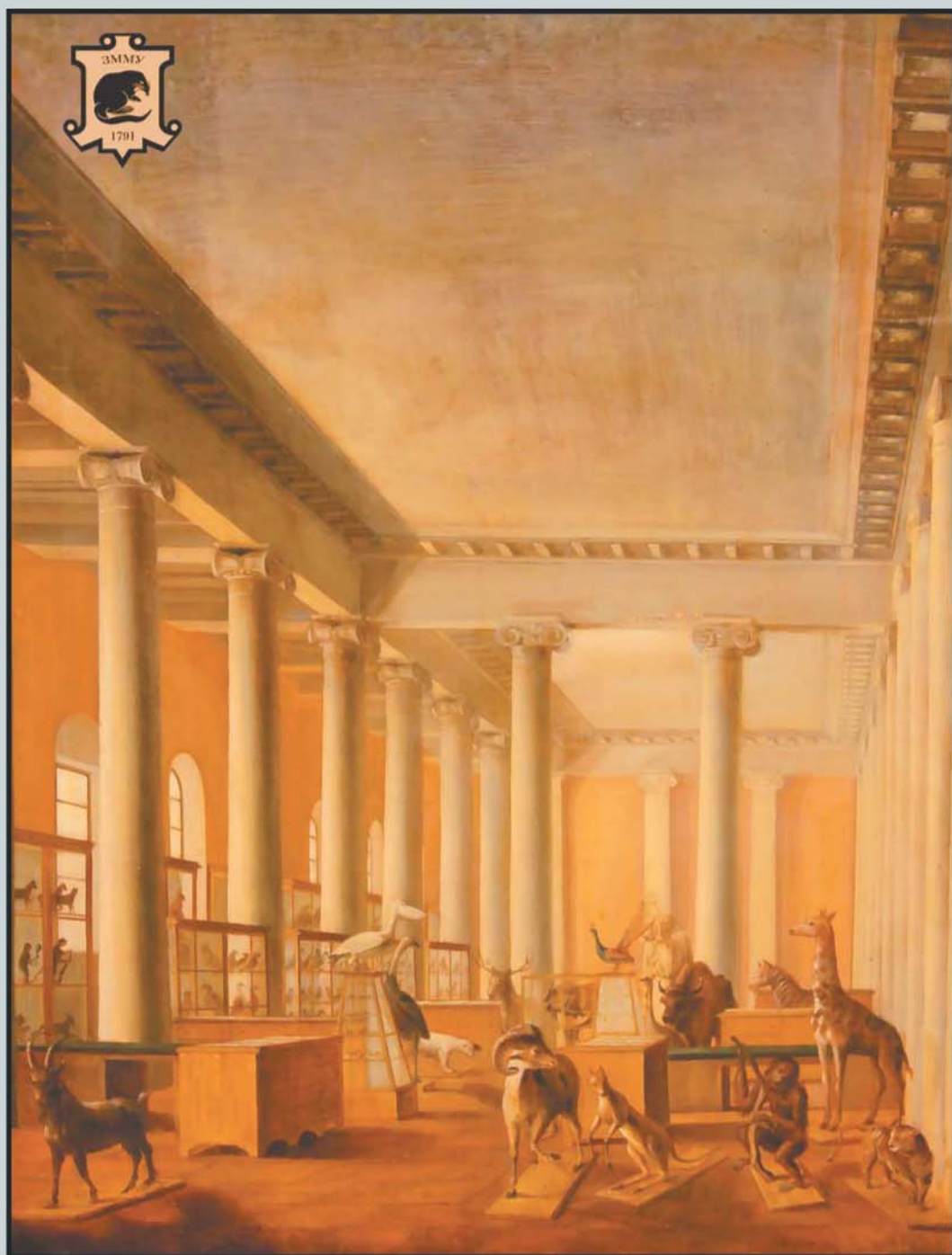


ПРИРОДА

10 11



В НОМЕРЕ:**3 Пашицкий Э.А.****Вихри вокруг нас**

В природе вихревые структуры — от водяной воронки до гигантских атмосферных вихрей — встречаются очень часто. Почему же они достаточно долго сохраняются в средах, обладающих конечной вязкостью?

14 Левин Б.В., Родкин М.В., Тихонов И.Н.**Великое Японское землетрясение**

Прошло более полугодия после сильнейшего землетрясения в Японии. Но до сих пор не ясно, в какой степени разгул подземной стихии можно считать завершившимся.

Научные сообщения**23 Руманов Э.Н., Ваганова Н.И.****Предвестники катастроф****26 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МУЗЕЙ**

220 лет Зоологическому музею
Московского университета

Очевидно, что в задачи любого музея входят, прежде всего, сбор, определение и хранение коллекций. Однако Зоологический музей Московского университета — это еще и научно-исследовательское учреждение. В его стенах трудились выдающиеся отечественные зоологи, а история Зоомузея отражает историю развития московской зоологической школы.

Любарский Г.Ю.**Основание зоологии на фоне истории Зоомузея (27)****Павлинов И.Я.****Современная систематика: традиции и новации (35)****Крусков С.В.****Рукокрылые Юго-Восточной Азии — «ночные кошмары» систематиков (41)****Коллекции и их хранители**

Размышления хранителя. **Иванов Д.Л.** (46). Когда коллекций не бывает слишком много. **Павлинов И.Я.** (48). Пауки и люди. **Михайлов К.Г.** (50). Бабочки — мир разнообразия и красоты. **Свиридов А.В.** (53). Вымершие организмы. **Антропов А.В.** (56). Новые находки в старой коллекции. **Васильева Е.Д.** (58). Амфибии и рептилии в фондах музея. **Орлова В.Ф.** (60). Живая коллекция музея. **Назаров Р.А.** (63). Фаунистические находки и воспитание преемников. **Малых И.М.** (66).

Калякин М.В., Волцит О.В.**Птицы под пристальным наблюдением (68)****Иванов Д.Л.****Зоомузей Серебряного века (72)****74****Новости науки**

Происхождение космической пыли (74). Пятый классический тест общей теории относительности. **Киселев В.В.** (74). Можно ли узнать объем производства наноматериалов? (75). О генеалогии белого и бурого медведей (76). Гигантские головастики в Псковской области (76). Влияние радиации на мозг птиц (77). Физиология черного медведя во время зимней спячки (77). Биота термальных и минеральных источников Байкальского региона (78). Причины быстрого разрушения морских берегов (78). История оледенения Антарктиды (79). Ареал красной панды в раннем плиоцене (79). Чем питались шерстистые носороги (80). Докембрийские наземные многоклеточные (80).

Рецензии**81 Михайлов К.Г.**

Атлас пауков — первый российский! (на кн.: Сейфулина Р.Р., Карцев В.М. Пауки средней полосы России: Атлас-определитель с обзором биологии пауков)

85**Новые книги****87 Некролог**

Не просто микробиолог
Памяти Г.А.Заварзина

В конце номера**88 Фет В.Я.**

Биогеографическая мозаика
Набокова

CONTENTS:

3 **Pashitsky E.A.** **Vortices Around Us**

Vortex structures, from vortices in water to giant atmospheric whirlwinds are very common in nature. Why do they exist long enough in mediums with finite viscosity?

14 **Levin B.V., Rodkin M.V., Tikhonov I.N.** **The Great Japanese Earthquake**

More than half a year has passed since the strongest earthquake in Japan. But until now it is not clear if the wrath of underground element can be considered a thing of the past.

Scientific Communications

23 **Rumanov E.N., Vaganova N.I.** **Foretellers of Catastrophes**

26 **SCIENTIFIC RESEARCH MUSEUM**

220th Anniversary of Moscow University
Zoological Museum

It is obvious that the function of any museum include, first of all, the collection, identification and keeping collections. However the Zoological Museum of Moscow University is also a research institution. Outstanding Russian zoologist were working at its premises and the history of the Zoological Museum reflects the history of the Moscow School of Zoology.

Lyubarsky G.Yu.

**Foundation of Zoology
on the Background of Zoological
Museum History (27)**

Pavlinov I.Ya.

**Modern Systematic:
Traditions and Innovations (35)**

Kruskop S.V.

**Bats of South East Asia:
Nightmares of Taxonomists (41)**

Collections and Their Keepers

Reflections of a Keeper. **Ivanov D.L. (46)**. When Collections Can Not Be Numerous Enough. **Pavlinov I.Ya. (48)**. Spiders and People. **Mikhailov K.G. (50)**. Butterflies: A World of Diversity and Beauty. **Sviridov A.V. (53)**. Extinct Organisms. **Antropov A.V. (56)**. New Findings in an Old Collection. **Vasil'eva E.D. (58)**. Amphibia and Reptilia in Museum Collections. **Orlova V.F. (60)**. A Live Collection of the Museum. **Nazarov R.A. (63)**. Faunistic Findings and Upbringing of Followers. **Malykh I.M. (66)**.

Kalyakin M.V., Voltsit O.V.

Birds under Close Observation (68)

Ivanov D.L.

**Zoological Museum
of the Silver Age (72)**

74 **Science News**

Origin of Space Dust (74). The Fifth Classical Test of General Relativity. **Kiselev V.V. (74)**. Is it Possible to Estimate the Volume of Nano-Material Production? (75). On Genealogy of Polar and Brown Bears (76). Giant Tadpoles in Pskov Oblast (76). Radiation Impact on Birds Brain (77). Physiology of Black Bear during Winter Hibernation (77). Biota of Thermal and Mineral Springs of Baikal Region (78). Causes of Rapid Erosion of Sea Coasts (78). History of Antarctic Glaciation (79). Range of Red Panda in Early Pleistocene (79). What Did Woolly Rhinoceros Eat (80). Pre-Cambrian Land Multi-cellular Organisms (80).

Book Reviews

81 Mikhailov K.G.

Atlas of Spiders – the First Russian!
(on book: Seifulina R.R., Kartsev V.M. Spiders of Russian Temperate Zone: Atlas-Key With Review of Biology of Spiders)

85 **New Books**

87 Obituary

Not a Simply Microbiologist
In Memoriam of G.A.Zavarzin

In the End of the Issue

88 Fet V.Ya.

Biogeographic Mosaic by Nabokov

Вихри вокруг нас

Э.А. Пашицкий

Разнообразные вихревые структуры — от воронки в ванной и водоворота в реке до гигантских вихрей в атмосферах Земли и других планет Солнечной системы — чрезвычайно широко распространены в природе. Так, атмосферные вихри — циклоны и связанные с ними антициклоны — играют важную роль в формировании климата на Земле: они могут в течение недель или даже месяцев определять погоду — проливные дожди и наводнения или жару и засуху — на огромных территориях. Мощные воздушные вихри — торнадо (рис.1,а), тайфуны и ураганы (рис.1,б) — способны причинять большие разрушения на пути своего движения. А Большое Красное Пятно на поверхности Юпитера (рис.1,в), открытое астрономами почти 400 лет назад, по данным американских автоматических космических аппаратов «Пионер» и «Вояджер», тоже оказалось гигантским вихрем, который существует с давних пор в атмосфере этой планеты-гиганта.

Возникает вопрос: как такие вихревые течения могут возникать и сохраняться длительное время в обладающих конечной вязкостью жидких и газообразных средах, в которых должна происходить достаточно быстрая диссипация кинетической энергии всякого упорядоченного движения? Не нарушается ли при этом один из основных законов природы — второе начало термодинамики, согласно которому



Эрнст Анатольевич Пашицкий, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, главный научный сотрудник Института физики НАН (Киев). Основные научные интересы лежат в области теории сверхпроводимости и сверхтекучести, физики поверхности, гидродинамики и физики плазмы. Лауреат Государственной премии УССР в области науки и техники.

все процессы в нашем макроскопическом, классическом мире сопровождаются возрастанием энтропии — меры хаоса и беспорядка?

Мы покажем, что продолжительное существование вихрей в вязких средах обеспечивают особая структура поля гидродинамических скоростей при вихревом движении жидкости или газа, которая удовлетворяет своеобразному *принципу минимального производства энтропии*, а также обмен веществом и энергией вращательного движения между вихрем и окружающей средой. Иными словами, гидродинамический вихрь в определенных условиях представляет собой *открытую, неравновесную и самоорганизующуюся систему*, которая зарождается, развивается и в конце концов за счет диссипации энергии умирает в полном соответствии со вторым началом термодинамики.

Гидродинамический портрет воронки

По крайней мере один гидродинамический вихрь хорошо знаком каждому из нас — это водяная воронка, возникающая в наполненном водой большом сосуде (например, ванне), на дне которого открывается небольшое отверстие — сток. Как можно описать ее образование?

При свободном движении жидкости или газа с достаточно малой скоростью, которая гораздо меньше скорости звука в данной среде (1400 м/с для воды, 330 м/с для воздуха), такую жидкость или газ с хорошей точностью можно считать *несжимаемыми*. В этом случае макроскопические движения среды описываются *гидродинамическими уравнениями Навье—Стокса для несжимаемой вязкой жидкости* [1].

Однако сначала вспомним более простые *уравнения Эйлера для идеальной несжимаемой жидкости*, вязкость ν которой (т.е. внут-

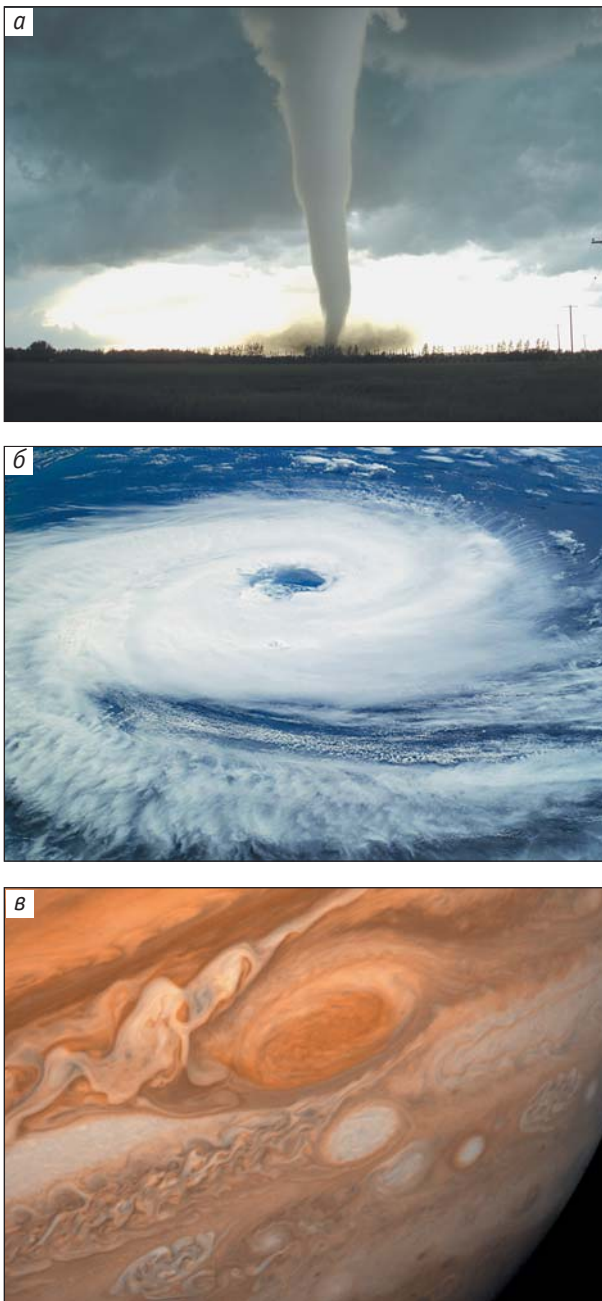


Рис.1. Природные вихри: а — торнадо (Небраска, США); б — ураган «Каталина» (март 2004 г., NASA, снимок экипажа МКС), в — Большое Красное Пятно на Юпитере (25 февраля 1979 г., «Voyager-1»).

реннее трение между движущимися слоями жидкости) по определению равна нулю. Их частное решение — цилиндрически-симметричный вихревой поток с азимутальной скоростью вращения v_ϕ , которая растет от нуля на оси вихря по линейному закону $v_\phi(r) = \omega r$ при удалении от оси до некоторого расстояния $r = R_0$ (внутри *сердцевины вихря*; ω — угловая скорость «твердотельного» вращения жидкости как целого), а затем убывает

обратно пропорционально r : $v_\phi(r) = \omega R_0^2 / r$ (рис.2,а). При этом должно выполняться условие равновесия между центробежной силой и градиентом давления p , что приводит к распределению давления жидкости по радиусу, показанному на рис.2,б. Как видим, давление на оси вихря p_0 меньше, чем давление в окружающей жидкости p_∞ на больших расстояниях: $p_0 = p_\infty - \rho \omega^2 R_0^2$ ($\rho = \text{const}$ — плотность жидкости). Это так называемый *цикло-стробический режим вращения несжимаемой жидкости* с падением давления в центре вихря, зависящим от величины угловой скорости.

Такая структура вихря впервые была получена почти 200 лет назад Уильямом Джоном Макуорном Рэнкином [2]. Как будет показано ниже, для линейной и обратно пропорциональной зависимостей v_ϕ от r кинематическая вязкость несжимаемой жидкости в уравнениях Навье—Стокса тождественно обращается в нуль. Поэтому, казалось бы, вихрь Рэнкина может существовать, не затухая, и в вязкой несжимаемой жидкости.

Но в точке излома зависимости азимутальной скорости от r при $r = R_0$ ее вторая производная бесконечна, что формально соответствует нефизическому случаю бесконечной кинематической вязкости жидкости в этой точке (см. ниже). На самом деле вихри, возникающие в реальных вязких жидкостях и газах, имеют плавные (без изломов) профили скоростей и затухают со временем за счет диссипации кинетической энергии. Так обстоит дело с вихрями в так называемых *консервативных*, замкнутых системах, в которых кинетическая энергия вихревого движения за счет конечной вязкости постепенно переходит в тепло, что приводит к росту энтропии системы. Совершенно иная ситуация с затуханием может возникать в *открытых системах со стоком и неограниченным притоком вещества* из окружающей среды.

В случае воронки в сосуде формируется затопленная струя с радиусом у дна порядка радиуса отверстия, в которое вода вытекает под действием силы тяжести с возрастающей *вертикальной* (продольной, аксиальной) скоростью v_z , направленной вниз вдоль оси z (рис.3). На место вытекающей воды из внешнего объема в струю поступают новые порции воды благодаря сходящимся *радиальным* (поперечным) потокам, движущимся со скоростью $v_r < 0$. Скорости v_z и v_r связаны между собой *уравнением непрерывности для несжимаемой жидкости* (т.е. условием, что среда остается сплошной при всех своих движениях), которое в цилиндрических координатах для аксиально-симметричного течения имеет вид:

$$\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (1)$$

Если выбрать координатные зависимости для v_r и v_z внутри сердцевины вихря в простом виде $v_r = -\beta r$ и $v_z = \alpha z$, где α и β — некоторые парамет-

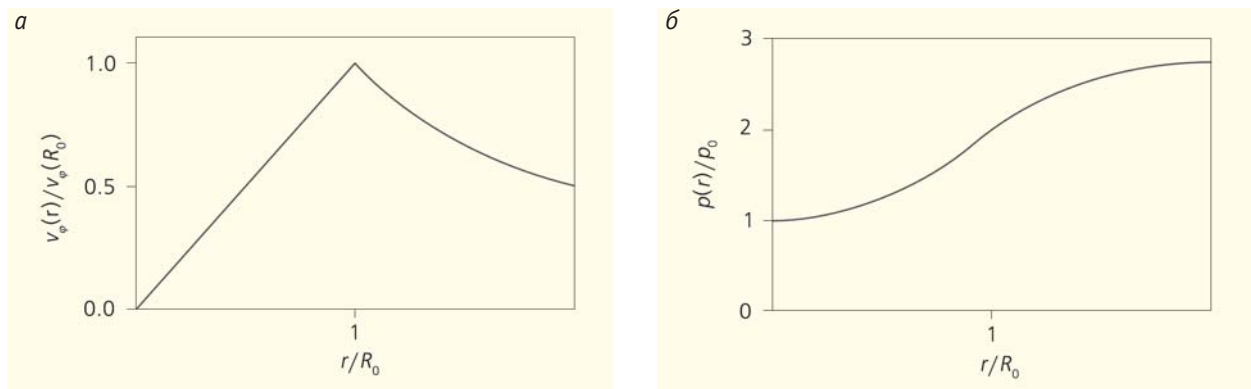


Рис.2. Распределения азимутальной скорости (а) и давления (б) в вихре Рэнкина.

ры, постоянные или зависящие от времени (см. ниже), уравнение (1) в области $r < R_0$ будет выполняться при условии $\alpha = 2\beta$. Во внешней области $r > R_0$ гидродинамические скорости предполагаются имеющими вид $v_r = -\beta R_0^2/r$ и $v_z = 0$, так что уравнение (1) выполняется тождественно.

Как видим, радиальная скорость непрерывна на границе сердцевинки вихря (хотя и претерпевает излом), тогда как аксиальная скорость при $z \neq 0$ изменяется скачком. Такой скачок v_z при $r = R_0$, линейно зависящий от z , вообще говоря, неустойчив. Эта неустойчивость, называемая *неустойчивостью тангенциального разрыва скорости* [1], приводит к тому, что сколь угодно малые поверхностные возмущения (флуктуации) скорости и давления на границе движущихся с разными скоростями жидкостей нарастают во времени по экспоненциальному закону. В результате на нелинейной стадии развития неустойчивости возникает турбулентная структура в виде почти периодической цепочки вихрей, получившей симпатичное название «кошачьи глазки» [3]. В таком квазистационарном турбулентном приповерхностном слое происходит размытие скачка аксиальной скорости и излома радиальной и азимутальной скоростей, что обеспечивает их плавную радиальную зависимость. Однако, как будет видно из дальнейшего, на границе сердцевинки вихря скачок (разрыв) скорости может нарастать во времени, что приводит к неожиданным и до сих пор детально не изученным эффектам.

Для азимутальной компоненты v_ϕ гидродинамической скорости несжимаемой жидкости, принимающей участие в аксиально-симметричном вихревом вращении, уравнение Навье—Стокса в цилиндрических координатах имеет вид [1]:

$$\frac{\partial v_\phi}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial r} + \frac{v_r v_\phi}{r} = \nu \left(\frac{\partial^2 v_\phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial r} - \frac{v_\phi}{r^2} \right). \quad (2)$$

Второе слагаемое в левой части уравнения описывает так называемую *нелинейную конвективную силу* (в расчете на единицу плотности

жидкости), а третье соответствует *гидродинамической локальной силе Кориолиса* во вращающейся жидкости в присутствии радиального потока со скоростью v_r . Внутри сердцевинки вихря (где $v_r = -\beta r$ и $v_\phi = \omega r$) конвективная и кориолисова силы в точности равны друг другу по величине и направлению, а вне сердцевинки (где обе скорости обратно пропорциональны радиусу) силы в точности компенсируют друг друга.

С другой стороны, линейная радиальная зависимость азимутальной скорости в области $r < R_0$ и ее обратно пропорциональная зависимость от r в области $r > R_0$ приводят к тождественному обращению в нуль правой части уравнения (2), которая описывает *кинематическую вязкость враща-*

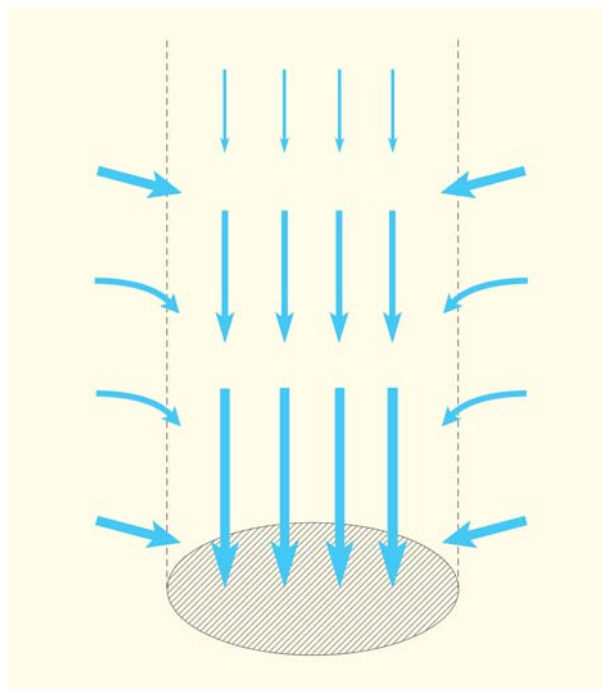


Рис.3. Схема образования водяной воронки в ванной со стоком.

ющейся несжимаемой жидкости. При этом излом $v_\varphi(r)$ в точке $r = R_0$ должен приводить к скачку первой производной по r и к бесконечному разрыву второй производной, чего в реальных условиях, как уже упоминалось, в приповерхностном турбулентном слое не происходит.

Бурная жизнь воронок и смерчей

Обращение кинематической вязкости в нуль в уравнениях Навье—Стокса при $r < R_0$ и $r > R_0$ означает, что вихрь с указанной выше структурой поля скоростей удовлетворяет упомянутому выше *принципу минимального производства энтропии*, который эквивалентен условию минимальной скорости перехода кинетической энергии в тепло. Иными словами, такой вихрь сравнительно легко зарождается, слабо затухает и может существовать длительное время при поступлении из внешней среды относительно небольшого количества энергии, которое компенсирует ее *диссипацию* (т.е. переход в тепло) в тонком поверхностном слое. По-видимому, к этому типу вихрей принадлежит и упоминавшееся Большое Красное Пятно на Юпитере.

С учетом вышесказанного уравнение (2) в области $r < R_0$ приводится к обыкновенному дифференциальному уравнению первого порядка по времени t для угловой скорости вращения несжимаемой жидкости, решение которого дает для стационарного процесса (α и β постоянны) экспоненциальную временную зависимость $\omega(t) = \omega(0)\exp(2\beta t)$, где $\omega(0)$ — начальная угловая скорость [4]. Получается, что при ненулевой начальной завихренности жидкости вращение сердцевин вихря быстро ускоряется — именно так происходит раскручивание водяной воронки в ванной. Этот же механизм порождает вихревые движения воды в реке — водовороты — в тех местах, где вдоль течения происходит резкое локальное увеличение глубины реки (в ямах, омутах).

Заметим, что, если параметры α и β зависят от времени, существует еще одно неустойчивое частное решение уравнения, которое приводит к так называемой взрывной неустойчивости, когда любое малое возмущение за конечный промежуток времени формально достигает бесконечного значения! Разумеется, в реальных условиях никакой «бесконечности» нет. Просто при достаточно больших значениях гидродинамических скоростей, сравнимых со скоростью звука в жидкости, уравнения Навье—Стокса неприменимы, поскольку необходимо учитывать сжимаемость жидкости и ее дополнительную вязкость, которая приводит к диссипации энергии в объеме и к ограничению роста неустойчивых возмущений.

Итак, согласно уравнению (2), ускорение вращения жидкости внутри сердцевин вихря происходит под действием двух нелинейных гидро-

динамических сил — конвективной и кориолисовой (во внешней области они компенсируют друг друга). На границе сердцевин вихря возникает нарастающий во времени скачок (тангенциальный разрыв) азимутальной скорости, неустойчивость которого, как показано в работе [4], развивается по катастрофическому сценарию: поверхностные возмущения скорости несжимаемой жидкости растут по чрезвычайно быстрому закону «экспонента в экспоненте»! В результате на границе воронки вместо квазипериодической структуры стационарных вихрей (типа «кошачьих глазок») возникает режим сильной нестационарной турбулентности, который в зависимости от формы и размеров отверстия приводит либо к образованию поверхностного устойчивого турбулентного слоя с аномально большой вязкостью (как в ванне), либо к периодическому рождению крупных кольцевых вихрей, создающих эффект пульсаций («пробулькивания») в вытекающей струе (как это происходит в быстро перевернутой бутылке).

Режим как экспоненциальной, так и взрывной неустойчивости ускорения вращения воронки может быть опасен для различных гидротехнических сооружений и в особенности для крупных гидроэлектростанций (например, в условиях быстрого увеличения сброса воды из водохранилища с целью резкого повышения производства электроэнергии). В этом случае катастрофически быстрое нарастание скорости продольного и поперечного потоков и, как следствие, угловой скорости вращения вихря приводит к быстрому падению давления в центре воронки, вплоть до отрицательных значений, что соответствует растяжению жидкости и мгновенному ее испарению! Это явление, называемое *кавитацией*, хорошо известно в судостроении, когда при достаточно быстром вращении корабельных винтов на их поверхности образуются мелкие завихрения с отрицательным давлением в центре, где происходит мгновенное вскипание воды в виде микровзрывов, разрушающих поверхность металла.

Если же отрицательное давление возникнет в центре гигантской воронки, образовавшейся из-за быстрого сброса огромной массы воды на турбины гидрогенераторов, мгновенное испарение большого количества воды и резкое увеличение объема газообразной фазы (в 700 раз по сравнению с жидкой!) произведут эффект взрыва гигантской мощности, способного разрушить любое гидротехническое сооружение! Не такой ли «кавитационный взрыв» стал причиной крупнейшей аварии на Саяно-Шушинской ГЭС?

Рассмотрим теперь причину возникновения пылевых и песчаных *смерчей*, которые часто наблюдаются у нас в жаркую летнюю пору или в знойных пустынях. Представим, что жаркие лучи летнего солнца разогрели некоторый участок земли или склона песчаного бархана в пустыне

сильнее, чем соседние. Это возможно, если он имеет более темный цвет (например, чернозем или асфальт) и, следовательно, сильнее поглощает солнечную энергию, либо если плоскость склона перпендикулярна солнечным лучам. Тогда приповерхностные слои воздуха в этом месте прогреваются сильнее и, расширяясь, становятся легче, чем окружающие. В поле тяжести Земли происходит подъем (всплывание) нагретого воздуха, т.е. возникает восходящий воздушный поток. Но в силу условия непрерывности вместо поднимающихся теплых масс из окружающей атмосферы в данную область поступает новый, более холодный, воздух, который тоже нагревается и поднимается, и этот процесс, называемый *конвекцией*, продолжается, пока солнечные лучи нагревают упомянутый выше участок земной поверхности.

Сходящиеся радиальные потоки воздуха при наличии конечной завихренности, которая всегда присуща воздушным потокам в атмосфере (например, за счет вращения Земли и связанной с ним *глобальной силы Кориолиса*), под действием рассмотренных выше *нелинейной конвективной силы* и *локальной гидродинамической силы Кориолиса* приводят к экспоненциальному ускорению вращения смерча, по аналогии с водяной воронкой. Таким образом, смерч можно рассматривать как перевернутую воронку (рис.4), в которой «сток» находится сверху и обусловлен всплыванием более легкого теплого воздуха в поле тяжести.

Особо следует сказать об огненных смерчах, которые возникают во время сильных пожаров,

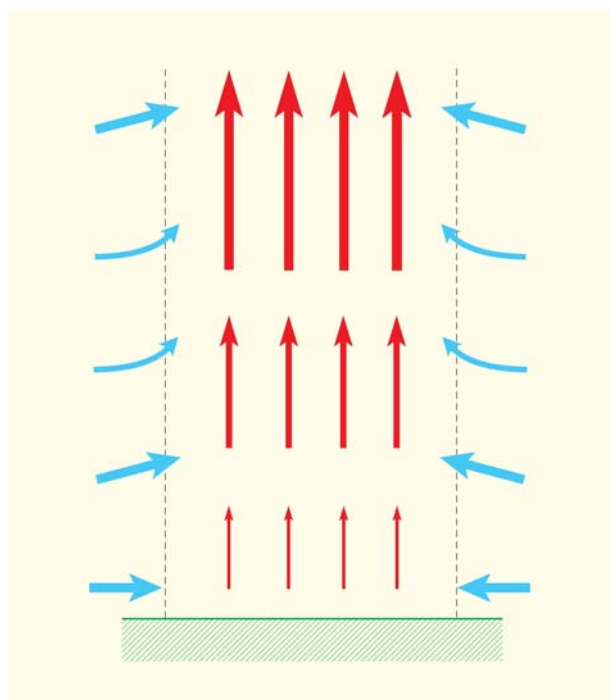


Рис.4. Схема возникновения смерча над нагретой поверхностью.



Рис.5. Огненный смерч на пожаре.

когда в результате большого локального выделения тепла при быстром сгорании легко воспламеняющихся материалов мощные восходящие потоки раскаленного воздуха закручиваются сходящимися радиальными и завихренными азимутальными струями и поднимаются на большую высоту (рис.5). Огненные смерчи возникали во время пожаров в Токио (Япония) после мощного извержения вулкана Фудзияма в 1923 г., а также после массированных бомбардировок немецких городов американской авиацией и атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки в конце Второй мировой войны. А несколько лет назад гигантский огненный смерч образовался в Австралии — тогда встретились два фронта лесных пожаров длиной в сотни километров. В определенном смысле здесь можно говорить о возникновении «огненных торнадо» (по аналогии с мощными атмосферными торнадо, о которых речь пойдет ниже).

Вихревое движение на других масштабах

Нестационарные вихревые структуры в открытых многокомпонентных и термодинамически неравновесных системах заслуживают особого внимания. В таких системах выполняются законы гидродинамики, но могут происходить фазовые переходы из одного агрегатного состояния в другое (в частности, конденсация пара или испарение жидкости) либо разнообразные химические реакции (например, то же горение). К их числу относятся всевозможные газовые смеси (в частности, влажный воздух), жидкие растворы, взвеси, эмульсии и прочее, содержащие активные химические вещества. Предположим, что все компоненты данной системы связаны между собой взаимными силами трения (вязкости), так что при сравнительно малых скоростях гидродинамических течений

(по крайней мере по сравнению со скоростью звука) все компоненты движутся как одно целое. Тогда многокомпонентная система может рассматриваться как единая вязкая и несжимаемая жидкость, которая описывается уже знакомыми нам уравнениями Навье—Стокса.

Однако, если в результате фазовых или химических превращений хотя бы один из компонентов в такой неравновесной открытой системе выпадает из общего гидродинамического движения (например, улетучивается в виде легкой газобразной фракции или, наоборот, выпадает в осадок в виде тяжелой фракции), в системе возникает *объемный сток вещества*. В этом случае уравнение непрерывности (1) приобретает в правой части величину $-Q$, обозначающую мощность объемного стока в расчете на единицу плотности среды [4]. В частности, в процессе химической реакции горения роль объемного стока вещества играет выгорание кислорода.

При неограниченном притоке исходного вещества из окружающей среды в систему сходящиеся радиальные и аксиальные потоки со скоростями v_r и v_z (в соответствии с рассмотренным выше механизмом ускорения вращательного движения гидродинамического вихря под действием нелинейных конвективной и кориолисовой сил) способствуют зарождению и развитию вихревых движений, если имелась ненулевая начальная завихренность жидкости или газа. Так в процессе конденсации влаги в воздухе, охлажденном ниже критической температуры фазового перехода пар—жидкость, возникают мощные атмосферные вихри, о которых речь пойдет ниже.

Изучение тропических циклонов, формирующихся над океаном, и их грозных разрушительных следствий — торнадо, тайфунов и ураганов — ведется уже на протяжении многих десятилетий. По этим проблемам накоплено колоссальное количество наблюдательных данных и опубликовано огромное число научных работ и монографий [5—11]. Однако до сих пор остается целый ряд во многом неясных и недостаточно изученных вопросов и, в частности, вопрос о причинах и механизмах этих явлений.

Наиболее разработана в настоящее время предложенная в монографии [6] и развитая в целом ряде последующих работ (см., например, [12]) концепция основного источника энергии циклонов в лице объемного выделения тепла (при конденсации водяного пара) и последующей глубокой тепловой конвекции воздуха, захватывающей по высоте всю тропосферу (наиболее плотную часть атмосферы ниже 10 км). Предполагается, что в результате подъема нагретого воздуха в верхние слои атмосферы возникают сходящиеся радиальные потоки воздушных масс, которые сжимают и уплотняют воздух в области конденсации. При этом благодаря *закону сохранения момента импульса* завихренного (под действием

глобальной силы Кориолиса) воздуха происходит быстрое (экспоненциальное) ускорение вращения вихря, так как его момент инерции (т.е. радиальные размеры вихря) из-за сжатия уменьшается. Аналогичным способом фигурист на скользком льду резко ускоряет свое вращение, группируясь и уменьшая тем самым свой момент инерции при почти полном сохранении момента количества движения.

Казалось бы, все ясно — работает один из фундаментальных законов природы, и никаких возражений быть не может! Но атмосферные вихри — это часть самой атмосферы, они находятся в постоянном контакте с ней и являются открытыми системами, пребывающими в состоянии динамического равновесия с окружающей средой. А для таких систем законы сохранения уже не действуют! В этом смысле вихри представляют собой один из простейших типов открытой самоорганизующейся системы в природе.

Тропические циклоны зарождаются над океанами и морями в северных или южных тропических широтах, где солнечные лучи летом падают на земную поверхность под прямым углом и прогревают морскую воду на максимальную глубину, обеспечивая тем самым интенсивное испарение влаги и максимальное насыщение ею нагретых теплым океаном воздушных масс, т.е. почти 100%-ю влажность воздуха. В то же время массы холодного воздуха, поступающие из верхних слоев атмосферы либо из приполярных северных или южных областей, будучи более плотными и тяжелыми, опускаются в нижние теплые и влажные слои приповерхностного воздуха. При этом происходит резкое падение температуры влажного воздуха, и, когда его температура опускается ниже так называемой *точки росы* T_{dew} , т.е. температуры фазового перехода из газообразного состояния в жидкое при данном распределении атмосферного давления и влажности воздуха, начинается интенсивная конденсация содержащегося в воздухе водяного пара (влаги) и образование взвешенных в воздухе мелких капель воды (тумана). Так возникают облака и тучи.

С учетом большой разницы в объемах обеих сред конденсация пара означает практически полное его исчезновение, тем более если учесть, что крупные капли под действием силы тяжести выпадают в виде дождя или града (при достаточно глубоком охлаждении воздуха ниже 0°C). Таким образом, процесс конденсации влаги в некоторой области атмосферы фактически играет роль *объемного стока* для одной из компонент (водяного пара) в газообразной смеси (влажном воздухе).

В дальнейшем будем предполагать, что область конденсации и, следовательно, формирующееся облако обладают почти цилиндрической симметрией, т.е. имеют форму, близкую к круглому диску, что, разумеется, накладывает определенные ограничения на исходные условия возникновения ат-



Рис.6. Облако в форме круглого диска, в котором зарождается торнадо.

моносферных вихрей. Именно такая форма облака, наиболее благоприятная для зарождения торнадо, возникает в процессе ускоренного вихревого вращения воздуха (рис.6).

Для поддержания постоянных значений плотности и влажности воздуха в области конденсации, в силу уравнения непрерывности и условий динамического и химического равновесия открытой системы с внешней средой, из окружающей атмосферы поступают новые порции влажного воздуха с помощью сходящихся радиальных и восходящих аксиальных потоков (рис.7). Именно эти потоки благодаря силам трения Стокса

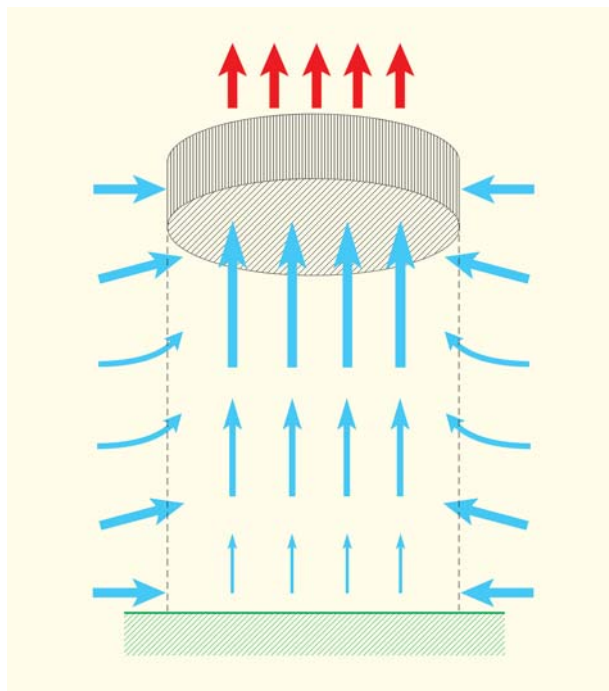


Рис.7. Схема зарождения торнадо в результате конденсации влаги.

удерживают в определенном объеме взвешенные в воздухе мелкие водяные капли, не давая им возможности диффундировать (расползаться) и сохраняя определенную форму облака или грозовой тучи. В этом смысле формирующееся облако можно рассматривать как самоорганизующуюся открытую неравновесную систему.

Благодаря выделению так называемой скрытой теплоты фазового перехода в области конденсации происходит нагрев и расширение сухого воздуха, который, становясь более легким, чем окружающий влажный воздух, поднимается в верхние слои атмосферы. Тем самым внутри области конденсации (т.е. внутри формирующегося облака) поддерживается мощный восходящий воздушный поток, скорость которого нарастает с высотой по закону, близкому к линейному: $v_z(z) = v_{z0} + \alpha z$. В свою очередь этот поток порождает сходящийся радиальный поток со скоростью $v_r = -\beta r$ внутри области конденсации ($r < R_0$) и $v_r = -\beta R_0^2/r$ вне этой области ($r > R_0$). Именно такая структура поля скоростей, как мы видели, подавляет вязкость несжимаемого воздуха и соответствует минимальной скорости диссипации кинетической энергии вихря. Если начальная завихренность атмосферного воздуха $\omega(0) \neq 0$ (за счет глобальной силы Кориолиса), уже знакомый нам механизм ускорения вращения сердцевин вихря приводит к развитию внутри формирующегося облака мощного атмосферного вихря. В зависимости от размеров облачной системы, влажности воздуха, степени его переохлаждения, скорости конденсации водяного пара и выпадения осадков, начальной завихренности атмосферы, распределения в ней давления и температуры происходит рождение либо крупномасштабных атмосферных вихрей (циклонов, ураганов, тайфунов), либо более локализованных, но не менее (если не более!) разрушительных вихрей — торнадо.

Отдельно про торнадо

Торнадо чаще всего возникают на плоских равнинах Среднего Запада в США, над которыми встречаются массы теплого влажного воздуха, приносимые с двух океанов — Тихого и Атлантического (включая Мексиканский залив), с массами холодного воздуха, поступающего с ледников Гренландии и из полярных областей Канады. Эта встреча приводит к интенсивной конденсации влаги с уже описанными последствиями. Ускорение вращения вихря по рассмотренному выше сценарию возможно до тех пор, пока максимальные скорости на границе его сердцевин остаются все еще гораздо меньше скорости звука, т.е. пока справедливы уравнения Навье—Стокса. Полученные ранее нестационарные решения по ускорению вращения сердцевин вихря годятся и в данном случае, но с учетом неоднородного уравнения непрерыв-

ности, в котором содержится объемный сток вещества за счет конденсации влаги, а также поверхностный сток за счет ухода (подъема) нагретого воздуха в верхние слои атмосферы.

Для линейной зависимости радиальной и азимутальной гидродинамических скоростей v_r и v_ϕ от радиуса r и линейного нарастания с высотой (с ростом координаты z , направленной вверх) восходящего вертикального потока воздуха это уравнение сводится к соотношению $\alpha + Q = 2\beta$. При постоянных значениях параметров Q , α и β , как и в случае воронки, реализуется экспоненциальный режим ускорения вращения вихря.

Расчет распределения давления внутри сердцевины вихря с учетом ускорения силы тяжести g показывает, что давление воздуха на оси вихря понижается по мере ускорения вращения: оно может опуститься даже ниже того критического значения $p_{\text{евр}}$, при котором начинается испарение водяных капель (тумана) при данной температуре и влажности воздуха. Тогда в центральной части сердцевины вихря в результате испарения капель образуется область прозрачности. Такая область полностью прозрачного воздуха и ясного неба давно наблюдалась моряками в центре мощных ураганов в океане, и называется она глазом бури (рис.8). Внутри нее царит полное безветрие, но бушуют огромные беспорядочные волны — так называемая мертвая зыбь.

Полный штиль здесь обусловлен тем, что процесс испарения водяных капель при пониженном давлении фактически играет роль источника газообразной фазы — пара, что соответствует изменению знака величины Q в уравнении непрерывности. Кроме того, при испарении происходит поглощение тепла и охлаждение воздуха, сопровождающееся его уплотнением и утяжелением. В результате возникает нисходящий вертикальный поток с отрицательным знаком параметра α , так что параметр β тоже становится отрицательным. А это значит, что решение уравнения (2) начиная с некоторого момента времени $t_{\text{евр}}$, при ко-



Рис.8. «Глаз бури» — область прозрачности в центре урагана «Изабель» (сентябрь 2003 г., NASA, снимок экипажа МКС).

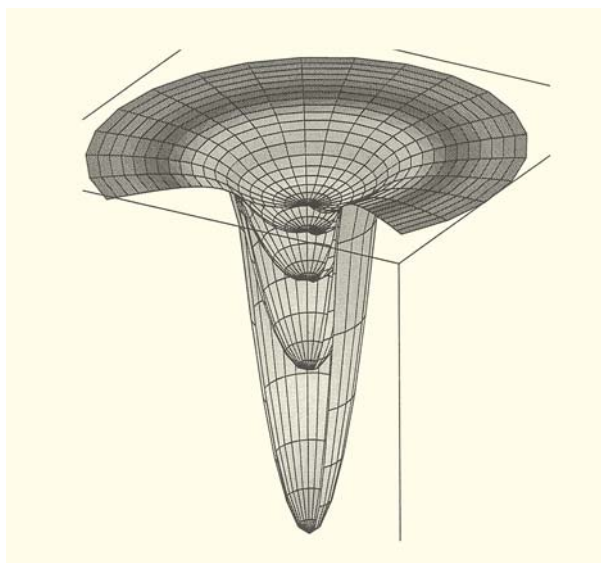


Рис.9. Удлинение воронки торнадо под нижней кромкой облака по мере ускорения вращения вихря.

тором достигается давление $p_{\text{евр}}$ на оси вихря, становится экспоненциально затухающим: $\omega(t) = \omega(0)\exp(-2|\beta|(t - t_{\text{евр}}))$. Иными словами, ветер в центральной прозрачной части вихря быстро стихает — в полном соответствии с наблюдаемыми погодными условиями внутри глаза бури. Аналогичная область, но гораздо меньших размеров, должна существовать в центре торнадо.

Результаты расчета изменения формы *изобары* — поверхности постоянного давления — в процессе формирования воронки торнадо через равные промежутки времени показаны на рис.9 для нижней кромки облака ($p = p_\infty$) [4]. Будучи заполнена конденсатом (туманом), эта изобара как раз имеет вид удлиняющейся воронки.

Очень важная особенность воронки торнадо — наличие предела ее удлинения: при экспоненциальном увеличении угловой скорости становится комплексной рассчитанная координата минимума нижней изобары, что соответствует нефизической ситуации. Это означает, что у воронки торнадо существует предельная длина, равная по абсолютной величине $|z|_{\text{max}} = (g + \alpha v_{z0})/\alpha^2$.

Любая изобара, в том числе и соответствующая $p = p_{\text{евр}}$, в конце концов достигает данного предельного значения, и здесь возникает альтернативная ситуация. Если высота нижней кромки облака над поверхностью Земли H меньше, чем $|z|_{\text{max}}$, воронка торнадо достигает земной поверхности (см. рис.1). Благодаря пониженному давлению в центре вихря возникает хорошо известный «эффект пылесоса» торнадо, в результате которого различные предметы, зачастую весьма крупные и массивные (например, коровы и автомобили), а также детали различных строений (заборы, крыши домов или даже здания целиком) поднимают-

ся на большую высоту и уносятся на большие расстояния. Однако, если $H > |z|_{\max}$, вихрь торнадо проходит над поверхностью Земли, не касаясь ее, и в его центральной части можно наблюдать область прозрачности — глаз торнадо, или, по-другому, пасть торнадо (рис.10).

Еще одна характерная черта торнадо — образование на его границе поверхностного турбулентного слоя, который возникает в результате нарастающего во времени скачка (тангенциального разрыва) азимутальной скорости. Этот скачок, как отмечалось выше, возникает в результате того, что ускорение вращения воздуха происходит только внутри сердцевины вихря и неустойчивость поверхностных возмущений скорости, как было показано в работе [4], развивается во времени по закону «экспонента в экспоненте». Скорости хаотических турбулентных пульсаций могут достигать сверхзвуковых значений и генерировать мощные звуковые волны, чем объясняется могучий рев торнадо, сравнимый иногда с одновременным ревом десятков работающих на полную мощность реактивных авиационных двигателей.

Амплитуды турбулентных пульсаций задают толщину и аномально большую вязкость поверхностного слоя. Эффективный коэффициент такой турбулентной вязкости может в сотни миллионов раз превышать обычный коэффициент кинематической вязкости воздуха! Устойчивость вихрей торнадо по отношению к сильным изгибам и растяжениям обусловлена именно существованием такой прочной, вязкой и эластичной турбулентной оболочки, которая при фото- или киносъемке кажется сплошной. На самом деле она представляет собой бурно «кипящую» турбулентную воздушную массу с пульсациями на скоростях, превышающих скорость звука, которые можно было бы наблюдать при замедленном просмотре кадров сверхскоростной киносъемки.

Проходя под действием ветра по Среднему Западу США (в основном, это штаты Арканзас, Канзас, Оклахома, Техас, Миссисипи), мощные торнадо (рис.11) производят сильные разрушения с огромным материальным ущербом и зачастую с человеческими жертвами. Особенно большое количество разрушительных торнадо — более 800! — наблюдалось весной и летом 2011 г.

Кинетическая энергия торнадо даже при «умеренных» максимальных скоростях вращения вихря, не превышающих одну треть скорости звука (100 м/с!), огромна и составляет десятки и сотни мегаджоулей на 1 м длины вихря. Поэтому в тех районах США, где велика вероятность рождения торнадо (так называемая дорога, или аллея торнадо), работает специальная служба наблюдения и оповещения. Большую роль ней играют команды активных добровольцев-волонтеров — опытных «ловцов торнадо», которые на своих автомобилях разъезжают по всей «торнадоопасной» тер-



Рис.10. Наблюдение области прозрачности внутри торнадо, не достигшего соприкосновения с земной поверхностью.



Рис.11. Американские торнадо.

ритории и отслеживают даже малейшие признаки зарождения вихря.

Разумеется, наиболее радикальным решением этой проблемы была бы разработка методов уничтожения торнадо в зародыше, ибо с уже развитым торнадо человек ничего сделать не сможет! Возможно, здесь применим тот же метод, что и при спасении виноградарей от града, — обстрел грозовых туч из пушек снарядами, начиненными специальным веществом (например, йодистым серебром или твердой углекислотой), которое вызывает быструю конденсацию влаги и выпадение дождя до того, как он превратится в град. Ведь торнадо, как мы видели выше, тоже зарождается в плотных грозовых облаках и часто сопровождается дождем и градом. По-видимому, основная трудность заключается в тех огромных территориях, на которых с большой вероятностью рождаются торнадо. Потребовалось бы очень много пушек и снарядов с дорогими реагентами или очень дорогих ракет класса «земля—воздух», чтобы перекрыть этой «системой обороны» всю широкую дорогу торнадо! Восстановление относительно недорогих жилых и сельскохозяйственных помещений (к тому же застрахованных!) в этих теплых и малонаселенных штатах обходится дешевле. Но, с другой стороны, требуется строительство надежных укрытий и убежищ от торнадо и четко работающая служба своевременного оповещения людей о надвигающейся опасности. Так что, если хорошо подсчитать все затраты, может быть, было бы выгодней разработать систему превентивного уничтожения торнадо?

Коротко о тайфунах и ураганах

Что же касается еще более крупномасштабных атмосферных вихрей — *ураганов*, возникающих в Атлантическом океане, и *тайфунов* в Тихом океане, то механизмы их рождения и эволюции ничем принципиально не отличаются от таковых для торнадо. Различие лишь количественное: характерные размеры облаков, производящих торнадо, лежат в пределах максимум нескольких десятков километров, а облачные системы тропических циклонов — источников ураганов и тайфунов — могут растянуться на несколько сотен или даже на тысячу километров. Фактически размер циклона — почти плоского атмосферного вихря, из которого рождаются ураганы и тайфуны, — ограничен только кривизной земной поверхности: этот размер должен быть много меньше радиуса Земли (6400 км). Процесс конденсации влаги на таких огромных пространствах протекает гораздо медленнее, чем при формировании отдельного облака. Именно этим обусловлено более длительное время развития и существования ураганов и тайфунов (порядка нескольких суток) по сравнению с торнадо (не более 1–2 ч).

Следует отметить, что наряду с более или менее аксиально-симметричными структурами центральных частей (сердцевин) ураганов и тайфунов (см. рис.1,б и 8) иногда наблюдаются удивительные неоднородные структуры в виде колеса с четырьмя спицами (рис.12,а).

Этот феномен находит свое объяснение в существовании таких аксиально-несимметричных решений уравнений Навье—Стокса, которые тоже

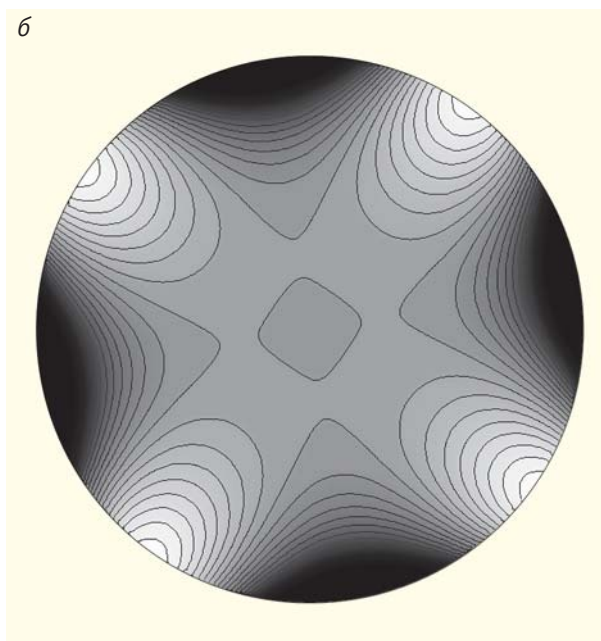
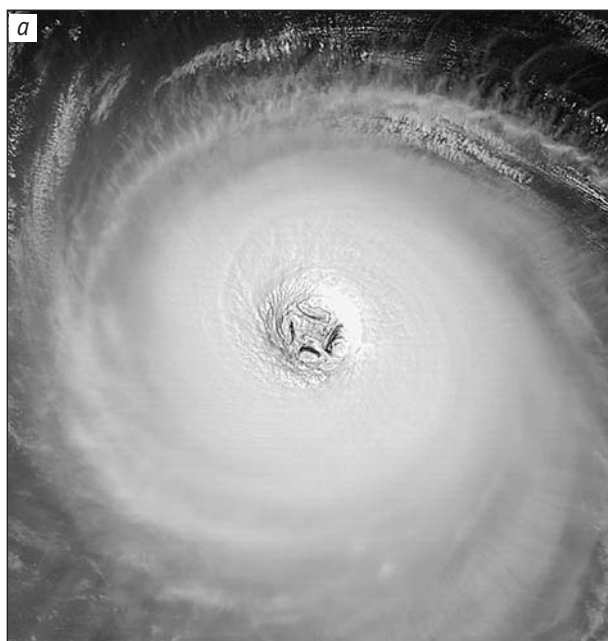


Рис.12. Наблюдаемая из космоса анизотропная структура центральной части урагана типа «колесо с четырьмя спицами» (а) и рассчитанное распределение давления внутри сердцевины аксиально-несимметричного вихря (б).

тождественно обращают в нуль кинематическую вязкость и, следовательно, удовлетворяют сформулированному нами принципу минимального производства энтропии. Им соответствует неоднородное как по радиусу, так и по азимутальному углу распределение давления во вращающейся сердцевине вихря (рис.12,б). Если при этом в областях минимального давления происходит испарение конденсата и образуются области прозрачности воздуха, то тем самым воспроизводится наблюдаемая из космоса неоднородная структура сердцевины крупномасштабного атмосферного вихря типа урагана или тайфуна.

Заметим, что в случае торнадо аксиально-несимметричные решения проявляются в образовании нескольких воронок, вращающихся вокруг общего центра. Такие структуры в виде нескольких вихрей торнадо, возникающих из одного облака, часто наблюдаются в природе и носят название «пляшущие дьяволы».

* * *

Итак, при наличии неограниченного притока исходного вещества возможно рождение различных вихревых структур за счет радиальных и аксиальных потоков при ненулевой начальной завихренности. Поля скоростей этих гидродина-

мических вихрей подстраиваются к таким пространственным конфигурациям, которые тождественно обращают в нуль кинематическую вязкость несжимаемой жидкости в преобладающей части объема и тем самым значительно снижают скорость диссипации кинетической энергии вихрей, а следовательно, и скорость роста энтропии в системе. Это способствует сравнительно легкому зарождению и длительному существованию таких самоорганизующихся вихревых структур, в отличие от других типов коллективных гидродинамических движений, которые не удовлетворяют принципу минимального производства энтропии.

Но не только рассмотренные в этой статье вихревые структуры с цилиндрической симметрией удовлетворяют данному принципу. В природе могут существовать так же почти бездиссипативные трехмерные гидродинамические течения со сферической симметрией, например, в недрах звезд, в том числе и внутри нашего Солнца, где протекают термоядерные реакции синтеза гелия из водорода, или в жидких расплавленных ядрах планет земной группы, что может быть причиной движения литосферных плит земной коры и связанных с этим землетрясений и цунами. Но это уже совсем другая история... ■

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика, М., 1975.
2. Kundu P.K. Fluid mechanics. N.Y., 1990.
3. Фридман А.М. Предсказание и открытие сильнейших гидродинамических неустойчивостей, вызванных скачком скорости: теория и эксперименты // УФН. 2008. Т.178. №3. С.225—242.
4. Пашицкий Э.А. Нелинейная динамика вихрей в открытых неравновесных системах с объемным стоком вещества и механизм рождения торнадо и тайфунов // ЖЭТФ. 2010. Т.137. Вып.6. С.1175—1194.
5. Наливкин Д.В. Ураганы, бури, смерчи. Л., 1969.
6. Голицын Г.С. Исследование конвекции с геофизическими приложениями. Л., 1980.
7. Риль Г. Климат и погода в тропиках. Л., 1984.
8. Интенсивные атмосферные вихри / Под ред. Л.Бергсона и Дж.Лайтхила. М., 1985. С.368.
9. Кушин В.В. Смерч. М., 1985. С.368.
10. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. М., 1986. Т.1, 2.
11. Монти А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л., 1988. С.4.
12. Emanuel K.A. Tropical Cyclones // Ann. Rev. Earth Planet Sci. 2003. V.31. №1. P.75—104.

Великое Японское землетрясение

Б.В.Левин, М.В.Родкин, И.Н.Тихонов

Напомним нашим читателям, что 11 марта текущего года немного восточнее японского острова Хонсю произошло сильнейшее землетрясение с магнитудой $M = 9.0$ [1]. В результате этой катастрофы земная ось сдвинулась на величину от 10 до 25 см, а значительный участок о.Хонсю (напротив эпицентра землетрясения) переместился в сторону Тихого океана. Максимальное смещение отдельных пунктов GPS-наблюдений составило около 4.5 м (рис.1). Осложненное разрушительными волнами цунами и техногенными катастрофами на АЭС, землетрясение стало трагедией общенационального масштаба. Число погибших и пропавших без вести составило более 28.5 тыс. Суммарный экономический ущерб оценен правительством Японии более чем в 300 млрд долл. США, а такого рода оценки имеют тенденцию со временем существенно возрастать. Уже сейчас ясно, что основной ущерб (человеческие жертвы и материальные потери) от двух стихийных бедствий (землетрясения и цунами) обусловлен в основном воздействием цунами. При этом масштаб ущерба от вызванной цунами техногенной катастрофы на АЭС «Фукусима-1» по-прежнему остается неясным.

В какой степени удар стихии был неожиданным? Этот вопрос распадается на два: было ли

© Левин Б.В., Родкин М.В., Тихонов И.Н., 2011



Борис Вульфович Левин, член-корреспондент РАН, директор Института морской геологии и геофизики ДВО РАН. Круг научных интересов связан с глобальной сейсмичностью и исследованиями цунами.



Иван Николаевич Тихонов, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией сейсмологии того же института. Занимается разработкой методов и алгоритмов прогнозирования сильных землетрясений.



Михаил Владимирович Родкин, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Международного института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН. Область научных интересов — физика и статистика реализации экстремально сильных событий и их прогнозирование.

ожидаемо землетрясение такой силы и существовал ли прогноз именно данного конкретного события? В практическом отношении важно также знать, в ка-

кой степени разгул подземных сил можно считать завершившимся — т.е. можно ли ожидать новых толчков? Мощные землетрясения ведь часто сопровож-

даются афтершоками и даже повторными событиями сравнимой силы.

Максимально возможное сейсмическое событие

Япония, как известно, характеризуется очень высоким уровнем сейсмической опасности. За историческое время здесь неоднократно случались страшные сейсмические катастрофы. Так, в 1923 г. произошедшее в районе Токио землетрясение магнитудой $M = 8.3$ унесло жизни (по разным данным) от 99 до 144 тыс. человек. Однако землетрясения, по силе подобного нынешнему событию, с $M = 9.0$ и при этом неглубокого, за все историческое время не наблюдалось. Если рассматривать только сильнейшие события, то первое такое известное землетрясение ($M = 8.6$) произошло в 869 г. [2], в последующие столетия известны только два события с $M = 8.6$ и два с $M = 8.7$.

Таким образом, исходя из исторических данных за более чем тысячелетний период, можно было полагать, что землетрясения с $M = 9$ в Японии невозможны. И такое предположение весомо подкреплялось мировым опытом. Сильнейшие события с $M \geq 9$ были известны только на протяженных (длиной более 1000 км) однородных участках зон субдукции, таких, как в Южной Америке или Индонезии. В Японии таких участков нет. Зона субдукции здесь представлена сложной структурой разноориентированных отрезков. Такой вывод, как считалось, подкреплялся и инструментальными данными: за период 1923–2010 гг. максимальная зарегистрированная магнитуда (по применяемой в Японии шкале) составила 8.3.

Недооценка возможной силы землетрясения привела и к недооценке опасности цунами. Семиметровое ограждение на АЭС «Фукусима-1» оказалось значительно ниже максималь-

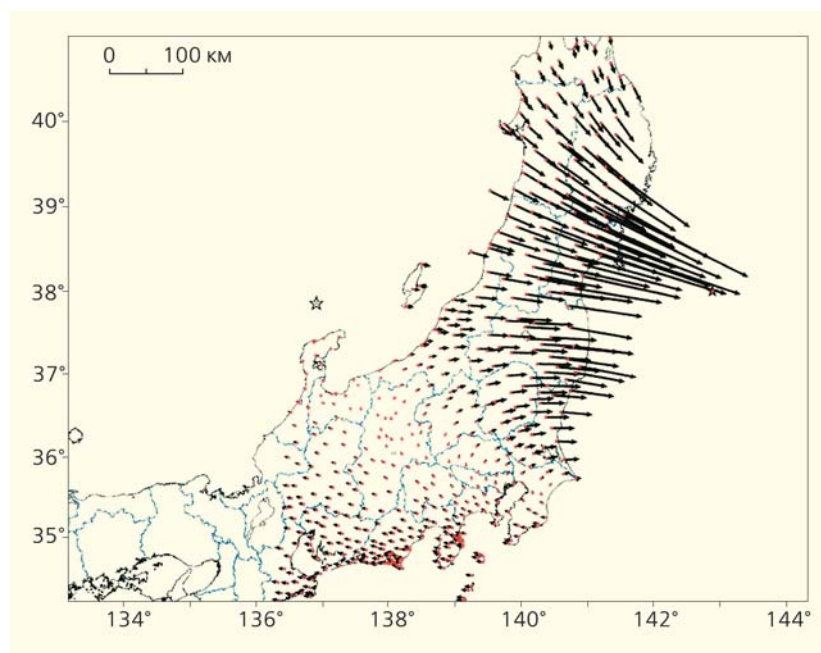


Рис.1. Векторы смещений пунктов GPS-наблюдений на о.Хонсю. Звездочкой показано положение пункта, относительно которого приведены вектора смещения. Рисунок любезно предоставлен японскими коллегами.

ной высоты (≈ 14 м) подошедшей волны. При этом не удалось даже закрыть ворота. Автоматика по неизвестным причинам не сработала, а бригада, пытавшаяся сделать это вручную, погибла под ударом цунами. Ворвавшаяся волна залила дизели и надолго обесточила АЭС. Все реакторы на станции были своевременно заглушены, но тепло продолжало выделяться, а насосы контура водяного охлаждения уже не работали. В результате произошли перегрев реакторной зоны, расплавление стержней АЭС и выбросы перегретого радиоактивного газа.

Трагедия на «Фукусиме-1», таким образом, оказалась следствием двух обстоятельств: недооценки возможной силы землетрясения и высоты цунами и отказа аварийных механизмов защиты от цунами.

Для полноты картины отметим, что существовали и другие предположения о возможности в Японии экстремальных событий. В 2008 г. Р.Мак-Каффри опубликовал статью, где указы-

валось, что сильнейшие землетрясения могут происходить в разных зонах субдукции, в том числе и в Японии [3]. А в 2010 г. группа сейсмологов и статистиков опубликовала статью [4], в которой на основе предельных теорем теории вероятности и по результатам наблюдений за 1923–2007 гг. было показано, что в Японии возможны события с магнитудой 9.5 ± 0.8 . Учитывая печальный опыт текущего года, хочется думать, что теперь к этим результатам отнесутся с большим вниманием и оценки сейсмической опасности многих областей, расположенных вблизи зон субдукции, будут пересмотрены в сторону увеличения. Кроме данных по историческим и палеоземлетрясениям представляется необходимым использовать новые статистические методы оценки величин максимальных сейсмических воздействий. Такой подход — один из способов компенсировать заведомо недостаточную длительность инструментальных наблюдений.

Еще раз о прогнозах

Под прогнозом землетрясения принято понимать заблаговременное уведомление, содержащее информацию о магнитуде, времени и месте ожидаемого сильного события, желательного с оценкой погрешности прогнозируемых характеристик.

В связи с неудачей многочисленных попыток прогноза землетрясений в мировом научном сообществе начиная с 80-х годов прошлого века доминирует мнение о невозможности получения достаточно точных прогнозов. Об этом мы уже писали на страницах «Природы» [5]. Вместо прогноза рекомендовалось уточнять оценки сейсмической опасности, развивать сейсмостойкое строительство и средства срочного оповещения. В связи с этим непосредственно прогноза нынешнего землетрясения в Японии не было. Средства срочного оповещения сработали — реакторы АЭС своевременно заглушили, но оценки сейсмической опасности и опасности цунами оказались сильно заниженными.

В России исследования по прогнозу землетрясений тем временем продолжались, и некоторые результаты этих исследований связаны с японским событием. По-видимому, единственный неизменный по своей методике и регулярно обновляемый прогноз — среднесроч-

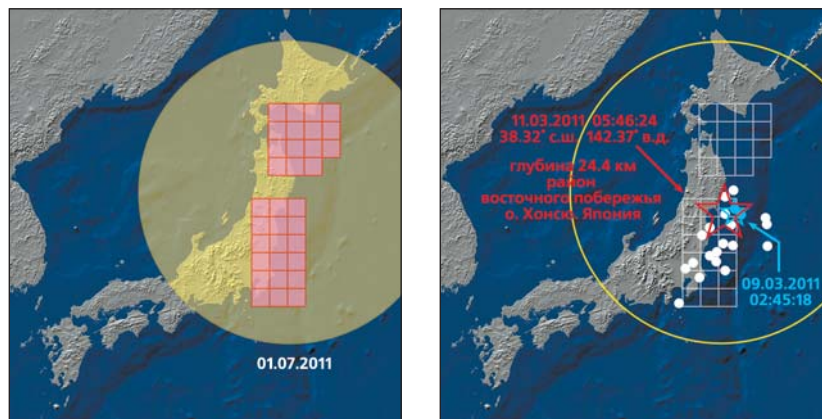


Рис.2. Прогноз (до 1 июля 2011 г.) местоположения эпицентра землетрясения ($M \geq 8.0$) с помощью алгоритма M8 (круговая область), его уточнение алгоритмом MSc (области красного цвета) по состоянию на 1 июля 2010 г. (слева) и положение эпицентров мартовского мегаземлетрясения [8] и его афтершоков (справа). Красной звездочкой показаны эпицентры мегасобытия 11 марта 2011 г., белыми точками — его афтершоков, голубой звездочкой — эпицентры землетрясения 9 марта 2011 г, голубыми точками — его афтершоков.

ный, на основе алгоритмов M8 и MSc [6, 7], осуществляемый сотрудниками Международного института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН.

Название алгоритм M8 получил по своему первоначальному предназначению — для прогноза событий с магнитудой более 8. Позднее область его применения расширили и на события меньшей и большей магнитуды. Этот алгоритм основан на использовании текущих данных каталогов землетрясений и нацелен на выявление совокупности аномалий

сейсмического режима заданного вида. Алгоритм MSc служит для уточнения пространственной области, где может произойти землетрясение. Длительный (около 20 лет) опыт использования алгоритма M8 свидетельствует о его эффективности, существенно большей случайного угадывания, но недостаточной для реального практического применения.

На обширную область, включающую острова Хоккайдо и Хонсю, был выдан прогноз о сильнейшем землетрясении (рис.2), но он был снят как неподтвердившийся за несколько



месяцев до мартовского события. (Отметим, что алгоритм М8 ранее не спрогнозировал и сильнейшее Андаманское землетрясение 2004 г.)

Большой успех выпал на долю метода [9, 10], развиваемого А.А.Любушиным из Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта. Этот прогноз, основанный на анализе низкочастотных сейсмических шумов, использует несравненно больший объем фактической информации и еще более сложный математический аппарат, чем алгоритм М8. Метод Любушина применим только в тех регионах, где имеется достаточно плотная сеть цифровых сейсмических станций, регулярно предоставляющих записи широкополосных сейсмических шумов (реально такие возможности пока есть только в Японии). Любушин пытается выявить скрытые признаки роста синхронизации сейсмических шумов. Исходя из общих теоретических предпосылок, именно такое поведение следует ожидать при надвигающейся катастрофе. Действительно, сильное событие отвечает единообразной мгновенной деформации огромных объемов земной коры, и резонно предположить, что с приближением землетрясения будет развиваться некое единообразие в характере деформирования литосферы, в частности в характере сейсмических шумов. Собственно гово-

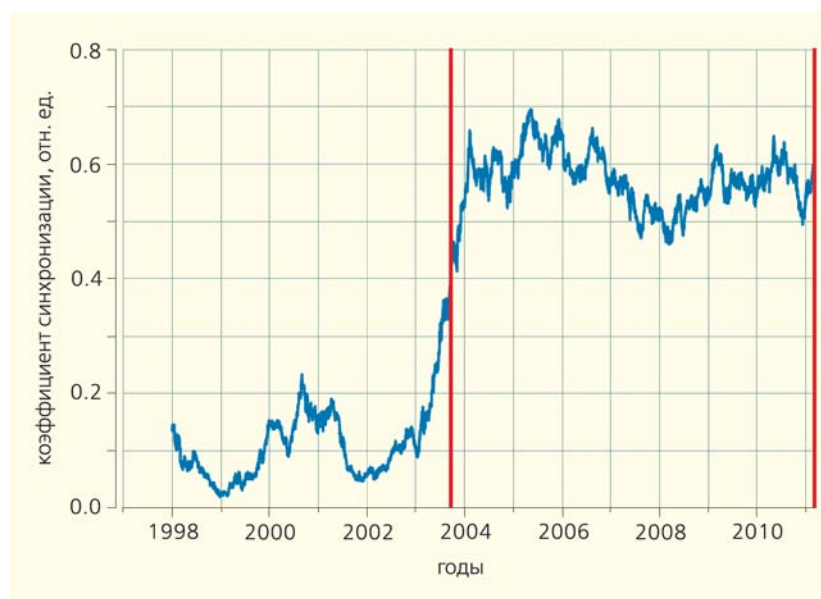


Рис.3. Рост величины обобщенной синхронизации для Японии по методу А.А.Любушина [9]. Красными линиями отмечены моменты землетрясений 25 сентября 2003 г. ($M = 8.3$) и 11 марта 2011 г. ($M = 9$).

ря, алгоритм М8 также в значительной мере нацелен на выявление общих признаков (предвестников) катастрофы, но используемый в нем объем информации много меньше (анализируются только данные о землетрясениях, а не характер шумов), соответственно, и вероятность случайной погрешности может быть существенно выше.

В методе Любушина анализируются коэффициент множественной синхронизации мультифрактального спектра сингулярности и ряд других близких

по смыслу параметров (просим извинения у читателей за столь сложное словосочетание, но необходимо хоть как-то обозначить сущность метода). Рассчитывая коэффициент синхронизации, Любушин обнаружил, что незадолго до сильного землетрясения у берегов Хоккайдо 25 сентября 2003 г. с $M = 8.3$ величины множественной синхронизации сейсмических шумов резко возросли (рис.3). После землетрясения эти значения, однако, лишь слабо уменьшились, что дало основание го-



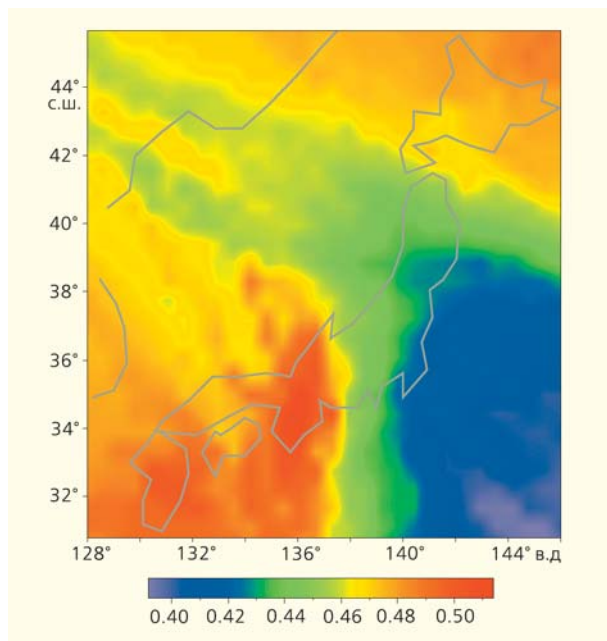
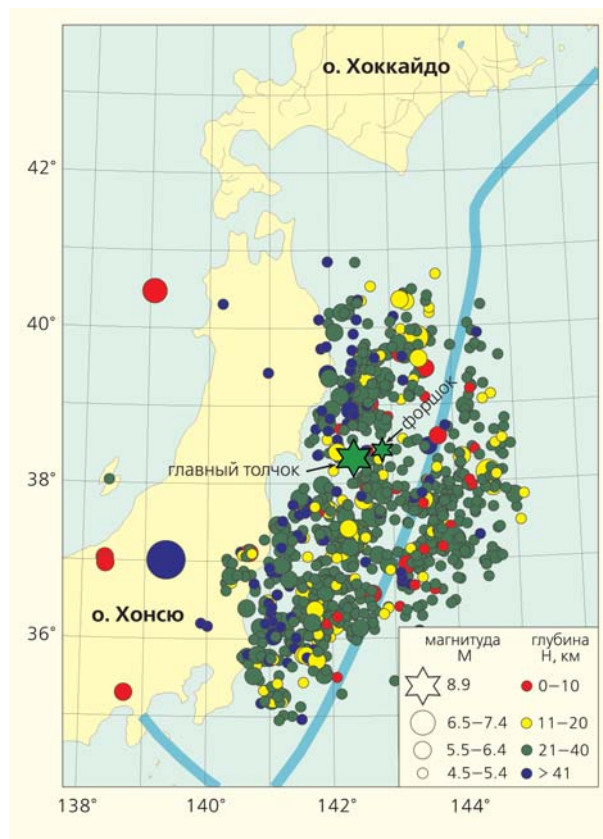


Рис.4. Пространственное распределение значений обобщенной синхронизации, по данным с 1997 г. по февраль 2011 г. (слева). Ярко выраженная синяя аномалия отвечает положению Великого Японского землетрясения и его афтершоков [10]. Расположение афтершоков с $M \geq 4.6$ за 25 сут [11] (справа).



ворить о готовящемся еще одном сильном событии. А так как аномалия выглядела существенно солиднее, чем при землетрясении 2003 г., было резонно предположить, что новое землетрясение должно иметь магнитуду не менее 8.5. Более тонкие методы анализа позволили автору метода детализировать прогноз, предположив, что зем-

летрясение произойдет начиная с середины 2010 г.

Научная общественность и, в частности японские сейсмологи, которых Любушин неоднократно пробовал заинтересовать своими результатами, не отнеслись к его прогнозу сколько-нибудь внимательно. Но произошло Великое Японское землетрясение, и интерес к этому методу

резко возрос — тем более что уже после события Любушину удалось показать, что его метод позволял определить и место катастрофы. Максимум синхронизации попал как раз на область возникновения землетрясения и его афтершоков (рис.4).

Можно заметить, однако, что на настоящий момент отсутствуют какие-либо другие (пусть



даже ретроспективные) примеры удачного прогноза, сделанного этим методом.

Перспективность и теоретическая значимость представленного Любушиным нового метода прогноза землетрясений не вызывает сомнений. Практическая же его ценность, однако, пока не столь очевидна. Во-первых, метод требует тщательного обоснования и проверки. Во-вторых, на настоящий момент он претендует только на долгосрочный и (возможно) среднесрочный прогноз (годы, месяцы). А в таком качестве его ценность не принципиально выше методов сейсмического районирования. Возможно, этим обстоятельством отчасти и объясняется изначально незаинтересованное отношение японских специалистов к результатам Любушина.

Новое землетрясение возможно?

Обратимся теперь к вопросу, следует ли ожидать возникновения нового сильного ($M > 7$) афтершока мартовского землетрясения в Японии? Ответ на него можно получить, исследуя характер афтершоковой последовательности данного мегаземлетрясения. Многие приборы на сейсмических станциях Японского метеорологического агентства (JMA) в результате зем-

летрясения вышли из строя. Более полная и однородная информация предоставляется в Интернет Американским сейсмическим агентством (NEIC/USGS), причем его предварительные и уточненные данные существенно различаются. Особенно это касается ранних афтершоков. В предварительной версии указывалось, что за первый час после землетрясения было зарегистрировано только одно сильное событие с $M = 7.1$. И такое значение магнитуды было еще раз повторено (но не превышено) в серии последующих афтершоков. Разница между магнитудой основного толчка ($M = 9.0$) и сильнейшего афтершока ($M = 7.1$) составляет около двух единиц. Это означает, что энергия основного толчка примерно в 1000 раз больше энергии сильнейшего афтершока. Такое anomальное различие указывало на повышенную вероятность нового сильного события [10].

Согласно же уточненным данным, сильных землетрясений с $M > 7$ за первый час после главного события оказалось два ($M = 7.9$ и $M = 7.7$). Уточненное соотношение магнитуды основного толчка ($M = 9.0$) и сильнейшего афтершока ($M = 7.9$) уже вполне типично и не говорит о повышенной вероятности нового сильного землетрясения. Однако некоторые другие соображения дают основание призадуматься.

Приведем сначала статистику событий, зарегистрированных в течение пяти суток [11]. В первые сутки — 160 толчков с $M \geq 4.6$ (из них 22 с $M \geq 6.0$); во вторые — 130 (из них семь афтершоков с $M \geq 6.0$); в третьи — 86 (один толчок с $M = 6.0$); в четвертые — 45 и в пятые — 44 толчка. Повторим, магнитуда сильнейшего афтершока, возникшего через 30 мин после главного толчка, составила 7.9.

Далее в течение месяца интенсивность афтершокового процесса постепенно снижалась до уровня ~6–8 событий в сутки. На момент подготовки статьи (чуть более месяца после главного события) зарегистрировано около 720 афтершоков с $M \geq 4.8$. При этом преобладающее число гипоцентров отвечало глубинам 20–40 км. Эпицентры повторных толчков заняли огромную область от побережья о.Хонсю до глубоководного желоба протяженностью около 650 км и поперечником около 350 км (рис.4,б).

В среднем афтершоковый процесс описывается известным законом Омори, отвечающим постепенному затуханию сейсмической активности. Однако общая тенденция нарушается значительными всплесками. Часть их отвечает сильным афтершокам, а часть — роям землетрясений без четко выраженного основного события.



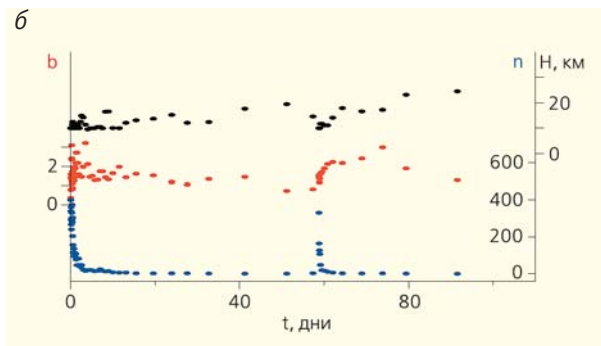
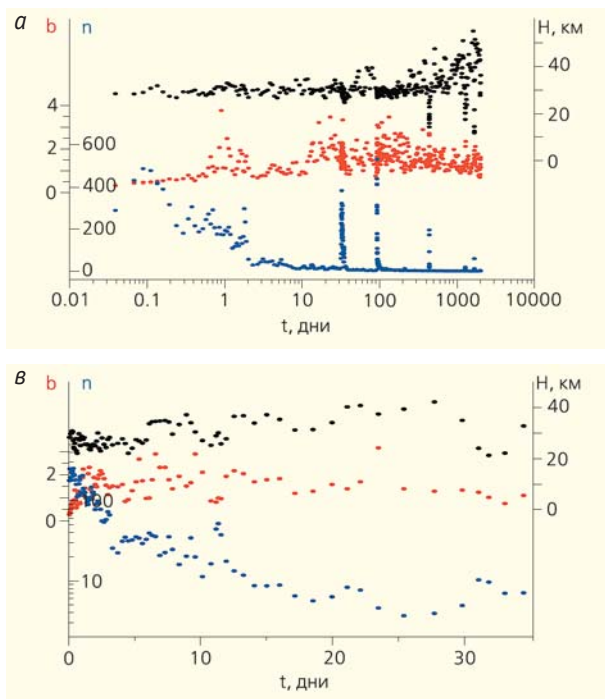


Рис.5. Изменения интенсивности (n) потока афтершоков (синие точки), средних значений глубины (H) событий (черные точки) и величин наклона графика повторяемости (b) землетрясений (красные точки) для афтершоковой последовательности Андаманского землетрясения (a), Симуширских землетрясений 2006 и 2007 гг. (b) и Великого Японского землетрясения ($в$) [14]. Всплеск активности, сопровождаемый уменьшением значений H и b , отвечает повторному землетрясению с $M_w = 8.1$ (b). Для мартовского события наблюдается активизация примерно на 10—12-е и на 31—33-е сутки после основного толчка ($в$).

И те, и другие всплески сейсмической активности в большинстве случаев характеризуются уменьшением средней глубины землетрясений и ростом относительного числа более сильных событий (рис.5).

Всплески активности афтершокового процесса, почти всегда сопровождающиеся уменьшением средней глубины событий и увеличением доли более сильных событий, по-видимому, объясняются эпизодами прорыва к поверхности глубинных флюидов. Действительно, подобный прорыв будет сопро-

вождаться уменьшением средней глубины землетрясений, а вызванное им падение эффективной прочности горных пород должно стимулировать объединение соседних ослабленных зон и рост доли более сильных событий. Такой характер сейсмического процесса представляется весьма интересным. Он указывает на важную роль глубинных флюидов в возникновении землетрясений. Впрочем, и в этом вопросе мы снова убеждаемся, что основы современных представлений заложили древние греки. Аристотель

писал, что землетрясения связаны с выдавливанием вод из подземных пещер и аналогичны содроганиям человека при отравлении естественной надобности.

Итак, согласно уточненным данным, различие по силе между главным событием и сильнейшим за месяц афтершоком составляет около единицы магнитуды (а по энергии они различаются примерно в 30 раз). Такое соотношение довольно типично, но следует ли отсюда, что нет оснований предполагать возможности появления



еще хотя бы одного афтершока близкой силы? Вспомним Андаманское мегаземлетрясение и Симуширский дублет — спустя два-три месяца после главного удара там возникли сильные события с магнитудами $M = 8.6$ и $M = 8.1$.

Детализируем, насколько возможно, два основных сценария дальнейшего развития афтершокового процесса японского мегаземлетрясения. В рамках первого сценария предполагается, что и далее продолжится постепенное снижение интенсивности афтершоков при наличии спорадических всплесков сейсмической активности за счет толчков с $M \sim 6$. В пользу такого сценария свидетельствует соотношение М.Ботта [15], согласно которому средняя разность магнитуд главного толчка и сильнейшего афтершока составляет немногим более единицы. Рассчитанное нами по данным за 100 лет среднее значение этой величины составило 0.90 ± 0.44 . Уточненное соотношение между основным толчком нынешнего события ($M = 9.0$) и его сильнейшим афтершоком ($M = 7.9$) попадает в этот интервал.

Второй сценарий предполагает, что постепенное затухание сейсмического процесса может быть нарушено сильнейшим афтершоком с $M \sim 8.0$. В его пользу свидетельствуют повышенная текущая активность афтершоко-

вого процесса Великого Японского землетрясения и его схожесть с афтершоковыми последовательностями Андаманского и первого Симуширского землетрясений (которые, как известно, сопровождалась спустя соответственно 3 и 2 мес после главного удара афтершоками с $M = 8.6$ и $M = 8.1$).

Напомним, как проходили сильнейшие повторные толчки Андаманского и Симуширского землетрясений. Афтершок Андаманского с $M = 8.6$ реализовался на 92-й день афтершоковой последовательности. К этому моменту ее характер приобрел ряд специфических особенностей: с одной стороны, повышенная (по сравнению с законом Омори) интенсивность афтершокового процесса, а с другой — резкие изменения числа афтершоков, вплоть до почти полного замирания (аналогичного фазе сейсмического затишья, часто наступающего перед сильным землетрясением). Столь разное поведение указывает на неустойчивость процесса. На время чуть более месяца спустя после главного события афтершоковый процесс японского события во многом приобрел такой характер.

Если, однако, развитие афтершоков пойдет по андаманскому сценарию, где наиболее вероятно расположится очаг с $M = 8.0 \pm 0.5$? На наш взгляд, здесь возможна реализация сценария,

подобного случаю Симуширских землетрясений 2006 и 2007 гг. [11]. В 2006 г. наблюдались две зоны афтершоков: одна вблизи о.Симушир, а вторая — за Курильским желобом. И второе землетрясение с $M = 8.1$ произошло именно в этой области. Похожую картину распределения эпицентров афтершоков мы видим при Японском землетрясении [13, 14]. Основная область концентрации афтершоков прищывает к о.Хонсю, но есть и второй кластер, расположенный севернее 37.0° с.ш., за глубоководным желобом, который служит разделяющей границей (рис.4,б).

* * *

В заключение кратко коснемся морально-психологического состояния человека и всего общества, внезапно застигнутого серией тяжелых природных и техногенных катастроф. Здесь проявились лучшие качества японского народа: стойкость духа, верность долгу, мужество, готовность к самопожертвованию, терпение, трудолюбие, честность. Всего этого так недостает многим другим народам в часы тяжелых испытаний.

Телевизионные репортажи показывали, как японцы без паники, сохраняя спокойствие и хладнокровие, покидали свои офисы и дома. В Японии не выявлено ни одного факта грабежа и мародерства. Владельцы торговых заведений снижали цены,



хозяева торговых автоматов бесплатно распространяли питьевую воду, потерявших кров и имущество обеспечивали пищей и необходимыми вещами. Ради спасения одного пса, обнаруженного на обломках дома в море, специально посылался вертолет. Жители 20-километровой зоны вокруг АЭС «Фукусима-1» терпеливо переносили тяготы эвакуации, бросив все свое имущество (и не опасаясь, что оно будет расхищено мародерами).

Но есть и негативные моменты. Это не только недооценка опасности цунами при со-

оружии АЭС, но и попытка скрыть от мировой общественности масштабы аварии, нежелание принять помощь и советы специалистов-ядерщиков из других стран, занижение уровня радиационной угрозы в первые дни после катастрофы. Отметим, однако, что недооценка опасности цунами не была вызвана только желанием сэкономить, а имела под собой довольно веские (отмеченные выше) основания. Что касается занижения опасности, то, возможно, это было связано с поспешностью принятия решений — имели место также случаи резкого

(на порядок) завышения уровня радиации.

Отметим, что на момент сдачи статьи в печать сценарий возникновения сильного вторичного землетрясения не реализовался и в настоящий момент вероятность такого события представляется уже достаточно малой. Однако метод Любушина указывает на существование обширной (но не столь сильной, как при подготовке мартовского мегаземлетрясения) зоны сейсмической опасности примерно на широте Токио, к югу от пострадавшего района. ■

Литература

1. *Пинегина Т.К.* Землетрясение и цунами в Японии // *Природа*. 2011. №5. С.43—51.
2. *Usami T.* Study of historical earthquakes in Japan // *Bulletin of the Earthquake Research Institute University of Tokyo*. 1979. V.54. Part 3/4. P.399—439.
3. *McCaffrey R.* Global frequency of magnitude 9 earthquakes // *Geology*. 2008. V.36. №3. P.263—266.
4. *Pisarenko V.F., Sornette D., Rodkin M.V.* Distribution of maximum earthquake magnitudes in future time intervals: application to the seismicity of Japan (1923—2007) // *Earth Planets Space*. 2010. V.62. P.567—578.
5. *Родкин М.В.* Задача: прогноз землетрясения // *Природа*. 2010. №10. С.31—37.
6. *Keilis-Borok V.I., Kossobokov V.G.* Premonitory activation of seismic flow: algorithm M8 // *Phys. Earth Planet. Inter.* 1990. V.61. P.73—83.
7. *Kossobokov V.G., V.I. Keilis-Borok, and S.W. Smith.* Localization of intermediate-term earthquake prediction // *J. Geophys. Res.* 1990. V.5 №B12. P.19763—19772.
8. *Косообоков В.Г.* Япония — прогноз и реальность // *Вестник ОНЗ РАН*. 2011. Т.3. http://onznews.wdcb.ru/news11/info_110309.html.
9. *Любушин А.А.* Сейсмическая катастрофа в Японии 11 марта 2011 г.: долгосрочный прогноз по низкочастотным микросейсам // *Геофизические процессы и биосфера*. 2011. Т.10. №1. С.9—35.
10. *Любушин А.А.* Анализ микросейсмического шума дал возможность оценить магнитуду, время и место сейсмической катастрофы в Японии 11 марта 2011 г. // *Наука и технологические разработки*. 2011. Т.90. №1. С.5—14.
11. *Тихонов И.Н., Ломтев В.Л.* Великое Японское землетрясение 11 марта 2011 г.: тектонические и сейсмологические аспекты // *Геофизические процессы и биосфера*. 2011. Т.10. №2. С.49—66.
12. *Wei D., Seno T.* Determination of the Amurian plate motion, in *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia* // *Geodyn. Ser. AGU*. V.27. Washington, 1998. P.419.
13. *Тихонов И.Н.* О вероятном сценарии развития афтершокового процесса после землетрясения 11 марта 2011 г. в Японии // *Вестник ОНЗ РАН*. 2011. Т.3. №Z3001, doi: 10.2205/2011NZ000102.
14. *Родкин М.В., Тихонов И.Н.* Мегаземлетрясение в Японии 11 марта 2011 г.: величина события и характер афтершоковой последовательности // *Геофизические процессы и биосфера*. 2011. Т.10. №1. С.64—80.
15. *Bath M.* Lateral inhomogeneities of the upper mantle // *Tectonophysics*. 1965. V.2. №6. P.483—514.
16. *Тихонов И.Н., Василенко Н.Ф., Золотухин Д.Е. и др.* Симуширские землетрясения и цунами 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. // *Тихоокеанская геология*. 2008. Т.27. №1. С.3—17.

Предвестники катастроф

Э.Н.Руманов, Н.И.Ваганова

Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН
г.Черноголовка (Московская обл.)

Поговорка гласит: «Знал бы, где упадешь, — соломки бы подстелил». Знание будущего всегда было мечтой. Ее «обслуживали» оракулы и гадалки. А можно ли узнать что-нибудь о будущем с помощью науки?

Уравнения, предложенные И.Ньютоном, позволяют вычислить, как будет двигаться с течением времени планета (например, Земля), если известны ее положение и скорость. Результаты расчетов прекрасно согласуются с тем, что наблюдают астрономы. Этот успех дал основание П.Лапласу сказать, что, если бы существовал демон, способный записать и решить уравнения для всего мира, ему открылось бы будущее.

Как видим, Лаплас считал трудности предсказания будущего чисто техническими: уравнений должно быть слишком много, их решить никому не под силу. Современные суперкомпьютеры справляются с сотнями тысяч уравнений. Такого Лаплас едва ли мог ожидать. Но в задаче о будущем мы не очень-то продвинулись. Какая завтра будет погода? Прогнозы Гидрометцентра далеко не всегда сбываются. В чем же фундаментальная трудность, о которой не догадывался Лаплас?

Будущее, которое описывают решения уравнений, зависит от настоящего, или, как говорят, от начальных условий; характер этой зависимости определяется устойчивостью решений. Если решение устойчиво, малые различия в начальных условиях на будущем сказываются мало. Переход к будущему можно наглядно представить как движение

точки из начального состояния. Это движение оставляет в пространстве след — траекторию. Устойчивые траектории, начинаясь в близких точках пространства, с течением времени остаются близкими. Но так происходит не всегда. Встречаются и неустойчивые траектории, которые, будучи сначала близкими, в дальнейшем разбегаются. Начальные условия всегда известны с той или иной погрешностью. Неточность в знании настоящего в случае неустойчивости приводит к полной неопределенности будущего. На это обратили внимание Н.С.Крылов и М.Борн. Имеется еще неопределенность квантового происхождения, которой мы сейчас касаться не будем. У проблемы есть другая сторона — оказывается, кое-что из будущего от начальных условий не зависит.

Рассмотрим простейший пример — шарик, катающийся в ямке. Движение шарика, конечно, зависит от его начального положения и скорости. Однако через некоторое время шарик остановится на дне ямки. Это будущее очевидно. Шарик, покоящийся на дне, находится в равновесии. С понятием равновесия тот, кто интересуется проблемой будущего, должен познакомиться поближе. Назовем замкнутой системой тело или набор тел, взаимодействие которых с другими телами настолько слабо, что им можно пренебречь. Можно, например, поместить тело в ящик, стенки которого сделаны из очень хорошего термоизолятора. Тогда оно практически не будет получать или отдавать тепло окружающей среде и его энергия останется постоянной. Движения

постепенно затухнут, их энергия перейдет в тепло, после чего состояние тела уже не будет меняться. Достигнуто равновесие. Это состояние определяется только полной энергией тела.

Уточним теперь термин «окружающая среда». Под окружающей средой будем понимать систему, находящуюся в равновесии и настолько большую, что взаимодействие с рассматриваемой системой не влияет на состояние ее самой. Если система взаимодействует только со средой, с течением времени она приходит в равновесие, которое средой полностью задается. Электрический нагреватель, отключенный от сети, остывая, приобретает температуру среды. Если напряжение подключено, устанавливается стационарный режим: температура нагревателя определяется равенством питающей мощности и потока тепла в среду. Установившиеся режимы бывают не только стационарными. Например, холодильник может иметь устройство, включающее мотор, когда температура в камере превысит допустимую величину. Затем, когда температура упадет, мотор выключается. Установившийся режим будет периодическим. В дальнейшем мы будем говорить только о стационарных режимах.

Равновесие обладает свойством устойчивости. Нарушенное равновесие восстанавливается. После толчка шарик начинает колебаться в ямке. Но из-за трения это движение затухает, и через некоторое время шарик вновь покоится на дне. Устойчивость присуща и стационарным режимам. Пусть, например, льдинка упала на нагреватель. Его температура понизится. Но

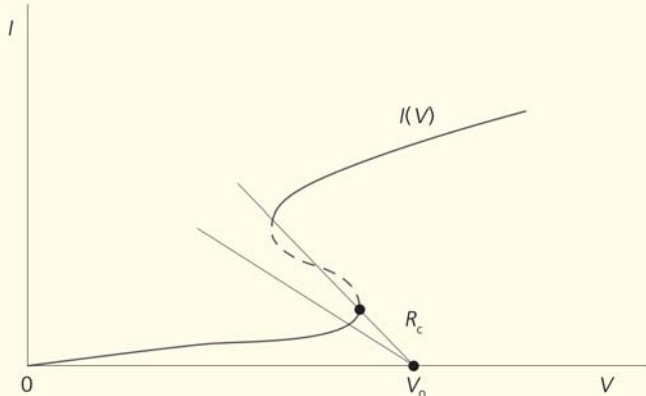


Рис.1. Вольт-амперная характеристика динистора. Неустойчивая ветвь показана штриховой линией. Даны также нагрузочные прямые для двух значений постоянного сопротивления.

когда лед растает, она вернется к прежнему значению.

Если параметры немного изменить, устойчивость стационарного режима сохраняется. Однако интервал таких безопасных изменений ограничен. При

некоторых, критических, значениях параметров устойчивость теряется, данный стационарный режим превращается в какой-либо другой. Если напряжение, питающее газоразрядную лампу, понизить до критической вели-

чины, разряд потухнет, свечение прекратится. Для лампы или другого простого прибора определить критические параметры нетрудно. Иное дело — сложные искусственные или природные системы, например доменная печь или вулкан. Научиться предсказывать срыв стационарного режима, или, попросту, катастрофу сложной системы, — актуальная задача. Приближение сложной искусственной или природной системы к границе ее устойчивости — катастрофе — может быть предсказано с помощью статистических методов. Такие методы разрабатываются в задачах нелинейной физики, химии и даже экологии [1].

А есть ли общий принцип, позволяющий подойти к такой задаче для разных систем? Оказывается, есть. Попробуем объяснить, в чем он состоит.

Устойчивость можно характеризовать «силой», которая возвращает систему в стационарное состояние после отклонения от него. По мере приближения к границе устойчивости эта сила уменьшается, возврат к стационарному режиму замедляется. Что будет, если к постоянному воздействию, поддерживающему режим, добавить малую переменную составляющую? Пусть она зависит от времени как $\sin \omega t$. Вблизи границы устойчивости такая добавка вызовет отклонения большого размаха, чем вдали. Чем ниже частота добавки, тем больше размах отклонений. Действительно, при низкой частоте система успевает отклониться сильнее, прежде чем направление воздействия изменится.

Добавка к постоянному воздействию, хотя бы малая, присутствует практически всегда. Но эта добавка есть не периодическая, а случайная функция времени, или, как говорят, шум. Вдали от границы устойчивости достаточно слабый шум не оказывает заметного влияния на поведение системы. Когда же параметры приближаются к граничным, шум усиливается, причем боль-

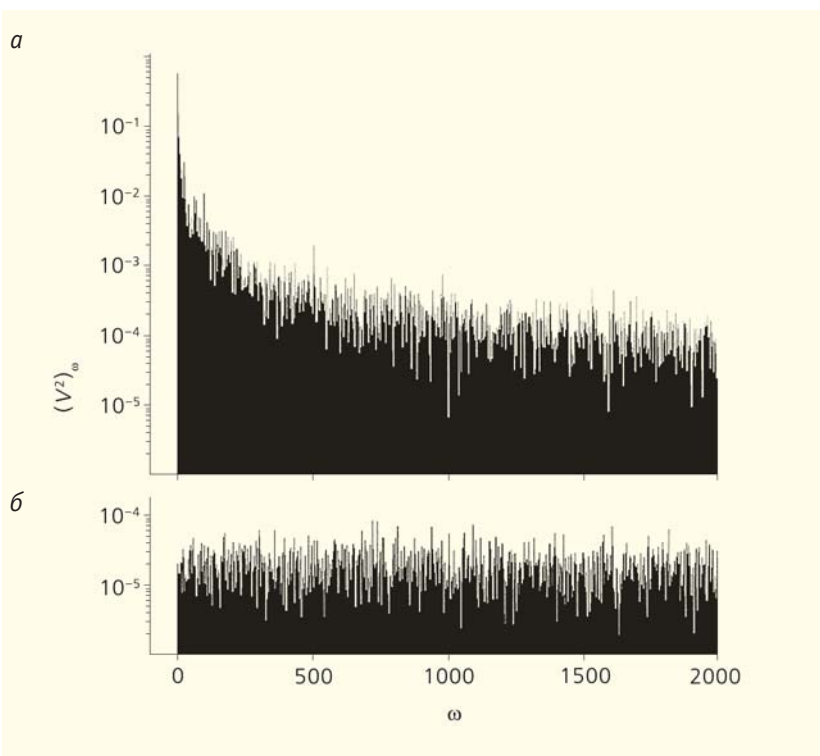


Рис.2. Спектральная мощность хаотических пульсаций напряжения на динисторе, нормированная на их дисперсию, для близкого к критическому значения параметра ($R = 60 \text{ кОм}$, а) и вдали от него ($R = 75 \text{ кОм}$, б). Частота по оси абсцисс отложена в единицах $2\pi/t_0$, $t_0 = 100 \text{ с}$ — время эксперимента.

ше всего нарастают его низкочастотные составляющие, так называемые «мягкие моды». Этот эффект был продемонстрирован в опытах [2] с простой электрической схемой, рабочим элементом которой служит полупроводниковый прибор — диностор. Зависимость тока I через диностор от приложенного к нему напряжения V показана на рис.1; она относится к вольт-амперным характеристикам S -типа. Это значит, что в некотором интервале функция $I(V)$ имеет три ветви (одному значению напряжения соответствуют три значения тока), причем промежуточная ветвь отвечает неустойчивым состояниям, которые реализовать невозможно.

В нашем эксперименте диностор был соединен последовательно с постоянным сопротивлением R , поэтому напряжение распределялось между прибором и резистором и ток определялся пересечением линии $I(V)$ с нагрузочной прямой $I = (V_0 - V)/R$, где V_0 — питающее напряжение (рис.1). Пока R велико (угол наклона нагрузочной прямой мал), имеет место режим слабого тока (нижняя ветвь). Если R уменьшать, ток сначала растет плавно, но при $R = R_c$ происходит скачок, переход к режиму сильного тока (перескок на верхнюю ветвь). Благодаря малым случайным вариациям питающего напряжения ток колеблется. Частотный спектр этих колебаний показан на рис.2. При малой разности $R_c - R$ наблюдается низкочастотный максимум (рис.2,а). Вдали от критического значения R_c спектральная мощность

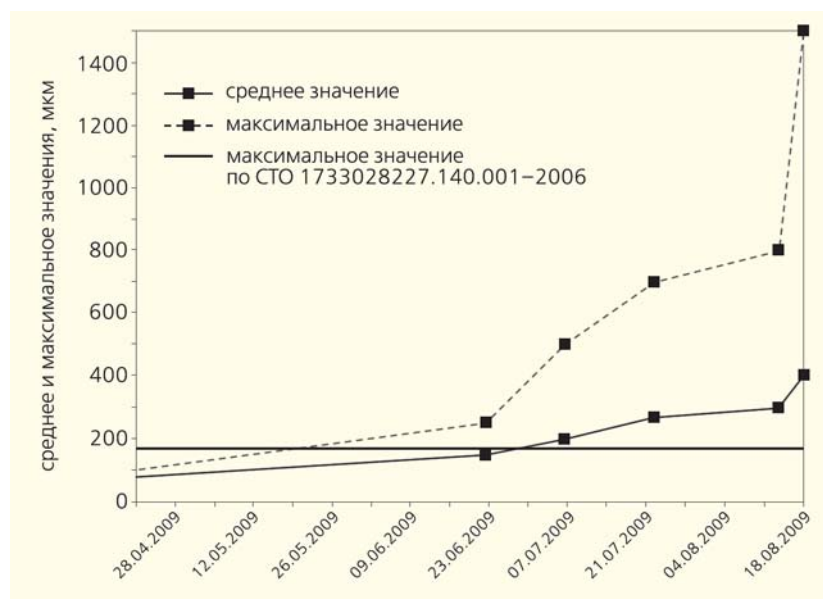


Рис.3. Амплитуда вибраций крышки подшипника (за 4.5 мес перед аварией).

не зависит от частоты (белый шум, рис 2,б). Обратим внимание на логарифмический масштаб для оси ординат: нарастание мягких мод измеряется несколькими порядками!

Ключевой момент здесь — то, что вывод о нарастании мягких мод не опирается на какие-либо конкретные свойства системы, которая приближается к срыву стационарного режима. Мягкие моды — предвестники катастроф. Следовательно, если сконструировать датчик спектра шумов сложной системы (например, турбины гидростанции) и следить за изменениями этого спектра, усиление низкочастотного края предупредит заранее о грядущей катастрофе и необходимости принимать меры, чтобы ее предотвратить. Отчет Ростехнадзора по расследова-

нию аварии на Саяно-Шушенской ГЭС содержит лишь один график [3], показывающий (рис.3), что крышка подшипника турбины вибрировала, затем была сорвана, и в машинный зал хлынула вода. За время наблюдений (около 4.5 мес) среднее значение амплитуды вибраций возросло в три раза, а максимальное — в 15 раз. Сообщается, что резонансов обнаружено не было. Значит, различие среднего значения и максимума обусловлено сжатием спектра (так сказать, резонанс на нулевой частоте). Диапазон частот, которые нужно считать низкими, конечно, у каждой системы свой. Поэтому разработка датчика, о котором идет речь, потребует в каждом случае и экспериментальных, и теоретических исследований. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 11-03-00058.

Литература

1. *Carpenter S.R., Cole J.J., Pace M.L., et al.* Early Warning of Regime Shifts: A Whole Ecosystem Experiment // *Science*. 2011. V.332. P.1079—1082.
2. *Довженко А.Ю., Довженко М.А., Машинов Л.Б., Руманов Э.Н.* Критическая точка экзотермического реактора // *ДАН*. 2003. Т.388. С.181—185.
3. *Штерн Б.* Саяно-Шушенская ГЭС: долгожданный акт Ростехнадзора // *Троицкий вариант* 2009 № 20 (39), www.scientific.ru/trv/archive/act.doc.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МУЗЕЙ

220 лет Зоологическому музею Московского университета

220 лет – возраст хотя и не юбилейный (юбилеем считается дата, кратная 50), но весьма почтенный. Зоологический музей, основанный в Москве в 1791 г. как Кабинет натуральной истории, достоин особого внимания еще и потому, что сквозь призму его истории просматривается развитие московской зоологии. Ее летопись отражена в недавно изданной книге сотрудника нашего музея Г.Ю.Любарского «История Зоологического музея МГУ. Идеи, люди, структуры»*. Несмотря на внушительный размер тома (формат А4, более 700 страниц), в него уместилась отнюдь не вся история музея и отнюдь не вся его деятельность. Что уж говорить о публикации в журнале...

В предлагаемой подборке мы решили уйти от становящегося уже традиционным юбилейного отчета научной организации о «пройденном пути и достигнутых успехах» и попытаться ответить на, казалось бы, простой вопрос: чем мы тут занимаемся? Любой из нас ответит: «Изучаем биологическое разнообразие современных животных». Слово «разнообразие» здесь ключевое: ученые интересуются разными группами, исследуя их систематику, биологию, морфологию и используя различные методологические подходы, да и сами специалисты, работающие в музее, – тоже очень разные. Пусть будет виден калейдоскоп всех взглядов, подходов и идей. Нашим сотрудникам приходится заниматься и популяризацией науки: музей – то место, где большая наука должна стать ближе и понятнее не только тем, кто интересуется биологией, но и тем, кто впервые перешагнул порог Зоологического музея.

Осмотр экспозиции (самостоятельно или с экскурсоводом), прослушивание лекций в нашем Биолектории, занятия в кружке юных натуралистов – все это возможность получить новые знания о животных от непосредственно эти знания добывающих. Соответственно, любой из научных сотрудников музея может и должен участвовать в образовательной деятельности.

Будем надеяться, что публикации этой подборки, с одной стороны, позволят представить себе в деталях то, что происходит в музее, в части его научных исследований, а с другой – продемонстрирует, насколько по-разному могут мыслить и действовать ученые, работающие, казалось бы, бок о бок. А наиболее пытливые читатели смогут уловить в этой пестрой картине некоторые общие закономерности, как раз и отражающие специфику музейных зоологических исследований. Забегая вперед, предупреждаю, что будет много сказано и собственно про коллекции, и про те научные изыскания, в которых они задействованы. Это не удивительно: в официальном названии музея есть слова о том, что он научно-исследовательский, но важно и слово «музей». А это значит, что здесь решаются следующие задачи: сбор, определение, хранение и вовлечение в научные исследования и в образовательную деятельность зоологических коллекций.



© М.В.Калякин,

доктор биологических наук,

директор Научно-исследовательского зоологического музея

Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

* Рецензию на книгу см.: Сытин А.К. Феноменология музейных духов // Природа. 2010. №10. С.85–88. — *Примеч. ред.*

Основание зоологии на фоне истории Зоомузея

Г.Ю.Любарский,
кандидат биологических наук
старший научный сотрудник сектора энтомологии

Каждое время выделяет в прошлом собственную историю. Скажем, в конце XIX в. и самом начале XX в. появление Зоологического музея понималось преимущественно как достижение той же ступени развития науки, что и в европейских государствах. Зоологические музеи имеются в Англии, Франции, Германии — и вот в Российской империи тоже есть славный Зоологический музей Московского Императорского университета, в котором ведется большая научная работа. В послевоенном СССР, примерно в 1960-х годах, на историю Зоомузея предпочитали смотреть как на длительную, продолжающуюся традицию. Подчеркивалась преемственность дореволюционной и советской зоологии, верность принципам школы К.Ф.Рулье (1814—1858). Такая точка зрения возможна и сейчас, но время подсказывает иной взгляд. Сегодня историю Зоомузея можно рассматривать как историю проникновения западной науки в Россию. Завести в стране свою, непривозную, науку не так легко, как кажется. Что-то можно купить, но не все определяется деньгами. Заграничные специалисты отрабатывают свое, но учеников у них нет, не образуется сцепления с почвой, и научной традиции не возникает — для этого нужны особые усилия. История Зоомузея — пример удачной «интродукции» науки в Россию. Об этом и пойдет рассказ.

Первые шаги

Университет в России создавался по немецкому образцу, так что заранее было известно, как он должен быть устроен. Известно было также, что университету полагается иметь Кабинет натуральной истории (как заведено в немецких университетах). Так и возник Зоологический музей Московского университета — как Кабинет натуральной истории, официально основанный в 1791 г. профессором кафедры естественной истории А.А.Антонским (1762—1848), который и стал директором музея. По «западным» меркам появление Зоомузея было вполне своевременным.

К тому времени в университете уже работала плеяда профессоров зоологии, читавших лекции

«по материалам из иностранных источников»*. Российская империя отправляла своих граждан учиться за границу — много раз и на разных условиях. Первая партия там и осталась, потом многие возвращались, как, например, М.И.Афонин (1739—1810) и Ф.Г.Политковский (1756—1809). Первый после окончания университета учился у Линнея, а вернувшись, стал профессором кафедры естественной истории. Политковский, сменивший Афонина на этом посту, также после Московского университета обучался за границей — сначала в Лейденском университете, затем в Париже. Известен тем, что одним из первых начал преподавать натуральную историю на русском языке, дополняя свои лекции демонстрациями в Натуральном кабинете, о котором хорошо знали в Европе. Но — странное дело — выученные за границей профессора дома, в России, не формировали риторическими упражнениями. А что заграничные специалисты? Часто нанятый профессор отрабатывал срок контракта, честно отчитывал свое — и уезжал на родину, не оставив следа, а студенты как-то учились, но не выучивались.

В начале 1800-х годов П.Г.Демидов, натуралист и меценат, собравший за время своих путешествий большую естественнонаучную коллекцию, подарил ее университету. Его собрание включало несколько тысяч моллюсков и кораллов, а также минералы, монеты, медали, книги и др. Еще Демидов передал в казну университета 100 тыс. руб., на проценты с которых поддерживалась коллекция и выплачивалось жалование директору музея. Тогда же сама кафедра натуральной истории стала называться демидовской. В 1804 г. Демидов пригласил в Московский университет выдающегося зоолога из Германии Готтгельфа (в России — Григория Ивановича) Фишера фон Вальдгейма (1771—1853). Фишер стал первым «настоящим» европейским зоологом на русской службе. Он изменил устройство музея, придал коллекциям систематический порядок. Он же создал первое в России общество естествоиспытателей — Московское общество испытателей природы (МОИП), существующее и по сей день. Это была первая ор-

* Вся библиографию по теме статьи можно найти в книге: Любарский Г.Ю. История Зоологического музея МГУ. Идеи, люди, структура (М., 2009).



Г.И.Фишер фон Вальдгейм. Изменил устройство музея, придал коллекциям систематический порядок, создал первое в России общество естествоиспытателей — Московское общество испытателей природы.



К.Ф.Рулье — основатель школы московских зоологов, один из лучших популяризаторов естествознания в России, который пропагандировал комплексный подход в изучении природы.



А.П.Богданов — самый молодой из учеников Рулье, практичный и деятельный организатор, сменивший своего учителя на посту директора Зоомузея и заведующего кафедрой зоологии в университете.

Здесь и далее (если нет специального указания) фото из архива Зоомузея МГУ

ганизация, возникшая в связи с музеем, его «дочернее» предприятие.

Замечу: основание научных обществ не входит в список обязанностей университетского профессора, поскольку никто и не догадывается, что это необходимо для развития науки. Фишер читал хорошие лекции по зоологии и добросовестно исполнял свои обязанности, а еще он попытался создать общество выпускников университета. Такие естественные для немецкой культуры сообщества могли бы помогать способным воспитанникам, участвовать в издании научных трудов и приносить всяческую пользу развитию зоологии в России. В стране, где давно существуют университеты и имеются ученые, это вполне нормальная и действенная практика, но в России зоология только зарождалась, и не было еще традиции, в которой мог бы работать такой механизм.

МОИП довольно быстро превратилось в официозное собрание пожилых джентльменов, не столько говоривших о науке, сколько сплетничавших, т.е. стало закрытым клубом для избранных обеспеченных лиц и не смог сыграть роли сообщества, необходимого для основания зоологии в России. Отличный ученый, Фишер написал очень много замечательных научных трудов, однако основать долгую зоологическую традицию ему не удалось.

Помощником Фишера (демонстратором препаратов) работал бывший его студент-медик К.Ф.Рулье. После кончины учителя к нему перешли лекционные курсы, а потом он возглавил и Зоомузей.

И вот именно Рулье, великолепный учитель — живой, сочувствующий, фантазирующий и эрудированный, — основал российскую зоологию. От него пошли почти все линии преемственности русских зоологов. Рулье, человек удивительного темперамента, иногда пропускал лекции, засиживаясь в пивной, где его и находили студенты, — и лекции проходили там же, не теряя содержательности. Он ухаживал за больными студентами, неделями проводя дни и ночи у их постели. Рулье, как человек творческий, имел собственные взгляды на развитие науки, задавался нетривиальными вопросами, умел живо и ярко обрисовать картину знаний и возможных аргументов по множеству зоологических вопросов. Достаточно сказать, что, когда впоследствии, уже после его смерти, в России стало известно учение Дарвина, ученики Рулье узнали в нем многие мысли своего учителя.

Успехи Рулье как ученого значительны, но важнее его роль учителя. Среди четверых учеников Рулье каждый — очень крупная фигура. Знаменитый Н.А.Северцов (1827—1885) считается основателем экологии (хотя этой науки тогда еще не было). С.А.Усов (1827—1886), превосходный знаток млекопитающих, был первым директором Московского зоосада. Я.А.Борзёнков (1832—1883) — сравнительный анатом и историк зоологии. А.П.Богданов (1834—1896) вслед за Рулье стал директором Зоомузея и профессором кафедры зоологии в университете. От этих людей и идут ряды преемственности, линии знаменитых учеников. Один из них — М.А.Мензбир (1855—1935),

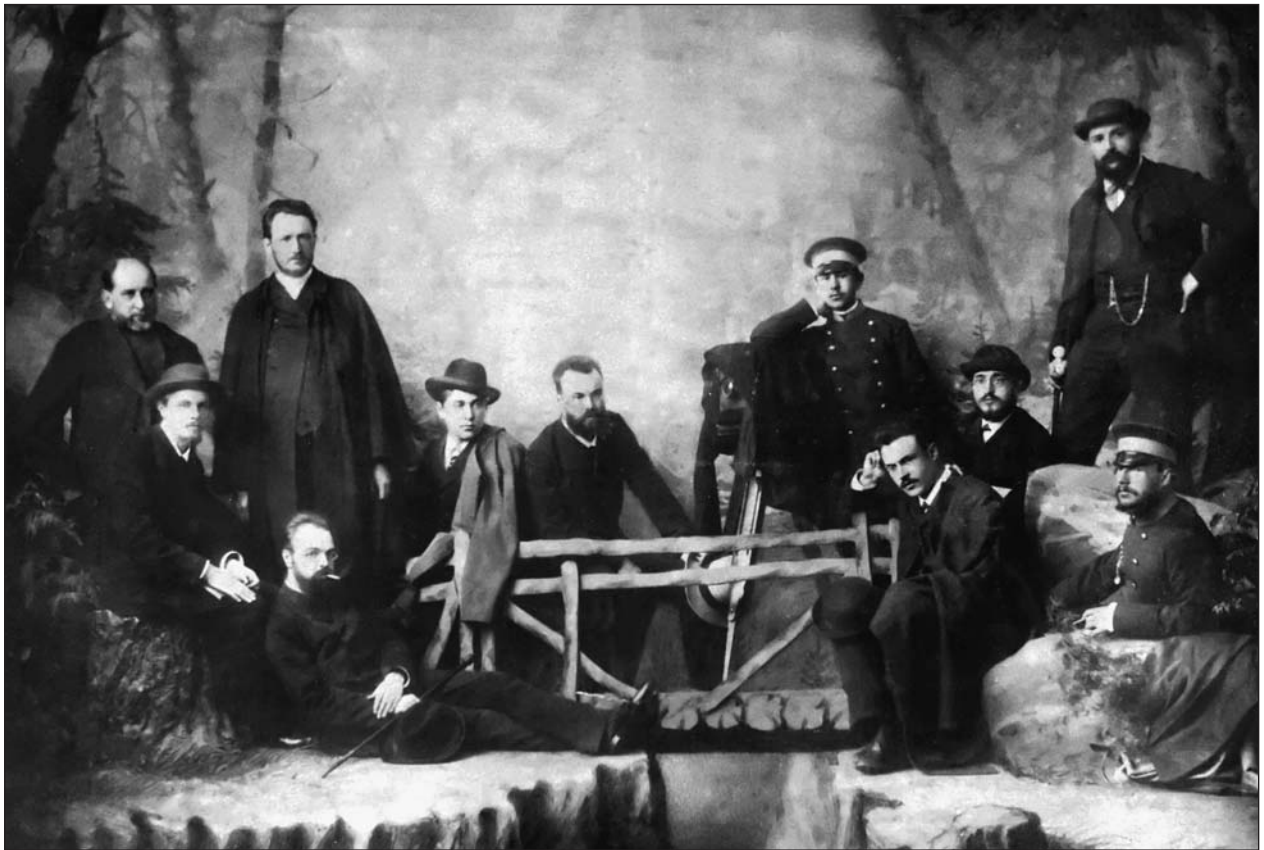
замечательный орнитолог и зоогеограф, создавший крупнейшую научную школу. Его учениками были А.Н.Северцов (1866—1936, сын Н.А.Северцова) и Н.К.Кольцов (1872—1940). Эти линии привели к двум крупнейшим школам XX в. — школе А.Н.Северцова и И.И.Шмальгаузена и кольцовой школе.

Особая роль в основании зоологии принадлежит директору Зоомузея А.П.Богданову, который сумел создать научную среду, необходимую для развития науки. Для формирования науки и ее национальной традиции нужны некоторая атмосфера, научное сообщество, группы любителей и энтузиастов. Все это не возникает само собой — необходимы люди, способные к такой работе.

Среди учеников Богданова — множество знаменитых имен: В.М.Шимкевич (1858—1923), Н.В.Насонов (1855—1939), Н.М.Кулагин (1859—1940), Н.Ю.Зограф (1851—1919), Г.А.Кожевников (1866—1933), С.А.Зернов (1871—1945). Это только ряд старших учеников, затем было еще несколько поколений. У каждого ученика — собственная школа. Здесь перечислены имена, от которых пошла российская гистология, эмбриология, энтомология, зоология позвоночных, зоология беспозвоночных, гидробиология.



Известные ученики Рулье, развивавшие три различных направления в зоологии: Я.А.Борзёнков (сравнительную анатомию), Н.А.Северцов (экологию и зоогеографию), С.А.Усов (зоологию млекопитающих).



В лаборатории Зоомузея. Слева направо: А.П.Богданов, Н.М.Кулагин, Н.В.Калужский (лежит), Н.В.Насонов, Г.А.Кожевников, А.Н.Корчагин, Ф.Ф.Каврайский, П.Р.Фрейберг, Д.М.Россинский, Н.Ю.Зограф, А.Н.Харузин. 1885 г.



В.Г.Гептнер, С.И.Огнев, К.А.Воробьев в экспедиции в Воронежской обл. 1922 г.

Но важнее иные создания Богданова. Замечательный организатор, он читал публичные лекции, организовывал выставки, заведовал зоопарком, переводил учебники, составлял хрестоматии, добывал пожертвования и финансировал экспедиции. Постепенно из этих трудов возникали «зоологическая атмосфера» и «сообщество зоологов». Музей стал центром притяжения для зоологов того времени.

Наверное, самым важным организационным свершением Богданова было основание в 1863 г. Императорского Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии (ИОЛЕАЭ). На его средства организована экспедиция А.П.Федченко в Туркестан, результаты которой публиковались в «Трудах» Общества. Это было одно из самых успешных и крупных сообществ натуралистов в России. ИОЛЕАЭ существовало 70 лет, а в 1931 г. решением Наркомпроса СССР его слили с МОИП.

ИОЛЕАЭ провело огромную работу. Это и десятки экспедиций, положивших начало планомерному изучению фауны всех районов России, и множество съездов и конференций, и организованные выставки, и начало весьма известных впоследствии самостоятельных учреждений (в первую очередь — Всесоюзного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Политехнического и Антропологического музеев). В сотнях томов «Известий» и других серий работ Общества публиковались труды многих ученых. С 1863 по 1894 г. Общество выпустило 242 названия, в числе которых несколько журналов: «Русский антропологический журнал» (с 1900 г.), «Землеведение» (с 1894 г.), «Известия общества любителей естествознания, антропологии и этнографии» (с 1865 г.) и др. К многочисленным регулярным из-

даниям ИОЛЕАЭ относятся и опубликованные за его счет монографии, а также «Чтения...» для посетителей Политехнического музея. Наконец, это тысячи людей, так или иначе связанные с обществом, которые могли работать на благо науки. Все это организовывал Богданов, а выполняли его ученики, сотрудники Зоомузея.

В отличие от МОИП, Императорское общество ИОЛЕАЭ было открытым: вступающие могли не иметь высшего образования, общество предназначалось не для именитых выпускников университета, а для любителей. Именно такое открытое общество, объединяющее всех интересующихся зоологией и другими естественными науками, с его публичными заседаниями, лекциями, дискуссиями, и послужило созданию «научной атмосферы» и «зоологического сообщества».

В 1867 г. Богданов (с помощью учеников и сотрудников) открыл Этнографическую выставку в Москве, по окончании которой возник Этнографический музей (затем из него вырос Антропологический музей). В 1872 г. Политехническая выставка, организованная Богдановым, преобразовалась в Музей прикладных знаний, а позднее — в Политехнический. Еще одно начинание Богданова, поддержанное его учениками, — Фаунистическая комиссия по Московской губернии при ИОЛЕАЭ, начавшая работу в 1889 г. Воплощалась давняя мысль Рулье — детально выяснить фауну какого-либо небольшого района, например составить полный каталог обитателей Московской губернии. Ученики Богданова основали несколько биологических станций в разных регионах России: первую, на Глубоком озере, в 1891 г. организовало ИОЛЕАЭ, Косинскую в 1908 г. — Кожевников и т.д. В 1892 г. трудами Д.Н.Анучина был основан Географический музей, его коллекции разместились в Историческом музее вместе с антропологическими. В дальнейшем Географический музей объединили с Антропологическим, и их коллекции переехали в новое здание университета (ныне оно уже называется «старым»).

Во второй половине XIX в. из своего «замка» на кафедре зоологии и в Зоологическом музее Богданов вместе с учениками и сотрудниками создавали все новые «дочерние» научные организации самого разного профиля. Сотрудники кафедры зоологии университета, помощники и хранители коллекций в Зоологическом музее — это они были директорами Зоосада и организаторами выставок, читали лекции в Политехническом музее, писали монографии. У учеников Богданова тогда выработался собственный стандарт работы: они делали монографические обзоры по какому-то одному виду животных, начиная с эмбрионального развития и заканчивая особенностями поведения и систематической принадлежностью.

Идей, которые заложили в науку первые две генерации учеников Рулье, хватило примерно на 100 лет. Почти до конца XX в. передовым краем

науки оставались работы по фауне, начатые Мензбиром (в послевоенные годы сотрудниками музея выпущены «Звери СССР» и «Птицы СССР»), исследования Северцова и Шмальгаузена (почти вся российская школа сравнительной анатомии и теории эволюции) и Кольцова (цитология и генетика). Научные программы следующих поколений учеников жили не столь долго.

Еще одним условием организации научной традиции в стране можно считать университетские вольности, научную свободу. Научные школы вполне успешно сами себя ограничивают и организуются, а вот внешнее управление зачастую препятствует развитию науки — по крайней мере на начальных этапах.

Науку в России создавали две силы — государственная воля и свободное творчество частных людей. Усилиями первой (средства, ставки, ассигнования) появляется сеть училищ, гимназий, основываются университеты, академия и т.п. Однако если этим ограничиться, наука не возникнет, в лучшем случае появится корпус инженеров. Чтобы завязалась собственная научная традиция, необходима вторая половина — нужны еще энтузиазм, человеческое сочувствие, увлеченность, атмосфера любознательности, жажда познания и бескорыстного служения. Объединение двух этих компонентов и рождает редкий культурный феномен — самостоятельную научную традицию.

Самостоятельная наука — значит, самовоспроизводящаяся, работающая без непрерывного потока все новых иностранных специалистов; она не только подхватывает зарубежные научные открытия, но и вырабатывает собственные научные направления. А когда все это имеется — нужна «третья половина». Она опять зависит от государства, но тут уже необходимо не положительное действие, а отрицательное — государство должно предоставить свободу, не мешать развитию того, что получилось. Так возникла зоология в России.

Непростая история зоологии

В 1896 г., после смерти Богданова, директором Зоомузея стал А.А.Тихомиров (1850—1931). Основание московской зоологической школы завершено, теперь в России имеется самостоятельная зоологическая традиция, можно проводить исследования без подпитки извне. Но, конечно, с основания развитие науки только начинается. Ее история совсем не похожа на прямую линию, накопление новых результатов. Меняются научные программы, обстановка в стране, задачи науки и ее мода. От Рулье до Богданова московскую зоологическую школу XIX в. можно описать как нечто единое, прогрессивно развивающееся. Если посмотреть на развитие русской зоологии в

целом, картина будет иной: даже московская зоологическая школа после Богданова стала очень быстро дифференцироваться.

В XIX в. решались другие вопросы — будет ли вообще существовать самостоятельная зоологическая традиция в России, сможет ли она воспринять эволюционные идеи, что в зоологии будет наиболее важным? Все это происходило на фоне зоологического просвещения: создавались язык зоологии (русская зоологическая терминология) и формы работы, осваивались методики и практики, осуществлялись переводы основных руководств и выработка методов обучения студентов.

В XX в. ответы на эти вопросы были найдены, и картина зоологии изменилась. Появились множество самостоятельных исследователей и разных школ, произошла дифференциация и специализация зоологии, возникли научные направления.

Московская зоологическая школа и Зоологический музей были источником кадров для других центров зоологии в России. Волею судеб Зоомузей стал основой формирования многих биологических кафедр МГУ. Несколько зоологических кафедр на факультете создавались специалистами музея, т.е. он всегда оставался на биофаке «неспециализированным предком», который по мере надобности поставлял кадры для образования специализированных подразделений в разных областях описательной зоологии. Выученные Богдановым, Борзёнковым и Усовым профессора разъезжались в разные города и основывали новые школы.

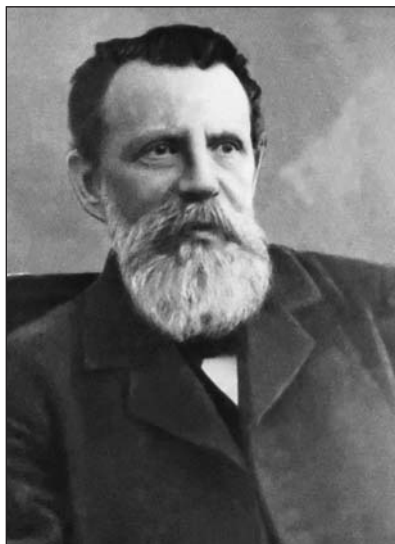
Описать это многообразное расширение очень непросто. В целом можно выделить две крупные линии зоологии — линии учеников Борзёнка и Богданова. Первая — это школа сравнительной анатомии, созданная учениками Борзёнка (прежде всего Мензбиром), неразрывно связанная с Зоомузеем МГУ. Вторая — это крупная школа фаунистики, которую вместе с Зоомузеем основали ученики Богданова (преимущественно «беспозвоночники» и энтомологи) и наследники линии Мензбира.

Сравнительная анатомия: школа Мензбира и Северцова

Тихомиров заведовал музеем до 1904 г. В 1902-м для него построили новое, современное, здание. В нем же размещался мензбирский Институт сравнительной анатомии, сотрудники которого были тесно связаны с музеем. Его штат постепенно увеличивался: пришли хранитель Н.М.Кулагин, сверхштатные ассистенты В.М.Шимкевич, А.Н.Корчагин, Г.А.Кожевников, Ф.Ф.Каврайский, Н.В.Богоявленский, С.А.Зернов, Я.П.Щелкановцев, М.М.Воскобойников, Э.Г.Беккер, Б.М.Житков.



Н.А.Северцов — основоположник русской зоогеографии, знаменитый путешественник.



М.А.Мензбир — орнитолог и зоогеограф, создавший крупнейшую научную школу.



А.Н.Северцов — ученик Мензбира, основатель школы сравнительной анатомии.

До 1917 г. в Московском университете существовала единственная биологическая кафедра — кафедра зоологии и сравнительной анатомии, которую до 1911 г. возглавлял Мензбир, а затем Северцов. Музей существовал при кафедре и «на правах кафедры», а все курсы зоологии беспозвоночных числились при музее. Постепенно кафедра специализировалась по зоологии позвоночных, а «беспозвоночный остаток» достался Зоомузею. Кроме того, все оставленные при кафедре для получения профессорского звания проходили по штату музея, так что в нем побывали почти все выпускники кафедры. Специализация русской сравнительной анатомии проходила вместе с развитием музея. Крупнейшая зоологическая школа Мензбира включала множество направлений, но многие из них, вытесненные прогрессивными учениками школы Северцова, в Москве вымерли.

Северцов создал новую программу развития сравнительной анатомии и эволюционной биологии, разработал общий метод построения эволюционного древа. В результате господство сравнительной анатомии в зоологии задержалось — Северцову удалось остановить время. В Европе и Америке распад сравнительно-анатомической традиции приходится уже на 20—30-е годы, а в СССР традиция Северцова как доминирующее направление исследований просуществовала до распада Союза. Это величайшая сравнительно-анатомическая школа, одно из немногих достижений русской науки, которое до сих пор известно на Западе и осознается именно как «русская школа».

Величайший успех работы Северцова привел к появлению нескольких институтов, которые

стали работать в том же научном направлении. Затем выделилась отдельная школа Шмальгаузена. Профессионалы высокого класса перешли в специализированные организации, а Зоомузей остался в состоянии «неспециализированного предка».

Фауны и фаунистика: школы Мензбира и Богданова

С 1904 г. директором Зоомузея становится ученик Богданова — Кожевников. Хранителем оставался Щелкановцев. В 1900-х годах в музей пришли: С.И.Огнёв, Н.Н.Плавильщиков, С.С.Туров, Л.А.Зенкевич, Л.Л.Россолимо, В.Г.Гептнер, А.Н.Формозов, Б.С.Кузин, Б.Б.Родендорф, А.Н.Желуховцев, К.В.Арнольди, Н.П.Наумов, Б.А.Кузнецов, Н.А.Гладков, Е.П.Спангенберг. На время работы Кожевникова пришлось революция и последовавшие за ней перестройки. Но музей по образу работы и отношений оставался прежним, дореволюционным. Вокруг Кожевникова, который с 1921 г. ведал кафедрой зоологии, еще неразрывно связанной с музеем, было много молодежи и несколько талантливых ассистентов (Л.А.Зенкевич, Л.Л.Россолимо, Е.С.Смирнов, В.В.Алпатов, И.И.Месяцев). Первый послереволюционный директор оставался до 1929 г., а в 1930 г. его сменил Зенкевич.

К концу 30-х годов в музее насчитывается уже 45 сотрудников (большинство их составили в дальнейшем «старую гвардию» музейных работников). Именно им предстояло пережить войну и эвакуацию, трудные послевоенные годы, а потом застывающий мир 1960—1970-х годов.

Не перечисляя имен работавших тогда в музее зоологов, можно сказать, что их научная работа представляла собой замечательное объединение линий Мензбира и Богданова, произошедшее на базе новой научной платформы, нового направления исследований. Мензбир помимо сравнительно-анатомической линии исследований основал фаунистическое направление в русской зоологии. Его труд «Птицы России», объединивший многолетние работы всех орнитологов Российской империи, включал все виды птиц с указанием биологии, местообитаний, поведения, морфологических форм. Работа эта оказала огромное влияние на всех зоологов России. В дополнение к своей первой капитальной сводке Мензбир выпустил также «Орнитогеографию птиц», ставшую образцом для нескольких поколений зоогеографов.

Вслед за «Птицами России» вышло еще несколько обобщающих орнитологических сводок: «Определитель птиц СССР» С.А.Бутурлина и Г.П.Дементьева, затем «Птицы Советского Союза» (среди коллектива авторов наиболее заметную роль играл Дементьев).

Крупнейший специалист по млекопитающим Огнёв, работавший в Зоомузее после Мензбира, подготовил такой же, как и «Птицы», капитальный труд «Звери СССР». Издание этой сводки всех видов, форм, местонахождений, основанной на огромной работе по изучению внутривидовой изменчивости мелких млекопитающих, началось до войны и продолжалось в послевоенное время.

Итак, в линии Мензбира создавались крупные сводки, каталоги и определители с детальным описанием видовых и подвидовых форм и указанием местонахождений.

Богданов был сторонником «монографических описаний», т.е. монографий, посвященных одному виду, «типичному представителю», который подробно исследовался со всех сторон. В такой работе собиралось все имеющее касательство к данному виду (эмбриология, сравнительная анатомия, внешние формы, местонахождения). Среди учеников Богданова было много «беспозвоночников» и энтомологов, но из-за малой изученности разнообразия своих объектов они не могли создавать обобщающих сводок вроде «Птиц» и «Зверей». При подготовке к таким изданиям выпускались сотни статей, где описывались виды, подвиды и редкие местонахождения разных беспозвоночных.

Можно добавить, что слияние линий Мензбира и Богданова в Зоомузее привело к появлению еще одного знаменитого классического труда — «Зоогеографии» Гептнера, огромной сводки идей и фактов по экологии и зоогеографии.

Таким образом, музей в первой половине XX в. более всего известен капитальными фаунистическими сводками. Если вначале, на стадии «основания зоологии», наука и ее популяризация связаны еще очень тесно, то дальше начинается специализация. Некоторые направления развития зоологии уже не вмещаются в Зоомузей, ведь в нем



Коллектив Зоомузеев в 1940 г. Сидят, слева направо: В.Г.Гептнер, С.С.Туоров, Н.Н.Филиппов, Г.П.Дементьев, Л.Г.Морозова-Туорова, ?. Стоят: Б.Н.Цветков, Н.А.Гладков, Д.Н.Гофман, Е.С.Птушенко, А.Н.Желуховцев, Е.С.Задудьская, Н.В.Шибанов, Т.Н.Дунаева, Г.Г.Абрикосов, А.В.Михеев.

очень мало сотрудников (в иные периоды всего четыре-пять человек), но всю зоологию небольшими силами не объять. Научные направления возникали в Зоомузее — и уходили из него. Можно предъявить капитальные сводки всех птиц и всех зверей, но как объяснить, зачем тратится время на изучение неведомых букашек, если через пару лет не появляется обобщающая монография? Зоология теряет всеобщую доступность, становится скучной для неспециалиста.

Современный этап: забытая систематика

Выделяя этапы развития в непрерывности, составляющей историю организации, приходится упрощать происходящее. И все же, анализируя работу многих десятков людей, занимающихся разными науками зоологического круга, можно выделить в самой общей форме стадии, которые никто не планировал и не придумывал, — они вырываются лишь при ретроспективном обзоре.

Мензбир, Ю.А.Белоголовый, Северцов, Шмальгаузен и другие зоологи составили крупнейшую в России школу сравнительной анатомии позвоночных — научное направление мирового значения. Их школа, родившаяся в Зоологическом музее, быстро вышла за его пределы, а в alma mater остался лишь отдел сравнительной анатомии, одно из небольших подразделений музея. С другой стороны, фаунистическое направление заняло ведущее место в деятельности музея. Такие издания, как «Птицы» Мензбира, «Звери» Огнёва, «Птицы» Дементьева и Гладкова, стали образцом для подражания, которому следовали многие. Зоологи самых разных групп собирали фаунистические материалы, публиковали сборники своих работ.

Но образ систематики со временем меняется. В Зоомузее ее история — отдельная тема, не очень тривиальная. Скажем, основатель традиции Рулье чистую систематику недолюбливал; в школе Мензбира особое внимание уделялось отдельным методам — они должны были стать вспомогательными для систематики, но приобрели самостоятельное значение. Сравнительная анатомия мыслилась как широкий метод, который помог бы разобраться с основными направлениями эволюции и найти решение задачи макросистематики. Фаунистика представляла собой вспомогательную дисциплину для выделения видового и подвидового уровней. Точное описание всех форм, привязка к территории позволили развиваться микросистематике.

Но в 60—70-х годах XX в. у систематики появился собственный метод. Тогда в США распространился кладизм, который к 80-м годам захватил

почти всех систематиков и стал единым методом работы, объединившим самых разных специалистов. В 80—90-х годах кладизм наконец проник в Россию, и в частности в Зоомузей, — в первую очередь усилиями А.И.Шаталкина и И.Я.Павлинова. В музее начался новый этап, собственно таксономический. На его появление повлияло многое — смена генерации ученых, иная (в связи с новыми условиями 90-х) издательская политика, широкое общение с иностранными коллегами, возросшая значимость англоязычных работ. Если образ «средней» статьи 70-х годов можно представить как «Новые заметки по фаунистике мух-журчалок Карадага», то столь же обобщенный образ статьи 2000-х будет выглядеть иначе — скажем, «Морфометрия и кладистический анализ скальных полевок».

Конечно, резкого разрыва с прежним этапом нет, и музей продолжает выпускать каталоги и сводки по типовым экземплярам коллекций, а также издания, параллельные «Фаунам». Сейчас Зоомузей известен несколькими сериями трудов*, в которых выходят монографические описания таксономии разных групп животных, а также теоретическими монографиями, где разбираются сложные вопросы систематики.

Образ науки в Зоологическом музее МГУ опять изменился: теперь он неотделим от компьютеров, обсчитывающих морфометрию и кладистические базы данных. Зоология стала еще более специализированной и непонятной, но одновременно ее статус падает.

Науки все время конкурируют между собой, идет перераспределение ценностей. В середине XX в. в биологии главенствовали популяционная генетика, сравнительная анатомия, синтетическая теория эволюции. Сейчас появились новые области, значимость многих из них резко повысилась — это, например, фармакологические исследования и все области зоологии, связанные с медициной. Чрезвычайное развитие биохимии и молекулярных методов отодвинуло зоологию на задний план. На этом фоне происходит кризис российской науки — старение кадров, недостаточное финансирование и прочие проблемы. В то же время биология стремительно меняется, в Зоомузее быстро осваивают новые методы работы, и одновременно падает значение традиционных зоологических наук.

* * *

Что такое сегодня Зоомузей, станет ясно лишь через несколько десятилетий. Выживет ли зоология в России? Это решается сейчас. ■

* См.: http://zmmu.msu.ru/psc_f.htm

Современная систематика: традиции и новации

И.Я.Павлинов,
доктор биологических наук
ведущий научный сотрудник сектора териологии

Биологическая систематика, пожалуй, — самая древняя из наук. Действительно, согласно библейской мифологии, первым осознанным деянием человека было именно классифицирование, точнее, тесно связанный с ним номенклатурный акт называния животных. Таким образом, первочеловек Адам был сначала систематиком, а потом уже — всем остальным, присутствующим человеку разумному.

Такой почтенный возраст систематики означает, что она наполнена глубокими традициями. Отношение к ним разное — от признания их важной роли как интегрирующего фактора, который обеспечивает целостность систематики и производимого ею таксономического знания, до отрицания их как «препятствия на пути прогресса». Вторая точка зрения присуща, главным образом, тем теоретикам, которые собственные идеи объявляют мерилом прогресса таксономической науки, окончательным ответом на ее извечные вопросы.

На протяжении XX в. систематика пережила несколько «революций», обещавших скорое и окончательное решение всех ее проблем [1]. Все они по очереди декларировали свою новизну, отряхивая

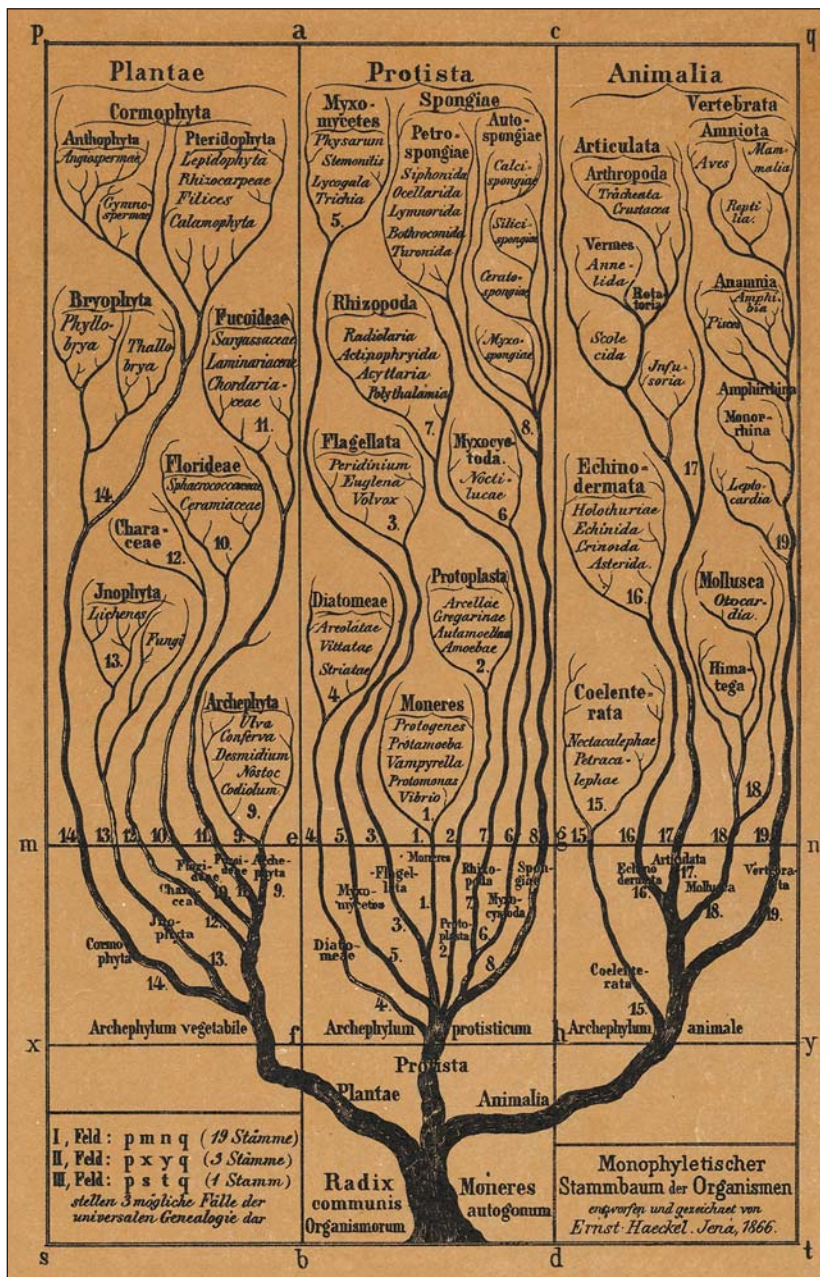
с ног прах традиций, — и в большинстве своем со временем занимали более или менее скромное место в ряду таксономических концепций. Первой была биосистематика, объявившая своей главной задачей изучение эволюции популяций. Затем ее вытеснила фенетика, основанная на анализе общего сходства по максимально большому числу признаков. В тесной связи с фенетикой развивалась численная систематика, ставившая во главу угла количественную оценку сходства. Кладистика предложила упрощенное понимание филогенеза и четкий алгоритм его «перевода» в классификацию, чем быстро завоевала популярность. Последняя в этой череде — геносистематика, она же, с некоторыми оговорками, молекулярная филогенетика (= генофилетика, филогеномика), — представляет собой странную смесь кладистики с фенетикой, приложенную к молекулярно-генетической фактологии и помноженную на «нумеристику».

Очевидно, что никакая наука не может развиваться без новых идей. Но понятно (впрочем, не всем), что прогресс научного знания невозможен без преемственности — иначе это не развитие, а «броуновское движение» мало связанных между собой мыслей. Великий датский физик Нильс Бор говорил о привлекательности «сумас-

© Павлинов И.Я., 2011



Фреска «Адам нарицает имена животным», XVI в. Монастырь Николая Анапавсаса, Метеоры.



Первое «древо жизни», нарисованное Э.Геккелем в 1866 г.

шедших идей», но и сформулировал принцип соответствия, который напрямую апеллирует к преемственности теоретического знания. Такая преемственность, существуя в форме традиций, отражает то фундаментальное обстоятельство, что вся познавательная естественно-научная деятельность (если только ее не подменять решением технологических задач) в конечном итоге сводится к рассмотрению одних и тех вечных проблем, касающихся структуры Вселенной и причин ее появления. С этой точки зрения всякая новая идея — не более чем очередное «еще раз к вопросу о...». В систематике таковы вопросы о структуре таксономического разнообразия и ее причинах, о принципах ее описания в форме классификаций, о соотношении между сходством, родством и историей, о значимости признаков при оценке сходства.

Обычно научно-популярные журналы пестрят идеями, декларирующими свою новизну, — это и понятно: они наиболее привлекательны. Человек произошел от обезьяны, а киты — от бегемота! Линней со всей его систематикой устарел, а «молекулярщики» заново строят всеобщее «древо жизни»! Что может быть интереснее для обывденного сознания?!

В данной статье речь пойдет о другом — о том, каким образом новые идеи соотносятся с таксономическими традициями, т.е. в какой мере и в каком смысле они «новые». Такой взгляд, не терпящий суесть и громких славословий, необходим, чтобы корректно соотнести настоящее систематики с ее прошлым и на этой основе задуматься о ее хотя бы недалеком будущем как научной дисциплины.

Натурфилософская традиция

Натурфилософия, если под ней понимать общее учение об устройстве и развитии мира, лежит в начале всей познавательной деятельности, значит, и в начале всей систематики. Это начало столь глубинно и столь многопланово, что поверхностный взгляд его не замечает — отчасти и потому, что не хочет замечать. Однако это не значит, что его нет.

Например, современный глобальный эволюционизм, рассматривающий Вселенную как саморазвивающуюся систему и биологическую эволюцию как некую малую часть саморазвития Вселенной, есть не что иное, как аспект натурфилософии — продолжение альтернативной креационизму традиции искать причины материального мира в нем самом, а не в сверхъестественных силах. Соответственно, в систематике новейшая идея построения всеобщего филогенетического «древа жизни» на основе молекулярно-генетических данных [2] принадлежит к этой тра-

диции не в меньшей степени, чем изложенная столетие назад «Естественная история миротворения» Э.Геккеля.

Здесь весьма поучительны истоки той классической научной рациональности, которая в основу любого исследования кладет Метод — именно так, с заглавной буквы («Органон» Аристотеля, «Новый органон» Ф.Бэкона). Суть этой общей идеи весьма проста: принимается, что истинный метод сам по себе способен привести к истинному знанию (Р.Декарт); однако за ней кроется весьма богатая натурфилософия. Эта идея восходит к представлениям античных философов об изоморфизме движений («диалектики») познаваемой Вселенной и познающего сознания. Движения сознания — суть мысли, которые организованы согласно определенным правилам, составляющим метод познания. С этой точки зрения истинный лишь тот метод, структура (логика) которого вполне изоморфна структуре познаваемой реальности.

В классической систематике представление об истинном методе воплощает идея естественного метода. Ее натурфилософскую основу и фундаментальную значимость вполне осознавали столпы систематики XVIII в., от которых принято вести ее современную историю, — К.Линней и М.Адансон. Так, Адансон вслед за антиками и Декартом утверждал, что Природа и Метод тесно связаны: именно посредством метода Природа «информирует» исследователя о своей Естественной Системе. Поскольку Система единственна как часть Природы, то и ведущий к ней естественный метод — также единственный. Приверженцев этой идеи Линней назвал «методистами», противопоставив их эмпирикам-«гербалистам» (последних можно назвать «натуралистами»).

Почти вся теоретическая систематика до, во время и после Линнея и Адансона так или иначе связана с поисками единственного естественного метода. Таков один из канонов картезианской рациональности, составляющей основу классической систематики. Но при этом в общую идею естественного метода вкладывается разный смысл в зависимости от той или иной таксономической концепции, опирающейся на некоторую «философию Природы». Одни из этих концепций вполне «прозрачны» в отношении натурфилософской подоплеки. Например, кладистика выводит свой метод из общих свойств филогенеза, в свое время постулированных Геккелем — большим поклонником И.В.Гёте и Л.Окена [3]. Связь других концепций с натурфилософией не столь явственна, но она



Карл Линней, сыгравший огромную роль в зарождении систематики.

есть. Так, в основе численной систематики, хоть и ориентированной на позитивистскую философию, лежит идея Пифагора — «Природа есть Число». Галилей облек ее в афоризм «Книга Природы написана на языке математики», Ньютон изложил в форме «Математических начал натуральной философии», а вдохновленные ею систематики-«нумеристы» уверовали сами и постарались уверить других во всемогущество и всеобщность количественного метода классифицирования.

Парадокс современной картезианской рациональности в том, что в предельном случае (инструментализм) она вырождается в «натурфилософию наоборот»: не метод выводится из

базовых допущений об устройстве мира, а мир в форме той или иной сконструированной теоретической реальности «подстраивается» под готовый метод. В результате вопрос «как?» оказывается важнее вопросов «что?» и «почему?»: за прогресс таксономической науки выдаются технические решения, а теоретические начала систематики остаются на заднем плане. Во всяком случае численная филетика, доминирующая в новейшей систематике, сформировалась именно так: некий математик, владеющий неким статистическим методом, исходя из его свойств, определяет филогенез как статистический процесс — и на этом основании объявляет свой метод наиболее пригодным для построения филогенетических схем [4].

В связи с этим вспоминается старая притча о стреле и нарисованной вокруг нее мишени. Лучник, согласно знакомой ему технике стрельбы, выпускает стрелу из лука, она втыкается в некоторую поверхность, лучник рисует вокруг стрелы мишень — и вот, он самый меткий, техника его самая правильная. А может, все-таки правильнее так: сначала нарисовать мишень (корректно определить предмет исследования), а потом уже выпускать в нее стрелу (вырабатывать метод исследования)?

Схоластическая традиция

В истории естествознания схоластический период, длившийся более тысячи лет, обычно считается «темным», породившим немного нового знания о Природе. Однако именно в рамках схоластики сформировались ключевые для всей науки Нового времени общие рациональные принципы [5].

Рациональные начала в зарождающуюся систематику привнес из схоластики философ-аристотелик А.Чезальпино в XVI в. Благодаря ему собра-

ния «травников», излагавшие сведения об организмах главным образом в свете их пользы для человека, превратились в «науку классифицирования» в ее классическом понимании. В этом случае естественный метод имеет форму иерархической родовидовой схемы деления понятий: ее разработали неоплатоники, прежде всего Плотин и его ученик Порфирий (III—VI вв.), и затем развили схоласты. Метод включает два базовых принципа: роды и виды делятся по единому основанию (признаку), который дает монотетические таксоны; иерархия логически понимаемых родов сколь угодно дробная. На протяжении XVI—XVIII вв. оба принципа служили своего рода фирменным знаком классической систематики схоластического толка.

В середине—конце XVIII в. и особенно в XIX в. родовидовая схема, как формальная, лишённая биологического содержания, подверглась фундаментальной критике, которая завершилась перестройкой естественного метода систематики. Трактовка таксонов стала политегической, подразумевающей, что в разных разделах и на разных уровнях классификации таксоны выделяются по разным признакам; приняли иерархию фиксированных Ж.де Турнефором и Линнеем рангов (класс и т.д.). Особую роль сыграла эволюционная концепция, согласно которой таксоны дивергируют по разным признакам, их иерархия отражает последовательности филогенетических событий. Дальнейшая судьба принципов выделения и ранжирования таксонов оказалась довольно прихотливой.

Идея фиксированной иерархии довольно быстро стала размываться за счет добавления к основным «линнеевским» многочисленным вспомогательных рангов и категорий. Так, фенетики и вслед за ними кладисты предложили отказаться и от фиксированных рангов, и от их фиксированных обозначений. Политегический принцип до самого последнего времени не подвергался сомнению. Однако с освоением молекулярно-генетической фактологии отношение к нему радикально изменилось. В новой, ныне популярной таксономической концепции соединились две идеи: классификация должна отражать генеалогические отношения; эти отношения должны оцениваться по сходству строения информационных макромолекул (ДНК, РНК). В итоге молекулярные филогенетики стали выстраивать глобальную таксономическую систему мира живых организмов («древо жизни») исключительно на основе названной фактологии.

Итак, на рубеже XX—XXI вв. новейшее филогенетическое направление в систематике активно (пусть и неосознанно) возрождает схоластическую традицию. Фиксированные ранги и их обозначения упраздняются, вводится идея «безранговой» классификации [6]: налицо очевидный возврат к бесконечно дробимой родовидовой схеме. Предложение классифицировать только на основе молекулярно-генетических данных — не что иное как возрождение схоластического принципа единого

основания деления. История систематики сделала примечательный завиток. Но «новое как хорошо забытое старое» — прогресс ли это?

«Проблема вида» как традиция: что такое вид?

Знаковое в новейшей систематике словосочетание «проблема вида» появилось в первой половине XX в., но на самом деле эта проблема гораздо старше. Ее зарождение можно связать с трудами неоплатоников, которые взялись за разработку учения (точнее, двух весьма разных учений — Платона и Аристотеля) об эйдосах. Поначалу «эйдос» понимался как некий «оформляющий» принцип материи, позже он стал трактоваться в значении, близком к современному понятию вида. Боэций выразил фундаментальность названной проблемы афоризмом: «Если мы не будем знать, что такое вид, ничто не спасет нас от заблуждений». Эту озабоченность «проблемой вида» унаследовали от неоплатоников средневековые схоласты, а от них — естествоиспытатели Нового времени, причем как «методисты» (вроде Линнея), изучающие Систему природы, так и «натуралисты» (вроде Ж.де Бюффона), изучающие саму живую Природу. Неудивительно, что и эволюциониста Дарвина более всего занимало происхождение именно видов, о чем свидетельствует название его знаменитой книги. В середине XX в. отечественный зоолог В.Г.Тептнер вполне в духе Боэция заявил: «Вопрос о виде — основной вопрос систематики».

Современное обсуждение «проблемы вида» вполне укладывается в устоявшуюся за полторы тысячи лет традицию, общий контекст которой задан тремя выработанными схоластикой базовыми категориями познания — реализмом, номинализмом и концептуализмом. Важное новшество заключается в том, что поиски ее решений теперь более «биологичны» и связаны с разработкой разных видовых концепций. И все же биологов, обсуждающих эту проблему, без большой натяжки можно считать «боэцианцами». Ибо для них ключевым остается поставленный Боэцием вопрос о том, что такое вид: существует ли он как некое особое природное явление, что делает его устойчивым, каковы границы этой устойчивости, какова природа изменчивости видов.

Сторонники реалистической трактовки утверждают, что вид реально существует в природе. Такова позиция, например, Линнея, который верил, что видов столько, сколько форм изначально создано Творцом. В сходном натурфилософском духе наш современник и соотечественник ботаник К.М.Завадский утверждал, что существование вида очевидно и не нуждается в каких-либо дополнительных доказательствах.

Позиция номиналистов прямо противоположна: реальны только организмы, видов и вообще на-

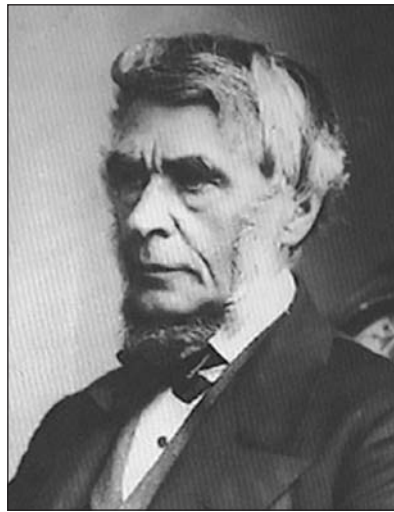
дорганизованных образований в Природе не существует. В XIX в. эту идею озвучивали логики — такие, как Дж.Милль, «ранний» Дж.Бентам (в зрелом возрасте один из крупнейших ботаников-систематиков). Сходным образом (номиналистически) вид трактовали многие биологи-эволюционисты начала XX в. — достаточно назвать такие имена, как К.А.Тимирязев, Ч.Бесси, Х.де Фриз. В середине XX в. на такой платформе твердо стоит позитивистская систематика, начиная с одного из первых ее идеологов Дж.Джилмура и кончая лидерами фенетической школы Р.Сокэлом и П.Снитом.

Наконец, согласно современному концептуализму, в Природе реально существует биологическое надорганизменное разнообразие, оно многоаспектно, разобраться и вычленив в нем нечто, называемое «видом», можно, лишь вооружившись соответствующей теорией. Таких теорий, которые формулируют разные концепции вида, может быть много [7].

В повседневной жизни систематика вынуждена пользоваться языком Линнея, в который понятие вида встроено очень прочно. В этой обыденности многообразии всевозможных «измов» приводит к тому, что способы распознавания конкретных «видов в природе» колеблются между двумя крайностями — видодробительством и видообъединительством. О таком «принципе маятника» удачно написали Г.С.Розенберг и И.Э.Смелянский [8]. Переход от одной из них к другой на том или ином этапе истории систематики воспринимается как «кризис вида» — и эти «кризисы» также составляют часть таксономической традиции.

Если оставаться в рамках ближайшего прошлого, то первый «кризис вида» на рубеже XIX—XX вв. был порожден освоением систематикой идей дарвинизма и генетики. В результате широкий вид классической систематики («линнеон») был заменен узким популяционно-генетическим («жорданом»), основными единицами классификации стали низшие категории — географические и экологические расы. Позже многие ученые, придерживающиеся широкой трактовки вида (среди них наш А.К.Скворцов), прямо «винили» в этом кризисе Дарвина, который указывал, что вид — искусственная категория.

В середине XX в. маятник качнулся в обратную сторону: на какое-то время доминирующей стала концепция политипического вида, одним из ярких сторонников которой был выдающийся зоолог Э.Майр. С некоторыми оговорками можно считать, что благодаря ему в систематику отчасти верну-



Джордж Бентам — английский ботаник, предложивший свою систему классификации растений.

лось линнеевское понимание вида как основной, единственно объективной таксономической категории. Впрочем, вскоре на волне критики майровской концепции разразился еще один «кризис», но другого свойства: концепции вида стали множиться, их число достигает ныне двух десятков. Зоолог К.деКуэйрос не без сарказма заметил, что во второй половине XX в. биологи создали маленькую индустрию, занимающуюся производством разных определений вида [9].

На рубеже XX—XXI вв. под влиянием идей молекулярной филогенетики опять возрождается узкая трактовка вида, что с точки зрения «политипистов» означает очередной «кризис вида». Он настолько глубокий, что само традиционное понятие ви-

да исчезает: вместо него начинают выделять филотипы или просто некие «наименьшие включающие единицы». Сторонники более традиционного толкования вида находят такого рода единицы «биологически пустыми», а основанные на них классификации предлагают считать «паратаксономией» [1]. Однако нынешние «видодробители», как и столетие назад, числят свою узкую трактовку истинной и потому окончательной — для них никакого «кризиса вида» нет, а есть правильный шаг в нужном направлении.

Но, может быть, не стоит забывать о «маятнике», который когда-нибудь качнется опять в сторону политипии?

Музейная традиция: зачем нужны коллекции?

Систематика частью рациональна, частью эмпирична. Ее эмпирический базис составляет источник фактов особого рода — музейные коллекции и гербарии. Первые собрания биологических «натуралей» — ботанические сады («аптекарские огороды») и гербарии, зоологические коллекции — появились при европейских университетах в XIV в., а уже к концу XVI в. стали весьма значимой частью естественной истории. На них выросла вся классическая систематика, которая с тех пор развивается как «музейная наука».

На протяжении XX в. «музейную систематику» неоднократно хоронили как «морально устаревшую». Первыми на этом пути были идеологи биосистематики, которые приставкой «био-» подчеркивали необходимость изучения не «мертвой природы», пылящейся в музеях, а живых организмов в живой природе. Затем к ним присоединились

теоретики фенетической систематики: они также полагали, что значение коллекций в таксономических исследованиях должно свестись к нулю. Свою лепту в третирувание коллекций внесли ученые, стоявшие у истоков молекулярной филогенетики. Отождествляя филогенетическое родство с генетическим сходством, они не видели возможности использовать музейные образцы для изучения такого «редуцированного» филогенеза.

И все же систематика по-прежнему устойчиво сохраняет свой исходный статус «музейной науки». Разумеется, она живо откликается на все новшества, которые предлагают ей разделы биологии, сформировавшиеся главным образом или целиком в XX в. — этология, часть экология, биохимия, молекулярная генетика. Значение двух последних особенно велико для систематики, изучающей прокариотное основание «древа жизни». Однако современная систематика не только вводит в свой арсенал новую фактологию, но и стремится осмыслить ее по-своему, включая ее в состав музейных и гербарных коллекций.

Причина такой устойчивости «музейной традиции» в том, что коллекции выполняют в систематике важнейшую функцию, обеспечивающую ее соответствие одному из ключевых критериев научности — воспроизводимости (а тем самым и проверяемости) таксономического знания [10]. Именно обращение к коллекциям позволяет перепроверять результаты предыдущих исследований, прежде всего корректность определения таксономической принадлежности экземпляров. В новейшей систематике последнее обстоятельство делает обяза-



Эрнст Майер — американский зоолог-систематик и теоретик [12].

тельным сохранение в музеях и гербариях «удостоверяющих» (voucher) экземпляров, у которых взяты пробы для молекулярно-таксономических исследований. Поэтому, как физика или химия не могут существовать без своих экспериментов, так и биологическая систематика невозможна без своих коллекций — натуральных образцов, долговременно хранящихся в стандартных условиях.

Хранителями этой традиции в биологии были и остаются музеи и гербарии, многие из которых существуют не одну сотню лет. Самые старые из них — западноевропейские, такие как Парижский, Лондонский, Стокгольмский музеи, гербарий в Кью. Но и Россия может похва-

статься «старожилами», ведущими отсчет своих лет с XVIII в. В первую очередь это академические Зоологический институт (ЗИН) и Ботанический институт им.В.Л.Комарова в Санкт-Петербурге (БИН), их московские собратья — Зоологический музей и гербарий им.Д.П.Сырейщикова при Московском государственном университете им.М.В.Ломоносова. ЗИН не так давно отметил свое «официальное» 175-летие (на самом деле он много старше); БИН в 2014 г. отметит 300-летие; а нашему Зоомузею в нынешнем году исполняется 220 лет. Его долгая и большей частью славная история подробно описана в замечательной книге Г.Ю.Любарского [11].

И пока есть такие хранители «музейной традиции», существует и биологическая систематика, со всеми своими вечными проблемами и поисками их новых решений, со своими традициями и новациями, решающая общую задачу — исследование биологического разнообразия как специфического природного явления. ■

Литература

1. Павлинов И.Я., Любарский Г.Ю. Биологическая систематика: эволюция идей. М., 2011.
2. Assembling tree of life / Eds J.Craft, M.J.Donoghue. Oxford, 2004.
3. Павлинов И.Я. Введение в современную филогенетику. М., 2005.
4. Felsenstein J. Numerical methods for inferring evolutionary trees // Quart. Rev. Biol. 1982. V.57. №2. P.379—404.
5. Гайденко П.П. Научная рациональность и философский разум. М., 2003.
6. Ereshefsky M. The poverty of the Linnean hierarchy: a philosophical study of biological taxonomy. N.Y., 2001.
7. Павлинов И.Я. Проблема вида в биологии — еще один взгляд / Ред. А.Ф.Алимов, С.Д.Степаньянц. Вид и видообразование. Анализ новых взглядов и тенденций // Тр. ЗИН РАН. Прил. №1. СПб., 2009. С.259—271.
8. Розенберг Г.С., Смелянский И.Э. Экологический маятник (смена парадигм в экологии) // Журн. общ. биол. 1997. Т. 58. №4. С.5—19.
9. Queiroz K. de. 1999. The general lineage concept of species and the defining properties of species category // Species: New interdisciplinary essays / Ed. R.A.Wilson. Cambridge, P.49—89.
10. Павлинов И.Я. Научные коллекции как феномен культуры // Природа. 1990. №4. С.3—9.
11. Любарский Г.Ю. История Зоологического музея МГУ: идеи, люди, структуры. М., 2009.
12. Колчинский Э.И. Эрнст Майер и современный эволюционный синтез. М., 2006.

Рукокрылые Юго-Восточной Азии — «ночные кошмары» систематиков

С.В.Крускоп,
кандидат биологических наук
заведующий сектором териологии

Когда речь заходит об обнаружении в наши дни новых видов животных и об открытиях в области зоологической систематики, легко себе представить это применительно к насекомым или каким-либо обитателям океанических глубин. Но и среди высших позвоночных, в том числе млекопитающих, открытие новых таксонов в последнее время стало довольно обычным. Разумеется, это относится в первую очередь к мелким млекопитающим: землеройкам, летучим мышам, мышевидным грызунам. Однако открытия случаются и среди весьма крупных форм, пример чему — сравнительно недавнее обнаружение в водах Японии нового вида китов-полосатиков — *Balaenoptera omurai* [1].

Причина такого прорыва кроется в широком применении в систематике млекопитающих новых методик, в первую очередь — молекулярно-генетических. Сейчас первая эйфория от успехов геносистематики (а соответственно, и сопутствующее ей отрицание со стороны скептически настроенных зоологов) несколько схлынула. Начало формироваться понимание того, в каких случаях и до какой степени молекулярно-генетическим данным можно доверять. В результате в руках систематиков оказался набор превосходных инструментов по выявлению сложных случаев и проблемных мест, с которыми необходимо разбираться отдельно. Это, в свою очередь, заставило биологов пристальнее взглянуть на те элементы системы, с которыми, казалось бы, было «все понятно», искать новые морфологические и экологические признаки, разделяющие или, напротив, объединяющие те или иные таксоны. Число успешных исследований возрастало, чем и были обеспечены повышенный интерес к систематике и приток в нее новых людей.

Рукокрылые всегда представляли одну из таксономически достаточно проблемных групп. Этот отряд — второй по объему среди млекопитающих, а львиная доля его разнообразия сосредоточена в тропиках, вследствие чего многие роды и виды малодоступны для изучения. На Юго-Восточную Азию — один из центров разнообразия отряда рукокрылых — приходится заметное количество недавних открытий в области систематики.

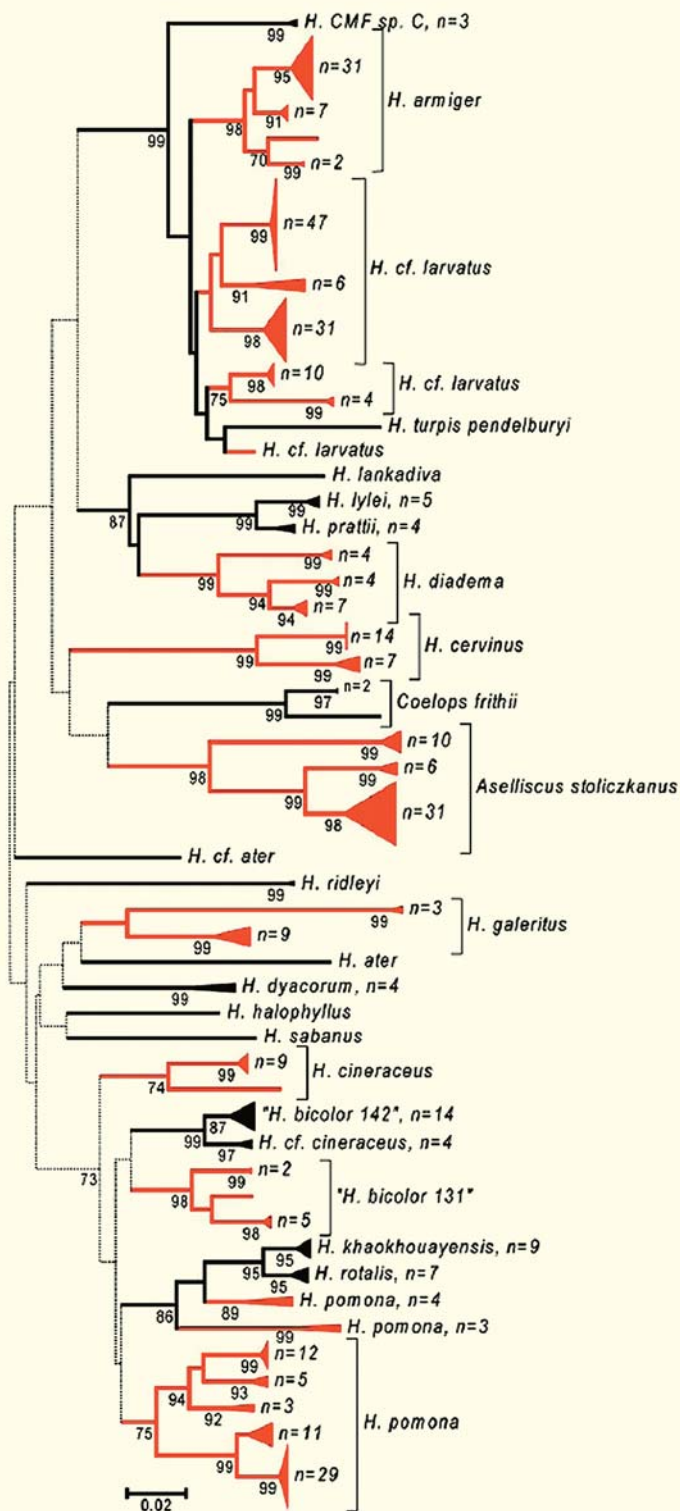
С 1997 г. сотрудники нашего музея (в том числе автор этого текста) включились в изучение рукокрылых одной из южноазиатских стран — Вьетнама. Исследования проводились в соответствии с программой Совместного российско-вьетнамского тропического центра, отдельные результаты которых уже изложены в целом ряде статей и одной монографии [2]. Помимо прочего, эти публикации включают первоописания трех новых видов летучих мышей: ночниц *Myotis annamiticus* и *M. phanluongi* и трубконоса *Murina harpioloides*.

Мы участвуем также в программе «Штрихкод жизни» («Barcoding of Life») и сотрудничаем с Канадским центром баркодинга (Canada Consortium DNA Barcoding, CCDB*). Благодаря этому было вы-

* <http://www.dnabarcoding.ca>



Своеобразный мелкий далатский трубконос *Murina harpioloides*, описанный нами с Далатского плато (Южный Вьетнам). Вскоре после описания мы обнаружили такого же трубконоса на севере Вьетнама, в горах Хоанг Лиен. Вероятно, это свидетельствует о прошлом обширном ареале вида, охватывавшем горные субтропические леса Индокитая.



Дерево для представителей семейства Hipposideridae [3]. Дерево построено по методу «ближайшего соседа» и создано на основе анализа последовательности гена цитохром-с-оксидазы I. Неспециалисту по рукокрылым нужно обратить внимание только на то, что красным выделены ветви, где генетическое разнообразие внутри одного «морфологического» вида превышает обычный для рукокрылых уровень межвидовых различий по этому гену.

явлено немало проблемных мест в систематике (случаев удивительно высокого генетического разнообразия в пределах одного «морфологического» вида и, напротив, ситуаций, когда морфологически дискретные формы практически не отличаются генетически), в том числе в таксономии летучих мышей тропической Азии [3].

Разумеется, среди южноазиатских рукокрылых есть и простые в систематическом отношении группы, число видов в которых более или менее достоверно установлено, а родственные связи ясны. Однако есть и ряд родов, которые принято называть «ночными кошмарами» систематиков.

Одна из таких групп — трубконосы. Они представляют собой особое подсемейство в семействе кожановых, или гладконосых, рукокрылых (Vespertilionidae), обладающее рядом специфических специализаций. Так, предполагается, что по крайней мере часть корма эти зверьки собирают с земли, а не ловят в воздухе. Трубконосы действительно хорошо бегают по земле, а летают маневренно, но не быстро. Несколько видов этой группы живет в Палеарктике, два вида обитают в нашей стране: таежную зону юга Сибири от Алтая и далее на восток населяет сибирский трубконос (*Murina hilgendorfi*), а в Приморье к нему «присоединяется» уссурийский (*Mussuriensis*). Однако же абсолютное большинство видов обитает в тропиках Азии.

До недавнего времени тропические трубконосы были известны по очень ограниченному числу экземпляров, хранящихся в разных музеях мира. Эти животные нечасто попадают в руки исследователей и еще реже — по многу. Поэтому представлений каждого из специалистов о разнообразии тропических трубконосов базировалось на тех единичных экземплярах, которые ему удалось увидеть. Добавлением служили еще литературные данные, зачастую — неполные

и необъективные и также основанные на весьма ограниченном материале. В результате возник замкнутый круг (он в целом характерен для многих групп тропических организмов, отнюдь не только для летучих мышей): опираясь на неполные сведения, одни исследователи составляли опередительные ключи, которыми затем пользовались другие зоологи, пытаясь определить свои находки.

Однако активное изучение рукокрылых тропической Азии, интерес к которым в последние два десятилетия заметно возрос, привели наконец к накоплению научных материалов по трубконосам. В частности, были собраны образцы тканей для молекулярно-генетического анализа. И тут-то вдруг выяснилось, что истинное разнообразие трубконосов в два с лишним раза превышает то, о котором писали, скажем, в начале 1990-х годов [4]. К тому же то, что ранее понималось как один вид, на деле оказалось комплексом форм, причем не всегда родственных. Да и система рода *Murina* в целом, традиционно разделяемого по пропорциям зубов на две группы видов, оказалась несостоятельной.

Но одно дело — продемонстрировать наличие скрытого разнообразия, и совсем другое — понять уровень его элементов и найти признаки (помимо последовательностей ДНК), позволяющие эти элементы различать. И тут вновь остро обозначается неполнота литературных данных и малодоступность коллекционных материалов. Наглядным примером может служить история идентификации трубконоса, пойманного в 1999 г. в центральном Вьетнаме. Вначале по внешним признакам этот зверек был определен как круглоухий трубконос (*M.cyclotis*), и под таким названием поступил в собрание нашего музея. Во время работы над упомянутой монографией мы с коллегой, основываясь на промерах черепа, пришли к выводу, что имеем дело с трубконосом Хаттона (*M.buttoni*). Надо сказать, в существующих определителях только по размерам черепа и разделяют эти два вида. В дальнейшем, изучая материалы по трубконосу Хаттона, я понял, что наш экземпляр существенно отличается по окраске и размерам. Исходя из опубликованного первоописания нового крупного вида трубконоса из Вьетнама — *M.tiensa* [5], можно было предположить, что спорный экземпляр принадлежит именно к этому виду, однако и это впоследствии оказалось неверным. Наконец, удалось установить, что у *M.cyclotis*, помимо прочего, нижние коренные зубы обладают уникальными особенностями строения. Такие же особенности характерны еще для одного, пока не описанного вида, в целом сходного с круглоухим трубконосом внешне, но заметно более крупного. Обнаружились эти ключевые особенности и у спорного зверька из центрального Вьетнама. Сравнение с другими коллекционными экземплярами подтвердило — именно к этому пока еще не



Малая ночница (*Myotis muricola*) из Индокитая. Прежде ее считали ближайшей родственницей европейской усатой ночницы (*M.mystacinus*). Однако, по данным генетических исследований, не только эти виды не родственны, но и родство форм, ранее входивших в состав вида *M.muricola*, крайне сомнительно.

описанному виду вьетнамский зверек и относится. Можно сказать, что, определяя одного единственного зверька, мы почти замкнули круг, придя, по сути, к частному случаю первоначального вывода. Однако для этого пришлось изучить не один десяток коллекционных экземпляров и найти признаки, не упомянутые пока ни в каких литературных источниках.

Этот итог выводит на один из парадоксов современной систематики, порожденных большой скоростью накопления данных. Зачастую знание о реальном положении вещей, даже не индивидуально, а коллективное, заметно опережает опубликование результатов. Примеры тому — уже упомянутый сибирский трубконос и его близкий родственник трубконос большой (*M.leucogaster*). Некоторое время назад эти две формы считались подвидами одного вида, а сейчас распространилась точка зрения, что это разные виды [6]. Удивительно, однако, что основана она не на анализе коллекционных материалов, а на ошибочной трактовке одной из более старых работ. И хотя многие исследователи уже активно апеллируют к точке зрения Н.Симмонс, а другие (в том числе автор этих строк) располагают данными, ее подтверждающими, публикации, где была бы показана видовая обособленность сибирского трубконоса от большого, до сих пор нет.

Разумеется, кроме таких, почти детективных, случаев, трубконосы богаты и просто видами, ра-



Равнозубый трубконос (*Harpicola isodon*). Впервые он описан несколько лет назад с Тайваня и тогда же впервые обнаружен в Индокитае. Новая находка трубконоса на севере Вьетнама [9] позволяет представить прежний ареал этого горно-лесного вида.

нее вовсе не известными науке. В настоящее время около трети особей вьетнамских трубконосов, проходящих через руки исследователей, относятся к еще не описанным видам. По всей видимости, эти зверьки не склонны (а может, и не способны) к дальним перемещениям, и в результате довольно легко оказываются в различных изолятах. Ими могут быть острова или же покрытый муссонными лесами горный массив, отделенный от других таких же сухими равнинными лесами или вовсе полуоткрытыми ландшафтами. В Юго-Восточной Азии из-за особенностей рельефа и направления движения воздушных масс на протяжении сотен, а то и десятков километров могут неоднократно кардинально сменяться типы леса. Существующая мозаика лесных местообитаний представляет таким оседлым видам богатые условия для изоляции. Добавим к этому, что на протяжении плейстоцена высотное распределение горных лесов заметно менялось в зависимости от колебаний уровня океана. Это позволяет понять причины спорадичности как распространения отдельных видов трубконосов, так и их высокое видовое разнообразие.

Трубконосы — не единственная (и, возможно, не самая большая) головная боль исследователя, стремящегося разобраться в таксономическом разнообразии тропических рукокрылых. Из того же семейства кожановых можно в качестве примера привести мелких ночниц. Тут необходимо заметить, что род *Myotis* — один из самых обширных (около 100 видов) и широко распространен-

ных в классе млекопитающих. Этот род сам по себе — одна большая таксономическая проблема, так как его традиционная внутренняя система, выстроенная по морфологическим признакам (главным образом адаптивным), полностью разрушена результатами молекулярно-генетических исследований [7]. Мелкие ночницы представлены во Вьетнаме в первую очередь видовыми группами *muricola* и *siligorensis*. Малая ночница (*M.muricola*) очень широко распространена во всей Южной Азии, во многих районах (в том числе — Вьетнаме) обычна и не должна бы составлять особую таксономическую загадку.

Тем не менее малая ночница служит наглядным примером того, как обычный вид может подкидывать систематикам проблемы. Невзрачная и, казалось бы, везде одинаковая ночница оказалась комплексом видов, вовсе не родственными друг другу. Так, отдельным видом оказалась *M.browni* с Филиппин, а *M.latirostris* с о.Тайвань, по всей видимости, вообще принадлежит к отдельному роду [8]. При более тщательном рассмотрении материала это вполне согласуется и с морфологическими данными. Во Вьетнаме, в равнинных лесах юга страны, малая ночница живет бок о бок с ближайшим родственником — ночницей молуккской (*M.ater*). Эти два вида нередко сосуществуют в одних и тех же местах, и результаты анализа как промеров черепа, так и последовательностей ДНК вполне согласуются с выводом об их видовой самостоятельности. Между тем еще одна ночница, напоминающая мелких особей *M.muricola*, была поймана в центральном Вьетнаме, и ее систематическое положение до сих пор остается неясным. Имеющиеся молекулярно-генетические данные, результаты промеров черепа и строение половой косточки — бакулюма — резко и надежно отграничивают ее и от *M.muricola*, и от *M.ater*. Судя по всему, центральновьетнамские ночницы представляют собой новый, еще не описанный вид.

Между тем само название *muricola* может оказаться не вполне верным применительно к ночнице Юго-Восточной Азии. Дело в том, что малая ночница описана из Непала, из среднегорий Гималаев. Однако большинство исследователей второй половины XX в. располагали экземплярами преимущественно из Индонезии и именно их описывали в своих публикациях. По итогам проведенного нами анализа, малые ночницы Вьетнама по пропорциям черепа действительно близки к индонезийским и, таким образом, соответствуют сложившемуся в научной литературе образу этого вида. Но малые ночницы из Непала и северной Индии весьма редки в научных коллекциях и редко когда бывают вовлечены в анализ. В нашем распоряжении было всего три таких экземпляра, из которых два оказались вовсе не сходны с ночницами из Индокитае. Более того, по форме половой косточки, которая у мелких ночниц очень консервативна, обнаружены заметные от-

личия у индокитайских и непальских экземпляров. Для однозначных выводов данных пока недостаточно, но, судя по всему, и Индокитай, и Индонезию населяет вовсе не *M.muricola*, а другой вид, действительное название которого еще предстоит установить.

Можно вспомнить и о других группах рукокрылых с большим числом нерешенных таксономических проблем. Например, о листоносах рода *Hipposideros*, также одного из самых обширных родов современных млекопитающих (около 75 видов). Здесь тоже выявлено (но еще не описано) скрытое таксономическое разнообразие, сопоставимое с принятым в литературе. Таков, например, круглоухий листонос (*H.pomona*), по-видимому, представляющий собой комплекс не менее чем из трех видов [3]. В дополнение к уже знакомому положению, когда под одним общепризнанным названием скрывается более одного вида, возникают ситуации и противоположные. Так, оказалось, что по последовательностям митохондриальной ДНК (мтДНК) широко распространенный *H.larvatus* включает в свой состав вероятных предков двух других видов, морфологически хорошо обособленных (такое явление называется парафилией, и современная систематика старается разными способами «избавляться» от подобных таксонов). Это может быть следствием недавней дивергенции (с последующей ускоренной эволюцией) видов, а может — результатом древней гибридизации между предковыми формами, приведшей к заимствованию чужеродной мтДНК. В любом случае данное положение требует дальнейшего изучения.

Таким образом, даже из немногих приведенных примеров видно, что мы до сих пор недостаточно хорошо знаем структуру реального таксономического разнообразия рукокрылых. Это справедливо и для млекопитающих в целом, при том что их можно считать неплохо изученной группой организмов.

Литература

1. Wada S., Oishi M., Yamada T.K. A newly discovered species of living baleen whale // Nature. 2003. V.426. P.278—281.
2. Borissenko A.V., Kruskop S.V. Bats of Vietnam and adjacent territories. An identification manual // Biodiversity of Vietnam series (сер. Биоразнообразие Вьетнама). М., 2003.
3. Francis C.M., Borisenko A.V., Ivanova N.V. et al. The role of DNA barcodes in understanding and conservation of Mammal diversity in Southeast Asia. // PLoS ONE. 2010. V.5. №9. e12575.
4. Corbet G.B., Hill J.E. The Mammals of the Indomalayan Region. Oxford, 1992.
5. Csorba G., Thong V.D., P. Bates J.J., Furey N.M. Description of a new species of *Murina* from Vietnam (Chiroptera: Vespertilionidae: Murininae) // Occasional papers, Museum of Texas Tech University. 2007. V.268. P.1—10.
6. Simmons N.B. Order Chiroptera // Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference / Eds D.E.Wilson, D.M.Reeder.Third Edition. Baltimore, 2005. V.1. P.312—529.
7. Ruedi M., Mayer F. Molecular Systematics of Bats of the Genus *Myotis* (Vespertilionidae) Suggests Deterministic Ecomorphological Convergences // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2001. V.21. №3. P.436—448.
8. Lack J.B., Roebrs Z.P., Stanley C.E. et al. Molecular phylogenetics of *Myotis* indicate familial-level divergence for the genus *Cistugo* (Chiroptera) // Journal of Mammalogy, 2010. V.91. №4. P.976—992.
9. Kruskop S.V., Shchbinov A.V. New remarkable bat records in Hoang Lien Son mountain range, northern Vietnam // Russian Journal of Theriology. 2010. V.9. №1. P.1—8.



Круглоухий листонос. Еще сравнительно недавно шли споры о его видовой самостоятельности, а теперь ясно, что и сам он представляет собой комплекс морфологически сходных видов. Этот зверек относится, видимо, к еще не описанной форме, населяющей юг Индокитая.

Итак, пробудившийся интерес к таксономическим изысканиям, вызванный широким и успешным применением новых методов, выявил новый обширный пласт таксономических проблем. О большинстве из них всего четверть века назад даже никто и не подозревал. И решить эти проблемы можно лишь путем грамотного и критичного, без неоправданных восторгов и необоснованного скепсиса, совмещения новых методологий с классической морфологией и морфометрией. ■

КОЛЛЕКЦИИ И ИХ ХРАНИТЕЛИ

Казалось бы, нет ничего скучнее рутинной работы с коллекциями: заполнять инвентарные книги, писать и переписывать этикетки, проводить ревизии, выдавать материал приходящим специалистам и т.д. Однако за высушенными и заспиртованными экземплярами надо уметь видеть — видеть горы, леса и пустыни, неутомимых путешественников и авантюристов XIX в., натуралистов и коллекционеров совсем недавно закончившегося XX в. И еще — чувствовать и перенимать знания и обаяние личностей многих и многих людей предшествующих поколений. Конечно, надо иметь и призвание к музейной работе, этот дар дан далеко не всем. Сотрудники Зоологического музея — не просто хранители и кураторы коллекций, содержащих типовые, эталонные, экземпляры, по которым проводится описание (а в дальнейшем и сравнения с новыми образцами) того или иного вида животного, но и эксперты, к которым обращаются за консультациями, а главное — высококлассные специалисты, которые участвуют в экспедициях, ведут научный поиск, приводящий нередко к открытиям новых видов или биологических закономерностей.

Размышления хранителя

Даже в среде зоологов биологические коллекции воспринимаются как нечто патриархальное, а их хранители — «пришельцами из прошлых времен». Еще трудней объяснить студентам, что работа с коллекциями до сих пор актуальна и может приносить не только моральное, но и чисто научное удовлетворение, а зачастую старые коллекции содержат в себе и открытия.

Я прекрасно помню, как впервые взял в руки раковину из коллекции Музея Демидова, переданной в 1804 г. для основания нашего музея. Казалось бы — обычная раковина, но ведь она прошла через столько рук и эпох! Она уцелела после нашествия наполеоновских войск, пожара, революций, Гражданской и Великой Отечественной войн, реорганизаций и переездов, при этом сохранила не только первозданную красоту, но и значимость — как экземпляра, за которым закреплено уникальное название биологического вида (к слову, ввел его в обиход первый директор Кабинета натуральной истории Г.И.Фишер в 1807 г.). В этом собрании раковин сохранилось

более 40 типовых экземпляров, с которыми навечно связаны уникальные биологические названия. Мировое научное сообщество долгое время считало, что коллекция Демидова полностью погибла, и лишь в 1991 г., благодаря ее новому описанию, она возродилась как феникс и до сих пор служит основному принципу «Международного кодекса зоологической номенклатуры» о стабильности названий видовой группы, принятых в зоологии.

Для меня (сейчас уже проработавшего более половины жизни с коллекциями) существенный перелом в их оценке произошел в беседах с профессором А.Н.Тюрюкановым. Он говорил: «Зоологические коллекции, впрочем, как и другие, — это не просто собрание разрозненных экземпляров, это зафиксированное время, и вы — не просто хранители коллекций, вы — хранители времени, вернее, всей полноты информации о времени». Каждый экземпляр



Раковина из коллекции Музея Демидова — одного из первых собраний Кабинета натуральной истории, а затем Зоологического музея.

уникален, это своего рода репер условий, из которых был изъят. Лишь ограниченность наших текущих целей, задач и методов исследований не позволяет извлекать всю полноту информации, заключенной в коллекциях, которыми мы обладаем.

Чрезвычайно сложна и запутана история коллекции филиппинских моллюсков Карла Семпера. Официально она считалась утраченной, и мой коллега из Зоологического института РАН А.В.Смирнов потратил несколько лет на тщетные поиски ее следов в европейских музеях. Каково же было его изумление, когда он увидел на полках нашего хранилища бесценные экспонаты — безногих голотурий с определениями Семпера! Вместе с тем было известно, что интересы Семпера не ограничивались голотуриями, он описал и значительную часть фауны наземных моллюсков Юго-Восточной Азии. Вот тогда и возникла мысль проверить, а нет ли у нас типовых экземпляров филиппинских моллюсков из коллекции Семпера. Догадка подтвердилась, и в результате были переописаны типовые экземпляры 22 видов филиппинских моллюсков. Неясно было только, как эта коллекция, «потерявшаяся в Европе», оказалась в нашем музее? Судя по всему, приобрел ее А.П.Богданов (дирек-

тор Зоомузея в 1863—1896 гг.) на одной из международных выставок в Москве (по их окончании часть экспонатов приобреталась для пополнения фондов российских музеев). Так и коллекция Семпера попала в наши фонды, ознаменовав целую эпоху российско-европейских отношений.

Да, мы храним время и все, что с ним связано. Наши коллекции отражают времена репрессий (среди этикеток можно найти записи — «в трех километрах к западу от санатория НКВД»), «железного занавеса» (в этот период нет ни одного поступления из Европы или Америки). И вдруг во времена брежневского застоя к сотруднику нашего университета Н.Н.Марфенину, который в то время работал в Брисбене, обратилась российская иммигрантка В.И.Хотовицкая с вопросом: «А нет ли у вас в стране музея, готового принять коллекцию раковин моллюсков, которую мы собирали вместе с мужем в течение нескольких десятилетий после нашего переезда из Харбина в Австралию?». Марфенин посоветовал обратиться в наш музей. Потребовалось более двух лет для соблюдения всех формальностей (были задействованы Министерства иностранных дел СССР и Австралии, наш торговый флот, таможенные службы обе-

их стран и т.д.) и подготовки коллекции к пересылке (этим почти месяц занималось Славянское сообщество Брисбена), и коллекция наконец достигла своего основного места хранения, увеличив наши фонды тропической фауны моллюсков чуть ли не вдвое.

Мы честно храним время! Иногда годами не востребуемые коллекции вдруг оказываются кому-то необходимы. К примеру, коллекции первых рейсов «Плавморнина» простояли на полках нашего музея безо всякого внимания (просто хранились) не менее полувека — до тех пор, пока раковины двусторончатых моллюсков из этой коллекции не послужили исследованиям Ю.И.Галкина для убедительных обоснований флуктуации температурных режимов водных масс в Арктическом бассейне.

В заключение добавлю немного грустного. В идеале каждый хранитель стремится, чтобы видовой состав группы или фауны определенного региона был представлен в коллекциях наиболее полно, но к идеалу можно лишь стремиться. Когда впервые возникла необходимость оценить размер воздействия катастрофы в Чернобыле на флору и фауну, выяснилось, что у нас в стране практически отсутствуют коллекции, которые можно считать реперными для



Раковины моллюсков из коллекции К.Семпера (слева) и собраний В.И.Хотовицкой.



диагностики условий, предшествующих катастрофе.

Не менее важный вопрос, на мой взгляд, — это уникальность большинства коллекционных собраний и их реальная стоимость. Безусловно, прогуливаясь, например, по Лосиному острову, я вполне могу собрать небольшую и весьма представительную коллекцию фауны данного небольшого района, и мои затраты на ее формирование будут практически равны нулю. Совсем другое дело — организация дорогостоящих целевых экспедиций: если число собранных экземпляров окажется край-

не малым, то цена каждого из них достигнет фантастических значений. Я уж не говорю о тех коллекциях, которые были добыты в научно-исследовательских рейсах Академии наук в советское время (особенно в рейсах научно-исследовательского судна «Витязь»), когда вообще не считались с расходами при исследовании максимальных глубин океана. В современных реалиях трудно ожидать, что подобные экспедиции могут быть повторены, и каждый экземпляр становится не просто уникальным, а бесценным и подлежит вечному хранению.

Так что же такое коллекции — прошлое или будущее, и какова их роль? Зоологической систематике, понятно, без них не обойтись, но и для многих других биологических дисциплин, которые так или иначе с ней связаны, коллекции необходимы для верификации результатов исследования (только так можно приблизить зоологию — науку описательную — к точным наукам). Вне сомнения, работа с коллекциями — это попытка сохранить время и информацию о нем, правда, для ее извлечения необходимо разрабатывать все новые и новые методы.

© Д.Л.Иванов,

кандидат биологических наук,
заведующий сектором беспозвоночных животных,
куратор коллекции моллюсков

Когда коллекций не бывает слишком много

В одной из недавних статей музеи с их коллекциями были названы «обсерваториями по наблюдению за биоразнообразием»¹. До недавнего времени под биоразнообразием, как правило, понимали совокупность таксонов либо природных сообществ. Но вот уже полтора десятилетия у этого преимущественно таксономического и экологического термина утвердилось еще одно значение — совокупность разных форм индивидуальных и групповых различий между организмами, выявляемых на основании морфологических признаков. Разумеется, морфологическое разнообразие начали изучать довольно давно; в свое время в русскоязычной литературе у него даже

было специфическое обозначение — «разнокачественность». Лишь недавно, когда разрабатывалась общая концепция биоразнообразия, это понятие было осознано англоязычным научным сообществом по-новому — как нечто, заслуживающее особого внимания и специального обозначения: не «разнообразие» (diversity), а «разнородность» (disparity).

Изучение изменчивости организмов во всех ее проявлениях — а именно это и есть морфологическое разнообразие — требует весьма специфической фактологической базы. Для диагностики таксонов достаточно единичных экземпляров, для определения границ между таксонами хватит десятков или сотен (если видовое разнообразие велико), а вот для полного анализа морфологического разнообразия нужны тысячи экземпляров. А это значит, что нужно собирать и многие годы

заботливо сохранять в музеях многотысячные коллекции, которые обретут научную значимость лишь тогда, когда их станет действительно много — настолько, что на основании их морфометрической обработки можно будет получить важные и интересные результаты о структуре морфологического разнообразия.

Важность собирания и хранения массовых коллекционных материалов была осознана биологами вместе с пониманием одной из ключевых идей дарвиновской модели эволюции: изменчивость организмов — материал для естественного отбора, а равно и результат его действия. Вызревание синтетической теории эволюции и тесно связанной с ней популяционной систематики происходило на фоне роста музейных коллекций, и это едва ли случайно. Накопление сравнительных материалов открывало все

¹ Cotterill F.P.D. The future of natural science collections into the 21st Century // Conferencia De Clausura. Actas Del I Simposio Sobre El Patrimonio Natural En Las Colecciones Públicas En España. Vitoria. 2002. P. 237—282.

больше сведений о разнообразии организмов, эти сведения позволяли ставить новые задачи, что обуславливало потребность в новых серийных материалах, и этот процесс шел непрерывно и по нарастающей.

Такая традиция в зоологии стала отчетливо оформляться на рубеже XIX–XX вв.; в териологии она была связана с переносом исследовательских акцентов с крупных млекопитающих на мелких. Пионерами в этом были американец Г.Миллер, англичанин О.Томас и наш соотечественник С.И.Огнёв, служивший при Зоомузее в 20–30-х годах прошлого столетия. Интерес Огнёва к изменчивости мелких млекопитающих, побудивший его собирать серийные (впрочем, отнюдь не по современным меркам) коллекции, вылился в интенсивные исследования по внутривидовой систематике¹. Традицию, заложенную Огнёвым, подхватили его многочисленные ученики и последователи, обеспечив массовый прирост териологических коллекций нашего музея. Так, в 20-х годах их суммарный объем не превышал 10 тыс. экземпляров, к концу 50-х он уже достиг примерно 60 тыс., еще через 20 лет — 100 тыс. и в настоящее время составляет более 200 тыс.

Такое развитие териологических коллекций Зоомузея во многом отражает основные направления исследовательской работы с ними. Первоначально (а во многом и по настоящее время) одной из ключевых тем была видовая и подвидовая структура (микросистематика) млекопитающих. Это направление в 50–60-х годах активно развивал В.Г.Гептнер — один из авторитетнейших советских териологов того времени, шеф-куратор сектора териологии. Он был привержен «широкой» по-

литипической концепции вида, и потому активно содействовал переводу и изданию у нас книг лидера этой концепции американца Э.Майра. Готовя к изданию тома серии «Млекопитающие Советского Союза», Гептнер «перелопачивал» массы коллекций; с неменьшим энтузиазмом он брался и за решение частных вопросов, касающихся внутривидовой изменчивости и систематики отдельных видов (некоторые полевки, песчанки). Многие его таксономические решения оказались опровергнутыми последующим развитием териологической систематики, но не потому, что он ошибался, а из-за того, что «маятник истории» просто качнулся в другую сторону и теперь более популярна «узкая» концепция вида.

Собственно исследования морфологического разнообразия млекопитающих в Зоомузее стала активно развивать О.Л.Россолимо, которая с середины 60-х годов возглавляла сектор териологии, а с 70-х почти 40 лет — весь музей. Ее интересовали в основном вопросы географической изменчивости — соотношения закономерностей и случайностей, причины сходства и различий в географических вариациях между разными видами, а в пределах видов — между разными признаками. Понятно, что без морфометрической обработки поистине огромных серийных материалов трудно было рассчитывать на получение сколько-нибудь значимых результатов: и действительно, докторская диссертация Россолимо основана на изучении многих тысяч экземпляров. В результате мы теперь имеем некоторое представление об основных типах географической изменчивости, об уровнях ее видовой и «признаковой» специфичности и т.п.

Не менее, а, скорее, более значимых результатов Ольга Леонидовна достигла на директорском посту. Так получилось, что почти вся «эпоха Россолимо» для Зоомузея стала временем ремон-



С.И.Огнёв.

тов, реконструкций, расширений, переездов. Ее энергия, организаторские способности, преданность музею и коллекциям — все это привело к тому, что за 70–80-е годы была полностью реконструирована экспозиция, фактически на треть увеличилась площадь музейных хранилищ, во многих из них была налажена новая система размеще-



В.Г.Гептнер.

¹ Результаты этих исследований отражены в фундаментальной огнёвской серии «Звери Восточной Европы и Северной Азии» (позже названной «Млекопитающие России и сопредельных территорий»).



О.Л.Россолимо.

ния коллекций, объем которых, естественно, вырос. Это, в свою очередь, стало стимулом для дальнейшего развития исследований структуры морфологического разнообразия, чем и занимаются достаточно плодотворно в настоящее время териологи

Зоомузея, используя изощренные статистические методы. В основе исследований лежит идея «преемственности» разных форм изменчивости, развиваемая автором этих строк и реализуемая на некоторых модельных видах молодыми коллегами — А.А.Лисовским и О.Г.Нановой. Как оказалось, разные виды различаются уровнем этой «преемственности», результатом чего становится разная структура их морфологического разнообразия. Теперь основная задача — выявление механизмов этой «преемственности», обуславливающих те или иные особенности видовой структуры морфологического разнообразия, а это уже задача для концепции «Evo—Devo» (популярное англоязычное обозначение эволюционной биологии развития).

В рамках указанного направления морфологическое разнообразие рассматривается, так сказать, в «глобальном» масштабе: берутся многие виды, их изменчивость исследуется на всей

протяженности их ареалов, независимо от их географического положения. На подходе не менее интересные и столь же многообещающие локальные исследования: их задача в том, чтобы проанализировать структуру морфологического разнообразия у видов, обитающих совместно на некоторой ограниченной территории. Фактологическая база для этого, похоже, уже во многом создана: в Зоомузее усилиями многих зоологов (прежде всего Б.И.Шефтеля) накоплены десятки тысяч экземпляров мелких млекопитающих, собранных в районах среднего течения Енисея. Теперь дело «за малым» — за увлеченным идеей человеком, который бы решился на эту огромную работу. В таком случае будут оправданы все усилия и затраты на сбор, препарирование и хранение коллекций — уже не «систематических», как их раньше обычно называли, а, скорее, «морфометрических». А их, действительно, «много не бывает»...

© И.Я.Павлинов,

доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник сектора териологии,
куратор коллекции млекопитающих

Пауки и люди

Коллекция пауков нашего музея велика и разнообразна: в настоящее время здесь хранятся сотни тысяч заспиртованных экземпляров, в том числе около 600 типовых, т.е. почти 20% от всех известных видов пауков, обитающих на территории бывшего СССР. И это, поверьте, совсем немало!

А началось все в 1860—1870-х годах с небольших покупок в Европе: 600 экземпляров пауков юга Германии были приобретены в Вене у В.С.Розенгауэра, и 220 — из Австралии и с островов Тихого океана, определенных известным немецким арах-

нологом Л.Кохом-младшим, — в Гамбурге, в Торговом музее Годафруа (куратор Й.Шмельц). Интересно, что В.А.Вагнер, который в 1880-х годах был начинающим арахнологом, обрабатывая московскую часть австралийской коллекции (большая ее часть хранится в Зоологическом музее Университета Гамбурга) разработал новую систему отряда пауков на основе строения их органов спаривания (копуляции). Особенности строения копулятивных органов стали принимать во внимание лишь в 1860-х годах и только для определения видовой принадлеж-

ности пауков. Вагнер предложил использовать этот подход для пересмотра всей системы отряда и тем самым опередил время почти на 80 лет. Следующая работа в этом направлении была выпущена лишь в 1967 (!) г.; ее автор — П.Лехтинен (знаменитый финский арахнолог, настоящий революционер в систематике пауков) — конечно же, цитирует статью Вагнера, благо она была опубликована на немецком языке.

Первая крупная коллекция пауков отечественной фауны собрана известным путешественником А.П.Федченко в Турке-



В.А.Вагнер.

стане и обработана в 1875 г. А.И.Кронебергом. Эти материалы (около 1200 экземпляров, из них 30 — типовые) хранятся в музее наравне с огромной коллекцией позвоночных и беспозвоночных животных, собранной Федченко в 1869—1872 гг. во время Туркестанской экспедиции, которая прошла Кызылкум, Кураминский хребет, Ферганскую долину и поднялась на Алайский хребет. Алексей Павлович трагически погиб в Альпах при восхождении на Монблан, разборкой коллекции и публикацией результатов занималась его жена О.А.Федченко.

До сих пор не разобрана небольшая (около 100 экземпля-

ров) коллекция пауков Закавказья, собранная Н.В.Насоновым (будущим академиком, директором Императорского Зоологического музея в Санкт-Петербурге). На многих бюксах сохранились старые печатные этикетки: «Закавказская экспедиция Императорского Общества Любителей Естествознания 1885 года».

Позднее с коллекцией пауков работали П.Р.Фрейберг (1890-е годы) и Н.С.Грезе (1900-е годы), а также С.В.Покровский (1900—1930 гг.). Они обработали обширные сборы пауков Подмосковья, Нижегородской губернии, Заволжья, окрестностей Екатеринослава и северных районов России (полуостровов Канин Нос и Ямал). Далеко не все из них были разобраны и определены полностью. Так, коллекция пауков Кавказа и Закавказья, собранная А.М.Завадским в 1900-х годах, описана лишь в одной предварительной публикации. Никаких других работ за этим не последовало, хотя сохранились этикетки, свидетельствующие об определении многих видов пауков, но кем именно, установить пока не удалось.

В послереволюционные годы в музей поступили пауки из Московской (сборы С.В.Покровского и В.И.Перелешинной) и Тверской областей (сборы Покровского), а также из Белоруссии и Украины (сборы Перелешинной). В Тверской обл. собирались со-



А.П.Федченко.

здавать заповедник, но из-за организационной неразберихи он появился в 1930 г. не в Бельском уезде, где провели комплексную экспедицию по изучению района, а в Нелидовском.

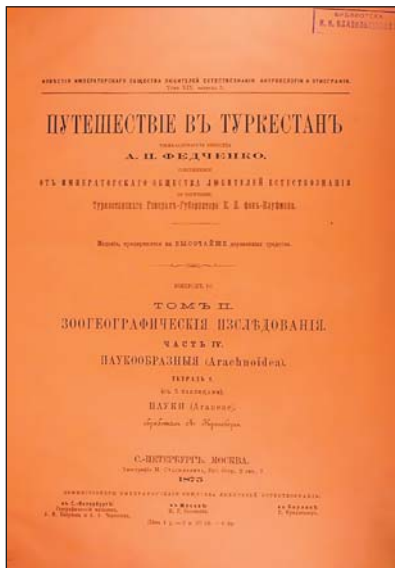
Одна из крупных коллекций музея собрана Перелешинной (Сычевской) на Камчатке в начале 1930-х годов — свыше 1500 экземпляров, в числе которых редкие и новые для науки виды пауков. Некоторые коллекции так и не были разобраны, например, сборы той же Перелешинной из Туркмении (1929.) и окрестностей Хабаровска (1931).

К концу 1930-х годов арахнологическая активность в Зоомузее затухает. Последние инте-



Фрагменты коллекций пауков: австралийско-тихоокеанской (слева) и туркестанской А.П.Федченко.

Фото А.В.Мартынова



Титульный лист книги А.И.Кронеберга.

ресные сборы, поступившие в это время, — небольшая коллекция пауков Наурзумского заповедника (сборы Покровского, материалы не опубликованы).

В послевоенное время пауками в Зоомузее долгое время никто не занимался. Из знаменательных событий того периода можно отметить лишь поступление от Сычевской сборов пауков из окрестностей Душанбе (Таджикистан) и приезд в 1967 г. чешского арахнолога Яна Бухара для работы с коллекцией пауков-волков семейства Lycosidae.

Исторически в нашей стране сложились три основные

арахнологические школы. Старейшая из них связана с Пермским университетом, где работал классик отечественной арахнологии Д.Е.Харитонов. В Санкт-Петербурге существовало две ветви арахнологической школы: морфолого-анатомическая В.М.Шимкевича (конец XIX — начало XX в.) и таксономическая В.П.Тыщенко (1970—1980 гг.). Московская арахнологическая школа, основанная А.П.Богдановым и его учениками, активно развивалась до 1940-х годов. После почти 40-летнего перерыва она возродилась на базе кафедры энтомологии Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, кафедры зоологии тогдашнего Московского государственного педагогического института им.В.И.Ленина и в нашем музее.

В Зоологическом музее я начал работать в качестве куратора арахнологической (кроме клещей) коллекции, будучи еще студентом, в самом начале 1980-х годов. После окончания МГУ пять лет был экскурсоводом и в 1988 г. стал младшим научным сотрудником. При мне отдел беспозвоночных переехал в новое просторное помещение. Из деревянного шкафа коллекции пауков были перемещены на металлические стеллажи, где хранятся и поныне. Работая со старыми, пересохшими материалами, приходилось размачи-



В.И.Перелешина (Сычевская).

вать их по специальным методикам и переводить в спиртовое хранение, вести картотеку типовых экземпляров и т.д. Впрочем, эта работа бесконечна и до сих пор не завершена... Поступали и новые материалы, объем коллекции рос очень быстро — к середине 1980-х годов удалось даже перегнать коллекцию Зоологического института (ЗИН) АН СССР (Зоомузей МГУ всегда старался соревноваться с ЗИНОм, но оспорить его лидерство удалось, пожалуй, только по паукам). Произошло даже некоторое «затоваривание» хранилища разобранными и неразобранными коллекциями и ти-



Фрагменты закаспийской (слева) и типовой коллекций пауков.

Фото А.В.Мартынова

повыми экземплярами, и только к настоящему времени удалось навести порядок.

На основе «Каталога пауков территорий бывшего СССР» (1997), который в настоящее время готовится к переизданию, создана картотека — база данных, в которой собраны все когда-либо опубликованные литературные сведения по систематике и географическому распространению пауков России и сопредельных стран. Любой арахнолог может получить консультацию и в созданном на

базе Зоомузея справочно-информационном центре, где содержится информация как по коллекции самих пауков, так и по литературе о них — множество монографий, полные комплекты основных зарубежных арахнологических журналов, сотни и даже тысячи оттисков. При поддержке Зоомузея с 1992 г. выходит специализированный англоязычный журнал «Arthropoda Selecta», в котором публикуются работы по паукообразным, ракообразным и многоножкам.

В 1980-х годах выросло новое поколение арахнологов в Москве и в Ленинграде (А.А.Зюзин, К.Ю.Еськов, В.И.Овчаренко, А.В.Танасевич, Ю.М.Марусик, Д.В.Логунов и др.), в Перми (С.Л.Есюнин) и в других регионах (П.М.Дунин, А.В.Пономарев, С.Н.Данилов). В наши дни формируется очередное поколение арахнологов, имена которых даже трудно перечислить. За ними «присматривают» старшие арахнологи — обучают, вытаскивают на зарубежные стажировки, конференции и т.д.

© К.Г.Михайлов,

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник сектора беспозвоночных,
куратор коллекции паукообразных

Бабочки — мир разнообразия и красоты

Исключительно разнообразный мир чешуекрылых особенно хорошо представлен в нашей стране в Зоологическом музее Санкт-Петербурга, в нашем и в молодых зоомузеях Института систематики и экологии животных в Новосибирске и Биолого-почвенного института во Владивостоке, созданных после Великой Отечественной войны. Наши коллекции начали формироваться после петербургских, которым и уступают по объему фонда. Петербург стал пристанищем энтомологических материалов, добытых многими экспедициями XIX в., а в начале XX в. туда была передана частная коллекция бабочек великого князя Николая Михайловича, лущая в России.

В нашем музее ранние энтомологические коллекции, в конце XVIII в. входившие в собрание Кабинета натуральной истории, погибли, видимо, в пожаре в 1812 г. В том собрании, как учтено в сохранившейся описи, были экземпляры 711 видов ев-

ропейских и тропических насекомых. Новую коллекцию начал формировать Г.И.Фишер фон Вальдгейм. В ватном хранилище и сейчас можно увидеть ряд остекленных сверху и снизу маленьких коробок, которые относят к фишеровскому времени. Так это или нет, сказать трудно: точно можно было бы установить по датам, когда входили в обиход латинские названия на коробках. Но это требует специального исследования, почти расследования. Правда, косвенной подсказкой может служить форма хранения — она архаична. В таких же коробочках хранилась коллекция бабочек Э.-Й.-Х.Эспера (1742—1810) в Зоологическом собрании Баварского государства (Мюнхен).

Фондовая коллекция бабочек, построенная по систематическому принципу, — собрание международного класса, насчитывающее около 600 тыс. экземпляров. Это только наколотые и расправленные, не считая тех, что находятся в пакетиках

и на вате и хранятся примерно в 25 шкафах.

Особая гордость музея — типовые экземпляры, по которым были описаны новые виды. Каждый музей, обладающий такими экземплярами, несет ответственность за их открытость для исследования учеными всего мира. Эталоны хранятся отдельно, снабжены красными этикетками и поименованы в каталогах. В нашем музее содержатся типовые экземпляры 170 таксонов. Первая публикация¹, в которой отражена информация о 91 таксоне, вышла в свет в 1981 г., а следующая² — в 2005-м.

¹ Антонова Е.М. Типовые экземпляры Lepidoptera, хранящиеся в коллекциях Зоологического музея МГУ // Сб. трудов Зоологического музея МГУ: Насекомые (исследования по фауне Советского Союза). 1981. Т.19. С.208—227.

² Свиридов А.В. Коллекция Зоологического музея МГУ: Каталог номенклатурных типов чешуекрылых (Lepidoptera), описанных после 1952 г. // Бюлл. Московск. об-ва испытателей природы. Отд. биол. 2005. Т.110. Вып.2. С.31—43 (79 таксонов, описанных после 1952 г.).



Коллекция Л.К.Альбрехта.

Несомненный лидер по числу новых таксонов, типы которых хранятся в музее, — известный русский лепидоптеролог Н.Г.Ершов (1837—1896). Он обработал огромное количество чешуекрылых, собранных в 1869—1872 гг. знаменитым исследователем Средней Азии А.П.Федченко (1844—1873). Ершов снабдил музей типами 86 новых, описанных им, таксонов видовой принадлежности. Ре-

зультат непревзойденный в нашей истории!

У нас имеются бабочки почти всех семейств отряда — от мельчайших молей до совков, в числе которых есть самая крупная среди чешуекрылых — тизания Агриппина (*Thysania agrippina*) с размахом крыльев до 30,5 см. Кстати замечу: размах крыльев мельчайшей из чешуекрылых — моли *Stigmella ridiculosa* с Канарских о-вов —



Коллекция бабочек из Бразилии, подаренная А.П.Генераловым.

всего около 2 мм. Но с той поры как ЗИН с его музеем начал специализироваться на изучении молей, огневок и листоверток, т.е. низших, или микрочешуекрылых, наш музей старался ориентировать поток их поступлений в Санкт-Петербург, оставляя себе еще малопознанную группу высших, или макрочешуекрылых.

Одна коллекция особенно удивляет совершенством оформления и количеством экземпляров — их более 80 тыс. Хранится она отдельно, как целое. Это — самая большая бывшая частная коллекция бабочек в нашей стране¹. Ее собрал и оформил путешественник, коллекционер и знаток чешуекрылых, инженер фабрики «Природа и школа», изготовлявшей школьные коллекции, А.В.Цветаев (1903—1980). Его собрание бабочек, завещанное музею, состоит в основном из экземпляров, добытых в нашей зоогеографической области — Палеарктике. Именно в этой специализации ценность цветаевской коллекции для исследователей Палеарктики и фауны нашей страны.

Местная фауна чешуекрылых представлена в музее еще и подмосковными бабочками. Кстати, это собрание имеет большое значение в создании Красных книг области и города. Находятся эти экземпляры в систематической коллекции. Но есть и нечто необыкновенное — мемориальная коллекция бабочек Московской губернии, собранная коллекционером-любителем и исследователем, виолончелистом и композителем Л.К.Альбрехтом (1844 — ок. 1900). Сейчас она занимает почти два шкафа!

Очень хороши экзотические коллекции, одна из них занимает целый шкаф. Это южноамериканские пяденицы Н.Ф.Икон-

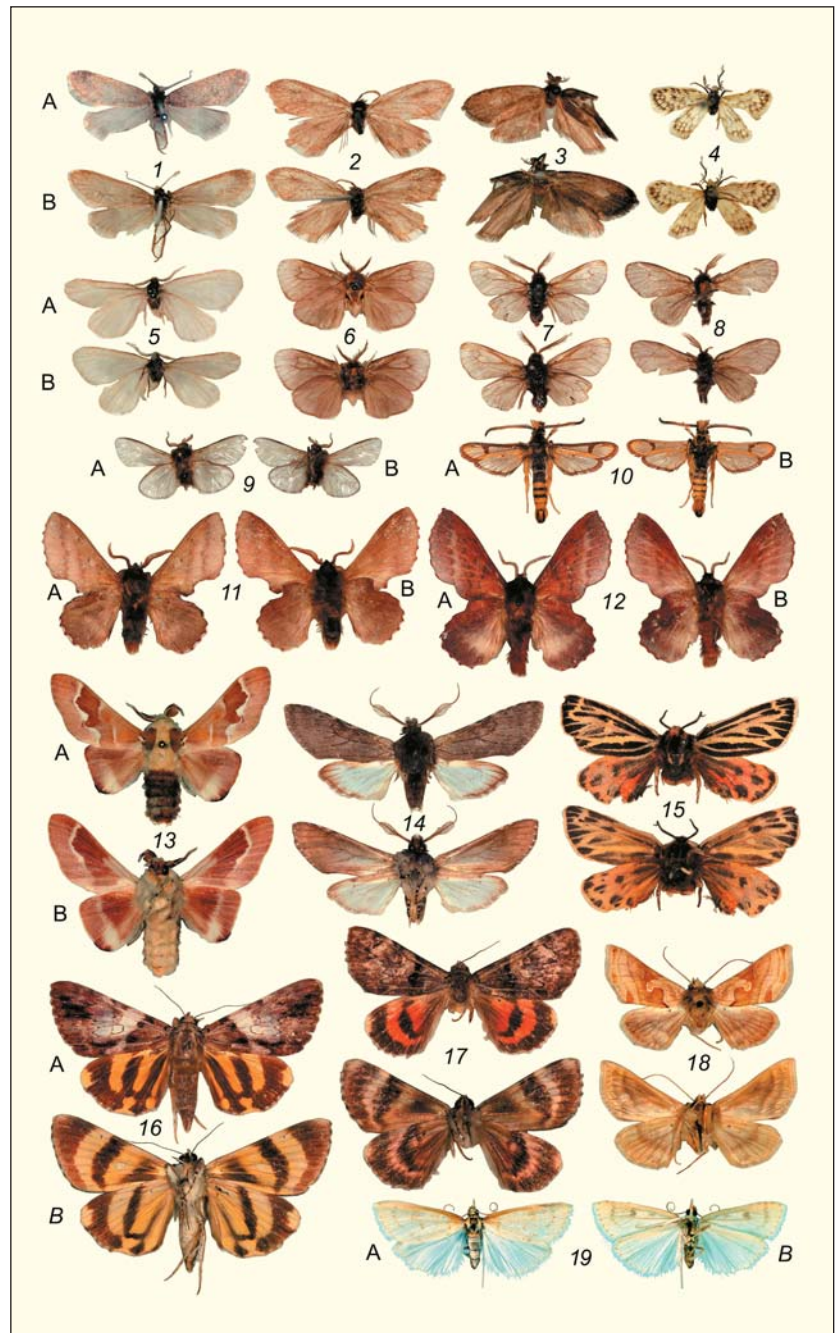
¹ Самая крупная в мире коллекция — около 2 млн 250 тыс. экземпляров бабочек — принадлежит лондонскому Британскому музею. Основа ее была завещана финансистом, британским банкиром У.Ротшильдом.

никова (1885—1970), часть которых определена М.Й.Бастельбергером. Кроме того, имеется небольшое отлично оформленное собрание дневных бабочек из Южной Америки, подаренное нам биологом по образованию, натуралистом и бизнесменом А.П.Генераловым. У нас, по счастью, не перевелись те немногие, кто придерживается лучших традиций отечественного меценатства.

По сей день в музей продолжают поступать новые виды. Нередко их привозят из дальних странствий, но немалое число открывают, занимаясь ревизией коллекционных групп. Так, в коллекции Цветаева был обнаружен собранный им в Приморье ногохвост (*Dicranura tsvetajevi*), которого назвали в честь сборщика. Стоит еще указать двух замечательных орденских лент — *Catocala solntsevi* (вид из Вьетнама, первый из группы орденских лент) и *C.dariana* (из Афганистана). Номенклатурные типы (голотипы) этих видов были обнаружены в материале, подаренном музею. Третий вид, новый для науки, мы отыскали в больших коллекционных сериях в Германии, откуда ценные паратипы были переданы в целый ряд национальных музеев мира, включая наш музей.

В создание коллекций вложены титанические усилия не одной тысячи сборщиков и не одной сотни дарителей, труд кураторов, отвечающих за сохранность собраний, пополнение и доступ к ним сторонних специалистов, студентов и др. Музей продолжает выпускать каталоги и сводки по типовым экземплярам.

Наши коллекции использовались при пересмотре систематики многих групп чешуекрылых как отечественными учеными, так и зарубежными. По сути, это наилучшее справочное пособие для определения (идентификации) бабочек. Без этого собрания чешуекрылых невозможно было бы заниматься созданием «Красной книги Рос-



Типовые экземпляры бабочек. №14 — ногохвост Цветаева (вид сверху и снизу); №16 — орденская лента Солнцева.

сийской Федерации» и других государственных и региональных Книг и списков.

Существует мнение, что изучение чешуекрылых завершилось. Вопреки ему сейчас с российской территории описывается больше новых видов и подвидов, чем, например в 1970—1980-х годах. Добываются мате-

риалы и во время экспедиций в малоизученные регионы нашей страны, а описания выполняют сотрудники сектора энтомологии. Все это пополняет его типовую коллекцию, а значит, есть еще что изучать.

Коллекция бабочек проходит порой через непростые для нее времена, но все же она жи-

вет. Мы стараемся, насколько это возможно, сохранять ее высокий, хорошо известный и почитаемый в мире статус. За ней осуществляется непростой

уход, ее приходится реконструировать, чтобы сохранить коллекцию как функционирующую поисковую и диагностическую систему. Но, поверьте моему бо-

лее чем 40-летнему опыту работы с ней, сейчас, как никогда, это замечательное собрание требует серьезной технической помощи.

© А.В.Свиридов,

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник сектора энтомологии,
куратор коллекции чешуекрылых

Вымершие организмы

Палеонтологические находки — не традиционные объекты исследований в Зоомузее. Тем не менее мы в сотрудничестве с Палеонтологическим институтом им.А.А.Борисяка РАН и некоторыми зарубежными музеями изучаем вымерших насекомых, остатки которых сохранились в ископаемых смолах (янтарях) и в отложениях разных возрастов. В отличие от исследований современных групп животных, позволяющих судить лишь об относительно небольшом временном срезе, анализ палеонтологических материалов дает ценную информацию о вероятных путях эволюции, приведших к современным формам, о филогенетических связях между таксонами и расширяет понимание облика фаун и экосистем прошлого.

В сравнительно поздних ископаемых смолах кайнозойской эры характерны находки насекомых, отличающихся от современных форм в основном на видовом или родовом уровне. Так, в наиболее «молодом» (около 20 млн лет) янтаре, найденном в Доминиканской Республике, были обнаружены новые для науки виды роющих ос *Trypoxylon electrum* и *Pison antiquum*, которые оказались близки некоторым современным видам этих родов, распространенным в Новом Свете. Из балтийского янтара возрастом 40 млн лет был описан еще один вид — *Pison electrum*, современные сородичи которого встречаются

сейчас только в Неотропической области.

Осы нового рода *Rovnoecus*, занимающего промежуточное положение между верхнеэоценовым родом *Eopinoecus* из балтийского янтара и среднеэоценовым родом *Palarpactophilus* из саксонского янтара, обнаружены в янтаре, добытом в карьерах Ровенской обл. (Украина). Тот же верхнеэоценовый ровенский янтарь стал источником еще более ценной находки: в прошлом году был описан новый род *Protomicroides*, выделенный в новую для науки трибу¹ *Protomicroidini*. Уникальность этой находки в том, что она помогла пролить свет на происхождение близкой ей трибы *Oxybelini*. Известно, что современные представители этого таксона — обитатели почв (террабионты) аридных районов, что объясняет отсутствие ископаемых корней у *Oxybelini*. Находка его родственников в янтаре (т.е. в деривате дерева) позволяет предполагать, что исходно предки *Oxybelini* были ксилобионтами, т.е. были связаны с деревьями.

Ископаемые роющие осы обнаружены и в самых древних меловых (относящихся к ме-

зойской эре) янтарях, добытых на побережье Нью-Джерси (США) и в долине р.Хаконг в Бирме (ныне Мьянма).

Основу немногочисленной ископаемой (~90 млн лет) фауны, заключенной в нью-джерсийском янтаре, составляют представители подсемейства *Pemphredoninae*. В частности, из этих смол были описаны один из наиболее архаичных родов трибы *Spilomenini* — *Psolimena*, близкий к роду *Lisponema*, описанному ранее из верхнемелового канадского янтара (~80 млн лет), а также новая для науки триба подсемейства *Pemphredoninae*, филогенетически не только находящаяся в основании трибы *Spilomenini*, но и близкая к гипотетическому предку всего подсемейства.

Фауна роющих ос из бирманского янтара (~100 млн лет) представляет особый интерес, так как в основном включает наиболее генерализованных (не специализированных) представителей этих перепончатокрылых семейства *Ampulicidae*. В настоящее время это сравнительно малочисленная группа ос, охотящихся на тараканов, которые были широко представлены в меловом периоде. В то же время, прямые связи *Ampulicidae* из бирманского янтара с современными формами не прослеживаются. Напротив, описанные новые для науки таксоны (три трибы, три рода и четыре вида) более специализированы, нежели

¹ Триба (от лат. *tribuo* — делю, разделяю) — таксономическая категория в систематике растений и животных, занимающая промежуточное положение между подсемейством и родом. Применяется для объединения близких родов. — *Примеч. ред.*

современные представители семейства.

Из бирманского янтаря были также описаны два новых для науки рода и вида, отнесенные к семейству Crabronidae: *Prolemistus apiformis* был отнесен к современной трибе Pemphredonini, а *Cretospilomena familiaris* — к Spilomenini. Вторым случаем представляет наибольший интерес, так как в одном куске янтаря было обнаружено сразу девять экземпляров хорошо сохранившихся самок одного вида. Это может свидетельствовать если не об эусоциальном (общественном), то, как минимум, о просоциальном образе жизни этого вида, а также об очень раннем и неоднократно возникновении социальности на пути эволюции роющих ос в целом.

Кроме представителей семейств роющих ос Ampulicidae и Crabronidae в бирманском янтаре были также обнаружены три экземпляра, сочетающие в себе как архаичные, так и высокоспециализированные признаки и описанные в ранге новых для науки подсемейств (предположительно, близких к Crabronidae), систематическое положение которых до сих пор остается неясным.

В целом же фауна роющих ос из бирманского янтаря может быть описана как эволюционный всплеск разнообразия, достигшего своего пика к верхнему мелу; впоследствии эти насекомые исчезли, подобно своим современникам динозаврам, не оставив потомков, приведших к современным формам.

По понятным причинам в ископаемых смолах встречается ограниченный набор таксонов, в частности ос. Преимущественно это либо мелкие насекомые, сдуваемые ветром, либо ксилобонтные формы роющих ос, которые прячут добычу в склад-



Застывшая в ровенском янтаре самка нового вида *Protomicroides sororius*, описанного автором в 2010 г.

Фото автора

ках коры (Ampulicidae), устраивают гнезда в стволах деревьев (Crabronidae: Crabroninae, Pemphredoninae) или собирают смолистые выделения для изготовления перегородок в линейных гнездах (Crabronidae: Pemphredoninae). Соответственно, такие находки не только ограничены по таксономическому составу, но и предоставляют сравнительно небольшую информацию относительно своего экологического окружения.

Другое дело ископаемые материалы, добытые из отложений разного возраста. Таковы насекомые из прибрежных эоцено-олигоценых (~35 млн лет) отложений о.Уайт (Великобритания), комплексным изучением которых занималась международная группа специалистов. Кроме наиболее многочисленных муравьев в этих отложениях было обнаружено 13 экземпляров жалящих перепончатокрылых (в большей или меньшей степени сохранности), отнесенных к 11 родам из семи семейств (Bethyidae, Vespidae, Tiphiidae, Scoliidae, Sphecidae, Crabronidae, Apidae). Результатом изучения

этих материалов стало описание двух новых для науки подсемейств из семейств Tiphiidae и Scoliidae, уникальной архаичной трибы из семейства Sphecidae, а также девяти родов и пяти видов ос и пчел. Кроме того, анализ ископаемой фауны показал, что на границе эоцена и олигоцена на о.Уайт произрастала богатая субтропическая растительность, а ландшафт сочетал в себе леса и лесостепи с травянистыми растениями, имевшими цветки с глубоко расположенными нектарниками.

Всего за 15 лет исследований автор этих строк описал из коллекций Британского музея (Лондон), Национального естественно-исторического музея США (Вашингтон), Американского музея естественной истории (Нью-Йорк), Университета штата Орегон (Корваллис) и Института зоологии Национальной академии наук Украины (Киев) 49 ископаемых таксонов, включая четыре новые для науки подсемейства, пять триб, 20 родов и 20 видов жалящих перепончатокрылых насекомых, в основном роющих ос.

© А.В.Антропов,

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник сектора энтомологии,
куратор коллекции перепончатокрылых

Новые находки в старой коллекции

Первые экземпляры рыб были переданы в зоологическую коллекцию при Московском университете еще в 70-х годах XVIII в. графом А.С.Строгановым. До наших дней они, к сожалению, не сохранились, как и другие чучела рыб, изготовленные в XVIII — начале XIX в. и со временем пришедшие в полную негодность. Из наиболее древних экспонатов (их число к 1862 г. составило всего 262 экз.) сейчас остались лишь единицы. Многие из них представляют несомненный исторический интерес, как, например, каспийская минога (*Caspiomyzon wagneri*), пойманная в мае 1850 г. в Москве-реке известным зоологом К.Ф.Рулье в бытность его директором Музея. Этот экземпляр, как и другие сборы из ихтиологической коллекции конца XIX в., был использован ассистентом Московского университета В.И.Грациановым при подготовке первой русскоязычной монографии по рыбам России «Опыт обзора рыб Российской империи в систематическом и географическом отношении» (1907). Тот же экземпляр послужил для описания нового рода и вида, не получивших, однако, признания в научной литературе.

Стараниями нескольких поколений российских ученых и музейных хранителей, о которых можно подробнее узнать в книге, посвященной 200-летию Зоологического музея¹, изначально скромная коллекция рыб превратилась в обширное собрание научных материалов. По богатству видового состава и количеству экземпляров современная ихтиологическая коллекция нашего музея уступает лишь коллекции Зоологического института РАН в Санкт-Петербурге (ЗИН) и входит в первую десятку подобных собраний в музеях мира. Со 132 экз. рыб в начале XVIII в. объем коллекции в XXI в. перевалил за 22 тыс. инвентарных номеров хранения. Каждый из них представляет собой выборку рыб одного вида, собранных одновременно в одном месте. Число экземпляров в ней варьирует от одного до нескольких десятков и даже сотен. Кроме этого, в фондах музея имеются еще не определенные коллекции и материалы, находящиеся в научной обработке, а значит, не поставленные на постоянный учет.

Эта огромная коллекция, скрытая от посетителей музея,

¹ Два века в коллекциях Зоологического музея МГУ / Ред. О.Л.Россолимо. М., 1991.

предназначена для специальных исследований ихтиологами, хотя в наши дни к ней, к сожалению, обращаются нечасто. А ведь эти материалы могут послужить для решения самых разных научных проблем. Об одном из примеров успешных исследований коллекций и его неожиданных результатах я и расскажу.

В 2009 г. в план моих исследований входил анализ морфологической дивергенции барабулек из Черного и Средиземного морей. Барабульки, или султанки, — небольшие рыбки с удлиненным, несколько сжатым с боков телом, покрытым крупной чешуей, большой, круто срезанной спереди головой, почти плоским брюхом и характерными двумя длинными усиками на подбородке. У этих рыбок очень вкусное и нежное мясо, поэтому их издревле промышленяли у берегов Средиземного моря. По преданию, в Древнем Риме крупные султанки оплачивались равным им по весу количеством серебра². Эти рыбы постоянно привлекали внимание и ихтиологов, которые в наши дни признают четыре-пять видов барабуль рода *Mullus*. Я планировала провести анализ внутри- и межпопуляционной изменчивости разных морфологических признаков и окраски, чтобы оценить уровень дивергенции от средиземноморских популяций черноморских барабуль, традиционно выделяемых в особый подвид *M.barbatus ponticus*. Я собиралась также сопоставить эти различия с дивергенцией между разными видами рода. Для этого были необходимы музейные коллекции, поскольку собрать новый материал я могла только из Черного моря.

² Васильева Е.Д. Рыбы Черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов, с цветными иллюстрациями, собранными С.В.Богородским. М., 2007.



Черноморская султанка *Mullus barbatus*.

Фото С.В.Богородского

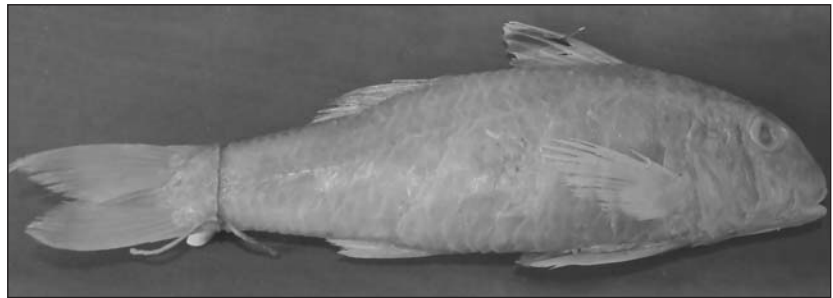
Помимо внешних морфологических признаков я собиралась изучить также и изменчивость числа пилорических придатков¹. Число придатков может варьировать у разных особей одного вида, однако нередко диапазон изменений у близкородственных видов рыб различен и служит важной диагностической характеристикой. К сожалению, анализ этого признака на музейных коллекциях сопряжен с необходимостью надрезать брюшко фиксированных особей. Внутренние органы у таких рыб нередко оказываются частично мацерированными, и тогда точно посчитать число придатков не удастся.

Однако исследовать этот признак было необходимо — еще в начале 1950-х годов А.Виршубский считал его важной характеристикой для различения двух видов барабуль Средиземноморского бассейна: *M.surmuletus* и *M.barbatus*². Для первого вида этот автор приводил 20—28, а для второго — от 13 до 19 пилорических придатков. Отмечал он и ряд промежуточных форм, особенно среди молодых рыб, у которых может быть несколько меньше придатков. Поэтому А.Н.Световидов, автор фундаментальной монографии по рыбам Черного моря³, руководствуясь тем, что приведенные Виршубским «пределы колебаний количества пилорических придатков соприкасающиеся», не считал возможным оценить характер изменчивости данного признака. Тем не менее он отметил, что черноморская султанка по данному признаку относится к *M.barbatus*.

¹ Пилорические придатки — слепо оканчивающиеся выросты кишечника, служащие у многих рыб для увеличения его пищеварительной поверхности и нейтрализации пищи при переходе ее в щелочную среду кишечника из кислой среды желудка.

² Wirszubski A. On the biology and biotope of the red mullet *Mullus barbatus* L. // Sea fish. Res. Stat. Bull. 1953. №7. P.1—20.

³ Световидов А.Н. Рыбы Черного моря. М.; Л., 1964.



Барабуля, пойманная у берегов западной Африки. Типовой экземпляр описанного подвида *Mullus argentinae africanus*. Коллекция музея.

Фото Р.А.Назарова

На материалах из коллекции Зоомузея я посчитала число пилорических придатков у 34 экз. черноморской султанки, пойманных у берегов Феодосии, Новороссийска и Севастополя. Меньше всего придатков (8) оказалось у двух рыб с длиной тела 10.4 и 12.2 см (из-за плохой сохранности внутренних органов правильность оценки вызывает сомнения), а больше всего (17) — у пяти рыб с длиной тела 10.7—11.5 см. У *M.barbatus* из Средиземного моря и Атлантики минимальное число придатков (8) обнаружено у 21-сантиметровой особи от берегов Алжира, а максимальное (19) — у более крупного экземпляра (длина 23.8 см) из этого же района. В то же время среди 22 изученных особей *M.surmuletus* минимальное значение (13) выявлено у экземпляра неизвестного происхождения и всего 6.8 см длиной. У всех остальных рыб даже при плохой сохранности внутренних органов их было явно больше 16, обычно — более 20 (до 27). Эти данные, как и результаты Световидова⁴, подтверждают значительную дивергенцию *M.barbatus* и *M.surmuletus* по числу пилорических придатков, несмотря на определенную степень перекрытия видовых диапазонов. Подтверждается и отмеченная ранее тенденция: с возрастом число придатков увеличивается.

Самый же удивительный результат дал подсчет пилорических

придатков у четырех экземпляров барабуль, пойманных в 1964—1975 гг. у берегов Западной Африки. Эти особи изначально были определены сборщиками как полосатая барабуля (*M.surmuletus*) — из-за характерной черной или темно-коричневой полосы на первом спинном плавнике и прежних представлений о распространении разных видов рода *Mullus*⁵. Однако выяснилось, что количество придатков у них варьирует от пяти до девяти, при том, что длина этих рыб не меньше 24.1 см, а внутренние органы хорошо сохранились. При дальнейших исследованиях барабуль из коллекций нашего музея и музея ЗИНа выяснилось, что эти рыбы наиболее близки не к *M.surmuletus*, а к виду *M.argentinae*, обитающему в юго-западной Атлантике — у берегов Бразилии, Уругвая и северной Аргентины. Однако по морфологическим характеристикам барабули из коллекций заслуживают выделения в особый подвид — африканская барабуля (*M.argentinae africanus*). Так, исключительно по коллекционным материалам нашего музея, был описан новый подвид⁶.

Кроме того, из результатов исследований музейных бара-

⁵ Васильева Е.Д. Значение морфологических признаков и окраски для диагностики видов рода *Mullus* (Mullidae, Perciformes), оценки таксономического статуса популяций и пересмотра ареалов // Вопросы ихтиологии. 2011. Т.51. №1. С.19—33.

⁶ Там же.

⁴ Там же.

буль из Черного моря следовало, что все они относятся к одному виду — *M.barbatus*. Сведений, подтверждающих обитание в Черном море второго вида — *M.surmuletus* — нет. Очевидно, в списках фауны Черного моря он появился из-за ошибок в определении видовой

принадлежности отдельных особей султанки.

История с барабулями — достаточно обычный случай обращения к музейным коллекциям в исследованиях по таксономии и зоогеографии рыб. В наши дни роль музейных коллекций существенно возрастает.

Это связано с необходимостью сохранения и доступности для последующего изучения ваучерных экземпляров животных. Именно от них берут ткани для молекулярно-генетических и кариологических исследований, используемых в современной систематике.

© Е.Д.Васильева,

доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник,
заведует сектором ихтиологии

Амфибии и рептилии в фондах музея

Герпетологические коллекции нашего музея — одно из наиболее крупных собраний земноводных и пресмыкающихся отечественной и зарубежной фаун. По значимости наши научные фонды занимают второе место после коллекции Зоологического института в Санкт-Петербурге.

Первые сведения о коллекции ящериц содержатся в изданном в 1822 г. описании «Museum historia Naturalis Universitatis Caesareae Mosquensis. Mosqua»¹. Тогда в ней числилось всего 12 экземпляров, принадлежащих девяти видам. В XIX в. большая часть видов рептилий вначале поступала от Московского общества испытателей природы (МОИП). В дальнейшем коллекции пополнялись за счет материалов, собранных экспедициями Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии (ОЛЕАЭ) и приобретенных на его средства, а также благодаря пожертвованиям преимущественно членами Общества. В 1872 г. в музей поступили 13 экземпляров пресмыкающихся, добытых экспедицией А.П.Федченко в Туркестане, а остальные были переданы А.А.Штрауху, будущему директору Зоологического музея в Санкт-Петербурге.

¹ Кулагин Н.М. Списки и описание коллекции земноводных и пресмыкающихся музея // Изв. любителей естествознания, антропологии и этнографии. Т.56. Вып.2.



Ящурка Штрауха из герпетологической коллекции музея.

Коллекция Федченко вместе с другими сборами из Туркестана впоследствии была обработана А.М.Никольским, и результаты вошли в опубликованную после смерти Штрауха книгу «Herpetologica Turanica» (1899; в серии «Путешествия А.П.Федченко в Туркестан»). По-видимому, позд-

нее часть материалов из Санкт-Петербурга вернули в Зоологический музей Московского университета, так как в инвентарной книге пресмыкающихся записано по крайней мере около 70 экземпляров. В музее Годафруа в Гамбурге были куплены сцинковые ящерицы из Австралии (25 экз.), и за 25 лет (до 1888 г.) коллекция ящериц выросла на 197 экз. (95 видов). Самое ценное приобретение музея в этот

позднее часть материалов из Санкт-Петербурга вернули в Зоологический музей Московского университета, так как в инвентарной книге пресмыкающихся записано по крайней мере около 70 экземпляров. В музее Годафруа в Гамбурге были куплены сцинковые ящерицы из Австралии (25 экз.), и за 25 лет (до 1888 г.) коллекция ящериц выросла на 197 экз. (95 видов). Самое ценное приобретение музея в этот



Агамура-носорог — ящерица из семейства гекконов (слева) и новый вид геккона *Cyrtopodion sistansensis*. Иран.

Фото Р.А.Назарова

период — спиртовой экземпляр гаттерии (*Sphenodon punctatus*), приобретенный ОЛЕАЭ на средства С.П.Дервиза у В.Фрича в Праге. До настоящего времени дожили только два вида этого «живого ископаемого» и сохранились они лишь на некоторых островах Новой Зеландии.

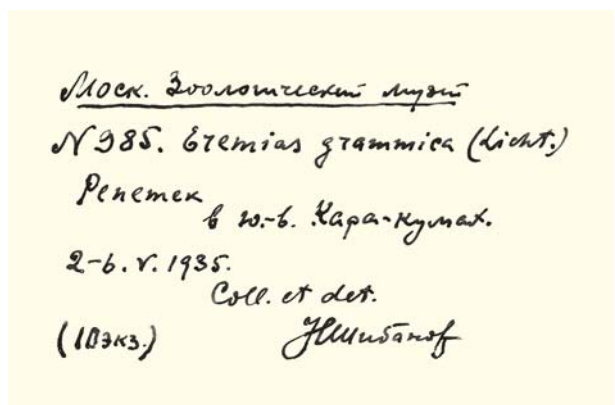
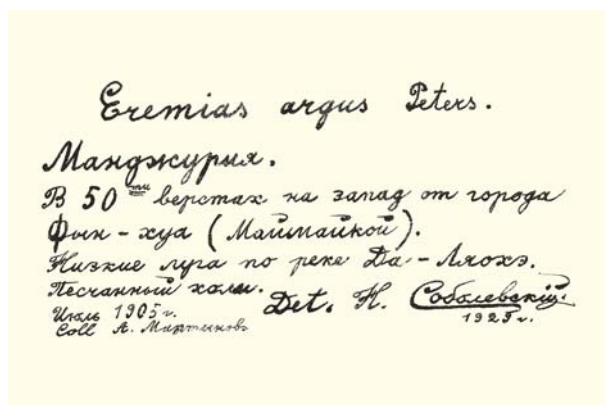
В настоящее время, как и в XX в., герпетологические коллекции пополняются в основном за счет животных, собранных сотрудниками музея и зоологами других учреждений.

Изучение коллекций чрезвычайно интересно не только потому, что они — основа нашей научной работы. Этикетка, написанная рукой известного зоолога, который знаком только по опубликованным работам, дает

возможность прикоснуться к истории. В наших фондах хранятся материалы Н.А.Бобринского (1890—1964), Н.И.Соболевского (1901—1975), талантливого ученого А.М.Сергеева (1912—1943), погибшего во время войны. Кроме этого имеются многочисленные сборы Н.В.Шибанова (1903—1960), заведовавшего отделом до 1943 г., В.Г.Гептнера (1901—1975), И.С.Даревского (1924—2009) и многих других зоологов — наших учителей и современников. Грамотно написанные оригинальные этикетки — большая ценность, но, к сожалению, ими далеко не всегда сопровождаются сборы, и потому могут возникать недоразумения, а часто и ошибки. Так, в одной из опубликованных статей

(в том числе и по нашим коллекциям) приводится местонахождение монгольской ящурки, якобы пойманной вместе с круглоголовкой Кулагина на юго-западе Монголии. Мы неоднократно работали в этом месте, но такого вида ящурки не обнаружили, да его там и не могло быть. Судя по особенностям фоллидоза (чешуйчатому покрову), она происходит из восточной части страны, и полученная от сборщика информация подтвердила это.

За последние 10—15 лет в разных районах Ирана собраны уникальные рептилии — гекконы, агамовые (семейство Agamidae) и настоящие ящерицы (семейство Lacertidae), змеи и сухопутные черепахи, обнаружены новые местонахождения



Этикетки, из которых одна (слева) написана рукой Н.И.Соболевского, определившего монгольских ящурок из Маньчжурии, другая написана Н.В.Шибановым, собравшим и определившим сетчатых ящурок.



Монгольские ящерицы: пестрая круглоголовка (вверху), гобийский голопалый геккон (в середине) и глазчатая ящурка.

Фото автора

редких видов. Два вида гекконов оказались новыми для науки¹. Наша коллекция пополнилась многими видами иранской герпетофауны, которых у нас ранее было очень мало — буквально единичные экземпляры.

Огромные по числу экземпляров и таксономическому разнообразию коллекции в течение ряда лет поступали из Вьетнама, особенно в последние два года (при активном участии Н.А.Пояркова). По этим сборам также описано много новых видов гекконовых ящериц, добыт второй экземпляр змеи *Colubroelaps nguyenvansangi* недавно описанного нового рода. Наша коллекция типовых экземпляров успешно пополняется благодаря Р.А.Назарову — специалисту по систематике и филогении гекконов. В отдел поступают также интересные земноводные и пресмыкающиеся, собранные в юго-восточном Казахстане, на Северном Кавказе и в Азербайджане, включая труднодоступные районы горной пустыни Зуванд.

Нам, сотрудникам сектора герпетологии (Е.А.Дунаеву, Р.А.Назарову и автору этих строк) в 2008 г. посчастливилось работать в Монголии в составе Совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции. Интенсивное изучение пресмыкающихся этой огромной территории проводилось в 1980-е годы, и результаты опубликованы в коллективной монографии². В последней экспедиции, в Джунгарской и Заалтайской Гоби, мы собрали небольшое количество ящериц — круглоголовок, гекконов и ящурок, включая новорожденных особей, уточнили границы распространения отдельных видов. Полу-

¹ Nazarov R., Ananjeva N., Radjabizadeh. Two new species of angular-toed geckos (Squamata: Sauria: Gekkonidae) from South Iran // Russ. J. Herpetol. 2009. V.16. №.4. P.311—324.

² Ананьева Н.Б., Мунхбаяр Х., Орлов Н.Л. и др. Земноводные и пресмыкающиеся Монголии. Пресмыкающиеся. М., 1997.

чены новые данные о гобийском голопалом гекконе, собраны материалы по гобийской и глазчатой ящуркам, в том числе из зоны совместного обитания двух морфологически отличающихся форм последнего вида, подтверждена самостоятельность джунгарской формы пестрой круглоголовки и очерчен ее ареал. У всех добытых видов взяты пробы для анализа ДНК. Изучение систематики, филогении и зоогеографии разных групп ящериц, уже упомянутых, проводится в рамках общемузейной тематики. Для этих целей, кроме традиционных классических, мы используем и современные молекулярно-генетические методы. Их внедрение в исследования потребовало новой единицы хранения — ваучерного экземпляра, т.е. особи, от которой был взят образец ткани для анализа ДНК. Для получения более полной картины филогенетических связей упомянутых ящериц анализировалась ДНК особей тех же видов из юго-восточного Казахстана и Внутренней Монголии (Китая).

Интересные находки случаются не только в тропиках, изобилующих рептилиями, но и в России. В 1974 г. в окрестностях г. Дербента был пойман единственный неполовозрелый экземпляр длинноногого сцинка



Змея *Colubroelaps nguyenvansungi* из недавно описанного нового рода. Вьетнам.
Фото Н.А. Пояркова

(*Eumeces schneideri*) и передан на хранение в Харьковский музей природы. Прошло более 30 лет, прежде чем снова удалось найти этот вид сцинка, ведущего скрытый образ жизни. В тех же биотопах обнаружен еще один вид — стройная змееголовка (*Ophisops elegans*), которая предположительно обитает в предгорных районах Чечни¹. Оба вида теперь находятся в нашей герпетологической коллекции, в настоящее время насчитывающей

¹ Мазанова Л.Ф., Орлова В.Ф. Новые находки ящериц (Sauria: Lacertidae, Scincidae) в Дагестане // Бюлл. МОИП. 2009. Т.114. №4. С.63—66.

около 13,5 тыс. единиц хранения рептилий и более четырех тысяч амфибий. (Единица хранения — это емкость с инвентарным номером, в которой может быть от одного экземпляра до десятков особей одного вида). До 17,5 тыс. единиц хранения (примерно 60 тыс. экземпляров) выросло собрание герпетологических объектов, начавшееся более двух столетий назад с 12 ящериц. Подробнее история создания и состав наших фондов описаны в книге, изданной к 200-летию юбилею Зоологического музея².

² Два века в коллекциях Зоологического музея МГУ / Ред. О.Л.Россолимо. М., 1991.

© В.Ф.Орлова,

кандидат биологических наук,
куратор коллекции пресмыкающихся,
заведует сектором герпетологии

Живая коллекция музея

С начала года в нашем музее открыт «Научный террариум» — небольшая экспозиция живых рептилий редких и уникальных видов. Сотрудники музея рассказывают посетителям о биологии представленных видов, о методах изучения их таксономии, ге-

нетики, поведения и биоакустики. Есть в «Научном террариуме» и гекконы — одно из самых интересных и обширных (около 1 тыс. видов, 80 родов) семейств ящериц. Распространены они преимущественно в тропических и субтропических областях

всех континентов. На территории бывшего СССР обитает 16 видов, относящихся к пяти родам, но наиболее разнообразны гекконовые ящерицы Юго-Восточной Азии и Австралии.

Большинство видов этого семейства — ночные животные,



Питомцы «Научного террариума»: персидский скальный геккон, колючехвостый геккончик и голопалый геккон, недавно описанный в честь немецкого герпетолога Зиглера.

ведущие скрытный образ жизни. Именно с этим связана недостаточная их изученность. Только в последние 15 лет появились новые технические возможности (в первую очередь, современные осветительные приборы), позволяющие работать ночью, когда животные покидают свои укрытия и наиболее активны (традиционно исследования вели только днем). Полноценный ночной поиск принес свои результаты: число открытых видов гекконов увеличилось почти на 30%; только во Вьетнаме к четырем известным к 2002 г. видам гекконов рода *Cyrtodactylus* прибавилось еще 18.

Кроме усовершенствования технических средств поиска появились и новые методы изучения. Например, совсем недавно в систематике гекконовых ящериц стали использовать акустический анализ звуков, который уже давно применяют при изучении других (более «разговорчивых», чем гекконы) животных — насекомых, птиц, млекопитающих и амфибий. Полученные в последнее время данные по вокализации гекконов позволили выявить очень интересные факты и закономерности.

Изучением гекконов я занимаюсь уже более 10 лет. Одним из первых видов был туркестанский геккон, который впервые был описан А.П.Федченко как *Gymnodactylus scaber* в 1870 г., а спустя 17 лет А.Штраухом как *G.fedtschenkoii*. Впоследствии сменилась и родовая принадлежность вида — теперь он называется *Tenuidactylus fedtschenkoii*. Ареал его располагается на границе Узбекистана, Туркмении и Таджикистана, известно также несколько находок из южного Казахстана и северного Афганистана. Туркестанский геккон способен осваивать различные биотопы, хотя в несравненно большей степени этот вид тяготеет к горам, где поднимается до 2300 м над ур.м. Кроме того, эта ящерица селится и в антропогенном ландшафте, а по долинам рек далеко захо-

дит на равнинные; в южные Кызылкумы и южные Каракумы туркестанский геккон мог быть занесен человеком.

Мой интерес к туркестанскому геккону был вызван противоречием между литературными данными, согласно которым он считался монофилетическим видом, и результатами собственных наблюдений — изученные популяции значительно различались между собой. В дальнейшем удалось доказать существование как минимум двух хорошо диагностируемых форм — равнинной и скальной.

Равнинная форма обитает в основном в долинах рек на «глиняном субстрате» — на обрывах, останцах, промоинах, в руслах сезонных водотоков и т.д. На спине этих гекконов есть ребристые бугорки, которые не заходят за пояс передних конечностей и по бокам головы. Размер округло-треугольных бугорков относительно невелик, и они не соприкасаются друг с другом. Окраска дорсальной поверхности тела от светло-серого до кирпично-красного. Рисунок спины не контрастный, образован пятью-семью темными поперечными полосами. Края этих полос обычно плавные, округлые. На голове рисунок почти отсутствует.

Скальная форма тяготеет к горным ландшафтам: этих гекконов можно встретить на выходах скал и каменных осыпях. Ряды ребристых бугорков на спине распространяются за пояс передних конечностей и по бокам головы. Бугорки заметно крупнее, чем у равнинной формы, и иногда продольные ряды бугорков соприкасаются друг с другом. Форма бугорков треугольная, бугорки на передней стороне бедра довольно высокие, крупные и с хорошо выраженными ребрами. Окраска верхней поверхности тела — от светло-серой до темно-серой, без теплых тонов. Рисунок спины обычно очень контрастный: пять-шесть темных (черных) поперечных полос, каждая из кото-



Равнинная (вверху) и скальная формы туркестанского геккона.

рых образована тремя соединенными пятнами, поэтому край полос очень неровный, пильчатый. Рисунок на голове — темные пятна неправильной формы — обычно хорошо выражен.

Кроме перечисленного мы выявили целый ряд морфометрических различий между двумя формами, а также попытались сравнить их акустический репертуар.

В крайне дискомфортных ситуациях (во время территориальных конфликтов, при поимке и т.д.) пищат обычно все гекконы, причем даже только что вылупившиеся детеныши. Этот сигнал очень консервативен и для сравнительного анализа оказался неудобен. Кроме писка туркестанский геккон способен издавать очень частые и тихие щелчки (дробь). Дробь обладает небольшой изменчивостью. Слышен этот сигнал только на очень небольшом расстоянии (1–3 м), поэтому животные чаще вокализируют в непосредственной близости друг от друга. Происходит это в различных ситуациях: во время территориальных конфликтов, ухаживания за самкой или просто без видимых для

нас причин. В связи с тем что громкость этого сигнала очень невелика и вся серия длится не больше 1.5 с, детально оценить ситуативную изменчивость пока невозможно. Однако несколько структурных различий в акустических сигналах скальной и равнинной форм туркестанского геккона мы все же нашли.

В среднем продолжительность серии у равнинной морфы (1.31 с) короче, чем у скальной (1.44 с). Кроме того, для равнинной формы характерен другой тип сигнала, названный нами «скрипучая дробь», — сдвоенные щелчки, из которых может состоять вся серия или ее вторая половина. За счет такой структуры значительно увеличивается количество щелчков в серии: в среднем 25.2 ($n = 127$) для равнинной морфы и 19.6 ($n = 140$) — для скальной. Такая структура делает звук более протяжным и скрипучим, и различия между морфами уловимы на слух. Для скальной морфы «скрипучая дробь» несвойственна, однако изредка в серии может проскочить пара сдвоенных щелчков, а также увеличиться длительность пауз между ними.

Осталось выяснить, как реагируют друг на друга обе морфы при совместном обитании. Для начала мы сформировали размножающиеся группы из обеих форм туркестанского геккона, находящихся в активной фазе репродуктивного цикла, и определили акустическую активность самцов в течение ночи в присутствии и отсутствие самок (напомню, видя самок, самцы вокализируют значительно чаще). Спустя некоторое время к самцу равнинной формы подсаживали самку скальной и наоборот, что не привело к увеличению акустической активности самцов. Она резко возросла, лишь когда им вернули «своих» самок. Такие опыты проводились неоднократно и с разными животными, но результат был тот же. При длительном совместном содержании двух форм мы отмечали несколько случаев спаривания между ними, однако самки откладывали неоплодо-

творенные яйца, а вот особи одной морфы из разных популяций неоднократно давали плодовитое потомство. Эти результаты подтвердились и в ходе полевых работ: мы не встретили ни одной особи с промежуточными признаками в зоне предполагаемой симпатрии — на границе Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей (юг Узбекистана), где обнаружено несколько популяций, в которых обе формы обитали совместно.

В процессе этих экспериментов были получены данные и по биологии размножения *C.fedtschenko*: с помощью молекулярного анализа цитохром-оксидазы I (COI) был подтвержден видовой статус двух этих морф туркестанского геккона.

Сбор такой полной и детальной информации по многим аспектам биологии скрытных и ночных животных было бы невозможно осуществить в природе, но реально при лабо-

раторном содержании. Для изучения биологии редких, узкоареальных и скрытных видов ящериц на базе нашего музея три года назад мы организовали лабораторию, в которой в настоящее время содержатся более 50 видов редких гекконов. С тех пор получены уникальные данные по биологии и размножению таких видов, как *Teratoscincus bedriagae*, *Goniurosaurus buuliensis* (вид описан в 2009 г. из северного Вьетнама), *Pristurus rupestris*, *Cryptodion sagittifer* (первое разведение в неволе), *C. sistansensis* (вид описан в 2007 г. из Ирана), *C.golubevi* (описан в 2009 г. из Ирана), *C.kirmanensis* (до недавнего времени был известен по шести типовым экземплярам), *Rhinogekko mesonei* (до недавнего времени в мировых зоологических коллекциях хранилось не более 10 экземпляров) и многих других, не менее интересных.

© Р.А.Назаров

научный сотрудник сектора герпетологии

Фаунистические находки и воспитание приемников

При работе с научными коллекциями иногда случаются и настоящие фаунистические открытия: экземпляр птицы может пролежать в коллекции долгие годы, пока внимание исследователя не привлечет необычный тон ее окраски, слишком крупные или, наоборот, мелкие размеры. К примеру, известно было, что рыжешейная овсянка (*Emberiza yessoensis*) обитает на территории Японии, Южного Приморья и Маньчжурии. В составе фауны птиц Монголии она не числилась до тех пор, пока в коллекции нашего музея среди сборов В.Е.Фомина середины 1970-х годов не были обнаружены тушки двух самцов этого ви-

да, которых тогда ошибочно отнесли к полярной овсянке (*E.pallasi*). Одна из птиц оказалась молодой, что послужило доказательством гнездования рыжешейной овсянки на территории Монголии¹.

Другой пример — певчая овсянка (*Melospiza melodia*), распространенная в Северной Америке. В орнитологической коллекции Зоомузея хранится экземпляр птицы, который привез П.С.Томкович в 1988 г. с Косы Беляка (Чукотка). Птица была не-

¹ Редькин ЯА, Коблик ЕА. Рыжешейная овсянка (*Emberiza yessoensis* Swinhoe, 1874) — новый гнездящийся вид в авифауне Монголии // Орнитология. Вып.29. М., 2001. С.307.

верно определена как пестрогрудая овсянка (*Passerella iliaca*), которая тоже обитает в Северной Америке, однако нередко появляется и на Чукотке. Внешне обе овсянки столь похожи, что уверенно определить их видовую принадлежность можно, только держа обеих в руках. Сотрудники нашего музея Я.А.Редькин и Е.А.Коблик, внимательно изучив экземпляр из коллекции Зоомузея, установили, что он относится к подвиду певчей овсянки — *M.melodia insignis*.

Столь же интересна находка в коллекции нашего музея необычного серого юнко (*Junco hyemalis*). Эта североамериканская птица залетает на Чукот-

ский п-ов, о.Врангеля и о.Ратманова; в основных фаунистических сводках по фауне СССР указывалось, что залётные особи относились к подвиду *J.byemalis byemalis*. У нас в коллекции хранится экземпляр, подвидовая принадлежность которого не была определена. После детального изучения окраски этой птицы и ее сравнения с другими материалами по данному виду оказалось, что экземпляр относится к географической расе *J.byemalis oregonus*. В результате эти две находки дополнили списки фауны России новыми видом и подвидом птиц¹.

Фаунистические находки, примеры которых приведены в этой статье, и результаты исследований, отраженные в материалах всего раздела, свидетельствуют о важности и актуальности традиционных подходов в зоологии. Однако в последнее время научная орнитологическая общественность обеспокоена тем, что молодых специалистов, студентов и юных натуралистов не привлекают сбор и обработка коллекционных материалов. И эти опасения вполне обоснованы. Все большее значение приобретают работы с использованием новейших методик молекулярно-генетического анализа, большими темпами развивается молекулярная филогенетика, а интерес к морфологии постепенно угасает. Но если объединить эти направления, перед исследователями откроются великолепные перспективы. Начинать приобщение к исследованиям нужно со школьных лет.

Этим занимаются в нашем музее, где в 1991 г. был создан кружок юных натуралистов, которым руководит Е.А.Дунаев, он

¹ Редькин ЯА, Коблик ЕА. Певчая овсянка *Melospiza melodia* (Wilson, 1810) и оregonский юнко *Junco (byemalis) oregonus* (Townsend, 1837) — новые таксоны в авифауне России // Орнитология. Вып. 29. М., 2001. С.305—307.



Экземпляр певчей овсянки, привезенной П.С.Томковичем в 1988 г.

же разработал учебно-исследовательскую биологическую программу. Одно из направлений дополнительного образования детей — учебно-исследовательские работы школьников на коллекционном материале.

На основе орнитологических коллекционных сборов в 2009—2011 гг. школьниками изучена внутривидовая изменчивость трех видов птиц: кавказского подвиды сойки (*Garrulus glandarius krynicki*), длиннохвостой синицы (*Aegithalos caudatus*) и кукушки (*Perisoreus infaustus*).

В первой работе исследовались причины полиморфизма окраски внутри кавказской популяции сойки. Для этого Маргарита Ачилова проанализировала больше 130 экземпляров по четырем изменчивым признакам окраски и сравнила их с контрольными сериями. Кроме того, были сняты стандартные промеры (длины крыла, хвоста, цевки, клюва от края рогового чехла и от переднего края ноздри) тушек сойки. В результате оказалось, что по промерам птицы не отличаются, а вот в изменчивости окраски удалось уловить некоторые интересные тенденции. Сойки юго-восточного Кавказа — самые темные, а северо-западного — в основном светлые. Это может быть

следствием гибридизации с птицами очень светлой окраски из Крымской популяции.

Высокая индивидуальная изменчивость окраски длиннохвостой синицы, изученная Оксаной Лукьянчук, оказалась не связанной с гибридизацией с птицами из соседних популяций.

Географическую изменчивость кукушки исследовала Анастасия Тарлычева. Она провела статистический анализ семи стандартных размерных признаков всех музейных экземпляров (более 370) этого вида. В результате удалось установить степень варьирования размерных показателей у существующих подвидов кукушки.

Выполняя анализ полученных данных, ученицы познакомились с основными статистическими методами обработки материала и несомненно приобрели необходимые для каждого биолога навыки.

Весной 2011 г. Маргарита Ачилова и Анастасия Тарлычева стали лауреатами Всероссийского конкурса юношеских исследовательских работ им.В.И.Вернадского.

Таким образом, обширные коллекции музея могут служить не только для профессиональных исследований, но и для дополнительного образования школьников.

© И.М.Малых

аспирант кафедры зоологии позвоночных МГУ им.М.В.Ломоносова, в музее работает в качестве волонтера

Птицы под пристальным наблюдением

М.В.Калякин,

*доктор биологических наук
директор Зоологического музея*

О.В.Волцит,

*кандидат биологических наук,
заведующий сектором научно-общественных проектов*

Зоологический музей Московского университета — прежде всего именно музей, т.е. хранилище богатейших коллекционных фондов, в том числе, конечно, и птиц. В то же время он и научно-исследовательское учреждение, где работают специалисты по самым разнообразным группам животных. В силу этих обстоятельств музей всегда был центром притяжения не только для профессиональных биологов, но и для самых широких кругов любителей природы. В последние десятилетия широко распространяется в нашей стране направление, которое называют наблюдением за птицами (birdwatching). Этим занимаются профессиональные орнитологи, многие из которых наряду со своими научными занятиями ведут списки видов птиц, встреченных в различных регионах. Наблюдают за пернатыми и люди, далекие от биологии по роду своей основной деятельности. Кто-то азартно пополняет список увиденных видов, кто-то фотографирует птиц, кого-то интересуют особенности их поведения или гнездования. И практически всех объединяет желание поделиться своими находками, добавить что-то в общую копилку знаний об этих привлекательных животных. Благодаря современным средствам связи и обмену информацией любители птиц легко находят друг друга и объединяются вокруг каких-либо «центров притяжения» в соответствии со своими пристрастиями и интересами. Одним из таких центров для московских орнитологов и любителей птиц стала программа «Птицы Москвы и Подмосковья», действующая в нашем музее с 1999 г.

Мы собираем разнообразные сведения о птицах региона, полученные от многочисленных наблюдателей и предоставляемые в формализованном, пригодном для последующей обработки виде — в виде специально разработанных карточек. Информацию размещаем в базе данных, где обязательно указываем авторство человека, добывшего и приславшего сведения. Результаты анализа поступивших материалов публикуются как сводные годовые отчеты, карты, статьи и т.д. За прошедшие

годы сформировались три серии изданий Программы: ежегодные обзоры по птицам Москвы и области, труды программы (уже опубликовано семь томов) и журнал «Московка» (выпущено 13 номеров). Всего вышло в свет 29 разных изданий.

За время работы Программы в ней приняли участие более 1000 человек. Приблизительно 150 из них — ее постоянные и активные члены, занятые не только сбором данных о птицах, но и работающие над различными научными проектами.

В Программе несколько направлений деятельности, рассмотрим вкратце основные. Это: создание «Атласа птиц города Москвы»; мониторинг авифауны Москвы и Московской обл.; подготовка фотоопределителя птиц Европейской России; поддержание сайта* Программы.

Региональные атласы животных, в том числе и городских птиц, давно создают орнитологи многих европейских стран. В некоторых из них выходят уже вторые и третьи издания таких атласов, выпускаемых с интервалом в 15–20 лет. В России подобных атласов не существовало. Только в 2006 г., обобщив материалы, полученные за пять лет действия Программы, мы подготовили «Атлас. Птицы Москвы и Подмосковья» [1]. В нем для каждого вида собраны карты (отдельно для Москвы и области), на которых отображены все места, где с 1999 по 2004 г. наблюдатели отмечали птиц. В Атласе приведены краткие очерки с описанием статуса вида в столице и области, данные о сроках пребывания на территории региона, а также почти 900 фотографий всех 273 видов. Следовательно, даже случайный сбор данных при большом числе участников работ позволяет многое понять в распределении птиц в нашем регионе. Однако для ряда видов полученные карты оказались нам явно неполными, особенно для города. Поэтому, а также благодаря росту числа участников Программы и их высокой активности начались работы, по результатам которых можно будет подготовить полный атлас птиц Москвы. Для этого волонтеры проводят учет птиц в отдельных квадратах, на которые поделена территория



Участники Программы на ее 10-летнем юбилее.

Фото В.Н.Мельникова

города внутри МКАД, причем сбор данных осуществляется по единой методике и оформляется по строго определенным правилам. Так, наблюдатели не только выявляют присутствие (или отсутствие) вида на конкретной территории, но и определяют его статус по принятым в Европе категориям доказанного, вероятного или возможного гнездования [2], а также оценивают численность. К началу текущего года уже обследованы 220 из 240 квадратов 2 x 2 км, т.е. 92% территории города, по каждому из них опубликованы отчеты в «Трудах программы» [3]. К концу года ревизия будет полностью закончена, и мы сможем приступить к подготовке атласа.

Список отмеченных в городе птиц включает сейчас 234 вида, в том числе 111 гнездящихся, для трех видов гнездование предполагается с большой долей уверенности и для шести оно возможно. К числу мигрантов можно отнести 181 вид, включая 76 перелетных гнездящихся. Зимуют (с разной регулярностью) 113 видов, встречаются летом, но не гнездятся, еще 27 видов. За счет тотального обследования территории Москвы получено представление о разнообразии биотопов в городе, биотопическом и географическом распределении птиц; для ряда видов уточнен их статус в столице, скорректирован список гнездящихся птиц; оценены численность и плотность населения всех видов городской авифауны.

В базе данных Программы накапливаются сведения о сроках прилета и отлета, гнездования птиц, об их адаптациях к условиям города (о гнездовании в необычных местах, о зимовке перелетных видов, частичной смене кормов — выкармливанию птенцов подкормкой из кормушек и т.д.). На новом, недоступном ранее уровне произведена оценка редкости видов, исходя из чего сделано предложение о дополнении списка охраняемых птиц, включенных в «Красную книгу города Москвы» [4].

Появление Атласа птиц Москвы станет реальной основой как для налаживания длительного слежения (мониторинга) за численностью и состоянием птиц города, так и точкой отсчета для составления последующих атласов. Благодаря подробным описаниям всех квадратов города и базе данных со сведениями по видовому составу, статусу, численности и срокам пребывания птиц, в дальнейшем можно будет выявить возникающие изменения — и качественные, и количественные.

Сейчас мы имеем почти полную картину состава и характера распределения птиц Подмосквья, но пока мало знаем об их численности и тем более о ее динамике. Чтобы восполнить этот пробел, с 2010 г. налажен мониторинг за числом гнездящихся пар обычных видов птиц на конкретных территориях. Участники Программы выбрали удобные для себя постоянные маршруты (в Моск-



Длиннохвостая неясыть. Ее гнездование впервые зафиксировано в Москве в 2009 г.

Фото Н.С.Морозова

ве и области), где будут проводить ежегодный учет в течение гнездового периода.

Птицы, конечно же, представляют собой важный элемент наземных экосистем. У разных видов набор требований к условиям обитания не совпадает, так что чем больше разнообразие птиц на определенной площади, тем более высоким и неоднородным требованиям отвечает эта территория. Если птицы перестают где-то гнездиться,



Люрик — впервые найденный в Москве на Комсомольском проспекте.

Фото И.С.Сметанина

значит, там исчезли подходящие для них местообитания. Например, в Москве практически сведены луга (они уцелели лишь на небольших участках, в основном внутри лесных массивов и в поймах рек), и почти все виды птиц, характерные для луговых территорий, полностью исчезли или стали редкими. Другой пример. Безграмотная реконструкция природно-исторического парка Царицыно, уничтожение там уникального участка широколиственного леса стали причиной резкого обеднения птичьего населения. В частности, катастрофически уменьшилось количество обитающих там соловьев, украшающих пением городскую среду [5].

Повсеместное истребление кустарников и вырубка в лесопарках старых дуплистых деревьев приводят к исчезновению мест, пригодных для гнездования птиц. «Благоустройство» водоемов, лишающее их естественных берегов и отмелей с водной растительностью, уничтожает места, где могли бы гнездиться водоплавающие птицы. Заполнение города стриженными газонами — просто стихийное бедствие. При замене разнотравья на газонах, уничтожении дерновины искореняются не только растения, но и насекомые, а это ведь корм для птиц.

К сожалению, в настоящее время в Москве проводится тотальное преобразование еще сохранившихся природных сообществ в декоративные зеленые насаждения. Вопреки закону подвергаются этому и особо охраняемые природные территории, что ведет к обеднению состава как флоры, так и фауны, в том числе и птиц.

Еще одно направление деятельности Программы — мониторинг гнездовой популяции белого аиста (включенного в «Красную книгу Московской области»), стартовавший в 2004 г. Тогда в рамках VI Международного учета были описаны и картированы гнезда этого вида в Подмосковье. С 2009 г. Е.Ю.Чекулаевой налажен ежегодный осмотр всех известных гнезд, учет числа гнездящихся пар и вылетевших птенцов. В 2010 г. Чекулаева с несколькими волонтерами обследовали 96 гнезд, из которых 20 найдены впервые. В тот год у 83 родительских пар появилось 270 птенцов [6].

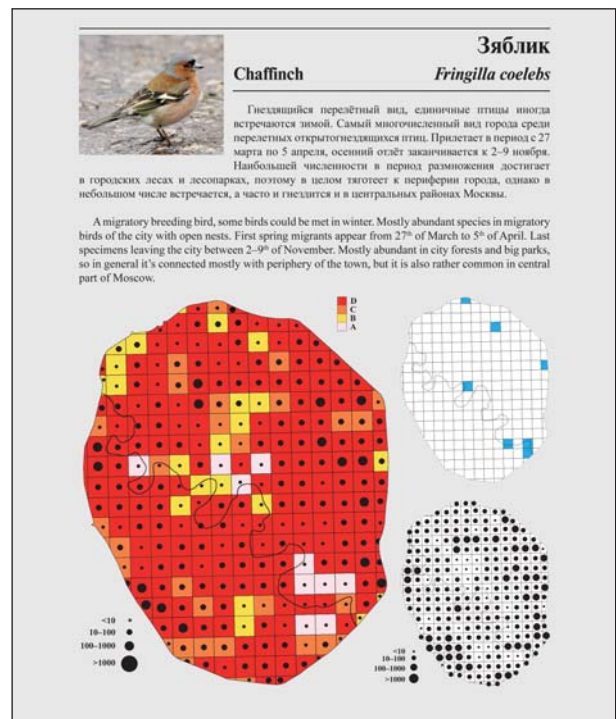
Мы упоминали, что «Атлас. Птицы Москвы и Подмосковья» содержит фотографии всех видов, отмеченных в регионе до 2004 г. Фото выполнены замечательными отечественными и зарубежными мастерами. Появилась уверенность, что мы сможем собрать изображения и для полного фотоопределителя птиц всей европейской части России. В фотобанке Программы в настоящее время насчитывается более 20 тыс. снимков, и по предложению издательства «Фитон+» мы подготовили «промежуточный» вариант определителя — фотоопределитель обычных видов региона [7]. В него вошли описания и изображения 149 видов птиц. Сейчас заканчивается работа по изготовлению макета полного фотоопределителя, куда войдут 480

видов. Очерки для этого издания предоставлены профессиональными орнитологами и содержат максимально полные описания всех нарядов вида, краткую характеристику его распространения, статуса и биологических особенностей. Для подавляющего большинства видов получены изображения, иллюстрирующие половую, возрастную и сезонную изменчивость окраски, а также отличия встречающихся в регионе подвидов.

Важную роль в деятельности Программы играет ее присутствие в Интернете. В 2008 г. по инициативе Н.В.Кудрявцева создан сайт, который с годами становится все более востребованным и привлекательным для участников Программы. На сайте представлены все направления ее деятельности, постоянно обновляется информация, касающаяся различных проектов и выходящих из печати изданий, работает форум, где участники обмениваются свежими сведениями о встречах с птицами. В разделе, посвященном созданию атласа птиц Москвы, ежегодно обновляются списки видов в каждом квадрате, указывается их статус, сроки пребывания и численность, что позволяет следить за ходом обследования городской территории. На сайте также отражены фенологические наблюдения, сведения о птицах на кормушках, о необычных местах гнездования, организован интерактивный мониторинг гнезд белого аиста.

В нашем музее регулярно проходят семинары Программы, на которых с докладами на разнообразные орнитологические темы выступают как орнитологи-профессионалы, так и любители.

Программа оказалась интересной и ее участникам, и орнитологам (они все чаще ссылаются на результаты ее деятельности), и широкой публике. Нас регулярно приглашают на радио и телевидение с просьбой рассказать о Программе, о жизни птиц рядом с человеком, о птицах Москвы и Подмосковья. А это позволяет вовлекать все



Страница из будущего атласа «Птицы города Москвы».

новых и новых наблюдателей, а значит — узнавать еще больше о птицах нашего региона. Такая положительная обратная связь еще раз убеждает нас в том, что дело это стоящее и что оно должно развиваться. А также в том, что подобные научно-общественные программы — достойное место приложения сил работников музея, который служит центром притяжения для людей, интересующихся животными и готовых не только узнавать о них что-то новое в стенах музея, но и самим активно включаться в его исследовательские программы. ■

Литература

1. Калякин М.В., Волцит О.В. Атлас. Птицы Москвы и Подмосковья. Москва-София, 2006.
2. Priednieks Ya., Strads M., Strads A., Petrinsch A. Atlas of breeding birds of Latvia 1980—1984. Riga, 1989.
3. Птицы Москвы: 2010 год, квадрат за квадратом / Ред. М.В.Калякин, О.В.Волцит. // Труды программы «Птицы Москвы и Подмосковья». Т.7. М., 2011.
4. Калякин М.В., Волцит О.В. Редкие виды птиц города Москвы в свете данных, полученных при выполнении проекта «Атлас. Птицы Москвы». // Охрана живой природы и природного комплекса Москвы. Материалы научно-практического совещания, посвященного 100-летию со дня рождения К.Н.Благосклонова. Москва, 11—12 января 2010 г. С.52—55.
5. Томкович П.С. Динамика численности соловьев и варакушек в окрестностях Царицынских прудов в Москве // Московка. 2008. №8. С.34, 35.
6. Чекулаева Е.Ю. Итоги учета гнезд белого аиста в Московской области в 2010 г. // Московка. 2010. №12. С.4—8.
7. Атлас-определитель. Птицы европейской части России / Под общ. ред. М.В.Калякина. М., 2009.

Зоомузей Серебряного века

Д.Л.Иванов,
кандидат биологических наук

Послереволюционные преобразования в системе науки и высшего образования не миновали и Зоологический музей. Новые научные и учебные подразделения и учреждения возникали в его стенах с той же легкостью, как и исчезали или меняли статус. Так, с 1921 по 1929 г. просуществовал в музее Плавающий морской научный институт (Плаvmорнин) и с 1923 по 1950 г. — Научно-исследовательский институт зоологии (НИИЗ). Нижний зал к 1927 г. был фактически превращен в рабочее помещение Плаvmорнина: там работало около сотни сотрудников, стояли столы, шкафы, лабораторное и экспедиционное оборудование. Ситуация еще более обострилась, когда в 1930 г. организовали биологический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и под его кафедры отвели часть помещений Зоомузея. Данная ситуация, бе-

зусловно, сильно вредила основной задаче — сохранению и преумножению коллекций.

Впрочем, объединение под одной крышей разных научных учреждений и множества ярких личностей имело и привлекательную сторону: в 20—30-х годах музей стал для московской интеллигенции одним из центров притяжения. Зачастую творческих людей влекла сюда романтика северных путешествий, организуемых Плаvmорнином.

С первых лет в штате института в качестве мартроса появился В.М.Голицын. Его тяга к рисованию и впечатления, полученные в рейсах судов «Соловей Будимирович» и «Персей», помогли ему стать замечательным художником. Благодаря знакомству с зоологами музея возникло его сотрудничество с В.С.Трубецким, который под псевдонимом В.Ветров писал занимательные, наполненные прекрасным юмором рассказы в журнал «Всемирный следопыт» (в дальнейшем «Вокруг света»). За-

© Иванов Д.Л., 2011



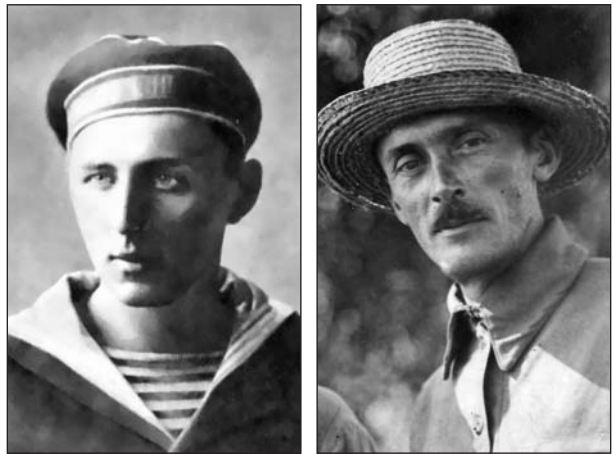
Вид Нижнего зала (1930-е годы).

частую Трубецкой описывал реальные случаи из своих близких и дальних поездок, которые он совершал вместе с С.С.Туровым, С.И.Огнёвым и И.А.Бобринским. Все эти персонажи иногда появлялись в его рассказах о приключениях Бочонкина и Хвоща (под этим именем скрывался сам Трубецкой). В рассказе «Драгоценная галка» описано, как Хвощ посещал Зоологический музей, сотрудников которого Голицын изобразил в иллюстрациях к рассказу в очень комичной манере и с сохранением портретного сходства.

С Плавморнином был связан также и Б.А.Пильняк, который в 1924 г. участвовал в рейсе «Персея» в качестве корреспондента одной из газет. Возможно, знакомство с биологами послужило отправной точкой для написания им фантастических рассказов с зоологическими реминисценциями.

Помимо различных научных и учебных организаций в здании Зоомузея располагались и квартиры университетских профессоров. В левом крыле здания, в квартире №20, жил А.Н.Северцов — академик, сын выдающегося биолога Н.А.Северцова. Эта квартира, этажом ниже Музея сравнительной анатомии (ныне Зал морфологических закономерностей эволюции, или «Костный зал»), была своего рода клубом для творческой интеллигенции. Отчасти это связано еще и с тем, что в знаменитой квартире жила дочь Алексея Николаевича — художник Наталья Алексеевна, которая была замужем за Александром Георгиевичем Габричевским — искусствоведом, литературоведом и переводчиком. Там часто бывали Р.Р.Фальк и В.В.Кандинский, филологи Ф.А. и М.А.Петровские. 31 декабря 1925 г. в квартире побывал и М.А.Булгаков. Считается, что в прототипом профессора Персикова в повести «Роковые яйца» стал А.Н.Северцов, а фамилия персонажа, видимо, возникла благодаря знакомству с профессором А.И.Абрикосовым. Кроме того, описывая детали обстановки, Булгаков упоминает светильники в виде больших матовых шаров: именно такие освещали экспозиционный зал Музея сравнительной анатомии.

Лето 1940 г. в квартире Северцовых провела Марина Цветаева. Из ее записей в ее тетради: «...в комнате Зоологического музея, выходящей на университетский дворик, вход через арку, колоннада во входе — покой, то благообразие, которого нет и, наверное, не будет в моей... оставшейся жизни». Однако в творчестве поэтессы следов ее пребывания в этом здании обнаружить пока не удалось, а вот знакомство с музеем Осипа Мандельштама очевидно. Его стихотворение «К немецкой речи» («*Себя губя, себе противореча, как моль летит на огонек полночный...*») посвящено сотруднику музея энтомологу Б.С.Кузину. Известно и стихотворение, посвященное Ламарку, написанное явно под влиянием знакомства автора



Владимир Михайлович Голицын (1901—1943) и Владимир Сергеевич Трубецкой (1892—1937).



Дружеский шарж В.М.Голицына на сотрудников Зоологического музея, иллюстрирующий рассказ В.Ветрова «Драгоценная галка».

с Зоомузеем: «*К кольцецам спущусь и к усоногим, / Прошуршав средь ящериц и змей, / По упругим сходням, по излогам / Сокращусь, исчезну как Протей*».

Есть у Осипа Эмилевича и стихотворение, местом написания которого сам автор обозначил Зоологический музей (март 1931 г.): «*Я скажу тебе с последней / Прямой: / Всё лишь бредни, шерри-бренди, / Ангел мой!*».

Новости науки

Астрономия

Происхождение космической пыли

Орбитальная обсерватория «Гершель», запущенная Европейским космическим агентством, помогает раскрыть тайну происхождения космической пыли. Благодаря высокому разрешению и чувствительности инфракрасного телескопа этой обсерватории астрономы смогли обнаружить космическую пыль, возникшую при взрыве сверхновой. Это подтвердило теорию, что именно такие события служат основным источником твердого вещества, играющего столь важную роль в образовании звезд и планет.

Любопытно, что эти новые данные получены не при наблюдении очень далеких галактик, а исходят из находящегося от нас всего в 160 тыс. св. лет Большого Магелланова Облака.

24 февраля 1987 г. там произошло очень редкое событие: взрыв сверхновой на сравнительно близком от нашей Галактики расстоянии, что позволило в деталях изучить происходящие при этом процессы. Импульс светового излучения осветил кольцо ранее выброшенного вещества диаметром около светового года, т.е. в десятки раз больше поперечника Солнечной системы. Это вещество светится как в видимом, так и в ультрафиолетовом свете, а также испускает мощное рентгеновское излучение. Небольшие количества пыли в этом кольце нагрелись до температуры около -100°C , и что наблюдалось в течение последних двух десятилетий как слабое свечение в инфракрасном диапазоне.

Через 23 года после первоначального взрыва орбитальная об-

серватория «Гершель» приступила к наблюдениям остатка сверхновой. Новые наблюдения показали, что пыль присутствует не только в светящемся кольце, но и в центре остатка, температура которого ниже -250°C , т.е. всего на 20° выше абсолютного нуля. Этой холодной пыли оказалось намного больше, чем наблюдавшейся прежде теплой пыли: ее столько, что хватило бы для образования более 200 тыс. планет вроде нашей Земли. Открытие получилось совершенно неожиданным: исходя из существующих представлений об образовании пыли при взрывах сверхновых, астрономы не рассчитывали, что «Гершель» сможет обнаружить инфракрасный источник в остатке сверхновой SN1987A.

Большинство галактик в очень удаленных от нас областях Вселенной выглядят очень яркими на изображениях в далеком инфракрасном диапазоне, полученных обсерваторией «Гершель», но очень тусклыми в видимом свете. Причина в том, что они содержат очень много пыли, блокирующей видимый свет от звезд, и наблюдения SN1987A позволили понять, откуда вся эта пыль берется.

Science DOI: 10.1126/science.1205983

Физика

Пятый классический тест общей теории относительности

Научная группа под руководством Ф.Эверитта (F.Everitt) опубликовала результаты эксперимента¹ по сверхточному измерению гравитационной прецессии четырех гироскопов, находящихся на

¹ Everitt C.W.F. et al. // Phys. Rev. Lett. 2011. V.106. P.221101.

спутнике, который вращается по круговой орбите вокруг Земли на высоте 642 км. Еще в 1960 г. Л.Шифф в рамках общей теории относительности предсказал, что идеальный гироскоп должен, во-первых, совершать так называемый геодезический дрейф в плоскости полярной орбиты — из-за кривизны пространства, вызванной гравитационным полем Земли; и, во-вторых, прецессировать в поперечном к орбите направлении — за счет собственного вращения Земли вокруг своей оси, которое также искажает пространство (эффект увлечения орбиты, связанный с моментом количества движения гравитирующего тела). При этом величина геодезического дрейфа (рассчитан В.де Ситтером в 1916 г.) на два порядка больше эффекта увлечения орбиты (Дж.Линз и Г.Тирринг, 1918 г.). Такая гравитационная прецессия гироскопа рассматривалась в качестве пятого классического теста общей теории относительности — наряду с прецессией перигелия Меркурия (рассчитана А.Эйнштейном при создании уравнений общей теории относительности), отклонением лучей света вблизи Солнца (измерено А.С.Эдингтоном при затмении Солнца в 1919 г.), гравитационным смещением частоты электромагнитного излучения (А.В.Паунд и Г.А.Ребка измерили его в 1960 г. с помощью эффекта Мёссбауэра) и временной задержкой радиосигналов со спутников за счет искривления пространства.

Сам эффект гравитационной прецессии гироскопа весьма нетривиален, поскольку в силу принципа эквивалентности гравитационных и инерционных сил переход в систему отсчета, где гирос-

скоп покоится, казалось бы, приводит к отсутствию всякого гравитационного воздействия на его вращение (что справедливо в главном приближении, если пренебречь локальной кривизной пространства, вызванной Землей). Однако описание гравитационного поля метрикой пространства-времени — принцип эквивалентности — позволяет учесть в уравнениях Эйнштейна эффекты, обусловленные искривлением пространства-времени (т.е. отсутствующие в случае, если все силы инерционны во всем пространстве и от них можно избавиться переходом в инерциальную систему отсчета). Искривление пространства за счет тяготения Земли несколько модифицируется из-за собственного вращения Земли, что и приводит к двум эффектам: доминирующему геодезическому дрейфу гироскопа в плоскости полярной орбиты, содержащей ось вращения Земли, и его увлечению в поперечном к орбите направлении. Технологический прорыв позволил изготовить и юстировать криогенные гироскопы, в миллион раз превышающие по точности стандартные гироскопы, которые используются в системах космической навигации. Результаты измерений коллаборации «Gravity Probe-B» таковы: геодезический дрейф составляет 6.6018 ± 0.0183 угловой секунды в год, а эффект увлечения орбиты в поперечном направлении — 0.0372 ± 0.0072 угловой секунды в год. Это находится в превосходном согласии с предсказаниями общей теории относительности — 6.6061 и 0.0392 угловой секунды в год соответственно.

Таким образом, успешное измерение гравитационной прецессии гироскопов завершает классическое тестирование общей теории относительности в астрономических экспериментах; сама же теория продолжает служить надежным инструментом в космологии и астрофизике релятивистских объектов.

© В.В.Киселев,
доктор физико-математических наук
Москва

Химия. Организация науки

Можно ли узнать объем производства наноматериалов?

Риск вредного воздействия искусственных наноматериалов на человека и природу невозможно правильно оценить, если не знать общий объем их производства. Конечно, получение исходных наноматериалов — лишь первая стадия их жизненного цикла, но именно она в наибольшей степени определяет, сколько их попадет в воду, воздух, оседет на живые организмы. Однако оказывается, что вычислить количество всех производимых наноматериалов чрезвычайно сложно!

Специалисты из Университета Дьюка (США) решили начать с пяти наиболее популярных классов наноматериалов — тех, которые уже давно представлены на рынке и широко используются в бытовых товарах и промышленности¹. Это углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерены C_{60} , порошки Ag, TiO_2 и SeO_2 . Исследование охватывает производство этих материалов в США за 2007—2010 гг.

Ученым пришлось проделать огромную работу. Чтобы добыть информацию по объему и виду производимой продукции, они изучали научные публикации, патенты, отчеты, web-сайты компаний-производителей наноматериалов и других компаний, проводили опросы и беседы. Ответов на официальные запросы они чаще всего не получали, хотя не скрывали цель своей работы и гаранти-

¹ Hendren C.O. et al. // Environ. Sci. Technol. 2011. V.45. P.2562.

ровали конфиденциальность. Некоторые большие компании предоставляли только общую информацию по всей продукции, другие давали сведения не о реальном производстве, а о возможностях... Наибольшего успеха исследователи добивались в результате индивидуальных бесед с отдельными представителями компаний, иногда на условиях анонимности. Все добытые с таким трудом данные были собраны в обширные таблицы и проанализированы, что позволило оценить нижнюю и верхнюю границы объема производства конкретного наноматериала. Разброс оказался очень велик (табл.).

Максимальный объем производства некоторых компаний пришлось определять экстраполяцией косвенных данных, поэтому верхняя граница может отражать не реальный, а лишь потенциально достижимый объем производства. Нижняя граница ближе к сегодняшнему дню. Что касается качества результатов, то лучше всего дело обстоит с фуллеренами. 50% информации получено с web-сайтов, 17% — по запросам, а с помощью экстраполяции — только 33%. Но вот по порошкам Ag и TiO_2 к методу экстраполяции пришлось прибегнуть в 70% и 87% (!) случаев соответственно. Возможно, это связано с тем, что фуллерены мало применяются в бытовых товарах — в основном их заказывают для научных исследований и применений в сфере высоких технологий. Упомянутые нанопорошки в достаточно больших количествах используют в производстве текстильных изделий, средств гигиены, косметических средств, даже продуктов пита-

Таблица
Границы объема производства наноматериалов

Наименование продукции	Объем производства, т/год	
	минимум	максимум
Порошок TiO_2	7800	38000
Порошок Ag	2.8	20
Порошок SeO_2	35	700
Углеродные нанотрубки	55	1100
Фуллерены	2	80

ния — отношение населения к этому довольно сложное, и, вполне вероятно, производители наноматериалов не хотят разглашать информацию.

Выводы исследователей неутешительны. Если правительство не будет требовать от производителей полной информации о нанопродукции, объемы производства останутся неизвестными, и, следовательно, оценки риска будут недостоверными.

Заметим также, что в России наноматериалы в промышленных масштабах практически не производят: их применяют в основном для проведения научных исследований. Реальное производство всех нанопорошков, по экспертным оценкам, в 2008 г. составило около 11 т, объем производства углеродных нанотрубок равен в среднем 10.2 кг в год, а годовое производство фуллеренов на протяжении нескольких последних лет находится на уровне 25–30 кг.

<http://perst.iissp.ras.ru>
(2009. Т.18. Вып.11/12).

Зоология

О генеалогии белого и бурого медведей

Белый медведь (*Ursus maritimus*) — один из видов животных, в наибольшей степени чувствительных к быстрому изменению климата в Арктике. Его будущее вызывает серьезную озабоченность ученых и широкой общественности. Тем не менее об истории вида, о его происхождении от бурого медведя (*U.arctos*) и о том, как в прошлом белый медведь реагировал на климатические изменения, известно мало.

Международная группа исследователей под руководством Д.Брэдли (D.G.Bradley; Дублинский университет, Ирландия) и Б.Шапиро (B.Shapiro; Университет штата Пенсильвания, США) провела генетический анализ более 200 образцов митохондриальной ДНК (мтДНК) бурых и белых медведей из разных районов Арктики, а также мтДНК костных остатков (возраст древнейших из них достигает

120 тыс. лет) бурых медведей из пещер Ирландии.

Современная картина геногеографии белого медведя отражает сочетание региональной стабильности и быстрой миграции на большие расстояния из рефугиумов ледникового периода.

Реконструированная историческая генеалогия бурого и белого медведей по материнским линиям отличается двумя важнейшими особенностями. Во-первых, в ней выделяются эпизоды быстрого расселения, вызванные изменениями климата. Во-вторых, случайное спаривание представителей этих видов в те периоды, когда их ареалы перекрывались, оставило четкий генетический отпечаток. В частности, вероятный обмен генами между ныне вымершим ирландским бурым медведем и белым сформировал генетический маркер, присутствующий у современного белого медведя. Этот маркер прослеживается на всем пути к их общему предку по материнской линии — бурой медведице, жившей в пещерах Ирландии 50–20 тыс. лет назад.

Current Biology doi:
10.1016/j.cub.2011.05.058

Зоология

Гигантские головастики в Псковской области

Иногда головастики зеленых лягушек (комплекс *Rana esculenta*) в природе достигают более 10 см в длину, что в несколько раз больше их обычных размеров. Чаще всего гиганты встречаются в популяциях озерной (*R.ridibunda*) и съедобной (*R.esculenta*) лягушек в Западной Европе и республиках бывшего СССР (Латвии, Украине, Казахстане, Киргизии, Узбекистане, Туркменистане). Имеются сведения, что гигантские головастики способны жить, не проходя метаморфоза (не превращаясь в лягушек), длительное время — зимовать, и в некоторых случаях даже не единой.

Гигантских головастиков неоднократно получали в лабораториях путем гибридизации прудовой,

съедобной и озерной лягушек. Кроме того, гигантизм хорошо известен у лабораторной шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*), около 0.1% головастиков которой не метаморфозируют, но вырастают до 12 см. Для таких личинок характерно увеличение передней доли гипофиза, а также — недоразвитие либо отсутствие щитовидной железы и, следовательно, недостаток тиреоидного гормона, стимулирующего резорбцию хвоста и метаморфоз. Получается, что гигантизм головастиков гормональной природы. Несмотря на задержку метаморфоза, гонады этих личинок продолжают развитие, и зачастую их состояние соответствует состоянию гонад взрослых особей. Но могут ли гигантские головастики размножаться?

Известно, что половое размножение на личиночной стадии (неотения) характерно для некоторых хвостатых амфибий (амбистом, углозубов, тритонов и др.), при этом их личинки и взрослые особи выглядят зачастую как представители двух разных видов. Способны ли к неотении бесхвостые амфибии, до недавнего времени установлено не было, несмотря на значительное количество находок гигантских головастиков, часть из которых имела развитые гонады.

Сотрудник Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) К.Д.Мильто сообщил о поимке трех гигантских головастиков съедобной лягушки осенью 2004 г. у северной границы ареала этого вида — на юге Псковской обл. Попавший в руки герпетологов экземпляр длиной 168 мм имел хорошо развитые парные яичники, заполненные яйцами. Появление гигантских головастиков на северо-западе России, по мнению автора, связано с поздними сроками размножения *R.esculenta*, обусловленными характерной для названного региона холодной весной, и длительным личиночным развитием в глубоком, медленно прогреваемом водоеме с низкой температурой воды. Поздний нерест и длительное развитие при относительно коротком вегетационном периоде провоцируют зи-

мовку личинок в водоеме. По предположению Мильго, гигантские головастики *R.esculenta*, обитающие на северной границе распространения вида, после успешной зимовки в крупном непромерзающем водоеме могут достичь половой зрелости и, судя по всему, способны размножаться.

Вопросы герпетологии. Материалы IV съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. СПб., 2011. С. 178—186 (Россия).

Физиология

Влияние радиации на мозг птиц

Признаки ошибок развития нервной системы и когнитивные расстройства у людей, подвергшихся действию радиации, широко известны. Однако существует мнение, что на загрязненных радиацией территориях некоторые патологии возникают из-за посттравматического стресса, а повышенный уровень дефектов развития нервной системы может быть вызван иными, нежели излучение, причинами, например воздействием тератогенов или дефицитом некоторых веществ в пренатальный период¹.

Исследователи из Университетов Пари-Сюд (Франция) и Южной Каролины (США) и Норвежского агентства по радиационной безопасности проверили гипотезу о существовании отрицательной связи между уровнем фонового излучения и относительным размером мозга. Объектами их исследования стали птицы, обитающие в зоне чернобыльской катастрофы. Была рассчитана масса мозга почти у 550 особей птиц 48 видов, отловленных в 2010 г. в радиусе 40 км от Чернобыльской АЭС.

Объем мозга у птиц надежно коррелирует с объемом черепной коробки, поэтому масса мозга была рассчитана на основании промеров черепа. Только объем головы различался значительно в зависимости от уровня фонового излучения, в то время как ни для каких

других морфологических признаков такой зависимости не найдено. После исключения эффекта межвидовых различий среднее сокращение объема мозга на территории, где уровень фонового излучения изменялся от 0.02 до 94.61 мкЗв/ч, составило 5%. Выявленные межвидовые различия в отношении между массой мозга и уровнем радиации предполагают, что некоторые виды более восприимчивы к повышенным дозам облучения, чем другие. Следовало ожидать, что уменьшение размера мозга должно приводить к сокращению жизнеспособности особи. Действительно, было найдено существенное отличие в размере мозга между годовалыми и более старшими особями, свидетельствующее о направленном отборе более жизнеспособных особей с большим размером мозга.

Авторы указывают, что не имеют окончательного мнения о механизмах, приводящих к сокращению объема мозга у птиц. Предположительно это может быть свидетельством уменьшенного содержания антиоксидантов в организмах исследованных особей. Поскольку окислительный стресс в условиях повышенного фонового излучения² требует высоких норм использования антиоксидантов, происходит быстрое их истощение.

Основное преимущество проведенного исследования, по мнению авторов, состоит в том, что изменения в массе мозга у птиц на загрязненных радиацией территориях не могут быть объяснены посттравматическим стрессом, как это предположено для людей. PLoS ONE. 2011. V.6. №2. P.e16862.

Физиология

Физиология черного медведя во время зимней спячки

Североамериканский черный медведь, или барибал (*Ursus americanus*), обитающий от севера Аляс-

ки до центральной Мексики, пять—семь зимних месяцев проводит в спячке. Сотрудники Института арктической биологии Университета Аляски (г.Фэрбенкс, США) и Стэнфордского университета (США) с помощью телеметрического оборудования попытались определить основные физиологические параметры четырех *U. americanus* во время зимовки.

Оказалось, что температура тела черных медведей постепенно уменьшается с начала спячки до середины зимы (с 37—38 до 32—34°C), а за две—четыре недели до пробуждения постепенно повышается до 36—37°C. Однако у беременной медведицы температура оставалась на летнем уровне вплоть до родов в конце января, после чего также понизилась до значений других спящих особей. Видимо, низкая и переменная температура неблагоприятна для эмбрионального развития, поэтому у беременных самок она поддерживается на нормальном уровне даже зимой. В отличие от изученных ранее зимоспящих мелких млекопитающих (сурков, сусликов, летучих мышей и некоторых сумчатых), зимовка *U. americanus* не прерывается периодическими пробуждениями с повышением температуры тела до нормы. Исследователи связывают это с ее высокими минимальными значениями (выше 30°C) у спящих медведей, достаточными для стабильного функционирования всех систем организма.

Снижение метаболизма сопровождается уменьшением потребности в транспортировке газов крови и питательных веществ, поэтому сердечный ритм трех медведей в середине зимовки сократился до 14.4 ударов в минуту (26% от базового уровня). Потребление кислорода менялось от 0.06 до 0.35 мл/г в час и было минимальным (четверть от базового летнего потребления) также в середине зимовки. После выхода медведей из берлог (в середине апреля), температура тела животных повысилась до 36.6°C (36.1—37.4°C). Но сердечный ритм и средний уровень метаболизма оставались

¹ Havenaar JM, Rumyantseva GM, Brink W, van den et al. // Am. J. Psychiat. 1997. V.154. P.1605—1607.

² Bonisoli-Alquati A, Mousseau TA, Moller AP, et al. // Comp. Biochem. Physiol. A. 2010. V.155. P.205—210.

пониженными (лишь 43 и 53% от базовых показателей, соответственно) и достигли нормы лишь через две-три недели. Исследователи связывают это с восстановлением нормального пищеварения у медведей.

Понимание физиологических механизмов, приводящих к уменьшению температуры тела и уровня метаболизма, а также позволяющих сохранять мышечную и костную массу во время длительной сезонной спячки, будут способствовать развитию новых клинических терапий.

Science. 2011. V.331. №6019. P.906–909 (США).

Экология

Биота термальных и минеральных источников Байкальского региона

Один из природных феноменов Байкальского региона — многочисленные выходы на поверхность термальных (с температурой не ниже 20°C) и минеральных (с содержанием солей свыше 1 г/л) вод. Сотрудники Иркутского государственного университета, Сибирского института физиологии и биохимии растений и Лимнологического института СО РАН (г.Иркутск) много лет исследовали участки излияния источников и определили основные особенности флоры и фауны.

Различающиеся по общей минерализации и составу воды формируют в местах выходов на поверхность разнообразные природные комплексы, общая черта которых — их интразональный характер. Вокруг термальных источников образуются группировки, свойственные более южным природным зонам или более низким поясам гор; вокруг соленых — характерные для аридных районов сообщества галобионтов.

У горячих источников встречаются теплолюбивые виды из южных широт, например стрекоза *Ortbetrum albistylum* или цианобактерия *Hammatoides simplex*. В разливах наиболее горячих ги-

дротерм встречаются даже неэндемики — виды, возникшие здесь в недалеком прошлом (некоторые брюхоногие моллюски). Мощные геотермальные выходы, воздействуя на микроклимат прилегающих территорий, способствуют сохранности здесь реликтовых видов и сообществ. Так, в Восточном Саяне возле Шумацких термальных вод среди высокогорных лесов из кедра сибирского (*Pinus sibirica*) встречаются участки реликтовых кустарниково-разнотравных лесов из обыкновенной сосны (*Pinus sylvestris*). В нижнем течении Селенги, у Питателевского термального источника, произрастают уникальные для Прибайкалья широколиственные леса из вяза японского (*Ulmus japonica*).

Воды холодных минеральных источников Байкальского региона — преимущественно хлоридно-натриевого («морского») состава и нередко высокой, почти океанической, степени минерализации. Поэтому в них обитают галофильные организмы — как выходцы из континентальных водоемов (колловратки, рачок *Artemia sibirica*, остракода *Cyprinotus salinus*, веслоногий рачок *Cletocamptus retrogressus* и др.), так и настоящие морские реликты, происхождение которых в регионе не ясно (морская литоральная водоросль *Percursaria percursa* и фораминиферы *Trochammina bami*). Среди прибрежной растительности при незначительном засолении почвы преобладает тростник южный (*Phragmites australis*), при существенной — солерос европейский (*Salicornia europaea*).

В слабоминерализованных, очень холодных источниках (не выше 5°C) встречаются арктические реликты, видимо, попавшие в регион во времена плейстоценовых похолоданий (веслоногий рачок *Attheyella nordenskjoldi*).

Таким образом, в Байкальском регионе в местах излияния термальных и минеральных источников существуют уникальные интразональные сообщества, в которых кроме термофильных и галофильных организмов встречаются

даже виды арктического или морского происхождения.

Известия Иркутского государственного университета. Биология. Экология. 2010. Т.3. №1. С.33–37 (Россия).

Геокриология

Причины быстрого разрушения морских берегов

Около трети береговой линии морей восточного сектора Арктики России (более 4000 км) сложено породами ледового и озерно-термокарстового комплексов. Они весьма неустойчивы к воздействию моря. По оценкам С.О.Разумова (Институт мерзлотоведения им.П.И.Мельникова СО РАН, г.Якутск), берега морей Лаптева и Восточно-Сибирского с очень пологими подводными склонами (уклоны 0.0003–0.002) разрушаются в три–семь раз быстрее берегов Черного моря (при прочих равных условиях). Автор называет основные причины столь интенсивной абразии.

При отступлении берегов морей Лаптева и Восточно-Сибирского на прибрежной части подводного склона вырабатывается не вогнутый профиль, как в морях вне криолитозоны, а плоская слабонаклонная поверхность. Это объясняется иной подвижностью отложений береговой зоны, представленных преимущественно пылеватыми породами с преобладанием частиц менее 0.05 мм. Основное же, по мнению автора, влияние на выработку профиля подводного склона оказывают залегающие близко к поверхности многолетнемерзлые породы. В прибрежной зоне восточной Арктики на глубинах менее 0.5 м мерзлота находится всего лишь на 0.4–1 м ниже уровня дна.

Очень пологий профиль подводного склона способствует высокой частоте ударов волн по береговому обрыву. В морях восточного сектора Арктики она почти вдвое выше, чем в морях без придонной мерзлоты и с круто уходящим в глубину склоном вогнутого профиля. Для быстрого разруше-

ния мерзлых пород берегового уступа в большей мере важна не сила удара волн, а именно высокая частота омывания мерзлого грунта постоянно перемешиваемой морской водой с положительной температурой. Это способствует относительно быстрому оттаиванию ледистых пород, формированию широких волноприбойных ниш, расчленению берегового обрыва на блоки и в итоге более активному его отступлению по сравнению с аналогичными берегами вне криолитозоны.

Таким образом, пологий подводный склон и мерзлота, залегающая близко к поверхности дна, обеспечивают высокие скорости разрушения морских берегов в восточном секторе Арктики.

Океанология. 2010. Т.50. №2. С.285–291 (Россия).

Климатология

История оледенения Антарктиды

Постоянный ледниковый покров Антарктиды начал формироваться в конце эоцена, около 38 млн лет назад. Насколько быстро развивался этот процесс, долгое время было неизвестно. В 2002 г. Национальный научный фонд США организовал бурение шельфа у побережья Антарктического п-ова с целью получения грунтовых колонок, пригодных для изучения методом пыльцевого анализа.

Изучаемая акватория почти круглый год покрыта дрейфующим льдом, а в короткое антарктическое лето изобилует айсбергами. Бурение осуществлялось с борта ледокольного судна, оборудованного для работы в высоких широтах. Интересующие ученых слои находились под 30-метровым слоем плотных донных осадков, проходка которых в сложных ледовых условиях, при сильном ветре и волнении представляла собой нелегкую задачу. В первую экспедицию получить керны не удалось — поставленная задача была решена лишь на следующий год.

Анализ кернов, выделение пыльцевых зерен, их идентифика-

ция и датирование вмещающих отложений потребовали еще трех лет кропотливого труда. И вот наконец геолог С.Варни (S.Warney; Университет штата Луизиана, США), возглавлявшая группу палинологов, изучавших керны, смогла подытожить результаты этого труда.

Выводы из палинологической летописи однозначны: оледенение Антарктического п-ова было длительным, постепенным процессом. Леса начали уступать место тундре примерно 35 млн лет назад, но тундра сохранялась еще около 22 млн лет, вплоть до середины миоцена. Лишь после этого срока на полуострове установился сплошной ледовый покров.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011; DOI: 10.1073/pnas.1014885108

Палеогеография

Ареал красной панды в раннем плиоцене

Малая, или красная, панда (*Ailurus fulgens*) — хищное животное, которое, тем не менее, питается преимущественно растительностью, в основном бамбуком. Систематическое положение вида долгое время было неясно. Его относили то к семейству енотовых, то к медвежкам, в настоящее же время выделили в отдельное семейство пандовых — Ailuridae, включающее один современный род с одним видом и несколько вымерших. Область распространения современной *A. fulgens* ограничена провинциями Юньнань и Сычуань в Китае, северной Бирмой, Бутаном, Непалом и северо-востоком Индии, где красная панда обитает в горных широколиственных и хвойных лесах с зарослями рододендронов и бамбука.

Ископаемые останки красных панд известны из Европы, Азии и Северной Америки. Недавно фрагменты костей одной из них — *Parailurus baikalicus* — обнаружены в западном Забайкалье, на южном макросклоне Хамбинского хребта, Н.П.Калмыковым (Институт аридных зон Южного научно-

го центра РАН, Ростов-на-Дону). Эта находка представляет интерес не только для изучения таксономии и распространения евразийских плиоценовых панд. Она позволила связать в единое целое биомы Европы, Азии и Северной Америки, существовавшие в позднем неогене.

Биотопы современной красной панды, ее пищевая специализация, тип зубов и ряд других характеристик послужили основой предположения, что и представители рода *Parailurus* в различных частях ареала обитали в похожих условиях, а основу их рациона составлял бамбук. В те времена в Европе были распространены широколиственные леса тургайского типа с зарослями бамбуков и рододендронов, какие предпочитает современная *A. fulgens*. В раннеплиоценовых отложениях Хамбинского хребта бамбук не найден, хотя там и присутствуют высшие растения общих с Европой таксонов. Пыльца и отпечатки листьев этого растения отсутствуют не только в Забайкалье, но и в ряде других местонахождений ископаемых красных панд. Возможно, это связано с небольшим количеством проб, взятых для спорово-пыльцевого анализа, и с литологическими особенностями отложений, которые не способствовали сохранению отпечатков.

Вероятно, находка *P. baikalicus* в западном Забайкалье указывает на широкое распространение в позднем неогене флоры тургайского типа, позволившей расселиться многим лесным млекопитающим по Голарктике. Пространственная разобщенность местобитаний ископаемых красных панд отражает не только неполноту палеонтологической летописи, но, видимо, свидетельствует и о небольшой численности их популяций. Постепенное похолодание климата привело к тому, что ареал красных панд в позднем плиоцене стал распадаться, и ныне вид сохранился лишь на ограниченной территории.

Доклады Академии наук. 2011. Т.438. №3. С.406–408 (Россия).

Палеогеография

Чем питались шерстистые носороги

Хорошо сохранившиеся в мерзлых породах остатки древних животных позволяют не только установить особенности их биологии, но и реконструировать палеоэкологическую обстановку времени их существования.

В июне 2007 г. на золотом прииске в окрестностях пос.Черский Республики Саха (Якутия) была обнаружена замороженная взрослая самка шерстистого носорога (*Coelodonta antiquitatis*). Ее возраст оценен в 39140±390 лет. Г.Г.Боесков (Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск), Н.Т.Бакулина («Якутскгеология», Якутск), С.П.Давыдов (Северо-Восточная научная станция Тихоокеанского института географии ДВО РАН, пос.Черский), М.В.Щелчкова (Северо-Восточный федеральный университет им.М.К.Амосова, Якутск) и Н.Г.Соломонов (Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск) провели спорово-пыльцевой анализ содержимого желудка ископаемого носорога, а также грунтов на месте его захоронения и реконструировали ландшафтную обстановку низовий Колымы этого времени.

В остатках пищи в желудке шерстистого носорога доминировала пыльца травянистых растений (98.5%), в основном степных и лугово-степных видов. Преобладала пыльца злаков (45.9%) и сложноцветных (40.6%), главным образом полыней (до 40.1%). Пыльца деревьев и кустарников (елей, сосен и ив) составляла лишь 0.9% и очень плохо сохранилась. Вероятно, это свидетельствует о ее случайном попадании в желудок животного. На долю спор печеночных мхов, хвощей, плаунка сибирского и плауна колючего пришлось лишь 0.6%. Таким образом, ведущими в рационе этого *S. antiquitatis*, как и некоторых других, найденных ранее в более континентальных райо-

нах Якутии особей, были различные виды злаков и богатый набор разнотравья.

Рыхлые отложения на месте захоронения *S. antiquitatis* и прилипший к его шерсти грунт более полно отражают растительность и климатические условия территории. В отложениях и грунте также преобладает пыльца травянистых растений, среди которых доминируют злаки и полыни. Однако доля разнотравья оказалась ниже, его состав беднее, а количество пыльцы деревьев и кустарников (лиственницы, берез, ольховника, ив), наоборот, больше, чем в пищевом комке в желудке.

В совокупности спорово-пыльцевые анализы содержимого желудка *S. antiquitatis* и грунтов на месте обнаружения животного показывают, что 40 тыс. лет назад в низовьях Колымы преобладала степная и лугово-степная растительность, тундровые же элементы в ней были выражены не явно. Ядро степных группировок составляли злаково-разнотравные, полынно-гвоздично-разнотравные и осочково-разнотравные ассоциации. Открытые пространства, вероятно, сочетались с развитыми на склонах северной экспозиции разреженными лиственными лесами, зарослями ольховника, березовыми и ивовыми ерниками. Такой состав растительности в целом соответствует климатическим условиям каргинского межледниковья (поздний неоплейстоцен): тогда климат был континентальным, а летние периоды — засушливыми и жаркими.

Доклады Академии наук. 2011. Т.436. №1. С.133–135 (Россия).

Палеонтология

Докембрийские наземные многоклеточные

Существование наземной докембрийской (возрастом более 540 млн лет) биоты было выведено из непрямых химических и геологических данных, связанных с находками палеозолей, с особенностями выветривания глинистых минера-

лов, а также с присутствием строматолитов (построек, созданных сообществами цианобактерий). Непосредственные свидетельства наличия жизни в докембрийских породах неморского происхождения чрезвычайно редки. Чаще всего цитируется единственное сообщение о находке в Аризоне, в палеокарстовых отложениях, минерализованных трубочек и сфер возрастом 1.2 млрд лет, интерпретированных как цианобактерии. Микрофоссилии со стенками, образованными органическим веществом, были впервые описаны в неморских отложениях торридонианского возраста (1.0–1.2 млрд лет) в северо-западной Шотландии в 1907 г. В последующих исследованиях было выделено несколько разных морфологических типов окаменелостей, но и ныне, век спустя, торридонианская микрофлора по-прежнему описывается как невзрачные «лейосферы».

Группа британских и американских палеонтологов для исследования образцов серых сланцев торридонианского возраста применила новую методику выделения содержащихся в них микрофоссилий. Образцы сланцев вымачивались в кислоте, и полученные фосфатные конкреции изучались на тонких срезах, что позволило выявить замечательно подробные трехмерные структуры объектов органического происхождения. Среди них обнаружены многоклеточные образования, цисты со стенками сложного строения, асимметричные органические формы и сплюснутые талломы (некоторые из них до миллиметра в диаметре). Они служат прямым доказательством существования эвкариот, обитавших в пресноводных и хорошо аэрируемых водоемах протерозойской эры. Наблюдаемое преобладание эвкариот в неморских обстановках около миллиарда лет назад указывает, что эволюция ядерных организмов на суше могла начаться намного раньше, чем считалось до сих пор.

Nature. 2011. doi:10.1038/nature09943 (Великобритания).

Атлас пауков — первый российский!

К.Г.Михайлов,

кандидат биологических наук

Зоологический музей Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

В последние годы по примеру зарубежных стран в России выпущено немало неплохих цветных фотоатласов растений и животных. По дикорастущим растениям интересны атласы: И.А.Шанцера (по Средней России, уже три издания, последнее — в 2009 г.), А.С.Зернова (Западный Кавказ, 2010 г.), группы петербургских ботаников (Ленинградская обл., 2010 г.). Во всех этих атласах высшие растения рассортированы по окраске цветков, что облегчает их поиск. Определять по этим книгам даже слишком легко, поэтому, например, на полевой практике по ботанике у студентов Московского университета изымают атласы Шанцера. Они должны научиться определять растения по «правильным» определительным ключам с малым количеством черно-белых картинок-подсказок (в частности, по 10-му изданию классического определителя П.Ф.Маевского).

Различными издательствами выпущено несколько атласов птиц и моллюсков (в первую очередь раковин), которые пользуются большой популярностью. В том же «Фитоне+» готовится к печати книга о пресмыкающихся. Совсем недавно появилось расширенное издание очень красивого атласа растений и животных Белого моря. Есть и другие примеры (Байкал, юг Дальнего Востока России).

А вот паукам, несмотря на их «фотогеничность», до последнего времени не везло, хотя разговоры о необходимости такого атласа специалисты вели давно.

Вообще, российская арахнологическая литература очень скромна. Даже обычных определителей пауков — и то совсем немного, и последний из них, самый подробный и толковый, уже давно устарел — ведь он выпущен в 1971 г.! А общее руководство по морфологии и биологии пауков вышло еще раньше, в 1965 г.! С тех пор помимо книг для детей на русском языке были доступны только очерки в «Жизни животных» (совсем неплохие, кстати), главы из переводных учебников по зоологии беспозвоночных и еще кое-какие мелочи.

И вот — свершилось долгожданное событие! Вышел в свет первый российский цветной фотоатлас-определитель пауков. Новое издание не имеет аналогов. Ранее, в 2001 г., на русском языке в серии «Всё обо всем» выходил лишь переводной карманный атлас П.Хиллиярда, довольно краткий и не очень удачно скомпонованный; к тому же он был выпущен на более дешевой офсетной бумаге, что сказалось на качестве печати фотографий. В той книге меня особенно поразило русское название мелкого паука-кругопряда *Mangora acalypha* — пчелосос негаданный. Переводчик зачем-то взял это использованное единственное раз название из очерка О.И.Левандовского о пауках — врагах пчел в «Русском пчеловодном листке» (1913)...

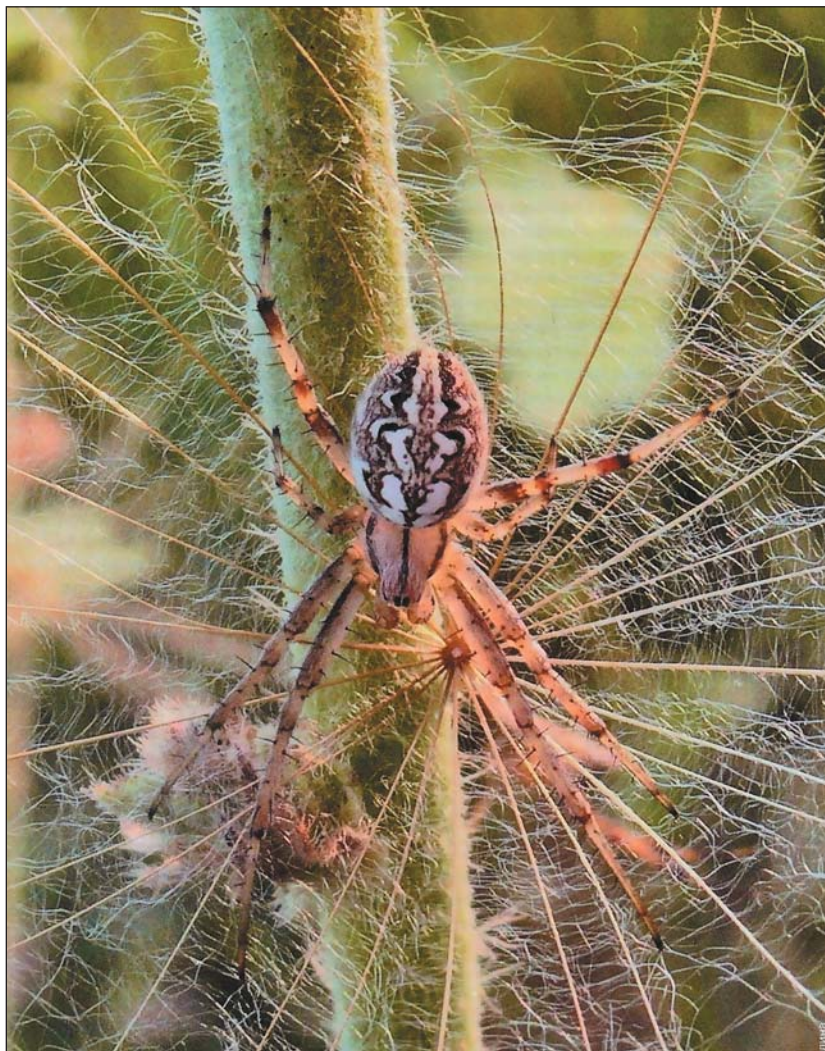
Структура нового атласа оригинальна. Композиционно книга состоит из пяти больших разделов: «Биология пауков»; обзор семейств бродячих пауков и пауков-сетестроителей; методичес-



Сейфулина Р.Р., Карцев В.М. ПАУКИ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ: Атлас-определитель с обзором биологии пауков.

М.: Фитон+, 2011. 608 с.

© Михайлов К.Г., 2011



Паук-кругопряд неоскона адиянта украшен замысловатой росписью, как и многие его собратья.



Самец трохозы земляной.

кий раздел «Наблюдение за пауками и их сбор»; обзор родов и видов пауков (они распределены по средам обитания: наземные пауки, пауки древостоя и т.д.); рассказ о родственниках пауков. Основной текст снабжен уникальными цветными (около 800) и черно-белыми фотографиями (около 100). В двух приложениях даны выверенный — впервые за многие годы! — список пауков средней полосы России и словарь терминов. Расположенный в конце книги, перед указателями, список специальной литературы и интернет-ресурсов небогат и включает 23 наименования.

Оговорюсь сразу — профессионализм обоих авторов, как арахнолога (Р.Р.Сейфулиной), так и фотографа (В.М.Карцева) не вызывает у меня никаких сомнений. Очерк биологии пауков следует после небольшого введения с благодарностями. Кратко описана и проиллюстрирована морфология пауков. Впрочем, морфология и биология пауков настолько взаимосвязаны, что данные по морфологии разбросаны по всему очерку. В подразделе «Образ жизни» описаны рацион пауков, а также их методы охоты и защиты от врагов. Некоторые пауки, в основном тропические тенетники, способны и к колониальной жизни.

Отдельные разделы посвящены постройкам и размножению. Различные постройки пауков — убежища, ловчие сети, выстилка нор, даже следовые нити — богато проиллюстрированы. Красочно описаны ухаживание, спаривание и забота о потомстве. Рассказано и о «свадебных подарках», которые преподносят самцы некоторых видов своим чрезмерно агрессивным самкам, и о специальных звуковых и зрительных демонстрациях — когда самец старается показать самке, что он «свой».

Роль паутины в жизни паука буквально безгранична. Все свои главные жизненные функции — питание, размножение, расселение, переживание не-

благоприятных условий — паук осуществляет с ее помощью. Даже спаривание совершенно невозможно без хотя бы нескольких паутинных нитей — ведь семенная жидкость выделяется у самца в основании брюшка, а спаривается он пальпусом — видоизмененным передним члеником педипальп, вторых по счету конечностей головогруды. Если не вдаваться в детали, можно сказать, что самец перед спариванием закачивает семенную жидкость в пальпус, как в маленькую клизму. Но при этом своим пальпусом паук просто не может достать до нужного места брюшка! Что делать? Как заправить пальпус? Подавляющее большинство пауков строят специальные, так называемые сперматические, паутинные сеточки, на которые из брюшка выдавливается капля семенной жидкости. После этого паук немного сдвигает свое тело и безболезненно заправляет пальпус. Только после этого самец готов к спариванию! И таких примеров в книге великое множество...

Обзор бродячих пауков включает данные о 18 семействах. Среди них такие известные, как пауки-скакуны, бокоходы, пауки-волки, пауки-рыси (оксиопиды), охотники-долгомеры. Пауки-тенетники Средней России объединяют 17 семейств, названия которых мало известны неспециалистам. Пожалуй, только пауки-кругопряды (и в первую очередь крестовики) более или менее знакомы широкому читателю. Однако всего в атласе охвачено 35 семейств пауков, что составляет примерно треть мировой фауны — это немало!

Обзоры семейств и родов разделены кратким очерком, озаглавленным «Наблюдение за пауками и их сбор». Описаны методы сбора пауков с поверхности почвы, из травостоя, со стволов и крон деревьев, даны рекомендации по хранению коллекционного материала и мерам предосторожности при работе с живыми пауками.



В тропиках обитают настоящие гиганты — паук-птицеед брахипельма Смита из их числа.



Трахизелотес.



Самец тибеллюса морского.



Самец гелиофануса золотистого.

Самый большой раздел книги (300 страниц) посвящен паукам в естественной среде обитания. Для удобства поиска обрез книги и наружный край каждой страницы окрашены в цвет подраздела: «наземные пауки» выделены коричневым цветом, «пауки травостоя» — зеленым, «пауки деревьев и кустарников» — малиново-красным и т.д. Такой принцип окраски особенно хорош в ботанических атласах, где речь идет об окраске цветков растений. В рецензируемом атласе окрашенные страницы выглядят, на мой взгляд, слишком контрастно по сравнению с другими, обычными.

Очерки морфологии и биологии родов и 170 видов пауков написаны очень профессионально. Номенклатура латинских названий дана на самом современном уровне. Однако, к сожалению, для подавляющего большинства видов пауков окраска и внешний вид служат лишь дополнительными диагностическими признаками. Основное отличие практически любого вида пауков — это строение гениталий самца (пальпуса) и самки (так называемой эпигины — хитинизированного выроста на половом сегменте брюшка). Фотографии такого рода в настоящее время делают в лабораторных условиях многие специалисты, но в книге они совершенно не представлены. Ключи для определения семейств, родов и видов пауков также отсутствуют, что не способствует удобству работы с книгой.

Выходит, что определять пауков с помощью атласа-определителя весьма затруднительно. Иллюстрации-картинки расположены не в систематическом порядке. Если в разделах, посвященных семействам, еще указаны характерные черты, то в очерках родов и видов действительно диагностические признаки (в 90% случаев это строение половых органов, гениталий) не указаны. На мой взгляд, атлас-определитель дол-

жен представлять собой собрание фотографий пауков, расположенных строго в таксономическом порядке, чтобы читатель сам мог производить сравнение между близкими и дальними родственниками. При этом книга должна быть небольшого, скорее карманного формата и удобна для пользования. Такого рода издания выпускали в Европе — например известный атлас Й.Вундерлиха (1991).

Рецензируемое же издание слишком громоздко для быстрого ознакомления. Раздел «Родственники пауков» невелик и включает краткий очерк происхождения хелицерных, а также обзор современных отрядов паукообразных — как умеренных широт, так и тропических.

В целом иллюстрации в книге очень хороши. В большинстве случаев видно, что фотографировали именно живых пауков, а не приморенных эфиром, как это часто делают за рубежом. Пауки — существа подчас очень подвижные, поэтому некоторые фотографии получились немного «не в фокусе».

Книга хорошо отредактирована, количество опечаток минимально. Не могу не отметить достаточно высокий уровень полиграфии, что, очевидно, сказало и на очень высокой цене издания.

Конечно, есть и замечания. Некоторые снимки все-таки оказались довольно низкого качества. Несколько тропических



Самка порромы.

пауков-птицеедов, фотографии которых есть в атласе, определены неверно. Можно было бы поспорить и о композиционной структуре книги. Но все эти мелочи отнюдь не умаляют ее очевидных достоинств.

Атлас адресован не специалистам-арахнологам или даже просто зоологам, а именно любителям-натуралистам и начи-

нающим биологам. Книга заявлена как учебно-методическое пособие для студентов биологических специальностей, но, очевидно, что это не так. Пожалуй, атлас хорош для выбора специальности студентами первого-второго курса. Но в первую очередь это просто добротная книга для чтения о пауках с хорошими иллюстрациями. ■

Математика. Физика

Г.В.Алексеев. ОПТИМИЗАЦИЯ В СТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧАХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА И МАГНИТНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ. М.: Научный мир, 2010. 411 с.

Монография написана для специалистов по дифференциальным уравнениям математической физики, математичес-

кому моделированию, магнитной гидродинамике, тепломассообмену, но представляет интерес и для широкого круга читателей, занимающихся наукой в смежных областях.

Автор рассказывает о методах исследования задач управления термогидродинамическими процессами и магнитными полями в жидких средах. Приводятся строгие формули-

ровки задач управления для дифференциальных уравнений гидродинамики. Единая методика их исследования включает: анализ разрешимости стационарных краевых задач и задач управления, обоснование применения принципа Лагранжа, вывод и анализ систем оптимальности, доказательство единственности и устойчивости решений экстремальных за-

дач. Применение этой методики автор демонстрирует на примере простейшей модели переноса тепла типа линейного уравнения конвекции—диффузии, а также для нелинейных моделей гидродинамики, тепловой конвекции, тепломассопереноса и магнитной гидродинамики несжимаемой либо теплопроводной жидкости.

Биология. Генетика

А.М.Леруа. МУТАНТЫ. Пер. с англ. Е.Годиной. М.: Астрель; CORPUS, 2010. 560 с.

С давних времен уроды встречались повсюду. Короли коллекционировали их, натуралисты каталогизировали, теологи использовали в своих целях. Рождение чудовищ часто толковалось как знак божественного гнева или как предвестие ужасного события. Позднее стало ясно, что причины уродств — не повод для досужих сплетен, а проблема, подвластная науке. Существуют мутации, которые делают человека очень худым или толстым, карликом или гигантом... Меняя значение генов, мутации помогают понять, чем в первую очередь являются эти гены для организма.

Один из основных методов исследовать пути формирования человеческого тела — это проследить за возникающими в этом процессе сбоями, или мутациями. Именно об этих неполадках, приводящих к появлению сиамских близнецов, двухголовых ягнят и прочих мутантов, рассказывает в своей увлекательной и порой шокирующей книге британский биолог Арман Мари Леруа. Взяв истории знаменитых уродцев в качестве отправной точки для своих рассуждений, автор подводит читателя к пониманию сложных законов, позволяющих виду *Homo sapiens* на протяжении многих поколений

сохранять относительную стабильность, оставаясь при этом поразительно многообразным.

Для того чтобы посмотреть, как развивается зародыш, царица Клеопатра, как следует из одного исторического источника, приказывала вспаривать животы беременным рабыням. Сегодня мы знаем о механизмах, которые заставляют однуединственную клетку превращаться сначала в эмбрион, затем в ребенка, а потом и во взрослого человека, несравненно больше, чем во времена жестокой египтянки, однако многие вопросы по-прежнему остаются без ответов.

Археология. Геология

К.Терни. КОСТИ, СКАЛЫ И ЗВЕЗДЫ: Наука о том, когда что произошло. Пер. с англ. М.Десятова. М.: Альпина нонфикшн, 2011. 235 с.

Это увлекательное, захватывающее повествование об удивительной науке, занимающейся определением возраста исторических объектов.

Автор книги, британский ученый Крис Терни, заведует кафедрой физической географии в Экстерском университете (Великобритания). На его счету множество научных публикаций, посвященных определению возраста различных артефактов. В 2004 г. он проводил радиоуглеродный анализ обнаруженных в Индонезии останков человека флоресского, так называемого «хоббита».

Сколько лет нашей планете? Когда и зачем были построены египетские пирамиды? Подделка ли Туринская плащаница? Отчего вымерли динозавры? Сколько ледниковых периодов было на самом деле? На примере самых интригующих исторических загадок автор показывает, как письменные источники, радиоуглеродный анализ,

ДНК, пыльца растений, древесные кольца, используемые в новейших технологиях датирования, могут помочь археологам и геологам «заставить время заговорить». Книга несет и серьезное предостережение: если мы хотим достойно встретить будущее, особенно важно понимать прошлое.

История науки

Д.И.МЕНДЕЛЕЕВ. ДИАЛОГ С ЭПОХОЙ: Сборник статей. Сост. Н.В.Успенская. М.: Октопус, 2010. 272 с.

Сборник включает материалы, опубликованные в первом номере «Природы» за 2009 г., который был посвящен 175-летию со дня рождения Д.И.Менделеева (1834—1907). В работе над изданием участвовали сотрудники Музея-архива при Санкт-Петербургском государственном университете.

Вклад Дмитрия Ивановича в мировую науку ставит его на первое место среди русских ученых того времени. Периодический закон химических элементов, открытый им в 1869 г., изменил направление развития химии и физики, повлиял на мировосприятие общества в целом. Удивительно широкий круг интересов ученого включал также и экономику, и политику. Он писал о том, где и зачем надо строить нефтяные заводы, как повысить плодородие почв, какой системе образования отдать предпочтение, какие мысли и чувства рождает созерцание природы и живописи. Будучи консультантом Морского министерства, Дмитрий Иванович изобрел новый вид бездымного пороха. В одиночку он поднимался на воздушном шаре, построил модель ледокола. Обо все этом рассказывают авторы сборника — исследователи жизни и творчества Менделеева.

Не просто микробиолог

Памяти Г.А.Заварзина

Жизнь неутомимого «охотника за микробами», выдающегося естествоиспытателя, академика Георгия Александровича Заварзина прервалась 6 сентября 2011 г.

В Институте микробиологии им.С.Н.Виноградского РАН Георгий Александрович более полувека изучал микроорганизмы во всем их разнообразии, открывал и описывал новые группы, находил и исследовал экстремальные местообитания микробов, современные аналоги древней биосферы. Он разрабатывал системный подход в изучении взаимодействий микроорганизмов между собой и со средой обитания. Инициировал исследования целого ряда сложных в культивировании организмов. Его работы по существу во многом определили развитие отечественной микробиологии.

Научная школа, созданная Заварзиным, — одна из ведущих в микробиологии. Он учил видеть в каждом новом организме скрытый функциональный потенциал и при этом помнить о важной биосферной роли микроорганизмов. Ученики и сотрудники Георгия Александровича описали более сотни новых таксонов, а также ряд новых типов микробного метаболизма. В честь Заварзина названы два рода бактерий с уникальными свойствами — *Zavarzinia* и *Zavarzinella*, а также несколько видов микроорганизмов.

Наверное, не было в микробиологии проблем, которых не касался бы Георгий Александрович: здесь и вопросы эволюции и классификации микроорганизмов, и реликтовые сообщества, и бактериальная палеонтология, и многое другое. Однако в последние десятилетия его как естествоиспытателя больше всего привлекали процессы, происходившие в биосфере: изменения почвенно-растительного покрова, круговорот веществ в природе, связанный с глобальными климатическими изменениями и антропогенными катастрофами. И все это, конечно, с учетом биосферной функции микроорганизмов.

Эти интересы и определили участие Георгия Александровича в решении задач глобальной экологии, его активную работу в международных программах и комитетах (таких как Научный комитет по проблемам окружающей среды, Подготовительный комитет Конвенции по биоразнообразию ЮНЕСКО, Международный совет геосферно-биосферной программы, Юридическая комиссия Союза микробиологических обществ, Международный институт прикладного системного анализа). В последние годы он был также одним из руководителей Программы фундаментальных ис-



Георгий Александрович Заварзин.
28.01.1933—06.09.2011

следований Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы».

Государственные заслуги Г.А.Заварзина отмечены орденом Трудового Красного Знамени (1983) и орденом Дружбы (2008).

Несмотря на чрезвычайную занятость и необыкновенно широкий круг интересов, Георгий Александрович всегда находил время для нашего журнала. Будучи членом редколлегии «Природы» в течение без малого 30 лет, он не только активно участвовал в жизни журнала, но и был его замечательным автором. В «Природе» он опубликовал около 20 работ, которые вызвали особый интерес у думающего читателя. Очень горько терять таких замечательных, редких людей!

Что оставляет после себя ученый? Научные труды и учеников! Наследие Георгия Александровича составляют множество статей (их более 300) и 10 монографий. Прекрасной иллюстрацией творческого потенциала Заварзина может служить последний сборник его трудов, в котором собраны не только специальные работы, но и острая публицистика и философия.

А ученики Георгия Александровича продолжают дело, начатое их учителем, что будет ему самой лучшей памятью.

Биогеографическая мозаика Набокова

В.Я.Фет

Университет Маршалла
(Хантингтон, Западная Виргиния, США)

«Географический образ мира...»

О второй профессии В.В.Набокова написано много [1–4]. Специалисты соглашаются, что знаменитый писатель был также зоологом, сделавшим немало открытий в энтомологии, а именно в систематике бабочек. Нередко цитируются его многие страстные строки, вдохновленные наукой о бабочках — лепидоптерологией.

Набоков часто и охотно признавался, что помнит определенные географические пункты по местам, где была поймана конкретная бабочка («Другие берега»). Такая эмоционально-мнемоническая память превосходно известна всем зоологам. Эта память сродни обычной способности связывать место с особенно важным событием — но полевой и музейный зоолог помнят десятки и сотни таких мест, а тренированная память немедленно подкалывает к каждому пункту название собранного там вида. Именно эта особая мнемоника описана Набоковым в рассказе «Пильграм», где герой, никогда не бывавший за пределами Германии, знал мир «совершенно по-своему, в особом разрезе, удивительно отчетливым и другим недоступным». «Географический образ мира,

Виктор Яковлевич Фет — зоолог, поэт, эссеист, переводчик, кандидат биологических наук (Зоологический институт АН СССР, 1984), до 1987 г. работал в заповедниках Средней Азии, с 1988 г. — в университетах США (преподает биологию, генетику, эволюционное учение). Автор многих работ по систематике и эволюции скорпионов.

© Фет В.Я., 2011



«Охотник на бабочек. Его имя Владимир Набоков. Перламутровка, распахнув крылышки, садится на высокий цветок. Взмахом сачка Набоков ловит ее» (киносценарий «Лолита», 1960).

Фото Х.Таппела

подробнейший путеводитель... он бессознательно составил себе из всего того, что нашел в энтомологических трудах. <...> Всякая чужая страна представлялась ему исключительно как родина той или иной бабочки — и томление, которое он при этом испытывал, можно только сравнить с тоской по родине».

Читатель-путешественник, вступающий в мир Набокова, обнаруживает в нем карты, маршруты, ландшафтные модели, снабженные подробностями и юмором, относящиеся к существующим, гибридным или полностью вымышленным местам. Любое местонахождение, запечатленное на коллекционной эти-

кетке, с его известной шириной, длиной, высотой и датой, становится пунктом в динамическом, нанесенном на четырехмерную карту географическом ареале биологического вида. Этот ареал эквивалентен пространственно-временной карте литературного персонажа. С энтузиазмом прослеживает Набоков путь своих героев по городкам (Фиальга в «Весне в Фиальте», Нью-Уай в «Бледном огне»), столицам (Берлин), небольшим странам (Зембла в «Бледном огне»), огромным частям континентов (Северная Америка или Центральная Азия), и даже по целым планетам (Антитерра, она же Демония, в «Аде»). Даже в да-

лекой постсовременной России («Приглашение на казнь») ясно виден лежащий перед нами ландшафт, когда мы смотрим вместе с Цинциннатом с тюремной башни на Тамарины Сады.

Географические этикетки-местонахождения с их мнемоническими, запоминаемыми, характеристиками постоянно служат Набокову — и как простой сценический инвентарь, и как сложные метафоры. «Лолита», помимо всего прочего, считается лучшим произведением о путешествии по Северной Америке. Описанные в ней передвижения — это реальные многолетние маршруты самого Набокова в поисках бабочек. По словам Д.Циммера (переводчика и исследователя творчества Набокова), «в тех романах и рассказах, которые он [Набоков] сам называл “реалистично-психологическими”, т.е. во всех, кроме “Приглашения на казнь” и “Под знаком незаконнорожденных” и трех-четырех последних романов, почти все места, кажущиеся воображаемыми, имеют какое-то соответствие на карте» [5].

Б.Бойд, живущий в Новой Зеландии автор крупнейшей биографии Набокова и многих важнейших трудов о его романах, особо отмечает мотив топонимов, «названий мест» в своих комментариях к роману «Ада» [6]. Такие, по сути, музейные этикетки с обозначением места часто образуют сложные сети вторых мотивов. Например (и это лишь очень небольшой, частный пример), мотив трех озер (Омега, Озеро, Зеро) в «Бледном огне» отражает не только так называемые Фингер-Лейк (Пальчиковые озера) неподалеку от Итаки, что в штате Нью-Йорк (где Набоков преподавал в Корнелльском университете), но также и озера Оникс, Эрикс и Климакс из «Лолиты». Более того, обе триады озер повторяют хорошо известную нам северо-западную триаду — Чудское, Ладога и Онега!

Русское озеро Онега упомянуто в повести Набокова «Пнин». А его географический партнер,

Ладога, на планете Антитерра становится городом в штате Майн, а потом мутирует в округ и реку Ладора («Ада»).

Очень часто набоковская география выглядит чрезмерной или лукавой: его «Путеводитель по Берлину», конечно же, не путеводитель; псевдоназвания американских штатов (такие, как Ютана или Аппалачия) звучат пародийно. Мне кажется, однако, что перемешанная, гибридная, география Антитерры в «Аде» не столько пародирует земную, сколько наслаждается нашими неустанными попытками называть безымянное («Дар»).

Мне думается, что именно *биогеография* — специфика природных объектов в географическом их контексте — придает остроту и глубину многим знаменитым образам Набокова. Один из них — мальчик, без усилия переходящий из русского ельника в американский. Не все оценят эту картину без понимания того, что в России хвойные леса — зональные (широтные), но в Америке речь идет о высотных, горных, поясах растительности (в Скалистых горах на западе континента). А значит, передвижение мальчика, т.е. самого Набокова, — это не только эмигрантское передвижение с востока на запад, из России в Америку; это также движение вверх: от русских низменностей к американским высокогорьям.

Таким образом, география Набокова — скорее естественная наука, чем наука о Земле, это *биогеография*, которая изучает и приветствует распределение живых существ на Земле. А наши знания об этом распределении буквально состоят из мириадом музейных этикеток.

Зоологическая этикетка как форма литературы

В творчестве Набокова, как мне представляется, пока не оценена по достоинству роль совершенно особого литературного инструмента — музейной, кол-

лекционной, зоологической *этикетки*.

Для профессионального зоолога связь между этикеткой и литературой очевидна — и в то же время непроста: слишком специфическая информация содержится в одном-двух кусочках плотной бумаги. Они проколоты той же тонкой энтомологической булавкой, что проходит через грудной отдел мертвого насекомого, нашедшего свое бессмертие в коллекционном ящике.

Проблема эта лежит на той границе науки и искусства, где, по словам американского набоковеда С.Блэквелла, мы задаем себе «вопрос, каким образом научная (т.е. объективная, описательная) и артистическая (субъективная, творческая) стороны набоковского гения исходят из общего центра» [7].

Моя гипотеза состоит в том, что *этикетка* — с ее требуемой точностью, вынужденной краткостью и необходимым триединством полевого собирателя, музейного обработчика и автора вида — была одним из специфических источников литературного вдохновения Набокова, единственного писателя-энтомолога.

Зоологическая этикетка (ее размер ~10×20 мм) по своей лаконичности сравнима с хайку. Сегодня этикетки печатаются на лазерном принтере мельчайшим шрифтом; но еще совсем недавно мы писали их пером и тушью, для чего требовались особые навыки миниатюрной каллиграфии. С детских лет Набоков, как и любой юный энтомолог, в том числе его будущая героиня Ада Вин, сотнями писал — должен был писать — этикетки для пойманных бабочек, миниатюрные прообразы знаменитых в будущем библиографических карточек, на которых он записывал свои романы.

Понятно, что этикетирование происходит из древнейшей, двойной задачи любого охотника: во-первых, как-то назвать (определить) свой улов и, во-



Махаон, парусник. Упомянут в произведениях Набокова 25 раз. Впервые эту бабочку он увидел в июне 1906 г., о чем подробно рассказывает в романе «Другие берега».

вторых, отметить место и время данной добычи — с очевидной целью вернуться в это место для новой охоты. Поэтому всегда имеются не одна, а две этикетки. В первой — полевая документация, специфические обстоятельства поимки. Вторая — это придуманное человеком название, ярлык, имя пойманного существа. Этикетки, таким образом, описывают природные объекты и в то же время принадлежат литературе.

Хорошая информативная этикетка, содержащая полевую документацию о собранном насекомом, должна включать не менее трех основных компонентов: место сбора, дату и имя собирателя (коллектора). Это — *три аристотелевских единства*: место действия, время действия, а также герой-протагонист. Сведения о месте и времени содержатся в полевых заметках протагониста, сделанных в записной книжке с твердым переплетом. Процесс собирательства (сбора, ловли, охоты) сопровождается и промежуточными доку-

Здесь и далее фото А.В.Сочивко

ментами-рукописями. При ловле бабочек и прочих насекомых сведения помечаются карандашом на бумажном конвертике, куда укладывается экземпляр. Другие существа, собираемые в пузырьки или коробочки, снабжаются краткими полевыми этикетками или кодами. Вся эта информация будет закреплена в окончательной этикетке к тому времени, когда экземпляр будет наколот, расправлен, высушен и перенесен в музейную коллекцию.

Четвертый же необходимый атрибут — *имя, название* — появляется позже (иногда много позже), в ходе *определения*. Согласно традиции, для него отводится отдельная, вторая этикетка.

Место. Информация о месте сбора абсолютно необходима для энтомологических (и любых естественнонаучных) этикеток. Без точного местонахождения экземпляр не представляет ценности. Зоологи старого времени часто не заботились об этом, и экспертов до сих пор озадачивают и раздражают их

выражения типа «обитает в Африке». Согласно нынешним стандартам, этикетка должна включать: страну, ближайший город, указание на конкретное место (например, «5 км к югу от развилки дорог...»), широту и долготу, а также высоту над уровнем моря — легко определяемые в наши дни с помощью GPS. Также рекомендуется дать хотя бы очень краткое описание окружающей среды (тип растительности, почвы).

Время. День, месяц и год, когда собран экземпляр, проставляются на этикетке рядом с местом сбора. Эта информация абсолютно необходима для натуралиста, который вернется туда для изучения живых представителей собранного вида. Серьезный коллектор посещает одни и те же местообитания несколько раз в течение года, наблюдая сезонные аспекты растительности и наборы насекомых. Писатель составляет летопись жизни героя; натуралист возвращается в Аризону в следующем апреле, чтобы снова отыскать весенние виды — следуя древней идее циклического времени. В умеренных широтах мы называем это «полевой сезон» и готовим сачки для бабочек, когда начинает таять снег.

Коллектор. У любого действия должен быть протагонист; имя коллектора — стандартная часть сведений на этикетке. Физический процесс сбора, ловли бабочек Набоков считал одним из наиболее захватывающих видов деятельности и всегда охотно рассказывал об этом [1, 2].

На этикетке может стоять более чем одно имя: коллектор (тот, кто *собрал* насекомое) может отличаться от того, кто впоследствии *определил* его; оба они обычно отличаются от *автора*, описавшего этот вид в прошлом — или, реже, в случае нового вида, от его *будущего* автора. Иногда это триединство сливается в одном имени эксперта-первооткрывателя, который собрал, определил и описал новый вид. Музейные эти-



Переливница большая. В 1971 г. Набоков в своем интервью А.Леви рассказывал, что в окрестностях Монрё эта бабочка была распространена, пока не заасфальтировали дорогу; ему она попала всего раз, но он ее упустил.



Павлиний глаз. Согласно замечанию Набокова, в окрестностях Петербурга в то время встречалась редко. Именно эту бабочку Набоков ловит в кадре документального фильма весной 1972 г.

кетки, как и литературные тексты, хранят имена и самых знаменитых, и полностью забытых коллекторов.

Коллектор — всегда путешественник (обратное, увы, неверно). Набоков планировал для себя именно это будущее. В 17 лет он собирался, используя состояние, унаследованное от дяди-миллионера, организовать экспедицию в Среднюю Азию, которая, скорее всего, состоялась бы, если бы не большевистский переворот. Циммер расследовал экзотическую историю, спрятанную за краткой этикеткой («Татценлу, Восточный Тибет — собран местными коллекторами отца Дежана») из набоковского рассказа о коллекционере бабочек «The Aurelian» (этот эпизод, добавленный Набоковым в английском варианте, отсутствует в русском оригинале рассказа, «Пильграм»). Подобные истории кроются за многими этикетками. Иногда Набоков позволяет через них заглянуть в жизнь коллектора — намеченную в рассказе о Пауле Пильграме и блестяще развернутую в описании путешествий Константина Годунова-Чердынцева в романе «Дар» — неосуществленных маршрутов самого Набокова в горах и пустынях Азии [8]. Циммер и другие

исследователи показали, что описания Центральной Азии в «Даре» — умело, в духе Жюль Верна, сплавленный коллаж из текстов Грумм-Гржимайло, Козлова, Пржевальского, Федченко и других русских путешественников.

Название вида. Отдельная, вторая, этикетка содержит имя — полное линнеевское название существа (род, вид), *автора* названия и дату описания. Специалист способен определить на глаз знакомый ему вид, но коллектор вовсе не всегда является экспертом, и название добычи в момент ее поимки зачастую *неизвестно*.

А значит, название далеко не всегда фигурирует на первой, «полевой», этикетке, содержащей данные о месте и времени сбора. Оно добавляется позже — часто на много лет позже, — когда экземпляр будет *определен*. Эксперт опознает признаки вида, используя профессиональную литературу с ее описаниями и иллюстрациями для сравнения их с признаками известных (описанных) видов, и находит для них уже существующее, кем-то ранее данное название.

Это имя — название *определенного* вида — помещается

на дополнительную, отдельную этикетку, и становится частью документации, сопровождающей данный экземпляр — в том числе и для *публикации*. Примером может служить первая публикация самого Набокова на английском языке (A Few Notes on Crimean Lepidoptera // *The Entomologist*. 1920). Это не более чем список этикеток, документация о бабочках, летавших летом 1918 г. в Крыму, куда в ноябре 1917 г. бежала семья Набоковых.

Если процедура определения не обнаруживает названия, есть вероятность того, что перед нами — *новый*, еще никем не описанный, вид. Тот или другой специалист — который в этом случае называется «автор» — по принятым стандартам опишет вид и даст ему название согласно «неумолимому закону таксономического приоритета» («Ада»). Описание нового вида было детской мечтой Набокова («Другие берега»). *Называние* видов занимает исключительное, особое, место в душе натуралиста. Именно об этом писал Набоков в «Даре», где отец главного героя, энтомолог Константин Годунов-Чердынцев, был «счастлив среди еще недозванного мира, в котором он при каждом шаге безымянное име-



Тополевый ленточник. «Громадная, плоская на лету бабочка, иссиня-черная с белой перевязью, описав сверхъестественно плавную дугу и опустившись на сырую землю, сложилась, тем самым исчезла» («Дар»).



Траурница, нимфа Антиопа. Упоминается в произведениях Набокова 12 раз. «Бархатно-черная, с теплым отливом сливы созревшей, вот распахнулась она...» («Бабочка Vanessa antiopa», 1921).

новал». Типовой экземпляр нового вида насекомых по традиции получал этикетку красного цвета — о ней упомянул Набоков в знаменитом стихотворении «*On Discovering a Butterfly*» («К открытию бабочки»).

Язык. Сам язык этикетки, базирующейся на полевой записи, часто представляет собой вполне набоковскую тесную мешанину языков, с собственной историей, которую хочется проследить, с неограниченными возможностями для игр и загадок. Названия экзотических мест меняются в зависимости от карты; европейский коллектор, записывая на слух, искажает местные топонимы. Написание географических названий редко подчиняется стандартам, что порождает массу ошибок, усиленных частыми сокращениями и неверным переводом, не говоря уже о приблизительной транслитерации. Даты бывают проблематичны: на этикетке нет места для полного названия месяца; июль и август путаются в римских цифрах; европейская система (день/месяц) мешается с американской (месяц/день); а в России к латинице добавляется кириллица. Часто перепутаны имена: имя коллектора, имя музейного специалиста, оп-

ределившего сборы, и имя автора вида (а иногда еще и имя того, кто подарил или продал коллекцию музею); сокращения «leg.» (legit, собрал) или «coll.» часто опускаются, и для коллектора дается только фамилия, которую нередко можно принять за топоним. Имя же автора вида (он же соавтор Создателя) по традиции сокращается (Линней — L., Набоков — Nab.), о чем не слышали в художественной литературе (вообразите сокращения Sh., П. или Толст.).

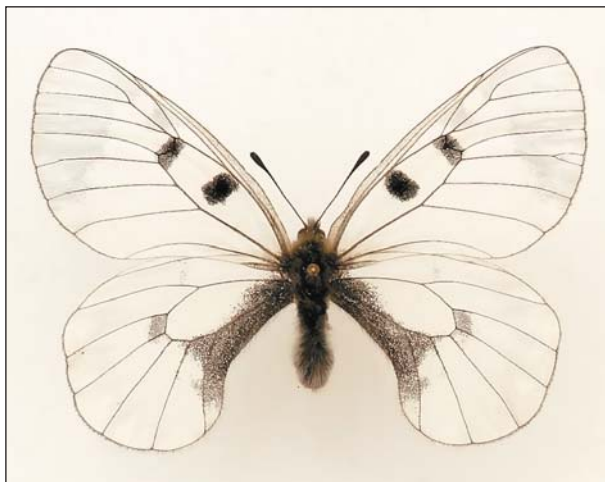
И, наконец, не забудем о том, что название самого насекомого дается по-латыни. Номенклатура Карла Линнея («*Systema Naturae*», 1758) — имена таксонов (видов, родов, семейств и т.д.) — одна из последних крепостей, удерживаемых еще не до конца вымершим языком. Для зоолога, «искусного в таксономической латыни» («*On Discovering a Butterfly*»), особая радость состоит и в том, что названия видов легко узнаются его коллегами в любой стране. А значит, название на зоологической этикетке — универсальный формат естественной науки — не нуждается в переводе. Это — доавилонское состояние языка, конечная и недостижимая цель литературы.

Поцелуйные каламбуры энтомолога Киркалди

Как известно, в текстах Набокова обильно спрятаны загадки всевозможного рода. Мне удалось разгадать несколько зоологических загадок, связанных с таксономией и номенклатурой — областями, имеющими дело с правилами и практикой названия видов. Таксономией занимаются сотни зоологов, но мало кто из них читает Набокова. А «набоковеды» очень редко разбираются в тонкостях зоологической систематики...

В одном из самых важных мест англоязычного набоковского романа «Ада» (ч.1, гл.22), в описании первой любовной встречи юных героев, Вана и Ады, читатель обнаруживает совершенно невнятную группу квазизоологических терминов. В английском оригинале фраза выглядит так: «There was a well-known microlepidopterist who, having run out of Latin and Greek names, created such nomenclatorial items as Marykisme, Adakisme, Ohkisme».

Читатель, знающий «Аду» только в переводе, будет не менее запутан. В переводе С.Ильина говорится: «И был микролепидоптерист, который, исчер-



Черный аполлон, мнемозина, одна из трех европейских бабочек этого рода. В романе «Дар» упоминается старшим Годуновым-Чердынцевым: «...в первых числах июня попался изредка маленький черный аполлон».



Аполлон. Эту одну из красивейших дневных бабочек Набоков подробно описывает в своем романе «Прозрачные вещи», где особо выделяет линейные красные пятна на крыльях бабочки.

пав латинские и греческие имена, создал такие номенклатурные элементы, как Мэрикизм, Адакизм и Охизм». В переводе О.Кириченко находим примерно то же: «...исчерпав латинские и греческие названия, напридумывал для классификации такие термины, как “мэрихизм”, “адакизм”, “аххизм”».

В оригинале, однако, никаких «измов» нет. Имеются три имени или *названия* (не «элемента» и не «термина»), легко узнаваемые по заглавной букве как родовые, т.е. названия зоологических родов (как род *Homo* в *Homo sapiens*), хотя и не выделенные курсивом, как полагается в лингвистической номенклатуре. Конечная гласная в них читается «и» при произнесении по-английски, и триада названий звучит «Мэрикисми, Адакисми и Окисми», с ударением на предпоследний слог.

Здесь, очевидно, содержится игра слов: мы слышим английское «kiss me» (поцелуй меня) — т.е. буквально «Мэри-поцелуй-меня, Ада-поцелуй-меня, О-поцелуй-меня». На это указывает, в частности, Бойд, в своих комментариях к «Аде» [6]. Он справедливо замечает также, что, по правилам зоологической номенклатуры, таксономические

названия не обязательно должны быть основаны на латинских словах или корнях — по современным правилам любое сочетание букв может использоваться как название рода.

Однако, как мне удалось установить, этот «номенклатурный каламбур» выдуман вовсе не Набоковым. Анекдотическая история этих «поцелуйных» названий, уходящая в начало XX в., и поныне известна многим юмористически настроенным зоологам [9].

В 1904 г. выдающийся англоамериканский энтомолог Дж.У.Киркалди (George Willis Kirkaldy, 1873—1910), специалист по систематике клопов — или, более благозвучно, *полужесткокрылых* (отряд Hemiptera, или Heteroptera) опубликовал ряд названий для описанных им новых зоологических родов [10]. Среди них были девять названий (*Ochisme, Dolichisme, Elachisme, Florichisme, Isachisme, Marichisme, Nanichisme, Peggichisme, Polychisme*), оканчивавшихся на «chisme», что в англоязычной латыни, конечно, произносится «кисс-ми».

Киркалди умер в Сан-Франциско в 1910 г., когда ему было лишь 36 лет. А в 1912 г., посмертно, он был подвергнут критике

Лондонским зоологическим обществом за фривольность! «Видимо, прошло восемь лет, прежде чем кто-то в Зоологическом обществе прочел эти названия вслух и понял, что в них содержится мольба о поцелуйных похождениях» [9]. Невзирая на такую фривольность, все названия полужесткокрылых насекомых, выдуманные Киркалди, были и остаются официально «доступными», хотя некоторые из них были, как мы выражаемся в зоологической систематике, «синонимизированы» после 1904 г., и более не действительны (не «валидны»).

Мне неизвестно, на каком этапе своей энтомологической карьеры Набоков встретился с драгоценным каламбуром Киркалди. Шутку эту знали и, видимо, повторяли многие — и сейчас она попадает на веб-сайтах, содержащих курьезные сведения о зоологических названиях. Статья Киркалди (1904), где были опубликованы девять «поцелуйных» названий, вышла в знаменитом английском журнале «The Entomologist» — одном из любимейших научных журналов Набокова. Именно в нем была в 1920 г. напечатана и его первая статья о бабочках. Набоков постоянно читал «The Entomo-

logist» в течение десятилетий. В 1930 г. в письме Вере Набоковой из Праги он вспоминает, как «вгрызается в старые номера» этого журнала, которые его мать сложила на столике возле кровати [1]. Набоков опубликовал еще две статьи по бабочкам в том же английском журнале в 1931 г., а потом в 1948 г.

Может быть, статья Киркалди повстречалась Набокову еще в его детские годы, в России? Уже к 1910 г. он «зачитывался энтомологическими журналами, особенно английскими, которые были тогда лучшими в мире» («Другие берега»). В своем интервью А.Леву 1962 г. Набоков говорил: «В раннем отрочестве все заметки о собранных мною бабочках были написаны по-английски, с различными терминами, заимствованными из замечательного журнала “The Entomologist”».

В тексте «Ады» Набоков использует три названия (без курсива). Одно из них указывает на Аду — Adakisme; два других, Ohkisme и Marykisme, — это, с небольшой разницей в написании, те же названия, что у Киркалди (*Ochisme* и *Marichisme*). В романе «Ада» нет никаких Мэри — но не является ли это имя отсылкой к «Машеньке» (в английском переводе «Mary»), раннему роману Набокова о его первой любви?

Отметим на той же странице у Киркалди (1904) название *Dolichisme*; «Долли» же — это Лолита, отсылки к которой многократно встречаются в «Аде»; Ада ходит в юбке фасона «лолита», а позже играет «танцовщицу Долорес» в фильме «Последний роман Дон Жуана». Читателю необходимо решить загадку Киркалди, чтобы найти «Долли» в энтомологической статье 1904 г., которая указывает на «Лолиту» (1955), отраженную в Ардесе в 1884 г. (по календарю Антитеры). Совпадение ли это, или «Долли» Киркалди — один из источников имени Лолита?

Джордж Киркалди создал много других гротескных родо-

вых названий, таких как *Apache*, *Geisba*, *Nirvana*, *Texas*, *Peregrinator* («странник») и даже *Kamebameba* (в честь гавайского короля). Невероятно, но в 1906 г. Киркалди также опубликовал название *Lucinda* — т.е. полное имя будущей Люсетты Вин, младшей сестры Ады.

Слишком много совпадений!

Может ли Киркалди быть также источником имени Люсетта? Возможно ли, чтобы Набоков помнил «Люсину» Киркалди с детских лет? Мог ли он обнаружить это имя в сводке зоологических названий всех родов животных, в знаменитом томе «Nomenclator Zoologicus» (1939) — стандартном справочнике тех лет?

Автором «Номенклатора» был выдающийся британский энтомолог Шеффилд Эйри Нив (1879—1961). Обратим внимание, что по-русски «Нив» и «Вин» — полный палиндром, а палиндромам и анаграммам в набоковском творчестве, и прежде всего в «Аде», отводится особое место. Кроме того, Набоков в своих романах нередко использовал фамилии энтомологов. Нив, как и Набоков, занимался бабочками; несколько видов названы в его честь, а несколько других описал он сам.

Более того, традиция справочников «Номенклатор» ведет начало от первого «Nomenclator Zoologicus» (1882), а его автором был знаменитый американский лепидоптерист Сэмюэл Хаббард Скаддер (1837—1911). Скаддеровскую же книгу «Бабочки Восточных Соединенных Штатов и Канады» [11], опубликованную в 1889 г., Набоков читал в оригинале еще мальчиком и позднее называл «изумительной» («stupendous»; «Speak, Memory»).

Набоков работал в том же Музее сравнительной зоологии Гарвардского университета, что и Скаддер, и где хранятся все его коллекции. Помимо многих других видов насекомых в честь Скаддера была названа бабочка *Lycaeides scudderi* (сейчас *Plebej-*

us idas scudderi) (семейство Lycaenidae). Сам Набоков в 1943 г. описал и назвал в честь Скаддера знаменитую голубянку *Lycaeides* (сейчас *Plebejus*) *melissa samuelis* Набоков (типовой экземпляр этого вида был собран Скаддером). История этой голубянки рассказана в книгах Д.Циммера [2], К.Джонсона и С.Коатса [3].

Почему Набоков приписывает названия в стиле Киркалди «известному микролепидоптерологу» (в то время как Киркалди был известным геминтерологом, или гетероптерологом)? Набоков явно запутывает здесь будущего набоковеда, который будет безрезультатно искать эти названия среди Microlepidoptera (подотряд Lepidoptera, включающий мелкие виды ночных бабочек) и, не найдя их, пожмет плечами и запишет непонятные слова по ведомству набоковской безудержной фантазии. Ко времени написания «Ады» множество лепидоптерологических мотивов в творчестве Набокова были настолько общеизвестны и настолько эксплуатировались литературоведами, что размещение ложной ссылки на бабочек в обманчивом антимире «Ады» кажется вполне уместным.

Иначе необходимо предположить, что Набоков использовал имена Киркалди по памяти, или переняв энтомологические слухи без проверки таксономического источника, или действительно полагал, что эти названия относятся к бабочкам Microlepidoptera. Это, однако, вряд ли возможно. В алфавитном списке родовых названий в номенклаторе Нива (1939) легко находятся и *Ochisme*, и *Marichisme*, а проверка существующих названий по таким спискам — стандартная процедура в работе зоолога-систематика.

Впрочем, мы знаем, что по крайней мере однажды Набоков не воспользовался такой проверкой. В 1945 г. он опубликовал родовое название *Pseudothecla*, не зная, что его уже использовал Э.Странд в 1910 г. для другого рода. Эту ошибку обнаружил

в 1959 г. выдающийся английский зоолог Ф.Хемминг, который обратился к тогда уже знаменитому писателю с предложением найти другое название для этого рода бабочек. Набоков в письме от 14 июля 1959 г. попросил сделать это самого Хемминга — так в 1960 г. появился род голубянок под названием *Nabokovia Hemming* [12]. Виды этого рода обитают в Эквадоре и Чили.

У меня нет никакого сомнения в том, что три набоковских названия в «Аде» имеют своим источником шутку Джорджа Киркалди. Пока неясно, однако, знал ли Набоков статью 1904 г. и проверял ли он названия Киркалди (включая спрятанное от читателей «Ады» название *Dolichisme* в статье 1904 г., а может быть, и *Lucinda* в статье 1906 г.) по справочнику Нива или другим

источникам. Думаю, что последнее вполне возможно, поскольку «Ада» была написана после упомянутого номенклатурного эпизода с Хеммингом в 1959 г.

Недавно независимо от Набокова традицию Киркалди возобновил известный американский энтомолог Н.Эвенхус [13] из Музея Бишопа на Гавайях. Он назвал новый род и вид ископаемой мухи, найденной в янтаре, *Carmenelectra shechisme*. В описании мухи говорится: «Название родовой группы дано в честь теле-, кино- и журнальной знаменитости Кармен Электры. Обе тетки [т.е. и актриса, и муха — В.Ф.] демонстрируют великолепную структуру тела, характерную для их таксонов. Эпитет видовой группы представляет собой произвольную комбинацию букв».

Последнее утверждение не соответствует действительности: видовой эпитет Эвенхуса (*shechisme*) — конечно, «киркалдианский» каламбур. Вдобавок зоологи, работающие с янтарными инклюзиями, оценят дополнительную игру слов: имя «Кармен Электра» (псевдоним американской поп-звезды Тары Ли Патрик) созвучно греческому названию янтара (*elektron*), и мы часто включаем слово «electro» в зоологические названия животных, описанных из янтара. В письме ко мне Эвенхус подтвердил, что и Киркалди, и его «поцелуйные» каламбуры 1904 г. хорошо известны в энтомологических кругах, а также признался, что не читал романа «Ада»... Набоковскому каламбуру пришлось ждать своего открытия почти 40 лет. ■

Литература

1. Nabokov's Butterflies: Unpublished and Uncollected Writings / Eds. B.Boyd, R.M.Pyle. Boston, 2000.
2. Zimmer D.E. A Guide to Nabokov's Butterflies and Moths. Hamburg, 2001.
3. Johnson K., Coates S.L. Nabokov's Blues: The Scientific Odyssey of a Literary Genius. NY, 2001.
4. Blackwell S.H. The Quill and the Scalpel. Columbus, 2009.
5. Zimmer D.E. Nabokov reist in Traum in das Innere Asiens. Reinbek, 2006.
6. Ada Online, www.ada.auckland.ac.nz (Boyd B.).
7. Blackwell S.H. The poetics of science in, and around, Nabokov's The Gift // The Russian Review. 2003. V.62. P.243—261.
8. <http://www.d-e-zimmer.de/LolitaUSA/LoUSpre.htm> (Zimmer D.E.).
9. Berenbaum M.R. Buzzwords: A Scientist Muses on Sex, Bugs, and Rock 'n' Roll. Atlanta, 2000.
10. Kirkaldy G.W. Bibliographical and nomenclatorial notes on the Hemiptera. №.3 // The Entomologist. 1904. V.37. P.279—283.
11. Scudder S. Butterflies of the Eastern United States and Canada, with Special Reference to New England. Cambridge, 1889.
12. Hemming A.F. Annotationes lepidopterologicae. Part 2. London, 1960.
13. Evenhuis N. Review of the Tertiary microbombyliids (Diptera: Mythicomyiidae) in Baltic, Bitterfeld and Dominican amber // Zootaxa. 2002. V.100. P.1—15.

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.

Над номером работали

Ответственный секретарь

Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

Л.П.БЕЛЯНОВА

Е.Е.БУШУЕВА

Т.С.КЛЮВИТКИНА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

Н.В.УСПЕНСКАЯ

О.И.ШУТОВА

С.В.ЧУДОВ

Литературный редактор

Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор

Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:

С.В.ЧУДОВ

Набор:

Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:

М.В.КУТКИНА

Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:

А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:

Российская академия наук,

президиум

Адрес издателя: 117997,

Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,

Москва, Мароновский пер., 26

Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77

Факс: (499) 238-24-56

E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 20.09.2011

Формат 60×88 1/8

Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,

усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2

Заказ 1758

Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»

Академиздатцентра «Наука» РАН,

121099, Москва, Шубинский пер., 6

www.ras.ru/publishing/nature.aspx

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.