюдения указывали, что Зена примерно на 30% больше Плутона, однако новые данные значительно понизили ее превосходство: диаметр Зены равен 2400 км (примерно расстояние от Москвы до Тюмени) с точностью до 100 км, тогда как диаметр Плутона (также определенный с помощью этого космического телескопа) составляет 2300 км. Наблюдения проводились группой во главе с М.Брауном (M. Brown; Калифорнийский технологический институт, США); именно эта группа обнаружила Зену и официально занесла в каталог как объект 2003 UB313.

Поскольку Зена оказалась меньше, чем предполагали ученые, пришлось пересмотреть представления о ее альбедо. Высокая яркость «десятой планеты» при небольшом размере говорит о том, что это один из самых сильно отражающих объектов в Солнечной системе. Соперничает с ней только Энцелад — активный спутник Сатурна, поверхность которого непрерывно покрывается льдом, появляющимся в результате извержений гейзеров¹. Высокая отражающая способность Зены, вероятно, связана с метановым инеем на ее поверхности. Возможно, иней представляет собой замерзший реликт атмосферы объекта, окружавшей его, когда он был ближе к Солнцу. Другая возможность состоит в том, что метан непрерывно просачивается из теплых недр Зены, а когда попадает в холодную атмосферу, то немедленно замерзает, покрывая слоем инея всю поверхность планеты и делая ее равномерно яркой.

Зена совершает один оборот вокруг Солнца за 560 лет и сейчас близка к афелию (наиболее удаленной от Солнца точке орбиты). Браун планирует использовать «Hubble», а также другие телескопы, чтобы изучить недавно открытые объекты пояса Койпера, которые по размеру близки к Плутону и Зене.

<http://hubblesite.org/newscenter/newdesk/archive/releases/2006/16/text/>

Химия атмосферы

Аэрозоль и сажа над Белым морем

Пространственно-временную изменчивость состава аэрозолей в приводном слое атмосферы над акваторией Белого моря изучали сотрудники Института оптики атмосферы СО РАН (В.С.Козлов, М.В.Панченко, В.В.Полькин) и Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН (А.П.Лисицын и В.П.Шевченко). Работы проводились в 71-м рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Штокман»
¹ Сурдин В.Г. Вода на Энцеладе, спутнике Сатурна // Природа. 2006. №7. С.

8—20 августа 2005 г. в рамках проекта «Система Белого моря».

На судне была развернута аэрозольная станция, в состав которой входят: модифицированный нефелометр, используемый для определения уровня атмосферного рассеяния, фотоэлектрический счетчик частиц и аэталометр — измеритель массовой концентрации кристаллического углерода, сажи в аэрозоле (массовая концентрация сажи определялась фильтровым методом с помощью аэталометра новой конструкции, разработанного в ИАО СО РАН).

За время рейса проведены 495 серий круглосуточных синхронных измерений характеристик аэрозоля и сажи. Для последующего химического анализа экспонировались 14 аэрозольных фильтров с помощью аспиратора (воздушного насоса) и 42 фильтра с помощью импакторов (специальных насосов со счетчиком частиц).

Исследования показали, что динамика аэрозольного состава воздуха качественно не отличается от информации, полученной в предыдущих рейсах судна (август 2003 и 2004 гг.). Данные по изменчивости концентраций аэрозоля и сажи подтвердили, что этот район открытой акватории Белого моря можно считать фоновым, характеризующимся низким содержанием аэрозоля. Минимальные значения субмикронного аэрозоля Ма (при плотности вещества частиц 1.5 г/см³), массовой концентрации сажи Мс и счетной концентрации частиц N (распределение по размерам в диапазоне диаметров 0.4—10 мкм) были зарегистрированы 17 августа на границе Кандалакшского залива и Бассейна (района со слабым воздействием выноса терригенного аэрозоля и антропогенной нагрузки); здесь они составили: Ма — 0.69 мкг/м³, Мс — 0.04 мкг/м³ и N — 1.1 см⁻³. Максимальные значения этих параметров наблюдались 9 и 20 августа в Двинском заливе (где проявляется воздействие терригенного и антропогенного аэрозоля) и соответственно составили: Ма — 25.4 мкг/м³, Мс — 2.5 мкг/м³ и N — 24.0 см⁻³.

Отмеченный 17 августа приход в район измерений «чистой» воздушной массы, сопровождавшийся осадками, резким снижением температуры воздуха и усилением скорости ветра, свидетельствует о сильной зависимости состава аэрозоля в приводной атмосфере от характеристик воздушных масс. Такая смена воздушной массы более чем на порядок уменьшила значения всех аэрозольных характеристик: счетная концентрация частиц аэрозоля снизилась до 1 см^{-3} , в распределении частиц по размерам резко уменьшилось количество самых мелких частиц (около 0.4 мкм) и отчетливо сформировался устойчивый максимум частиц среднедисперсного диапазона ($0.8\text{—}0.9 \text{ мкм}$ в диаметре).

Тезисы докладов XVI Международной школы морской геологии. М., 2005. Т.П: Геология морей и океанов. С.33–34 (Россия).

Физика

Наблюдение осцилляций B_s -мезонов

Международная коллаборация эксперимента D0, проходящего на протон-антипротонном коллайдере Национальной лаборатории им.Ферми под Чикаго (FNAL, США), объявила о первом достоверном наблюдении осцилляций нейтральных мезонов, составленных из тяжелого анти- b -кварка и странного s -кварка, $B_s = (\bar{b}s)$. Измерена частота взаимных превращений этого мезона в его античастицу и обратно, $B_s \leftrightarrow \bar{B}_s$.

Само явление осцилляций представляет собой одну из ярчайших иллюстраций фундаментальных основ квантовой механики: если квантовая система характеризуется наличием двух одинаковых потенциальных ям, в которых существуют одинаковые уровни основного состояния, и эти ямы разделены высоким потенциальным барьером с малой вероятностью подбарьерного перехода одного состояния в другое, то истинными стационарными состояниями в подобной квантовой системе будут две суперпозиции исходных состояний с положитель-

ным и отрицательным знаком интерференции. При этом энергии связи таких состояний отличаются на величину, определяемую вероятностью подбарьерного перехода. Если же квантовое состояние в начальный момент времени определяется уровнем в одной из потенциальных ям, то оно уже не может быть стационарным: происходят осцилляции квантовой системы с основного уровня в одной яме в состояние на основном уровне в другой яме с частотой, заданной разностью энергий истинных стационарных состояний.

В случае с нейтральными B_s -мезонами связанные состояния кварков ($\bar{b}s$) и ($b\bar{s}$) образуются в результате сильного взаимодействия, для которого эти системы одинаковы — потенциальные ямы не отличаются. Однако за счет слабого взаимодействия в виде квантовых петлевых поправок второго порядка по константе Ферми G_F (так называемые «боксовые» диаграммы Фейнмана) возникает подбарьерный переход $B_s \leftrightarrow \bar{B}_s$ с частотой, которая определяется разностью масс истинных стационарных состояний Dm_s . В протон-антипротонных столкновениях образование кварков происходит за счет сильного взаимодействия, так что в начальный момент времени действительно возникает основное состояние нейтрального B_s -мезона или его античастица и имеют место их осцилляции.

Подобные осцилляции не уникальны в физике элементарных частиц. Аналогичные явления уже наблюдались для нейтральных каонов, составленных из странных антикварков и обычных d -кварков, $K^0 = (\bar{s}d)$, и для нейтральных B^0 -мезонов, составленных из тяжелого анти- b -кварка и d -кварка, $B^0 = (\bar{b}d)$. Наблюдение осцилляций каонов позволило установить природу подбарьерного перехода и его характеристики, а именно: впервые в рамках элегантной гипотезы Глэшоу—Иллиополуса—Майани с хорошей точностью оценить массу открытого впоследствии тяжелого очарованного c -кварка. Измерение частоты осцил-

ляций нейтральных B^0 -мезонов неожиданно указало на то, что масса самого тяжелого кварка третьего поколения, t -кварка, который участвует в боксовых диаграммах, существенно выше массы бозонов — переносчиков слабого взаимодействия, что затем подтвердилось прямым наблюдением этих кварков в экспериментах D0 и CDF во FNAL.

Явления осцилляций нейтральных мезонов стали частью Стандартной модели взаимодействий элементарных частиц, которая теперь уже предсказывала и осцилляции B_s -мезонов. Однако и здесь, как и при наблюдении осцилляций нейтральных каонов и B^0 -мезонов, мы вправе ожидать сюрпризов, связанных с механизмом подбарьерного перехода, который чувствителен к проявлениям «новой физики». Но и в рамках самой Стандартной модели чрезвычайно важно измерение частоты осцилляций, поскольку она косвенно, через сравнение с осцилляциями нейтральных B^0 -мезонов, связана с механизмом нарушения комбинированной пространственно-зарядовой четности, обуславливающей наблюдаемую асимметрию Вселенной по отношению к распределению материи и антиматерии, объяснение которой весьма актуально.

Наблюдение осцилляций $B_s \leftrightarrow \bar{B}_s$ осложнено несколькими обстоятельствами. Во-первых, необходимо точно идентифицировать, какое из двух состояний распалось, отличить этот процесс от распада чуть более легкого B^0 -мезона и определить время, прошедшее от рождения до распада. Эту проблему удалось решить за счет надежной регистрации мюонов в полупетонном распаде $B_s \rightarrow \mu^+ \nu D_s^- X$, где ν — мюонное нейтрино, X — нейтральные частицы, которые не регистрируются, а отрицательно заряженный мезон D_s^- — это система ($\bar{c}s$), которая затем также распадается и идентифицируется стандартными методами. Заметим, что античастица \bar{B}_s дает в таком же распаде мюон другого знака, что позволяет точно определить распавше-

еся состояние по знаку мюона. Вершинные детекторы позволяют увидеть как точку взаимодействия пучков частиц, так и отличную от нее точку распада мезона с точностью до нескольких сотен микрон. По пройденному расстоянию удастся определить и время, прошедшее от образования мезона до его распада, с точностью до неопределенностей, вносимых нейтрино, недоступным для детектирования в условиях эксперимента D0.

Во-вторых, необходимо точно знать, какое из состояний — B_s или анти- B_s — образовалось в сильном взаимодействии встречных пучков протонов и антипротонов. Для этого использовалась техника мечения b -кварков: поскольку кварки образуются парами $b\bar{b}$, достаточно определить, какой кварк полетел в другую сторону, что и было успешно осуществлено.

Наконец, в-третьих, предсказываемая Стандартной моделью фазовая частота осцилляций составляет величину около 20 обратных пикосекунд (в сравнении с временем жизни B_s -мезона около полутора пикосекунд), т.е. осцилляции происходят очень часто — около 5 осцилляций за время жизни мезона, что крайне сложно увидеть. Однако и эту проблему удалось решить, используя изящную методику обработки полученных данных за счет увеличения статистики измерений.

Накопление экспериментальных данных в течение последних четырех лет позволило восстановить около 5,5 тыс. распадов B_s и впервые измерить интервал значений частоты осцилляций: от 17 до 21 обратных пикосекунд. Эти значения согласуются с предсказаниями Стандартной модели и позволяют заметно улучшить ограничения на параметры нарушения комбинированной зарядово-пространственной четности. Следует надеяться, что последующее увеличение статистики позволит сделать результаты еще более значимыми и точными.

Отрадно отметить, что столь крупный успех достигнут при активном участии российских уче-

ных, работающих в рамках этого эксперимента с самого его основания и внесших принципиально весомый вклад как в разработку и создание мюонной системы, так и в математическое программное обеспечение при получении этого физического результата на этапе непосредственной обработки данных.

© Киселев В.В.,

доктор физико-математических наук

Протвино (Московская обл.)

Биология. Медицина

Биосовместимость нанотрубок с живыми организмами

В биологии и медицине углеродные наноматериалы (обычно — нанотрубки) пока лишь исследуют *in vitro*. Чтобы перейти к применению *in vivo* (для диагностических и клинических целей), необходимы глубокие знания о биосовместимости таких материалов с клетками живых организмов.

Работы некоторых специалистов показывают вредное воздействие нанотрубок на живые организмы, в частности, установлено повреждение человеческих кератиноцитов эпидермиса¹. Впрочем, этот эффект мог быть обусловлен примесями (в данном случае — ионами железа и цинка). Современные методы очистки позволяют избавиться от них и изучить влияние чистых углеродных трубок. Недавно итальянские ученые исследовали воздействие одностенных нанотрубок высокой степени чистоты на клетки сердечной мышцы крысы². Оказалось, что нанотрубки с клетками взаимодействуют, не нанося им существенного вреда — только через три дня после опыта число нежизнеспособных клеток немного возросло по сравнению

¹ http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2004/4_24/index.htm; Tran C.L., Donaldson K. et al. // J. Toxicol. Environ. Health. 2003. V.A66. P.1909; Shvedova AA, Kisin E.R. et al. // Ibidem. 2004. V.A67. P.87.

² Garibaldi S, Brunelli C. et al. // Nanotechnology. 2006. V.17. P.391.

с контрольным образцом. И хотя химическая токсичность трубок невелика, экспериментаторы считают, что необходимо провести серьезную проверку на безопасность их физического взаимодействия с клетками.

В ближайшее время планируется изучить влияние нанотрубок на основные и ишемические кардиомиоциты.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2004/4_18/index.htm

Ботаника

Необычное вегетативное размножение северных орхидей

Семейство орхидных (Orchideae) отличается разнообразием жизненных форм: если тропические орхидеи — это эпифиты, то бореальные (северные) виды — в основном наземные травянистые растения. Многие из них могут размножаться не только семенами, но и вегетативно — побегами, которые образуются из пазушных почек при ветвлении корневищ. У венериного башмачка, например, такое размножение зачастую играет даже большую роль в поддержании популяции, чем семенное. Кроме того, некоторые виды орхидных развиваются из отпрысков, образующихся на кончиках корней.

К орхидеям, у которых возможны оба способа вегетативного размножения, относятся все девять видов рода гнездовок (*Neottia*). Эти бесхлорофильные растения обладают довольно мощным корневищем, от которого радиально расходятся толстые корни, образующие сплетение в виде гнезда (отсюда и название рода). Довольно подробно исследован только европейский вид — гнездовка настоящая, или обыкновенная (*N.nidus-avis*), другие же оставались неизученными, в том числе и гнездовка азиатская (*N.asiatica*), распространенная на Камчатке и Дальнем Востоке, а за пределами России — в Японии и Китае. Интересные наблюдения относительно популяции гнездовки азиатской были сделаны

нами на незастроенных сопках прямо на территории Петропавловска-Камчатского.

У гнездовки настоящей старые участки корневища отмирают очень быстро, и особи, появившиеся в результате ветвления корневищ, можно отличить от возникших из семян только по направлению роста: при семенном размножении корневище сначала заглубляется в почву, а затем, при развитии соцветия, изгибается вверх в виде буквы U, при вегетативном же — корневище вначале растет горизонтально¹. В Подмоскowie и Краснодарском крае вегетативное размножение отмечено лишь у 1% растений, в Крыму и на Кавказе наблюдается несколько чаще. Хотя потенциально (в лабораторных экспериментах) корневые отпрыски могут образовываться более чем у 80% *N.nidus-avis*, в природных популяциях это происходит лишь примерно у 2% растений. Правда, у крупных цветущих гнездовок отпрыски появляются одновременно на 30—60 и более корнях (всего корней бывает до 230). Закладываются они на корнях, не отделенных от материнского растения, а после отмирания корневища развиваются самостоятельно. Ясно, что роль вегетативного размножения обоих типов в природных популяциях *N.nidus-avis* невелика и сильно уступает размножению семенами.

У гнездовки азиатской ни образования корневых отпрысков, ни ветвления корневища никто прежде не отмечал. Мы же при осмотре 48 камчатских *N.asiatica* нашли, к своему изумлению, экземпляры, которые цвели в прошлом году (обычно гнездовки цветут только один раз); у них еще сохранились старые части корневища, некоторые корни почернели и не функционировали, но были и живые. (Заметим, у *N.nidus-avis* ко времени созревания плодов уже не остается корней, лишь сухое основание генеративного побега.) У цветущих же *N.asiatica* основания корневищ были даже в еще лучшей сохранности.

¹ *Татаренко ИВ.* // Ботан. журн. 2002. Т.87. №11. С.60—67.



Гнездовка азиатская, отцветшая год назад. Видны интенсивно ветвящееся корневище с отмирающей старой частью и остатки четырех цветоносов. На врезке — корневой отпрыск на кончике корня гнездовки.

Это удивительное обстоятельство позволило в большинстве случаев (за исключением семи растений) установить происхождение каждого экземпляра — семенное или вегетативное. В основании корневища 32 экземпляров был хорошо заметен остаток корня (иногда довольно длинный), на котором когда-то заложился отпрыск. У девяти растений в основании был виден прекрасно сохранившийся протокорм — крохотный подземный клубенек, появляющийся после прорастания семени.

Несомненно, образование корневых отпрысков очень важно для поддержания численности популяций *N.asiatica*, однако не стоит преуменьшать роль семенного возобновления. Дело в том, что восемь из девяти выросших из семян растений были примерно одного возраста. Из этого следует, что семенное возобновление, видимо, происходит не каждый год, и нес-

колько лет назад соотношение семенных и корнеотпрысковых экземпляров могло быть совершенно иным.

Более подробное изучение морфологии найденных растений принесло новые сюрпризы. Оказалось, что первые корневые отпрыски могут закладываться уже у некоторых крупных молодых (еще не появившихся над землей) растений. Однако это происходит редко. Зато у пяти из шести цветущих в предыдущем году растений найдены не только небольшие утолщения на кончике корня, но и довольно крупные отпрыски с несколькими (иногда десятью и более) собственными придаточными корнями. Иначе говоря, жизнь растения не заканчивается сразу после цветения (как это часто наблюдается у *N.nidus-avis*), а продолжается по меньшей мере еще год. В это время на многих корнях образуются отпрыски, а лишённые их корни, уже не со-

держат крахмала, начинают отмирать.

Что же касается ветвления корневищ, то у *N. asiatica* оно очень активное. Первые пазушные побеги начинают развиваться у растений, когда длина корневища едва превышает 1 см. За год до цветения насчитывается уже по два—три пазушных побега, однако большинство из них приостанавливает развитие, как только верхушка корневища начинает формировать зачатки цветков. Иногда они дают дополнительные соцветия: нам встретился один экземпляр даже с четырьмя соцветиями, но он был намного крупнее других. Изредка (два случая) растение цветет два года подряд. Но главное: в результате ветвления корневищ у растений, помимо общего увеличения их размеров и улучшения питания, резко возрастает число корней, на которых позже могут развиваться отпрыски. Собственно же размножения ветвящимися корневищами у *N. asiatica* не обнаружено. Похоже, такой способ вегетативного размножения, «общепринятый» для бореальных орхидных, у *N. asiatica* превратился в своеобразный вспомогательный механизм для куда более редкого пути возобновления — корневыми отпрысками.

© **Виноградова Т.Н.**,

кандидат биологических наук

© **Гурьева А.И.**,

Дубовицкая А.В.

Москва

Археология

Крупнейший хуннский курган на территории России

Забайкальская археологическая экспедиция Института истории материальной культуры РАН

(Санкт-Петербург) исследовала в течение полевых сезонов 1998—2005 гг. уникальный комплекс захоронений азиатских гуннов (хунну), расположенный в пади Царам (Западное Забайкалье, 30 км западнее г.Кяхта). Центральный курган комплекса, окруженный 10 захоронениями с человеческими жертвоприношениями, — одно из крупнейших хуннских захоронений и самый крупный хуннский курган в России. Не исключено, что здесь погребен один из хуннских вождей (шаньюев).

Намогильное сооружение кургана на поверхности представляет собой насыпь размером 32×32 м и высотой около 1 м. С южной стороны к насыпи примыкало 20-метровое возвышение трапециевидной формы, скрывавшее вход в курган — дромос. По периметру насыпь была обложена в один-два ряда вертикальными каменными плитами, образующими своеобразные стены. В верхней части могильной ямы обнаружена внутримогильная конструкция, которую условно можно назвать деревянной клетью. Она состояла из одной продольной и семи поперечных перегородок, сложенных из сосновых бревен и деливших верхнюю часть ямы на девять отсеков. Под клетью были расчищены четыре перекрытия. Каждое перекрытие, образованное крупными каменными плитами, дополнительно подстилалось сосновыми бревнами, слоем тростника, древесного угля, речной гальки или крупного щебня.

В захоронении нами прослежены два грабительских хода, частично разрушивших центральную клеть, перекрытия и внутримогильное сооружение. Между третьим и четвертым перекрытиями обнаружены детали китайской

колесницы — тент, колеса, наосы, фрагменты корпуса и сиденья.

Само внутримогильное сооружение, расположенное на глубине 17 м от поверхности кургана, включало наружную камеру (семь венцов квадратных брусьев), внутренний сруб (пять венцов квадратных брусьев) и помещенный внутрь сруба деревянный гроб. Погребение было дважды ограблено, но в коридорах между стенками камеры, сруба и гроба сохранились наборы инвентаря и три погребальные куклы (четвертая была извлечена грабителями). Куклы смоделированы из детского человеческого черепа, к которому крепились косы; длинные конечности куклы представлены в виде деревянных палочек, покрытых красным лаком.

Большинство погребальных наборов содержат уникальные предметы. Детали погребальной колесницы, золотые инкрустированные изделия (пронизи с изображениями животных, сосудики, аналогичные предметам из коллекции Петра I), лакированные шкатулки с косметическими наборами (гребень, зеркало, заколки для волос, краска), берестяные сосуды с различными изображениями, детали конской сбруи с инкрустациями золотом, серебром и минералами, деревянные детали седла, серебряные и бронзовые бляхи, деревянный лакированный скипетр, лакированные сосуды с надписями и другие.

На основании письменных источников, а также находок характерных ханских зеркал, исследованный погребальный комплекс может быть датирован I в. н.э.

© **Миняев С.С.**,

кандидат исторических наук

Санкт-Петербург

В кривом зеркале Нобелевских премий

В.М.Тютюнник,
доктор технических наук
Е.В.Карикова,
кандидат педагогических наук
Международный информационный Нобелевский центр
Тамбов

В мире существует множество международных, национальных, государственных, частных премий, учреждаемых как форма поощрения за успехи, достигнутые на научном поприще, в литературе, искусстве или иной общественно полезной деятельности. История присуждения премий восходит еще к Древней Греции, где впервые появилась практика отмечать участников Олимпийских и Пифийских игр. Традиция награждения за крупные научные труды, открытия и изобретения сложилась в начале XVIII в. в Великобритании. Позднее, в XIX в., стали вручать премии в области литературы и искусства. Многие награды, учрежденные научными сообществами и специальными комитетами отдельных стран, с течением времени приобрели статус международных и стали весьма популярны.

Одним из таких явлений считаются Нобелевские премии — своеобразный эталон при оценке достижений в мире интеллектуальных и эстетических ценностей. На протяжении всего времени существования Нобелевских премий (с 1901 г.) многие крупнейшие международные и национальные награды пытались соперничать с ними, однако Нобелевские премии

стоят особняком в ряду других премий и по праву считаются наиболее престижными и уважаемыми, несмотря на неоднозначные и противоречивые суждения. На наш взгляд, эту награду можно рассматривать как интереснейшее социально-культурное явление, своеобразный феномен XX, а теперь уже и XXI в., имеющий мировое значение и являющийся отражением почти полуторавекового триумфа человеческого разума и творчества.

В России в настоящее время, пожалуй, нет человека, который не слышал о премии, учрежденной согласно посмертной воле шведского инженера-химика и промышленника Альфреда Нобеля, указавшего в своем завещании: «Весь капитал должен... образовать фонд; назначение его — ежегодное награждение денежными премиями тех лиц, которые в течение предшествующего года сумели принести наибольшую пользу человечеству...»

Еще 20 лет назад официальное упоминание о семействе Нобелей и Нобелевских премиях считалось антисоветчиной. О «наших» же лауреатах старались лишней раз не упоминать, чтобы не подчеркивать причастность к этой, пусть и всемирно признанной, но реакционной награде. И все-таки, как в те вре-



**О.В.Ларина, Т.В.Гитун,
И.А.Пивоварова, А.В.Щеглов.**
ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ.

Б.м.: ООО «Дом Славянской книги», 2006. 864 с.

мена, так и сейчас, вряд ли найдется ученый, втайне не мечтающий, чтобы его заслуги были отмечены этой выдающейся наградой. В последние же годы о Нобелевской премии не упоминает только ленивый. Фразы вроде «Что, вкалываешь, надеешься, что Нобелевскую премию дадут? Ну, ну!» или «Да это на Нобелевскую тянет!» стали расхожими не только в интеллигентно-академической среде, но и среди людей, имеющих весьма отдаленное отношение к науке; стало модным вкладывать их в уста и публицистическо-кинематографическо-литературных персонажей. Появилась масса так называемых «инициаторов» нобелевского движения, которые понятия не имеют, о чем идет речь.

Что ж, времена меняются — теперь нобелевская тема стала относиться к разряду хорошего тона. Многолетними кропотливыми усилиями ученых-энтузиастов, шаг за шагом, была пробита брешь в глухой стене замалчивания правдивой информации о Нобелевских премиях и обо всем, что связано с ними. За последние годы опубликованы сотни статей и десятки монографий о самом Альфреде Нобеле, о членах его семьи и их деятельности [1], о лауреатах Нобелевских премий; в прессе не прекращается полемика о тенденциозности, идеологизированности, политизированности награды, о том, как и за что присуждают эти премии, справедливо ли отобраны кандидаты, почему опять обошли наших соотечественников, а все награды достались американцам, какова сумма награды в денежном эквиваленте? Ответы на эти и многие другие вопросы можно получить лишь из добротных, качественных публикаций, авторы которых используют только проверенную информацию и внимательно относятся к уровню подготовки издания.

Однако наряду с достойными научными, научно-популярными и справочно-энциклопедическими изданиями зарубежной

и отечественной нобелианы встречаются и такие, которые вводят читателей в заблуждение.

Одним из подобных изданий стала книга-плагиат «Лауреаты Нобелевской премии», подготовленная авторами, чьи имена, кстати, ничего не говорят российским нобелистам; видимо, они постеснялись представиться, скромно умолчав о себе.

С первой же страницы это издание удивляет читателей, начиная с выходных данных и заканчивая собственно содержанием. Весьма сложно понять, где находится ООО «Дом Славянской книги», поскольку ни на титульном листе, ни на обороте подобных сведений нет. Кроме того, безграмотно составлены как библиографическое описание, так и аннотация.

Каждая из четырех страниц введения к книге пестрит неточностями, если не сказать более — вопиющими ошибками. Например, указано, что «сумма премии немалая (2 млн шведских крон, или 225 тыс. долл. США)» (с.3). Однако согласно отчету ежегодного собрания попечителей Нобелевского фонда, состоявшегося 29 апреля 2005 г., на 31 декабря 2004 г. общий инвестированный капитал Фонда составляет 2 млрд 966 млн шведских крон, а сумма Нобелевской премии по каждому направлению в 2005-м составила 10 (!) млн шведских крон (примерно 1 млн 200 тыс. долл. США). На следующей странице можно прочитать «поразительную» информацию, что «...Нобелевский фонд управляет Нобелевским симпозиумом, а тот с 1966 г. поддерживается за счет субсидий Шведского банка». Эта фраза столь несуразна, что ее даже трудно исправить. Нобелевские симпозиумы — это научные конференции по различным современным проблемам, которые учреждены Нобелевским фондом в 1965 г.; в 2006 г. состоится 133-я конференция. Оргкомитет обычно возглавляет исполнительный директор Нобелевского фонда,

но при чем здесь субсидии Шведского банка?

Эти данные, а также ряд других сведений взяты из энциклопедии, грешащей множеством неточностей [2]. Из того же неоднозначного издания авторы позаимствовали и неверное название одной из наград, не существовавшей в завещании Нобеля, а появившейся в 1969 г.; ее правильное название — Премия Шведского банка по экономическим наукам в память об Альфреде Нобеле.

Далее во введении сказано, что «...из огромного числа претендентов, каждый из которых достоин высокой награды, может быть выбран только один» и это «осложняет работу Шведской академии». Во-первых, по каждой из областей Нобелевские премии могут быть присуждены одному, двум или трем лицам (!). Во-вторых, Шведская академия принимает решения только о присуждении Нобелевской премии по литературе, поэтому о ней нельзя говорить, что «...крайне сложно выделить одного, сделавшего по-настоящему уникальное открытие» (с.5). Здесь плагиаторы путают Шведскую академию (гуманитарную) с Королевской Шведской Академией наук, которая присуждает Нобелевские премии по физике и химии, а также мемориальные премии по экономике. Есть еще Ассамблея Каролинского медицинского института (Нобелевская премия по физиологии или медицине), Норвежский нобелевский комитет (Нобелевская премия мира), присуждающий премии не только личностям, но и организациям. Все это принципиально различные организации, со своими уставами, правилами, традициями и технологиями выдвижения и присуждения Нобелевских премий. Их никак нельзя рассматривать «под одну гребенку».

Авторы-плагиаторы выдают сентенцию о том, что «о Нобелевской премии знают все, а многие другие почетные награды, которые вручаются уче-

ным или деятелям искусства, неизвестны большинству» (с.6). На каком основании сделано данное умозаключение, остается загадкой. Судя по рецензируемой книге, — совсем наоборот: авторы-плагиаторы знают о Нобелевских премиях лишь понаслышке: их шесть (одна мемориальная), поэтому нельзя говорить о них в единственном числе; эта же ошибка содержится и в названии книги. Во введении сказано: «общее количество лауреатов премии — более 600 человек». Такая ситуация была 15 лет назад! Согласно нобелевской статистике, в 2005 г. уже 776 человек и организаций удостоены этих наград. Данные по общему количеству стран тоже очень старые: 41 страна (с.6). В 2005-м — уже 50 стран.

В последних строках введения авторы пустились в рассуждения о том, что среди «награжденных Нобелевской премией представителей России очень мало» (хотя в аннотации к книге написано: «Среди номинантов немало и наших соотечественников...»), а затем посетовали, почему же Лев Толстой не стал нобелевским лауреатом (?!), ссылаясь на устаревшие доводы. Пора жестко сказать всем тем, кто ничего не смыслит в нобелистике: когда же вы прекратите эти политико-идеологические перепевы о том, кому не дали Нобелевскую премию?! Не логичнее ли изучить теперь уже многочисленную специальную литературу и понять технологические особенности этой награды?!

Далее плагиаторы структурировали книгу по разделам, соответствующим каждой премии, причем на шмуцтитул, предваряющий разделы, не мудрствуя лукаво, поместили заглавия: «Физика», «Химия», «Физиология и медицина» (правильно — физиология или медицина!), «Литература», «Нобелевские премии по экономике» (такой вообще не существует!), «Нобелевские премии мира» (правильно — в единственном числе!). Каждый раздел открывается кратким

вступлением, но лучше бы их не было, так как грубейшие ошибки лишь вводят читателей в заблуждение.

Например, сказано, что Нобель «получил около 350 патентов на изобретения». Нобелистам хорошо известно, что таких патентов было 355. Ниже приведен перечень лауреатов-физиков — наших соотечественников, среди которых почему-то не указан В.Л.Гинзбург, удостоенный премии в 2003 г. вместе с упомянутым А.А.Абрикосовым. В структуре же раздела все наоборот: биография Гинзбурга приводится, а Абрикосова — нет!

В следующем вступлении, предваряющем раздел «Химия», авторы глубокомысленно замечают, что «химикам нашей страны она [премия. — В.Т.] вручалась крайне редко. Причины этого как политические, так и чисто личностные»(!). Что значит «крайне редко»? Всего один раз — в 1956 г. Н.Н.Семенову! Далее они сожалеют о том, что премия не была присуждена Д.И.Менделееву, вместо которого «...присуждена Ф.Муассану за открытие фтора», после чего, резюмируя, пишут, что «сегодня некоторые ученые предлагают вообще отказаться от вручения премий»!!! (с.215). Во-первых, А.Ф.Ф.Муассан не открывал фтора! Во-вторых, как могут ученые отказаться от вручения премий, когда они их не вручают?! Выдвигают ученые, присуждают тоже ученые, а вручает король Швеции! От чего же предлагается отказаться?!

Во вступлении к разделу «Физиология и медицина» развивается мысль о том, что «в истории Нобелевской премии много случайностей и ошибок», например «хирургические методы лечения психических болезней». Но эти методы позднее были признаны сомнительными» (с.339). Во-первых, от ошибок не застрахован никто. Во-вторых, пример с Монишем очень неудачен. В действительности Антониу Каэтану де Абреу Фрейри Эгаш Мониш получил пре-

мию «за открытие терапевтического воздействия лейкотоми в некоторых психозах». В то время лоботомию Мониша рассматривали как одно из наиболее важных открытий, когда-либо сделанных в психотерапии; в 1949—1955 гг. только в США проводилось по 5 тыс. таких операций ежегодно. Однако наука не стоит на месте: в 60-е годы интенсивно развиваемая психофармакология снабдила врачей новыми лекарствами (транквилизаторами и др.), что сделало лоботомию излишней. Но методы Мониша не признавались сомнительными!

Авторы-плагиаторы (трое из них — женщины) стесуют на то, что женщины получали премии «всего четыре раза» (с.339). Здесь вновь грубая ошибка: только Нобелевские премии по физиологии или медицине получили семь женщин, а всего нобелевских лауреатов-женщин — 34! Эта цифра по отношению к общему количеству персон-лауреатов (758 человек) дает 4.5%, что примерно соответствует наукометрическим данным о гендерной структуре научных открытий мирового класса в XX в.

Статьи-вступления к разделам «Литература» и «Нобелевские премии мира» написаны относительно толково, но и они, по-видимому, определяют творческое кредо составителей данной книги, поскольку все издание в целом носит небрежно-поверхностный характер. Во вступлении к Нобелевской премии мира совершенно не сказано о том, что ее может получить организация, хотя в структуре раздела некоторые организации представлены.

Вступление к разделу «Нобелевские премии по экономике» (вновь почему-то во множественном числе) пестрит просто вопиющими ошибками. Во-первых, авторы так и не удосужились привести правильное название премии в данной области. Во-вторых, они утверждают, что Шведская Королевская Акаде-

мия наук занимается выбором комитета по экономике (а также физике и химии). В-третьих, демонстрируют поразительное «знание» нобелевских ритуалов и географии: оказывается, король Швеции вручает премии в Концертном зале в Копенгагене (!!!). В-четвертых, оказывается, Нобелевские лекции «публикуются в специальном издании «Нобелевские лауреаты» (!). Хорошо известно, что первоначально Нобелевские лекции публикуются в официальном ежегоднике Нобелевского фонда «Les Prix Nobel», затем в различных журнально-книжных изданиях и, наконец, в специальных многотомниках «Нобелевские лекции», изданных в Нидерландах и Сингапуре, а с 2006 г. выходящих и на русском языке в Москве.

Основную часть издания составляют собственно биографии нобелевских лауреатов. Ни во введении, ни во вступительных статьях авторы не комментируют принцип подбора текстов. Прежде всего следует отметить, что из 776 лауреатов (или 764, поскольку авторы привели данные по 2004 г. включительно) в книгу вошли статьи лишь о 397 (!), а именно: 102 физиках, 60 химиках, 60 физиологах, 97 литераторах (на удивление, — всех!), 36 миротворцах и 42 экономистах. Непонятен принцип отбора лауреатов: не поясняя причин, авторы привели биографии только «избранных» лауреатов.

Так, в 1902 г. премии по физике были удостоены двое ученых — Хендрик Лоренц и Питер Зеeman, однако в книге приведена лишь статья о Лоренце (с.12—13). В издании отсутствуют статьи и о других «парных» лауреатах. Это вполне можно проиллюстрировать на примере физиков: А.Беккерель (1903), Д.У.Стретт — лорд Релей (1904), Ф.Браун (1909), У.Г.Брэгг (1915), Д.Франк (1925), Ч.Т.Вильсон (1927), Э.Шредингер (1933), К.Андерсон (1936), Дж.П.Томсон (1937), Э.Уолтон (1951), В.Боте

(1954), П.Куш (1955), У.Браттейн и У.Шокли (1956), Я.Чжэньнин (1957) и т.д. и т.п. Или, например, среди статей о лауреатах-экономистах выпадает период с 1995 по 1998 г. Подобный перечень можно привести и по другим номинациям, кроме литературы.

Удивительно вольно оперируют плагиаторы и датами. Вот только несколько примеров. Моммзен Теодор (1817—1903). «В 1938 (!) г. Моммзен поступил в Кильский университет, где намеревался изучать юриспруденцию» (с.466). Шпиттелер Карл. Нобелевская премия по литературе 1919 г. (с.498). «В 1920 г. Шпиттелер получает Нобелевскую премию по литературе «за несравненный эпос “Олимпийская весна”» (с.499). Да, премия присуждена в 1920 г., но за 1919 г. Фо Дарио. Нобелевская премия по литературе 1997 г. (с.646). «В 1977 г. (!) Дарио Фо был удостоен Нобелевской премии...» (с.647). В статье о лауреатах по физике 1903 г. Пьер и Мари Кюри даты жизни приведены обобщенно, одни на двоих — 1859—1906 [годы жизни П.Кюри. — *В.Т.*] (с.14).

Тексты статей написаны (точнее списаны) крайне небрежно, местами очень напоминающая дурной подстрочник, не выверенный нерадивым редактором, а местами — известные конфузные обороты школьных сочинений. Например, «в 1943 г. О'Нил полностью утратил работоспособность из-за тяжелого поражения нервной системы. После болезни он успел написать две пьесы» (с.531). «Учеба [М.Шолохова. — *В.Т.*] продолжалась до 1918 г., пока Донская область не стала ареной гражданской войны» (с.578). «Отец мальчика был раввином хасидской школы. Мальчик учился в приходской школе» (!) (с.608). «в следующем г. [году? — *В.Т.*] Канторович стал директором Института системных исследований АН СССР» (с.757) и т.д.

Большое внимание в каждой статье уделено вопросам личной жизни лауреатов. В част-

ности, перечисляются все многочисленные браки, с подробным упоминанием имен избранниц (избранников), количества детей и т.д. Однако, например, в статье о нашем соотечественнике А.И.Солженицыне нет сведений о его двух браках и троих сыновьях. Статьи об отечественных лауреатах просто поражают, хотя разыскание сведений биографического характера, тем более в настоящее время, не представляет значительной сложности. Однако именно эти материалы весьма лаконичны на фоне биографий зарубежных лауреатов.

Отмечены примеры путаницы в именах: Александр Исаевич Солженицын. Его отец «подпоручик Исаакий Семенович...» (с.590). Шимборская Вислава — Шимборска (с.642), Кутцье Джон (с.850) — Кутзее и др. Авторы не потрудились привести правильное написание имен многих лауреатов, а ведь зачастую именно этот фактор осложняет работу по разысканию какой-либо информации о них. Данный вопрос уже неоднократно обсуждался нобелистами на страницах всевозможных изданий.

Синтаксическое строение предложений, многочисленные стилистические погрешности позволяют говорить о чрезвычайной языковой скудости авторов. «1870 г. стал для поэта [Сюлли-Прюдона. — *В.Т.*] сложным: в течение нескольких дней умерли его мать, дядя и тетя. В том же году началась франко-прусская война» (с.464). «Родным языком Фредерика [Мистрала. — *В.Т.*] был провансальский, который достаточно сильно отличается от французского литературного языка. В пансионе Фредерик целенаправленно говорил на провансальском языке, перевел на провансальский первую эклогу Вергилия. После возвращения в Мейан (в 1847 г.) Мистраль создал провансальскую поэму в четырех песнях» (с.470). «...Липман был удостоен Нобелевской премии по физике 1908 г. В 1888 г. Лип-

ман женился. Он умер на борту парохода "La France", возвращаясь из поездки в Канаду» (с.21). Следует отметить, что подобный принцип перечисления жизненных вех лауреатов использован в большинстве статей. «В 1911 г. Эйкен прочел курс лекций в Англии. В следующем году он провел шесть месяцев в Гарвардском университете». На этом статья о Рудольфе Эйкене (1846—1926) обрывается (с.479). Такой обрывочный принцип построения текста характерен для всей книги.

Вызывают недоумение ремарки, оформленные в виде вишенок в конце многих статей. Сами авторы-плагиаторы в аннотации к изданию называют их «занимательными фактами из жизни лауреатов Нобелевской премии» (с.2). Вот некоторые примеры. «Камерлинг-Оннес был очень любим сотрудниками лаборатории и студентами. В результате своих исследований он заслужил почетное прозвище Господин Абсолютный Нуль» (с.31). «Тобин является членом американской Национальной академии наук, Американского философского общества, Американской академии наук и искусств и Американской статистической ассоциации. Ему присвоены ученые степени Сиракузского, Иллинойского, Нового Лиссабонского университетов и Дартмут- и Свортморколледжей» (с.775). «Однажды в гостях 18-летняя девушка спросила Эйнштейна: — А кто Вы, собственно говоря, по специальности? — Я посвятил себя изучению физики, — следовал ответ. — Как, в таком возрасте Вы еще изучаете физику? — удивилась девушка. — Я и то разделалась с ней больше года назад» (с.43). «Дирак был тихим и замкнутым человеком. Работать он предпочитал в одиночку, и учеников у него было немного. Ученый любил дальние прогулки пешком» (с.65).

На взгляд плагиаторов, приведенные ниже фрагменты, видимо, должны казаться особен-

но забавными. «Манн любил свою супругу, однако брак не мог спасти его гомосексуальных влечений, которые преследовали писателя всю жизнь» (с.519). «В детстве Синклер Льюис был некрасивым, неуклюжим прыщавым мальчиком. Он вызывал насмешки у детей и взрослых как своей внешностью, так и своими необычными взглядами. Он любил уединение, чтение стихов, избегал шумных игр и общения» (с.521). «В последние годы Дюнан вел нищенский образ жизни. Однако о внешности своей он никогда не забывал. Для того чтобы выглядеть прилично, Анри Жан сюртук подкрашивал чернилами, а рубашки отбеливал мелом» (с.663).

По-видимому, составители рецензируемого издания единокорно являются приверженцами одного из идеологических направлений, поскольку многие из ремарок носят явно прокоммунистический характер. «В 1886 г. Роллан прочитал роман Л.Толстого "Война и мир". Произведение оказало на него сильное впечатление. Свое открытие Толстого Роллан назвал "озарением во мраке туннеля"» (с.491). «8 ноября 1922 г. Франс написал в честь пятилетия Октябрьской революции в СССР: "Если в Европе есть еще друзья справедливости, они должны почтительно склониться перед этой Революцией, которая впервые в истории человечества попыталась учредить народную власть, действующую в интересах народа. Рожденная в лишениях, возросшая среди голода и войны, Советская власть еще не довершила своего громадного замысла и не осуществила еще царства справедливости. Но она, по крайней мере, заложила его основы"» (с.503). «В 1931 г. драматург [Б.Шоу. — В.Т.] посетил СССР. Он пришел в восторг от Советской страны, до конца жизни восхищался советским строем и достижениями» (с.511). «В конце 1958 г. Сальваторе Квазимодо посетил СССР, где из-за болезни задер-

жался до весны следующего года» (с.567). «В начале 1940-х гг. Неруда увлекался марксизмом. Это оказало влияние на его творчество. Неруда был членом коммунистической партии» (с.593). «Жена Зингера Руня придерживалась коммунистических убеждений. В 1930-х гг. она забрала сына и уехала в Советский Союз» (с.609).

Конечно, мы не против упоминания таких деталей в биографиях выдающихся деятелей, но в биографиях пространных и детальных. Когда же читателям представляется полустраничная (по сути, энциклопедическая) статья, в которой каждая фраза должна нести сконцентрированный смысл, подобные «перлы» просто недопустимы, так как они становятся для читателей не отдельными штрихами в жизни выдающейся личности, но определяющими.

Следует остановиться еще на одной составной части издания — подборке портретов лауреатов Нобелевских премий. Авторы и здесь остались верными себе: принцип отбора, количество и качество иллюстраций вызывают недоумение. Судя по всему, более благосклонны они к лауреатам-физикам, украсив свое издание 19 их изображениями. Затем — 16 физиологов, 13 — писателей, 11 — химиков, 5 — миротворцев. Фотографии лауреатов-экономистов почему-то и вовсе не включены. Изображения большинства из них представлены в виде фотографий, однако часть выполнена в виде рисунков (кстати, без указания авторства), больше напоминающих дружеские шаржи. Такой «чести» удостоились наши соотечественники — П.Л.Капица, Л.Д.Ландау, И.П.Павлов, И.И.Мечников, Б.Л.Пастернак, И.А.Бродский; почему-то в этом ряду оказалась Мать Тереза. Этот факт можно расценить только так: взято первое, что попало под руку.

Отдельное внимание стоит обратить на приложение, озаглавленное «Полный перечень

лауреатов Нобелевских премий» (с.823—862), где в обратнорхронологическом порядке по областям присуждения приведены фамилии лауреатов с краткими аннотациями их достижений. Для лауреатов-писателей и митотворцев почему-то сделано исключение — упоминания об их заслугах отсутствуют вовсе. Составители даже не позаботились о том, чтобы облегчить чи-

тателям задачу поиска статей о том или ином лауреате, указав в списках страницы с искомым текстом.

Подводя итог, с грустью, переходящей в возмущение, приходится констатировать, что издания, подобные этому, не только не способствуют популяризации нобелевской тематики, но являются вредными. Претендуя на некое подобие справоч-

ника, пользуясь модой в тематике и бизнес-порывами, безудержной вакханалией в понимании правил демократии (что хочу, то и пишу, списываю, издаю), плагиаторы пытались стать авторами популярной книги. Факт, к сожалению, довольно частый в последние годы. Но такие лжеиздания не могут дать читателям достоверную информацию, они лишь наносят вред. ■

Литература

1. Чернов А.С. Нобели: взгляд из старого Тамбова / Ред. В.М.Тютюнник. Тамбов; М.; СПб.; Баку; Вена, 2005.
2. Лауреаты Нобелевских премий: энциклопедия. В 2 т. Пер. с англ. М., 1992.

Астрономия

Ю.Н.Ефремов. МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ. Фрязино: Век 2, 2006. 64 с. (Из сер. «Наука сегодня».)

Если сказать о Галактике кратко, то это порядка 100 млрд разнообразных звезд и остатков их эволюции (белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры), различные звездные агрегаты (скопления, ассоциации, потоки, кратные системы), межзвездное вещество, организованное в холодные облака с фрактальной структурой, горячие «пузыри» и «тоннели», а также сверхмассивная черная дыра в центре Галактики и гигантская масса неведомого темного вещества, окутывающего Галактику в виде гало протяженностью около 300 тыс. св. лет. Можно ли обо всем этом рассказать в одной маленькой книжке?

Оказывается, можно. Книга написана для тех, кто хочет освежить в памяти элементы галактической астрономии и узнать о последних результатах изучения нашей звездной системы. Автор, один из активнейших исследователей Млечного Пути, напомнил историю открытия Галактики, рассказал о важней-

ших элементах ее структуры, о последних открытиях и белых пятнах на карте Галактики. Парадоксально, что астрономы видят «границы» Вселенной, но не знают, сколько спиральных рукавов в диске нашей Галактики. Можно ли построить полную карту Галактики и какие еще географические открытия предстоит в ней сделать, — об этом читатель узнает из книги.

Социальная география

РОССИЯ И ЕЕ РЕГИОНЫ В XX ВЕКЕ: Территория — расселение — миграции. Под ред. О.Б.Глезер и П.М.Поляна. М.: ОГИ, 2005. 816 с.

Монография, посвященная 80-летию старейшины советско-российской георбанистики — профессора Г.М.Лаппо, подготовлена в рамках исследований по теме «Структура и динамика регионального расселения в Российской Федерации», выполнявшейся в Отделе социальной и экономической географии Института географии РАН.

В сборнике на основе статистических и архивных данных проанализированы итоги геодемографических процес-

сов в России XX в. Детально исследованы 1990-е годы, в частности полицентричное развитие страны, адаптация населения в переходный период. Представлены многочисленные карты и диаграммы.

Большое внимание уделено урбанизации, структуре и динамике населения, миграционным процессам, включая внешние и внутренние перемещения населения. Детально отражены политическая и трудовая эмиграция и иммиграция и массовые репрессии советского времени (депортация и высылка). Вековой анализ завершают итоги и уроки Всероссийской переписи населения 2002 г.

Ядро авторского коллектива составляют профессиональные географы, в том числе и такие, кто в последнее время все чаще обращается к историко-географическим сюжетам (Г.М.Лаппо, П.М.Поляна, С.А.Тархов), но есть среди авторов и «чистые» историки (П.Гатрелл, Н.Бэрн), этнографы (Н.В.Бессонов) и демографы (С.В.Захаров).

Издание предназначено для широкой аудитории — ученых, преподавателей, студентов, политиков и всех интересующихся социальной географией России XX в.

География

Е.М.Зингер. ШПИЦБЕРГЕН — ЛЕДОВЫЙ АРХИПЕЛАГ. М.: Пента, 2006. 303 с.

Книга знакомит читателя с богатейшей историей освоения и изучения Шпицбергена, с его уникальной природой, животным и растительным миром, с русскими поморами, которые первыми ступили на холодный берег архипелага, с историческими экспедициями к Северному полюсу, с самыми северными на земном шаре угольниками.

Немалое место уделено в книге и теме международного сотрудничества: на архипелаге давно установились прочные добрососедские отношения между российскими и норвежскими горняками, живущими и работающими недалеко друг от друга.

Перед автором стояла непростая задача: попытаться дать в рамках одной книги многогранную картину природной среды Шпицбергена, истории его исследования и хозяйственного освоения. Весь насыщенный материал логично «вживлен» в ткань повествования о деятельности ледниковой экспедиции, много лет базирующейся на рудниках треста «Арктикуголь». Описание трудовых будней составляет основную сюжетную канву произведения. Перед читателем проходит целая галерея портретов: шахтеров, вертолетчиков, моряков, ученых, работавших на Шпицбергене. Читатель встретит в книге имена знаменитостей В.Баренца, Г.Гудзона, М.В.Ломоносова, В.Я.Чичагова, С.О.Макарова, А.Э.Норденшельда, Ф.Нансена, Р.Амундсена, Р.Берда и других.

Автор книги — известный российский исследователь Арктики и популяризатор науки, Почетный полярник СССР, сотрудник Института гео-

графии РАН, участник 50 экспедиций в Арктику, Сибирь, на Памир. С 1965 по 2005 г. он возглавлял все 40 гляциологических экспедиций на Шпицберген.

История науки

П.П.Супруненко, Ю.П.Супруненко. ПУТЕШЕСТВЕННИКИ И МОРЕПЛАВАТЕЛИ. В 2 кн. М.: ТЕРРА—Книжный клуб, 2005. 464 с. (Из сер. «Популярная энциклопедия».)

Путешественник — не профессия (пожалуй, лишь такие, как Федор Конюхов, Виталий Сундаков или Яцек Палкевич, могут назвать себя профессиональными путешественниками), но навыки выживания в непривычных природных условиях необходимы многим.

Каких только путешествий не совершало человечество на своем историческом пути: научно-познавательные, корыстно-пиратские, поощряемые властями и проводимые на пожертвования, вынужденные и добровольные, вдохновляемые «музой странствий» и подгоняемые «ветром перемен». Мореплаватели и путешественники ярче всего воплотили в жизнь стремление людей к открытиям и поиску неведомого. Биографии тех, кто отправлялся в путь, собрали журналист П.П.Супруненко и географ Ю.П.Супруненко в своеобразный энциклопедический том. Среди «покорителей пространств» — землепроходцы, ученые, писатели, военные, натуралисты, журналисты, моряки, спортсмены, коммерсанты, купцы и просто мечтатели, авантюристы, искатели сокровищ.

В книге приведено около тысячи имен всемирно известных первооткрывателей разных эпох и стран, рассказывается об их интересных судьбах. Об одних персонажах говорит скромно, сжато, почти как

в анкете; биографии других насыщены, оживлены интересными сведениями, любопытными отзывами современников. А кого еще породит технический прогресс, «прозрачные» границы и стремление к единению мирового сообщества, покажет будущее.

История науки

О.А.Кузнецов, В.Г.Нейман. К ИСТОРИИ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА ОКЕАНОЛОГИИ им.П.П.ШИРШОВА. М.: Научный мир, 2005. 520 с.

Авторы посвящают эту книгу двум знаменательным датам в истории Института океанологии (ИО РАН) — его 60-летию, которое отмечается в 2006 году, и столетию со дня рождения Петра Петровича Ширшова (1905—1953), его основателя и первого директора.

В издании систематизированы и опубликованы сохранившиеся и доступные на сегодняшний день документальные сведения об океанских, морских и прибрежных экспедициях, проведенных ИО РАН в период с 1946 по 2004 г. включительно. Наряду с хронологическим перечнем основных статистических данных, задач и кратких предварительных результатов по каждой экспедиции в книге в сжатой форме даны описания этапов развития морских экспедиционных исследований по основным направлениям научной деятельности ИО РАН.

В качестве справочно-информационного документа книга в первую очередь адресована научным работникам, интересующимся материалами многочисленных экспедиций, а также непосредственным участникам, их коллегам и последователям.

На первой странице обложки — шлюпка «Прибой» — первое собственное плавсредство ИО РАН.

Вернадовка

Г.Б.Наумов,

*доктор геолого-минералогических наук**Государственный геологический музей им.В.И.Вернадского РАН
Москва*

История запечатлена не только в письменных документах и вещественных предметах, но и в тех реальных ландшафтах, где происходили исторические события, где жили и творили великие личности. Но соединенные вместе ландшафты, предметы и документы, выстроенные в историческом контексте, создают особые комплексы, позволяющие воспринять историю не только рационально, но и эмоционально. Например, такие исторические места, как «Бородинское поле», «Ясная Поляна», играют особую роль в сохранении истории и образной передачи информации от поколения к поколению.

22 сентября 2005 г. в пос.Вернадовка Тамбовской обл. состоялось открытие дома-музея академика Владимира Ивановича Вернадского (1863—1945) — одного из величайших мыслителей XX в. Здесь, в своем родовом имении «Вернадовка» он жил, мыслил, творил. Его труды, созданные в начале прошлого века, не были адекватно восприняты современниками. Время шло. В 1998 г. в США публикуется его фундаментальный труд «Биосфера», впервые изданный на русском языке еще в 1926 г., но не оцененный по достоинству современниками. Амери-

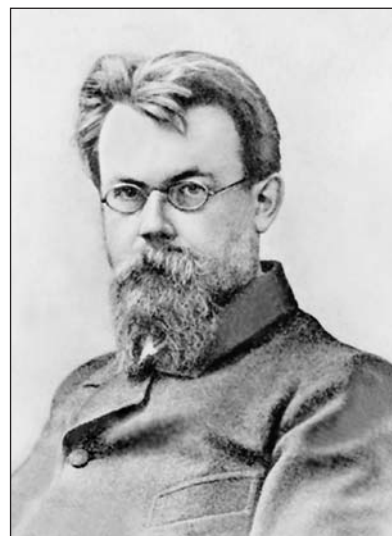
канское издание не только воспроизводит авторский текст, но и сопровождает его подробными комментариями известных ученых [1]. В 2000 г. французский журнал «Fusion» публикует работу Вернадского «Биосфера и ноосфера» и сопровождает ее подробной статьей редактора, из которой следует, что во Франции всегда знали Вернадского, но считали «чисто кабинетным ученым», и только сейчас поняли «все практическое значение его идей» [2]. В 2001 г. американский экономист, математик по образованию Линдон Ла Руш публикует монографию «Экономика ноосферы», в которой отмечает общенаучное значение работ нашего соотечественника. Тогда же в Таврическом университете (Крым, Украина) проходит Межгосударственная конференция «Научное наследие В.И. Вернадского в контексте глобальных проблем цивилизации». Мир созрел до этих идей, и Вернадский стал «востребованным».

В этих условиях восстановление усадьбы Вернадских приобретает не только мемориальное, но и практическое, воспитательное и просветительное значение.

Инициатором, организовавшим в 1999 г. на Тамбовской земле Всероссийские Вернадовские чтения, был руководитель там-

Царство моих идей впереди.

В.Вернадский



В.И.Вернадский.

бовской экологической службы Н.И.Пономарев. Это начинание активно поддержал неправительственный фонд им.В.И.Вернадского. Газпром внес свою лепту, проведя в Вернадовку ветку газопровода. Глава администрации Тамбовской обл. взял дело восстановления под личный контроль. По письмам Владимира Ивановича и архивным документам Моршанского земства был сделан проект восстановления усадьбы (архитектор В.В.Беликов), началось приведение в порядок территории. Для участия в торжественном открытии

дома-музея в сентябре 2005 г. из Москвы, Петербурга, Иваново и Симферополя приехала большая группа ученых — исследователей жизни и творчества В.И.Вернадского (В.В.Лавров, Ф.Т.Яншина, С.Г.Смирнов, Г.Б.Наумов, М.Ю.Сорокина, Г.П.Аксенов, И.Н.Ивановская, А.В.Лаппо, А.Д.Урсул, А.Г.Назаров и др.).

Надо сказать, что еще совсем недавно в Вернадовке мало что говорило о бывшей когда-то усадьбе. О месте, где стоял дом, напоминал только ободранный ствол пирамидального тополя, одного из четырех стоявших когда-то по углам барского дома.

Вот как описывает усадьбу и историю Вернадовки по личным воспоминаниям и рассказам старожилов местная жительница, в прошлом учитель истории, Р.В.Дьяченко.

«Одноэтажный дом с двумя флигелями, типичный для помещичьей усадьбы того времени, утопал в яблонево-м саду площадью 1,5—2 гектара, окруженном системой прудов, сообщавшихся между собой трубами в плотинах. Пруды спускались в овраг и регулярно чистились. Перед домом до самого пруда был парк площадью 1,5 га, где росли каштаны, пирамидальные тополя, ясени, лиственницы. Дорожки были обсажены барбарисом и выстланы камнем. Много сирени, черемухи. От дома по направлению к станции через сад и от дома к пруду через парк вели две аллеи, липовая и дубовая.

Сюда приезжал и Владимир Иванович. Останавливался в этом доме и в доме деда в селе Каменка, а также в доме управляющего имением в селе Нарядное. До сих пор сохранились амбар, ледник, барак для временных рабочих. Постоянного населения в имении не было, были только временные рабочие из сел Красивко, Питим, Липовко. Лишь позднее, в 1910—1912-м годах здесь появились постоянные жители.

Владимиру Ивановичу нравилась тишина наших мест, чу-



Родовое имение под Тамбовом. 2005 г.

десная природа, и он приезжал сюда с друзьями, заботился о людях, живущих здесь. По его инициативе была построена начальная школа (трехлетка). Это здание сохранилось до сих пор и служило школой до 1922 г., когда была построена новая школа, тоже начальная.

Железная дорога и станция строились в 1872—1878 гг. Называлась в то время дорога Сызранско-Вяземской, так как строилась от Сызрани через Пензу на Вязьму. Была традиция называть станции именами собственника земли, через которую проходила железная дорога. Так появилась станция Вернадовка.

Была она совсем небольшой, несколько домов: маленький деревянный вокзал, товарная контора, баня, две будки, два пакгауза для хранения и отправки грузов, два одноэтажных барака для рабочих и одно здание в два этажа, где жил начальник станции, весовщики, располагалась полиция, водокачка (обычная для маленьких станций башня). Вода подавалась из пруда имения, где было построено каменное здание машинного отделения, деревянный дом для обслуживающего персонала. На станции была кубовая, где грелась

горячая вода, поступающая тоже из пруда через водокачку, почта, медпункт. Эти здания сохранили в своей архитектуре тот же стиль, типичный для всех станций данной дороги. В 1907—1910 гг. при станции купцом Поляковым из Саратова была построена нефтебаза. База была небольшая, всего два бака по 30 т нефти и два бака по 20 т керосина.

На территории базы выросли два дома. Один для конторы, второй, в три квартиры, для рабочих базы. В 1914—1916 гг. купец Кавригин построил на Вернадовке первую мельницу» [3].

От всего этого остались лишь элементы ландшафта и отдельные полуразрушенные здания.

Но жива память. В новой школе работает кружок Вернадского, где изучают биографию ученого, значение его трудов для развития отечественной и мировой науки, его роль в современном развитии цивилизации.

Наверное, самое главное — связь прошлого, настоящего и будущего. Это основа развития культуры во всем ее многообразии: культуры науки, быта, культуры личности. Из Вернадовки Владимир Иванович писал своей жене, Наталье Егоров-

В кочке помпра



Железнодорожная станция в Вернадовке.

В конце номера

не: «Я глубоко убежден и все более убеждаюсь, что есть единственная возможность сделать культуру прочною — это возвысить массы, сделать для них культуру необходимою».

В Вернадовке Владимир Иванович строил свое «гнездо»: «Надо иметь гнездо, и я убежден, что здесь могу его иметь», — писал он Наталье Егоровне (25.06.1892). Здесь зародились многие его мысли, сложившиеся в дальнейшем в учение о биосфере и ее переходе в ноосферу. Он «думал устраивать научную станцию, служить в земстве, заниматься хозяйством» (05.07.1893). Натурные исследования почв Тамбовской губернии дали массу материалов о развитии биокосных систем.

Здесь он наблюдал «саранчу и других насекомых, вдумываясь в хозяйство», и постепенно у него выработывался целый план «исследования в пользовании почвенной и атмосферной водой — путем устройства лесков, сохранения болотцев, черного пара и т.п.» (29.06.1893).

Работа в земстве, строительство школы, просвещение масс («...я хочу достать волшебный

фонарь и устроить зимой чтения для всей округи») заложили фундамент всей его дальнейшей общественной деятельности.

В Вернадовке Владимир Иванович обдумывал проблемы развития научной мысли. «Меня все более занимает мысль — посвятить — серьезно — свои силы работе над историей развития науки». И далее. «Меня привлекает мысль о возможности некоторых обобщений в этой области и о возможности этим историческим путем глубже проникнуть в понимание основ нашего мировоззрения, чем это достигается — путем ли философского анализа или другими отвлеченными способами» (05.07.93). Пока это только замыслы или, точнее, начало работы. Их развитие привело к появлению курса лекций по истории современного научного мировоззрения в Московском университете (1902—1903), целого ряда фундаментальных трудов, а затем и Комиссии по истории науки Российской академии наук (1921).

Другое направление мысли — образование и культура. «Мне хочется — писал он — по-

говорить с Вами еще о нескольких вопросах, которые интересуют одинаково нас обоих и где нужна наша посильная работа. В Комитете грамотности надо с осени опять поднять вопрос о библиотеках и читальнях, вопрос о библиотеках далеко не такой далекий, как с первого взгляда кажется. Комитет грамотности имеет возможность делать это при нынешних обстоятельствах лучше всякого другого отдельного лица». А дальше подробное обсуждение конкретных мер и действий. «Другое дело значительно труднее... вопрос о перемещениях и об отхожих промыслах.<...> Масса несчастий была бы избегнута, если бы были хоть малейшие попытки упорядочить это дело.<...> Тем более, что вопрос это — не местный, а захватил всю Россию, и даже в Финляндии пришлось мне с ним столкнуться» (29.06.93).

Образование и просвещение он считал важнейшими компонентами повышения культуры личности, без которой невозможно никакое разумное устройство общества. «Для меня один выход для достижения и развития высших форм сознания — это устройство общества в демократию (но не социал-демократию)» (07.06.1893).

Позднее, в 1913 г., он обобщил отдельные свои мысли: «Постепенно все больше и больше начинает проявляться перед нами картина будущего. Под влиянием... демократизации жизни начинает выдвигаться другая форма будущей жизни человечества — организация учащегося народа. Здесь мы видим форму организации производительную, дающую не только охрану культуры и национального существования, но творящую эту культуру, кующую национальную силу. Учащийся народ — основа широкого и мирного развития человечества». И еще, касаясь, казалось бы, чисто научно-технических задач освоения минеральных богатств России, он писал: «На

росте этой работы, т.е. на росте техники и ее приложения к жизни — на использовании химической энергии — строится культура, и та страна, которая в этом отношении наиболее полно и правильно использует свою потенциальную энергию, заключенную в царстве минералов, находится на высшей стадии работы государственной машины».

Проблемы образования и воспитания человека, свободной человеческой личности волновали Вернадского всегда. «Мне кажется, — делился он своими мыслями с Натальей Егоровной, — должно быть аксиомой: воспитание человека может быть основано только на связи с изучением жизни идей, истории человека же. Я не отрицаю значение естественных наук и не говорю, что им не надо учиться, сам занимаюсь тем, что учу им, но думаю, что на них не может быть основано воспитание» (5—6.05.1892).

Итак, жизнь и деятельность Владимира Ивановича в родовом поместье «Вернадовка» сыграли далеко не последнюю роль в формировании его методоло-

гии, в зарождении тех фундаментальных идей, которые в наше время приобретают особо актуальное значение. И хотя окончательные формулировки были им даны значительно позже, начало, их корни уходят в ранние периоды его жизни и творчества. В этом отношении жизнь на Тамбовщине сыграла весьма ощутимую роль.

Все это позволяет говорить о необходимости создания на базе бывшей усадьбы «Вернадовка Тамбовской губернии» центра ноосферного образования, просвещения. Потребность в этом ощущается все острее по мере усиления давления цивилизации на среду нашего обитания.

Возрождение Вернадовки — это наш долг перед памятью великого ученого и соотечественника, нить, связывающая прошлое с настоящим и будущим, возрождение культурных традиций, направленное на консолидацию научной мысли вокруг самых актуальных проблем перехода цивилизации от парадигмы покорения природы к стратегии рационального природопользования.

Такие центры науки и культуры на местах, а не только в столицах, способствовали бы развитию коллективных усилий общества к повышению культуры личности, и в первую очередь культуры взаимоотношений человека и природы.

Завершился первый этап восстановления усадьбы «Вернадовка», а точнее организации на ее основе воспитательного и образовательного ноосферного центра. В торжественных мероприятиях, связанных с этим событием, приняли участие не только жители Тамбовской области, но и представители Москвы, Петербурга, других регионов России и Украины.

В восстановленном доме ученого поместились музейная экспозиция, библиотека. Расчищен каскад прудов. В липовой аллее, шедшей от дома к прудам, посажены деревья.

На торжественном открытии выступали детские драматические и музыкальные ансамбли. И надо было видеть, с каким глубоким проникновением дети представляли сценки о мудрости взаимоотношений Человека и Природы. ■

Литература

1. *Vernadsky Vladimir I. The Biosphere / Forward by L.Margulis and colleagues; introduction by J.Grinevald; translated by D.B.Langmuir; revised and annotation by M.A.S.McMenamin. N.Y., 1998.*
2. *Grenier E. // Fusion. 2000. №89. P.37.*

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 03.07.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1561
Набрано и сверстано в редакции

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