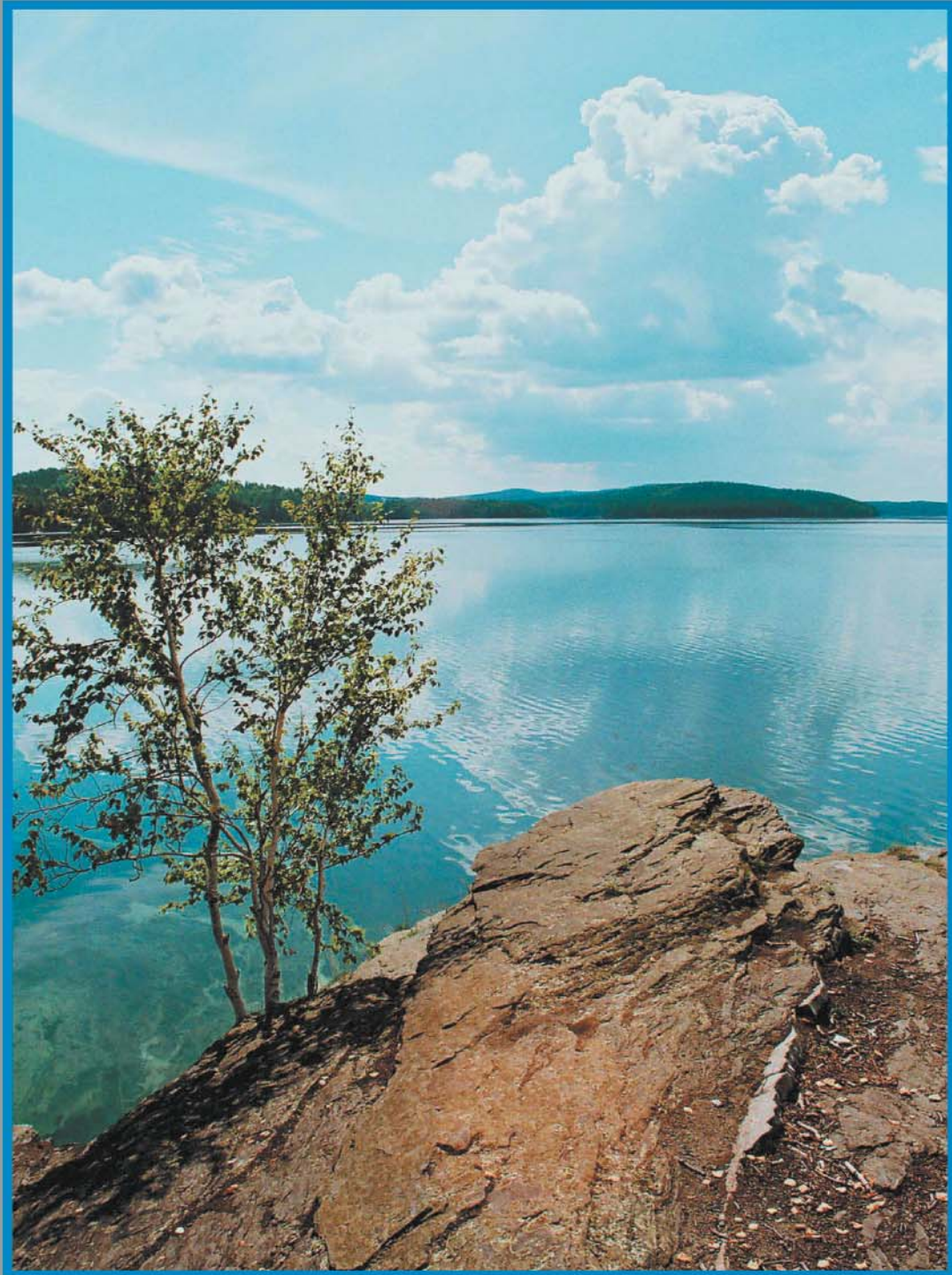


ПРИРОДА

7 06



В НОМЕРЕ:

- 3** **Морозов В.Н., Белов С.В., Татаринев В.Н.**
На страже радиозэкологической безопасности России

В Красноярском крае в районе предполагаемого строительства хранилища радиоактивных отходов российскими учеными создан геодинамический полигон. Каковы же цели и задачи дальнейших исследований?

- 13** **Мейлихов Е.З.**
Трагическая и счастливая жизнь Эрнста Изинга

Статья Изинга, в которой впервые рассматривалась модель, названная затем его именем, появилась чуть более 80 лет назад. И осталась его единственной научной публикацией...

- 22** **Хлебович В.В.**
Новое окно в эпигенетику

Присутствие хищника вызывает в клонах многих гидробионтов образование оборонительных морф: одноклеточные водоросли и инфузории увеличиваются в размерах, у дафний и коловраток появляются шипы и т.д. Чем обеспечиваются такие изменения и какое значение это имеет для эволюции?

- 31** **Вализер П.М., Губко Г.В., Дубинина Е.В., Новокрещенова Л.Б.**
Автоматизированная система «Ильменский заповедник — музей в природе»

- 39** **ПАЛЕОБИОТА НА РУБЕЖЕ ДВУХ ЭР**

В истории органического мира Земли не раз случались кризисы, когда исчезало большинство видов организмов. Так было и на границе пермского периода и триасового. Какие же причины могли вызвать этот биотический кризис?

Сенников А.Г., Голубев В.К.

Вязниковская фауна: черты экологического кризиса (39)

Наугольных С.В.

Флора в преддверии пермо-триасового кризиса (49)

Наследие

- 59** **НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЕ ЗАСЛУГИ С.Н.ВИНОГРАДСКОГО И ЕГО ИСПОВЕДЬ**

К 150-летию со дня рождения

Голиков Ю.П.

Хроника жизни (60)

Савина Г.А.

От публикатора «Летописи...» (62)

Заварзин Г.А.

Ответ на некоторые вопросы (64)

Виноградский С.Н.

Отъезд

Из «Летописи нашей жизни» (65)

Заварзин Г.А.

Несколько слов в заключение (70)

Лекторий

- 72** **Гиляров А.М.**

Мир барокко: музыка и экология

- 78** **Новости науки**

Палеолитическая венера из Зарайской стоянки. **Амирханов Х.А., Лев С.Ю. (78)**. Вода на Энцеладе, спутнике Сатурна. **Сурдин В.Г. (79)**. Цефеиды погружены в газовые коконы (81). Терагерцовый лазер на нанотрубках (81). Светодиодному освещению — зеленая улица (82). Токсичные жабы и эволюция австралийских змей. **Семенов Д.В. (82)**. Происхождение болезни Лебера в Квебеке (83). Динозавры питались травой? (83).

Калейдоскоп (30): Рост краж из зоопарков. Вымирание моа. Муравьи помогают защищаться лягушкам. Соляным промыслам Китая 3 тысячи лет. «Молочные» моря.

Коротко (58, 71, 77)

Рецензии

- 84** **Мамонтов С.Г.**

Вера и наука

К вопросу о религиозном и светском преподавании биологии в школе

- 89** **Новые книги**

Встречи с забытым

- 90** **Васильев К.К.**

Воспоминания доктора С.Ф.Вербова

CONTENTS:**3 Morozov V.N., Belov S.V., Tatarinov V.N.
On Guard of Radio-ecological
Safety of Russia**

Geodynamical polygon is founded by Russian scientists in Krasnoyarsk Territory at a place of proposed construction of radioactive wastes depot. What are objectives of future studies?

**13 Meilikhov E.Z.
Tragic and Happy Life of Ernst Ising**

Ising's paper in which for the first time the model named later after him was examined, appeared somewhat 80 years ago. It turned out to be his only publication.

**22 Khlebovitch V.V.
New Window into Epigenetics**

Presence of predator induces in clones of many aquatic animals and algae development of defensive morphs: single-celled algae and infusoria get bigger, Daphnia and rotifers form spines, and so on. How these transformations are determined and what is their evolutionary significance?

**31 Valizer P.M., Gubko G.V., Dubinina E.V.,
Novokreshchenova L.B.****Computerized Information System
«Ilmsky Reserve – a Museum
in Nature»****39 PALEOBIOTA AT A TWO PERIOD'S
BOUNDARY**

During history of life on Earth there were several crises when a majority of organic species got extinct. This was the case of Perm-Triassic boundary. What were the causes of this biotic crisis?

Sennikov A.G., Golubev V.K.

**Vyaznikovskaya Fauna:
Patterns of Ecologic Crisis (39)**

Naugolnykh C.V.

**Flora at Threshold of Perm-Triassic
Crisis (49)****Heritage****59 UNEXCELLED ACHIEVEMENTS OF
C.N.VINOGRADSKY AND HIS CONFESSION
To 150th Anniversary**

Golikov Yu.P.

Chronicle of Life (60)

Savina G.A.

**From the Publisher of «Chronicle...»
(62)**

Zavarzin G.A.

Answers To Some Questions (64)

Vinogradsky C.N.

Departure

From «Chronicle of Our Life» (65)

Zavarzin G.A.

A Few Words in Conclusion (70)**72 Ghilarov A.M.****Realm of Baroque: Music and Ecology****78****Scientific News**

Palaolithic Venus from Zaraysk Site. **Amirkhanov Kh.A., Lev S.Yu.** (78). Water on Encelad, a Saturnian Moon. **Surdin V.G.** (79). Cepheids are Wrapped by Gas Cocoons (81). Terahertz Laser Based on Nanotubes (81). Green Light to Luminodiode Illumination (82). Poisonous Toads and Australian Snakes Evolution. **Semenov D.V.** (82). Leber Disease Origin in Quebec (83). Dinosaurs Feed on Grasses? (83).

Kaleidoscope (30): Increase of Theft From Zoos. Extinction of Moa. Ants Help Frogs to Defend. Chinese Salt-works Are 3 Thousand Years. «Milky» Seas.

In Brief (58, 71, 77)

Book Reviews**84 Mamontov C.G.****Faith and Science**

On Religious and Secular Teaching
of Biology at School

89**New Books****Encounters with Forgotten****90 Vasil'ev K.K.****Doctor S.F.Verbov's Memoirs**

На страже радиоэкологической безопасности России

В.Н.Морозов, С.В.Белов, В.Н.Татаринов

В Красноярском крае на Енисейском кряже в районе предполагаемого строительства хранилища радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива российскими учеными создан геодинамический полигон. О целях этой работы и задачах дальнейших исследований рассказывают создатели полигона.

Существующие проблемы

На сегодняшний день на земном шаре функционирует более 450 ядерных реакторов, атомных электростанций и исследовательских ядерных центров. Прогнозируется рост их числа в будущем и соответствующий рост объемов радиоактивных отходов. Гонка ядерных вооружений в предшествующие десятилетия, создание атомного флота, длительная работа объектов ядерной энергетики привели к накоплению в отдельных регионах России больших объемов радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива.

Проблема экологической безопасности при их захоронении в глубоких горизонтах земной коры с высокими изолиру-



Владислав Николаевич Морозов, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией геоэкологии Геофизического центра РАН. Круг научных интересов охватывает проблемы геодинамики, геомеханики и безопасности объектов ядерно-топливного цикла.



Сергей Викторович Белов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник того же центра. Область научных интересов — системные взаимосвязи между напряженно-деформированной геологической средой, магматизмом и рудогенезом.



Виктор Николаевич Татаринов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник того же центра. Специалист в области геодинамики, геомеханики и подземной геофизики.

© Морозов В.Н., Белов С.В., Татаринов В.Н., 2006

ющими свойствами имеет большое общественное звучание. Ей уделяется огромное внимание не только со стороны науки и государственных органов, но и многочисленных представителей зеленого движения. Очевидно, что без решения этой проблемы невозможно дальнейшее развитие ядерной энергетики.

Основное экологическое требование при создании могильников для ядерных отходов заключается в их надежной изоляции от экосферы на все время их потенциальной опасности. На сегодняшний день этой проблеме посвящена достаточно обширная литература и разработаны ее различные аспекты. Определены благоприятные петрофизические типы горных пород, обеспечивающих надежную изоляцию; созданы методики выявления наименее нарушенных и слабо трещиноватых участков породных массивов, залегающих в спокойной тектонической обстановке; установлены основные особенности миграции радионуклидов в геологической среде и типы геохимических барьеров; предложены экспертные подходы к прогнозу развития тектонического процесса в различных геодинамических обстановках. Однако остаются до конца нерешенными вопросы оценки напряженно-деформированного состояния самих массивов горных пород, в которых планируется захоронение, развитие в них процессов деструкции, а также особенности эволюции деформационных процессов за период 10^5 лет. Последнее представляется весьма важным, так как без этого прогноз поведения породного массива (его изоляционных свойств) и корректное решение задачи возможной миграции радионуклидов в геологической среде остаются весьма проблематичными. Именно поэтому анализ полей напряжений в массиве горных пород и возможность прогноза трещинообразования во време-

ни представляют актуальнейшую научно-практическую задачу, имеющую важнейшее значение для национальной безопасности России. Что же требуется для ее решения?

Подходы и пути решения

Прежде чем ответить на этот вопрос, необходимо пояснить, что верхняя оболочка планеты, или, как говорят геологи, литосфера, лишь в самом первом приближении представляет собой земную твердь. На самом деле составляющие ее тектонические блоки находятся в непрерывном движении, скорость которого, по различным оценкам, составляет от долей до десятков миллиметров в год. Блоки перемещаются как по вертикали, так и по горизонтали. Следствие этого — накопление напряжений, образование разломов и катастрофические землетрясения, которые время от времени сотрясают тот или иной регион нашей планеты. В арсенале ученых имеются методы, позволяющие смоделировать напряженно-деформированное состояние определенного участка земной поверхности. Один из наиболее подходящих — метод конечных элементов. С его помощью можно рассчитать, как распределятся напряжения в недрах, и соответственно понять, где будут разрушаться породы и возникать тектонические трещины, по которым возможна фильтрация подземных вод и миграция радионуклидов, а главное — выяснить, где располагаются стабильные участки, наиболее благоприятные для размещения ядерных хранилищ. Суть метода состоит в аппроксимации сплошной геологической среды совокупностью треугольных конечных элементов со свойствами, адекватными реальной геологической среде, и задании в виде начальных условий неких усилий, действующих на эту среду. Достоинство

данного метода в том, что он позволяет решать задачу в реальном масштабе, с учетом конкретных прочностных свойств пород. Самое же важное, что он дает возможность смоделировать изменение деформационного процесса во времени. И все бы хорошо, но при создании такой модели возникает вопрос: как определить те нагрузки и направления и откуда осуществляется тектоническое давление на моделируемый участок поверхности? Другими словами, адекватность такой тектонофизической модели реальной природной обстановке обусловлена наличием фактических данных о направлениях и величинах главных усилий, под влиянием которых развивается тектонический процесс в том или ином структурном блоке. Обычно в тектонофизических моделях данные параметры задаются исходя из общегеологических соображений и особенностей геотектонического развития региона. Во многих случаях этого вполне достаточно, например, для расшифровки структур рудных полей и месторождений. Однако та колоссальная ответственность, которая возникает при создании тектонофизической модели геологической среды для размещения хранилища или могильника ядерных отходов, диктует необходимость более точного, количественного определения направлений действия и величин главных усилий.

Космос на службе у тектонофизики

Оказывается, фиксировать современные вертикальные и горизонтальные движения земной коры с точностью до 1–2 мм можно, используя методы космической геодезии — GPS (Global Position System). Они позволяют получить данные о скоростях тектонических движений пунктов геодинамической сети, необходи-



Установка GPS-реперов.

Здесь и далее фото В.Н.Татарина и С.В.Белова

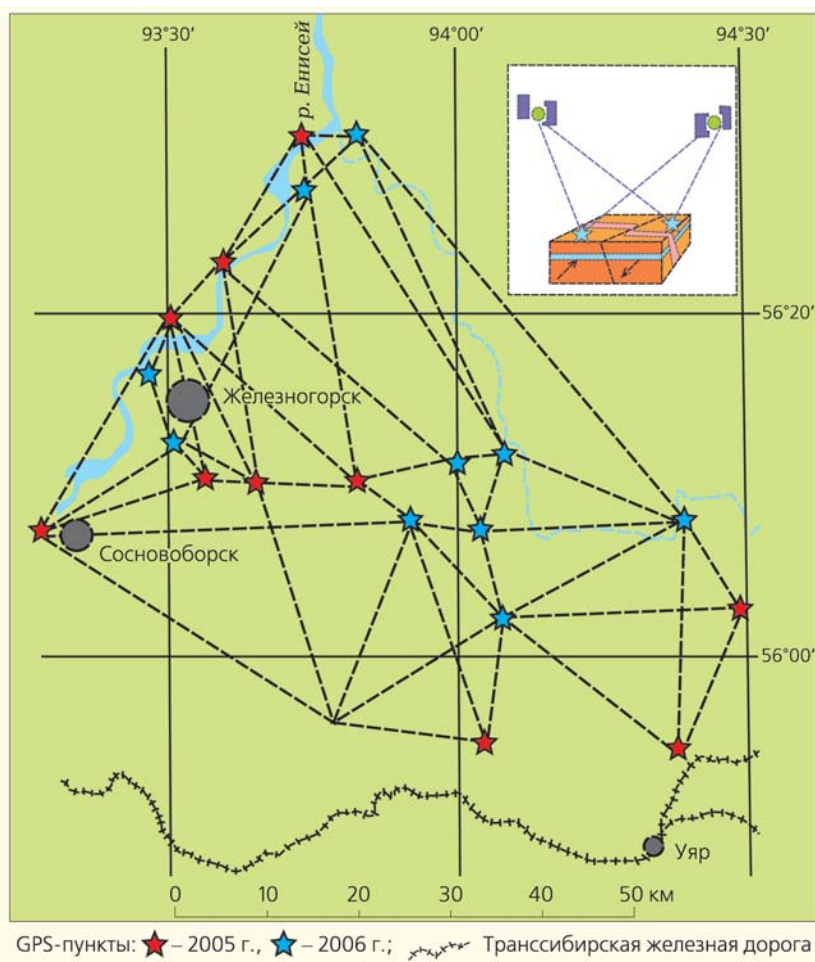


Комплекс для GPS-наблюдений.

мые для реализации тектоно-физической модели геологической среды.

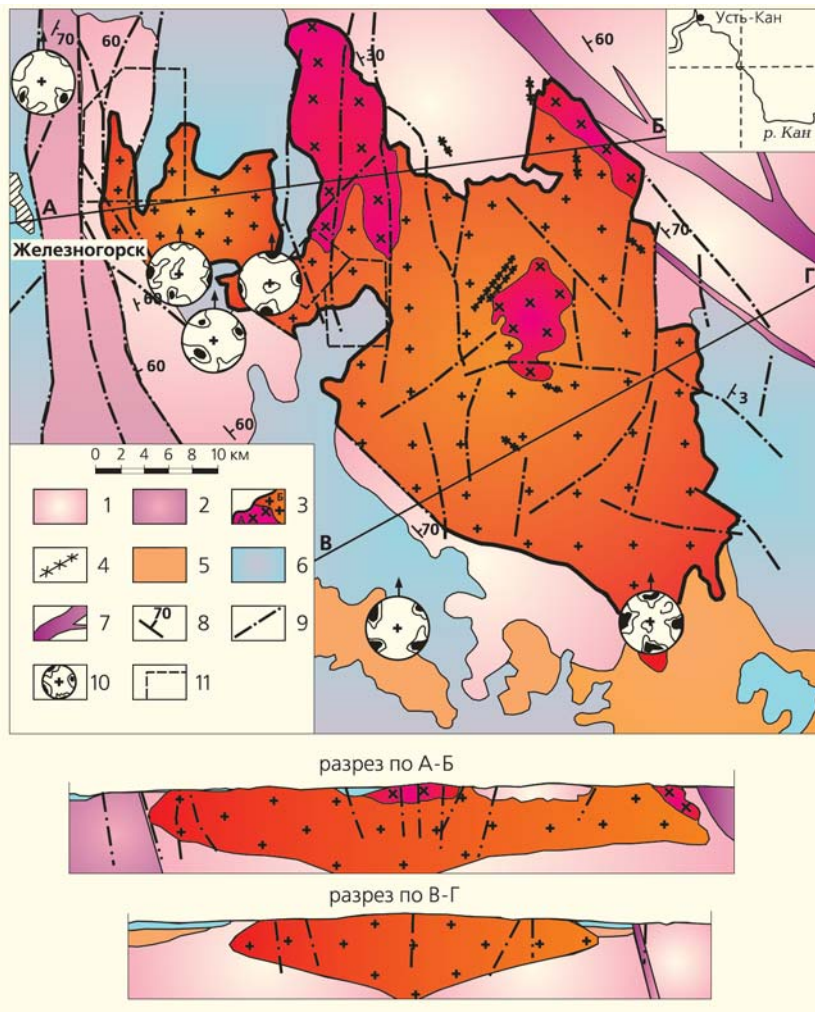
Система GPS основана на определении разницы времени прохождения радиосигнала с искусственных спутников Земли, вращающихся по определенным орбитам, вычисленным с очень высокой точностью. Космический сектор системы состоит из 27 искусственных спутников, обращающихся над поверхностью Земли на высоте около 20 тыс. км с периодом обращения, приблизительно равным 12 ч. Орбиты спутников расположены в шести плоскостях, по четыре спутника в каждой, что позволяет наблюдать одновременно из любой точки не менее четырех спутников практически на всей поверхности Земли.

Сектор пользователей включает в себя стационарные GPS-приемники, которые измеряют разность фаз выделенной несущей частоты сигналов спутников и собственного генератора. После захвата сигнала аппаратура приемника переводится в режим слежения (т.е. обеспечивается синхронность между принимаемым и опорным сигналами) и производится запись. Для высокоточных геодезических



GPS-пункты: ★ – 2005 г., ★ – 2006 г.; — Транссибирская железная дорога

Геодинамическая сеть в районе Нижнеканского гранитоидного массива. На врезке — схема расположения спутников и GPS-приемников на момент измерения.



Геологическая карта района Нижнеканского массива (с использованием данных В.М.Даценко, Н.В.Лукиной, Р.М.Лобацкой, Ю.И.Парфенова, А.В.Лопатина и др.). 1 — гнейсовый комплекс (AR); 2 — слюдяно-гнейсовый комплекс с амфиболитами, кварцитами и мраморами (AR—PR); 3 — контур гранитоидов Нижнеканского массива: а — диориты и гранодиориты, б — граниты и лейкограниты; 4 — дайки кислого состава; 5 — терригенно-вулканогенные отложения (PZ2); 6 — терригенные отложения (J); 7 — зоны милонитов; 8 — элементы залегания пород; 9 — основные разломы; 10 — круговые диаграммы ориентировки трещин; 11 — контуры участков детальных исследований.

ческих исследований сеансы наблюдений на одном пункте длятся от нескольких часов до нескольких суток, в зависимости от требуемой точности и расстояния между опорными пунктами. Последующий этап довольно сложной обработки позволяет исключить различного рода помехи и получить координаты пункта стационарно-

го наблюдения с точностью до 1–2 мм. Регулярный мониторинг в течение 3–5 лет даст возможность вычислить скорости горизонтальных и вертикальных движений земной коры с необходимой для геодинамических прогнозов точностью. Именно такой геодинамический полигон в 2005 г. создан учеными Геофизического цент-

ра РАН в содружестве со специалистами Всероссийского научно-исследовательского и проектного института промышленной технологии (Росатом) и Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья (Роснедра) в районе Нижнеканского гранитоидного массива. Здесь предполагается создать первый в России федеральный могильник высокоактивных радиоактивных отходов.

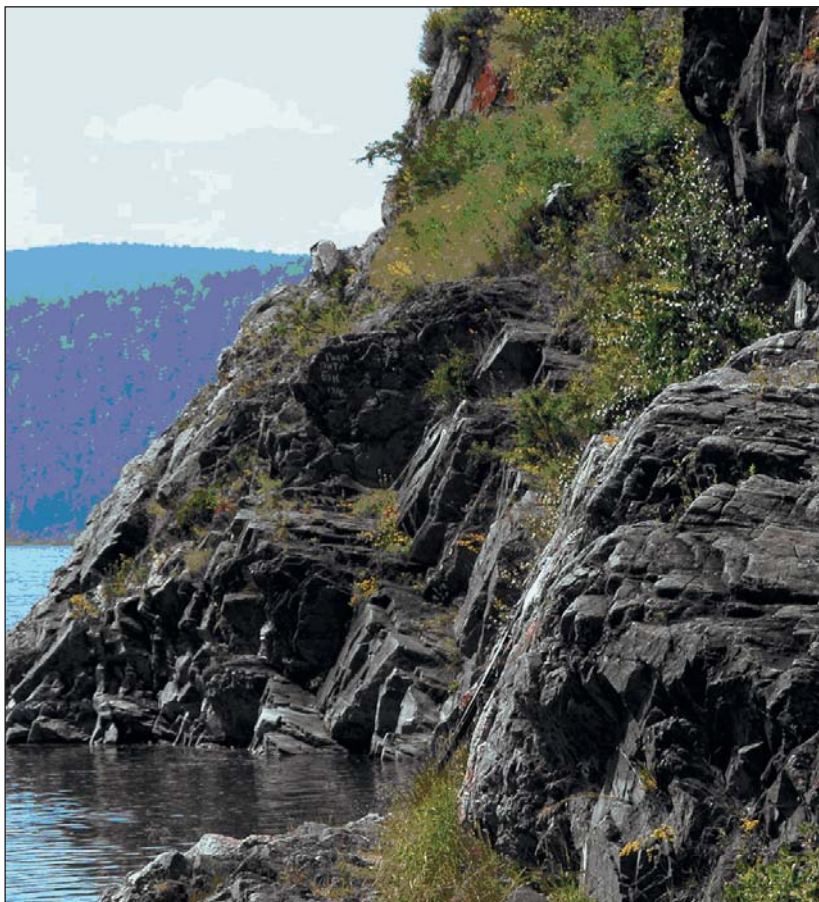
Геологический портрет предполагаемого хранилища

Нижнеканский гранитоидный массив расположен в нескольких десятках километров к северо-востоку от Красноярска, в пределах Ангаро-Канского выступа Енисейского кряжа. Эта часть кряжа сложена глубоко метаморфизованными отложениями и представляет собой древнюю архейскую глыбу в складчатой системе байкалид. С запада и юго-запада она ограничивается Западно-Сибирской плитой, верхний структурный ярус которой сложен терригенными мезо-кайнозойскими отложениями; с востока — Канско-Тасеевским прогибом, выполненным терригенными отложениями кембро-рифейского возраста. К югу глыба постепенно погружается под девонские отложения Рыбинской впадины. Таким образом, Нижнеканский гранитоидный массив оказывается расположенным в тектоническом узле сочленения древней Сибирской платформы, молодой Западно-Сибирской плиты и Саянской орогенической области. Он вытянут с северо-запада на юго-восток на 60 км при ширине около 30 км. По данным гравиметрии, вертикальная мощность его колеблется от 5 до 8 км. В целом массив имеет форму неправильного опрокинутого конуса с возможной корневой частью на глубине

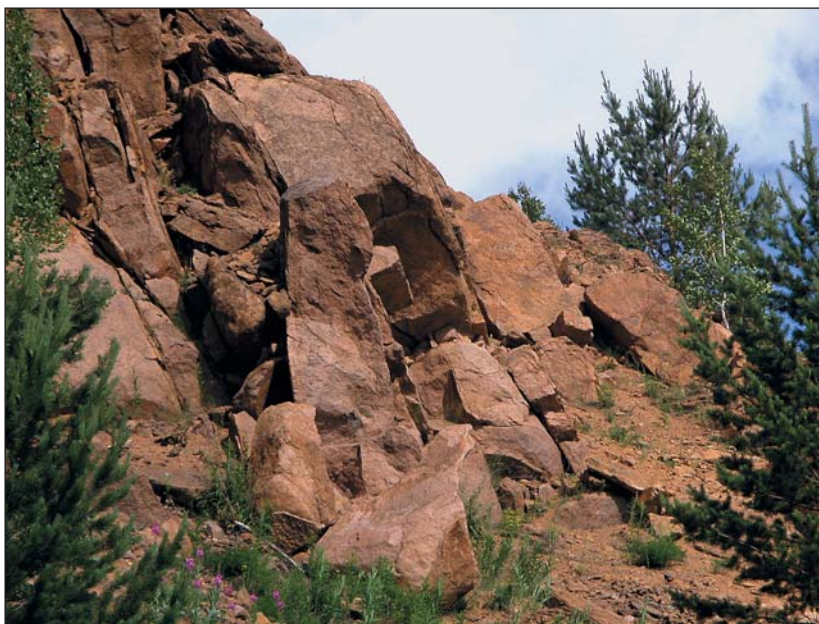
около 8 км. Преобладающие породы — розовые, желтовато-розовые крупно- и среднезернистые порфиroidные граниты. Дайковый комплекс сложен мелко-среднезернистыми порфиroidными лейкократовыми и мусковитовыми гранитами. В основном нижнеканские граниты характеризуются высоким содержанием калинатрового полевого шпата и отсутствием роговой обманки. Содержание в них магнетита (до 5 кг/т) свидетельствует о значительной окисленности флюида в процессе формирования массива.

Вмещающими породами нижнеканских гранитоидов служат преимущественно архей-протерозойские метаморфические комплексы. Архейские отложения представлены породами амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма. Протерозойские слюдяные кварциты и инъекционные биотитовые гнейсы распространены в западной части района, где они образуют полосу, контактирующую с породами архея. На северо-западном и южном окончаниях массива встречаются также терригенные юрские отложения, слагающие пологие тектонические впадины. По данным определения абсолютного возраста, формирование гранитов происходило в интервале 920—770 млн лет.

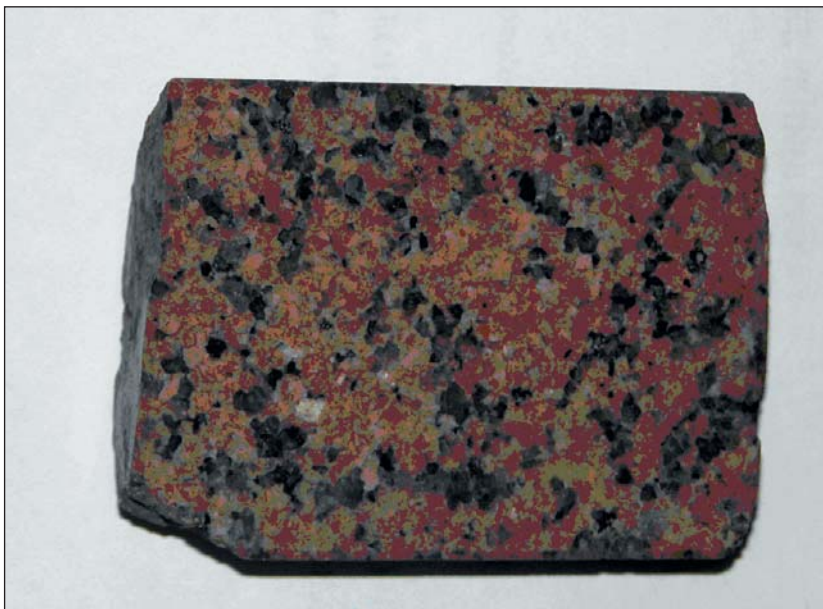
Разрывные нарушения в районе представлены крупными надвигами с падением под углом 50—70° в сторону платформы, а также более мелкими (длиной от 5 до 20 км) разломами ортогонального и диагонального направлений. Большинство их прямолинейны и имеют субвертикальное падение. Среди них установлены сбросы и взбросы, выраженные уступами в рельефе, с вертикальной амплитудой смещения 100—150 м, и сдвиги, смещения по которым составляют 100—450 м. В самом массиве доминируют субмеридиональные разломы, формирующие серию узких тектонических блоков. Последние образуют сту-



Гнейсы атамановской серии, вмещающие нижнеканские граниты.



Обнажения гранитов Нижнеканского массива. Хорошо видны крутопадающие трещины скола.



Образец нижнеканских гранитов.

пенчато-клавишную структуру. Поперечные субширотные нарушения, с которыми связаны зоны повышенной трещиноватости, подчеркиваемые ориентировкой речной сети, несколько усложняют структурный план территории, но не меняют его принципиально. Проведенное нами изучение мелкой тектонической трещиноватости показало, что во вмещающих породах преобладают диагональные крутопадающие системы трещин северо-западного и северо-восточного простираний.

Характер эндокинетической трещиноватости гранитов Нижнеканского массива, т.е. мелких трещин, связанных с остыванием и сокращением объема гранитов при их остывании (и контракции), изучен относительно слабо. По данным наших наблюдений, на отдельных скальных обнажениях в гранитах выделяются субмеридиональная и субширотная системы крутопадающих трещин, которые в совокупности с пологими формируют характерную для гранитов матрацевидную отдельность. Плотность субвертикальных трещин составляет

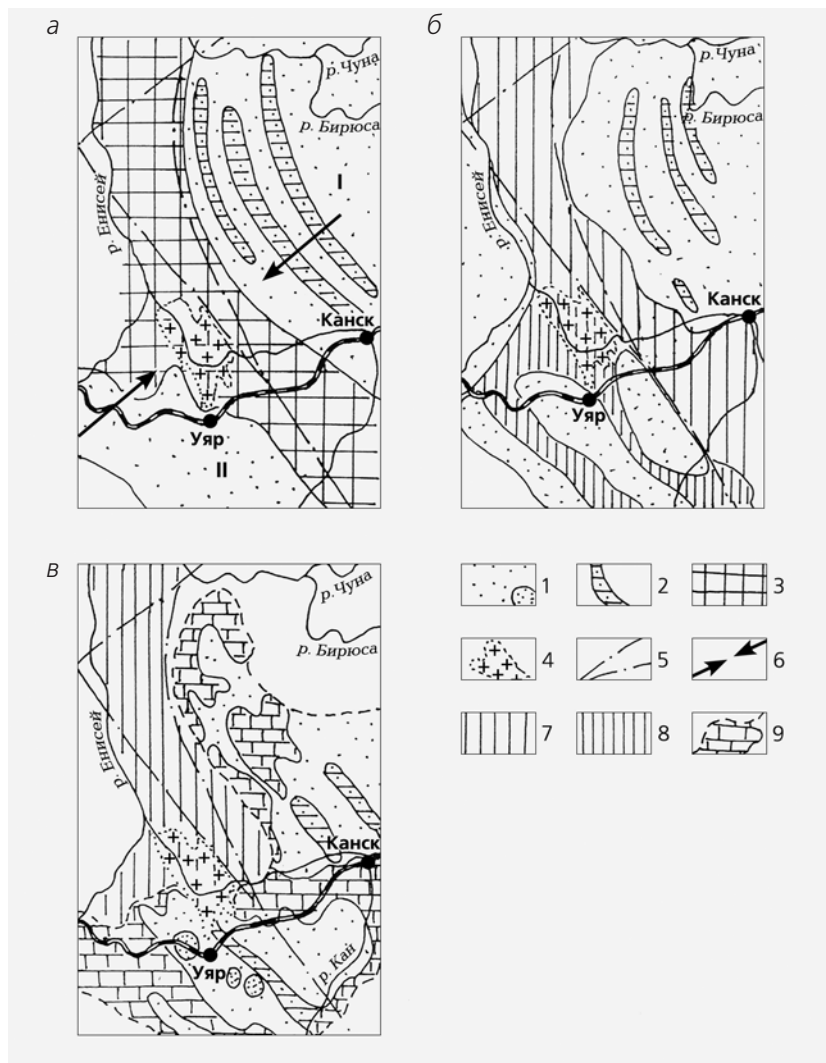
1–5 шт. на пог. м. Протяженность их достигает нескольких десятков метров. Глубина проникновения в зависимости от типа будет колебаться от 1/3 до половины их длины. Плотность пологих и субгоризонтальных эндокинетических трещин составляет 2–5 шт. на пог. м., в выпуклых куполовидных участках кровли гранитов она выше, в вогнутых — ниже, что связано с неодинаковым уровнем их теплоотдачи.

По данным гидрогеологических исследований, на большей части территории господствует инфильтрационный тип геогидродинамического режима. Водообильность недр, а также скорости и направления движения подземных вод связаны с рельефом местности. Наиболее обводнены поймы крупных и глубоковрезанных водотоков и равнинная часть территории в поле развития осадочных отложений. Преобладают нисходящие фильтрационные потоки. Области питания глубоких недр выступают водораздельные пространства, а зонами разгрузки — речные долины. Транзит подземных вод ре-

ализуется в приповерхностной зоне региональной трещиноватости и разнопорядковых тектонических нарушениях, и в меньших масштабах — по микротрещинам различного генезиса. Глубина зоны интенсивного водообмена составляет 1300–1600 м. Скорости движения подземных вод на этой глубине не превышают 5 м/год. Величина общей минерализации вод обычно не более 0.2–0.4 г/л при гидрокарбонатном магниево-кальциевом (реже натриево-кальциевом) ионно-солевом составе. Концентрированные фильтрационные потоки в недрах Нижнеканского массива имеют преимущественно субвертикальные направления (восходящие или нисходящие), а рассеянные (в трещинных системах низких порядков) — субгоризонтальные. В целом гидрогеологический режим региона достаточно спокойный.

Как оценить тектоническую стабильность?

Оценка тектонической стабильности геологических блоков складывается из последовательного анализа этапов тектонического развития района и изучения особенностей полей напряжений и деформаций, проявившихся в течение этих этапов. При идентификации разновозрастных геодинамических режимов принимается во внимание вся совокупность тектонических элементов и структурных парагенезисов, возникших в разные периоды проявления тектонических деформаций. Другими словами, необходимо проанализировать геотектоническую эволюцию района от ранних этапов к поздним. Очевидно, что наиболее стабильной тектонофизической обстановкой будут характеризоваться те массивы кристаллических пород, в пределах которых современное по-



Схемы разновозрастных этапов тектонического развития территории (с использованием данных М.А.Жаркова, В.М.Даценко А.Д.Ножкина и др.): а — в рифей-нижнепалеозойское время, б — в верхнепалеозойское время, в — в мезо-кайнозойское время. 1 — впадины: I — Ангаро-Присяжанская, II — Рыбинская; 2 — валобразные поднятия в пределах впадин; 3 — выходы архейско-протерозойских образований; 4 — положение Нижнеканского гранитного массива; 5 — разломы; 6 — направление главных тангенциальных усилий; 7 — платообразное поднятие; 8 — антиклинории; 9 — доюрские отложения в контурах Канского бурогоугольного бассейна.

ле тектонических напряжений имеет низкие абсолютные значения главных нормальных и касательных (скальвающих) напряжений при минимальных скоростях движений поверхности.

Рассмотрим основные **тектонические эпизоды**, в ходе

которых сформировались структуры, наблюдаемые геологами ныне. Наиболее ранние и значительные тектоно-термальные события начались в регионе в докембрии (2000—1800 млн лет назад). Они сопровождались глубоким метаморфизмом и формированием Канского гранули-

тового комплекса. Этот процесс происходил в условиях ЮЗ-СВ тангенциального сжатия при надвигании гранулитов на метаморфические породы в ЮЗ направлении. Для данного этапа весьма типичен вязко-пластичный характер тектонических деформаций. В рифее (приблизительно 770—900 млн лет назад) подвижная область, окаймлявшая с юго-востока Сибирскую платформу, закончила орогенный цикл развития и примкнула к платформе в качестве области завершённой складчатости. К этому времени как раз и относится становление Нижнеканского гранитоидного массива. Как показывает тектонофизический анализ*, подобные интрузивы формируются в условиях механизма продольного (относительно первоначальной слоистости) субгоризонтального тектонического сжатия, когда в ядре образующейся антиклинали возникают наивысшие сжимающие напряжения.

В соответствии с принципом минимизации энергетического потенциала, высказанным впервые известным тектонистом Г.Штилле, геологические тела стремятся принять форму, имеющую минимальный энергетический потенциал в условиях силовых полей. Поэтому очевидно, что конфигурация Нижнеканского массива в первую очередь определяется силовыми полями тектонических напряжений, существовавших в период его формирования. Отсюда возникает возможность решить обратную задачу — анализируя морфологию массива, получить представления о характере напряжённого состояния в то время. Учитывая структурные парагенезисы допалеозойского структурного этажа (общее северо-западное простираение докембрийских толщ, вмещающих нижнеканские граниты; характер складчатости и тектонофа-

* Белов С.В. Напряженно-деформированное состояние геосреды, магматизм и рудогенез // Минеральное сырьё №14. М., 2004.

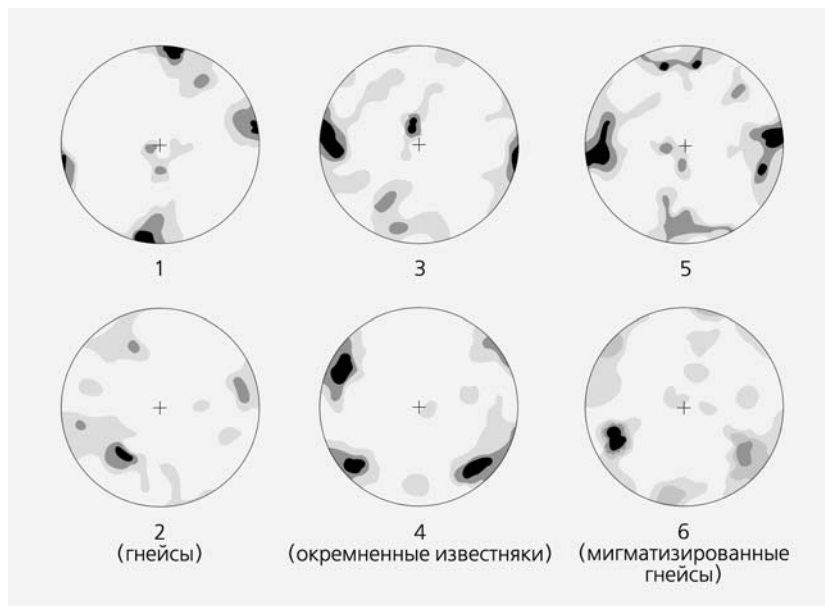


Схема трещиноватости в коренных выходах гранитоидов (площадки 1, 3, 5) и во вмещающих породах (площадки 2, 4, 6) Нижнеканского массива.

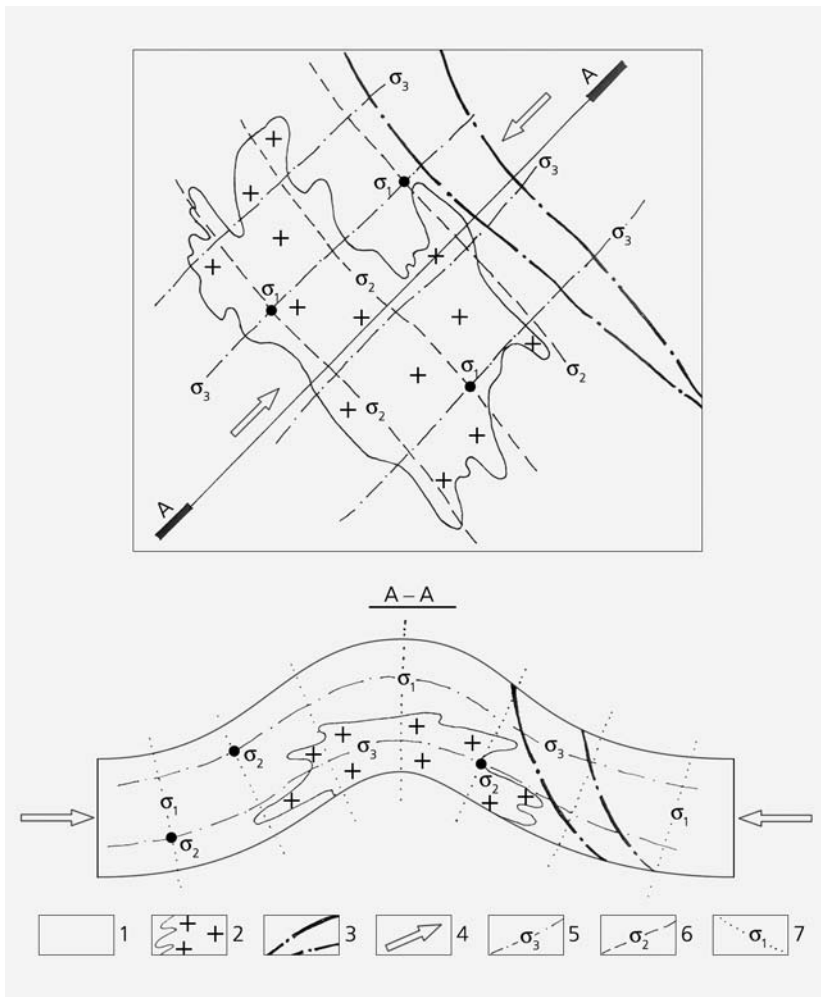
ций, конформность массива и т.д.), можно предположить, что в целом в период формирования массива ось максимального сжатия σ_3 была субгоризонтальной и ориентирована с северо-востока на юго-запад под углом около 40° . Ось σ_2 также располагалась горизонтально и была параллельна генеральному северо-западному простиранию докембрийских толщ, а ось σ_1 имела субвертикальную ориентировку (см. рис.). Для этого периода, видимо, типичны низкие скорости деформаций ($<10^{-14} \text{ с}^{-1}$), длившихся от нескольких десятков до сотен миллионов лет, высокие температуры ($500\text{--}800^\circ\text{C}$) и давления ($500\text{--}800 \text{ МПа}$), характерные для амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма. В подобных условиях, как указывает В.И. Старостин, ведущим механизмом деформирования было пластическое течение. Следует отметить, что ориентировка длинной оси вдоль направления региональной геологической структуры — позитивный тектонофизический фактор при использовании горного массива в качестве места

захоронения радиоактивных отходов.

Заключительные фазы становления Нижнеканского массива связаны с остыванием, кристаллизацией гранитов и формированием в них эндокинетической трещиноватости, возникавшей при сокращении объема интрузии и ее усадки. Совокупность систем таких трещин создала первичную трещинную решетку, которая уже на этом этапе определила размеры и объемы ненарушенных природных монолитов. Детальное изучение подобных трещин, развитых в гранитах, позволило нам установить некоторые общие закономерности их образования. Так, количество пластовых трещин в прикровельной части интрузии зависит от морфологии кровли. В куполовидных участках их число возрастает, а в вогнутых — снижается, что обусловлено более интенсивной теплоотдачей куполов. Основываясь на опыте изучения гранитных массивов в подземных выработках, можно предполагать, что и в нижнеканских гранитах плотность по-

логих трещин с глубиной будет снижаться, а крутопадающих — возрастать. Очевидно, что общее напряженно-деформированное состояние всего массива в этот период определялось не только внутренними напряжениями, связанными с усадкой, но и влиянием регионального поля напряжений, общий стиль которого продолжал оставаться прежним (сжатие с северо-востока со стороны жесткой Сибирской платформы). В этих условиях продольные трещины, возникавшие в гранитах, могли приоткрываться, а поперечные и диагональные — оставаться почти без изменений.

На основе моделирования термоупругих напряжений и деформаций, происходящих в остывающем массиве, выполненного В.С. Худяевым с коллегами, установлено, что внутри структуры имеется три зоны: верхняя, где эндокинетическое трещинообразование происходит в условиях растяжения; промежуточная, где в обстановке сжатия формируются сколы и сдвиги, и нижняя, в которой разрывные нарушения практически отсутствуют. При этом толщина верхней зоны убывает при увеличении мощности вышележащих пород. В глубинных условиях, в целом, область контракционного трещинообразования должна составлять $0.2\text{--}0.3$ радиуса интрузива. Так, в Нижнеканском массиве вертикальный диапазон контракционного трещинообразования должен составить $0.6\text{--}1.0 \text{ км}$, т.е. даже с учетом эрозионного среза гранитов контракционные трещины могут распространяться до глубины в 1 км (по оценкам гидрогеологов, зона активного водообмена также достигает 1 км). Естественно, что данный фактор должен обязательно учитываться при проектировании могильника. Это особенно важно в связи с тем, что речь идет о сколовых, преимущественно крутопадающих трещинах, которые не подсекаются вертикальными буровыми сква-



Тектонофизическая модель формирования Нижнеканского массива (вверху) и разрез по профилю А—А. 1 — вмещающие гнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы; 2 — граниты; 3 — разломы; 4 — направление главных усилий; 5—7 — траектории осей главных нормальных напряжений: 5 — сжимающих, 6 — промежуточных, 7 — растягивающих.

жинами. А именно крутопадающие трещины в большей части влияют на циркуляцию подземных вод к поверхности. Таким в общих чертах представляется напряженно-деформированное состояние района к началу палеозоя.

В ходе дальнейшей геологической истории территория развивалась в тесной связи с геодинамической эволюцией древней платформы. Однако более высокая мобильность, присущая складчатым поясам, сохранялась в ней и позже. Южно-

Енисейская глыба, в пределах которой локализованы нижнеканские гранитоиды, длительное время представляла собой область сноса. Окончательно тектонический план рифейско-нижнепалеозойского структурного яруса оформился, по-видимому, в силуре. К этому времени относится образование первых валообразных складок в Ангаро-Присаянской впадине. Вектор сжимающих напряжений и ось σ_3 в это время скорее всего были ориентированы в запад-юго-западном направлении (240—

260°), а тектонические усилия исходили со стороны жесткого основания Сибирской платформы. Тогда же происходили расколы фундамента вдоль крайней северо-западной ветви регионального Восточно-Саянского разлома.

В конце девона и раннем карбоне образовалось поднятие в виде плато (возник так называемый Енисейский мост). Произошло выравнивание поверхности вследствие денудации, что обусловило накопление близких по составу осадков как в Рыбинской впадине, так и в Ангаро-Присаянской впадине. В последней сформировались валообразные поднятия и сопряженные с ними прогибы общего северо-западного простирания. Вектор тектонических сжимающих усилий в то время лишь слабо развернулся к югу, ось σ_3 была, видимо, ориентирована также в запад-юго-западном направлении (230—240°). Таким образом, в рифей-раннепалеозойское время тангенциальный стресс со стороны древнего жесткого основания Сибирской платформы обуславливал доминирующую обстановку продольного сжатия в области ее сочленения с Енисейским кряжем.

В позднем палеозое начинается новый этап геодинамического развития района — отголосок мощных тектонических событий на Сибирской платформе, связанных с формированием Тунгусского бассейна. На востоке формируется Канско-Тасеевская впадина, а начиная со среднего карбона усиливается общее воздымание Енисейского кряжа (а соответственно и Южно-Енисейской глыбы), оно становится мощным и устойчивым. Идет активная денудация, продукты которой продолжают заполнять окружающие впадины. После юрской морской трансгрессии, когда площади Рыбинской и Канско-Тасеевской впадин покрываются мелководным морем, в раннем мелу происходит общее

поднятия. По данным Р.А.Цыкина и Е.В.Прокатеня, в юрском и меловом периодах амплитуды суммарных тектонических движений составляли 200—500 м. Интенсивность движений была в 1.5—2.0 раза ниже, чем на современном этапе. Енисейский кряж в течение последующих 130 млн лет отличался равнинным рельефом. В олигоцене (33—23 млн лет назад) регион представлял собой холмистую, относительно низкую равнину. В миоцене (20—5 млн лет назад) территория интенсивно поднималась (о чем свидетельствуют глубоко врезанные речные долины) и постепенно превращалась в возвышенную равнину.

С конца плиоцена (1.8 млн лет назад) район Ангаро-Канского антиклинория испытывал устойчивое воздымание со средней скоростью 0.2—0.3 мм в год. Суммарная амплитуда поднятия за этот период оценивается в 400—500 м. По-видимому, в это время на поверхности впервые обнажаются гранитоиды Нижнеканского массива. В приповерхностных зонах в условиях быстрого вертикального подъема тектонических блоков протекают процессы релаксации упругих напряжений, возникает анизотропное поле напряжений и формируются системы трещин различного генезиса, которые наследуют и трещины, заложенные еще на этапе усыхания гранитного массива.

Некоторые выводы и прогнозы

Последовательное рассмотрение основных эпизодов геотектонического развития дает основание предположить, что тенденция неотектонического поднятия района сохранится еще достаточно длительное время, охватывающее весь планируемый срок существования проектируемого подземного хранилища. Причина этого — гипсометрическое разобщение древней Сибирской платформы и молодой Западно-Сибирской плиты, между которыми и располагается Енисейский кряж. Данный процесс привел к усложнению тектонического строения, обновлению древних и заложению новых разломов и трещин. Таким образом, длительная геодинамическая эволюция Нижнеканского массива после его становления обусловлена воздыманием (или «всплыванием»), характерным, как известно, в целом для крупных гранитоидных тел. Суммарная величина такого воздымания составила не менее 5—6 км. Оно было прерывистым, усиливалось в отдельные эпохи и происходило на фоне тангенциального регионального тектонического сжатия, вектор которого был ориентирован в направлении юго-запад—северо-восток. Численно оценить величину будущего воздымания

сложно, однако, исходя из скорости эрозии, можно предположить, что оно не превысит нескольких сантиметров за 1000 лет. Вместе с тем вертикальные усилия, связанные с поднятием Нижнеканского массива, видимо, будут играть подчиненную роль в общей картине его напряженно-деформированного состояния, которое определяется тангенциальными сжимающими усилиями, ориентированными поперек жесткой глыбы Енисейского кряжа. Изменится ли региональное и местное поле тектонических напряжений и ориентировка траекторий главных усилий, а также скорость новейших тектонических движений, пока сказать трудно. Именно для ответа на этот вопрос и заложен геодинамический полигон, наблюдения на котором позволят создать корректные количественные тектонофизические модели и оценить как возможность, так и время проявления катастрофических тектонических событий, а главное — выбрать наименее тектонически напряженные блоки, где процесс деструкции практически отсутствует. Без этого задачу надежной и длительной изоляции радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива на впервые создаваемом подземном федеральном могильнике вряд ли можно будет решить. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-05-64975.



Трагическая и счастливая жизнь Эрнста Изинга

Е.З.Мейлихов

Модель Изинга — одна из стандартных моделей статистической физики, исследованию которой посвящено огромное число публикаций: известная интернетовская поисковая система Google по запросу «модель Изинга» выдает 330 тыс. ссылок (!). Парадокс состоит в том, что хотя многие слышали о модели Изинга, но почти никто не знает, кто такой Изинг. Между тем, Эрнст (или Эрнест) Изинг — автор работы, в которой впервые рассматривалась модель, названная позже его именем, и которая стала его первой и *единственной* публикацией. Настоящие заметки приурочены к недавно прошедшему 80-летнему юбилею появления этой классической статьи Изинга.

Модель Изинга I

Прежде всего напомним суть модели. Как известно, магнетизм различных тел связан с магнитными свойствами атомов, составляющих данное тело. Эти свойства, в свою очередь, обусловлены магнитными характеристиками электронов, входящих в состав атомов. Так же как наиболее важным пунктом «электрического паспорта»



Евгений Залманович Мейлихов, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института молекулярной физики Российского научного центра «Курчатовский институт». Область научных интересов — физика твердого тела.

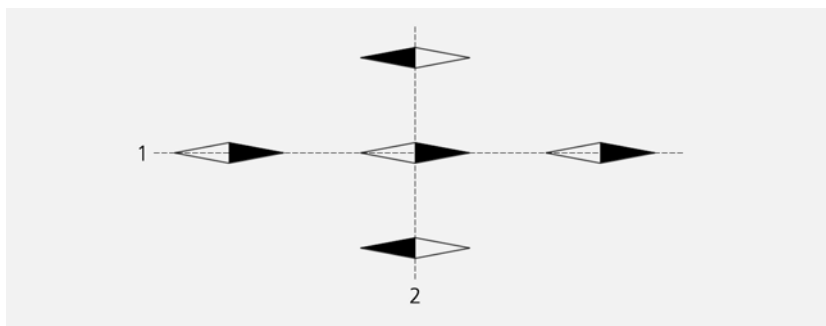
электрона является его электрический заряд, «визитной карточкой» его магнитных качеств служит собственный магнитный момент (спин). В отличие от заряда, магнитный момент характеризуется не только величиной, но и направлением (т.е. является вектором). Обычно магнитные моменты электронов направлены в разные стороны, так что их сумма (векторная) практически равна нулю. Однако в некоторых случаях магнитные моменты значительной части электронов становятся параллельными друг другу. Тогда и возникает сильный магнетизм, или, как его обычно называют, — ферромагнетизм (от лат. *ferrum* — железо).

Причина такого выстраивания магнитных моментов элект-

ронов — их взаимодействие друг с другом. Такое взаимодействие может быть *прямым* (без всяких «посредников») и *косвенным* (через «посредников», в качестве которых могут выступать другие электроны, свободные или входящие в состав атомов).

К чему приводит прямое взаимодействие, можно понять с помощью простых экспериментов с магнитными стрелками — чувствительными элементами прибора для определения направления магнитного поля Земли (компыаса). В отношении магнитных свойств такие стрелки очень похожи на электроны: они обладают собственным магнитным моментом (направленным вдоль оси стрелки от «южного» полюса к «северному»),

© Мейлихов Е.З., 2006



Анизотропное взаимодействие магнитных стрелок.

ориентация в пространстве которого меняется при вращении стрелки вокруг иглы.

Если две стрелки поместить близко друг от друга, их взаимодействие становится очень сильным и влиянием магнитного поля Земли можно пренебречь. Закрепим одну из стрелок, например, сняв ее с оси и приклеив к поверхности стола (фиксированную ориентацию этой стрелки будем далее называть выделенным направлением). На этой поверхности нарисуем две прямые линии, проходящие через центр закрепленной стрелки: одну — вдоль выделенного направления (линия 1), а другую — перпендикулярно ему (линия 2). Будем теперь приближать к неподвижной стрелке другую магнитную стрелку, способную вращаться вокруг иглы. Если в процессе этого приближения центр второй стрелки все время остается на линии 1, то (независимо от начальной ориентации) эта стрелка рано или поздно встанет так, что магнитные моменты обеих стрелок будут *параллельными*. Если же в процессе приближения второй стрелки ее центр все время остается на линии 2, то она в конце концов ориентируется так, что магнитные моменты обеих стрелок станут *антипараллельными*. Эти эксперименты показывают, что в отличие от электрического (кулоновского) взаимодействия между электрическими зарядами, зависящего только от знаков

этих зарядов и расстояния между ними, прямое взаимодействие магнитных моментов зависит еще и от угла, который соединяющая их линия составляет с выделенным направлением.

Косвенное взаимодействие магнитных моментов промоделировать трудно. Можно лишь предположить, что при наличии «посредников» зависимость энергии взаимодействия от указанного выше угла пропадает и остается лишь зависимость от расстояния между магнитными моментами и от их знаков (т.е. направлений). Точный расчет подтверждает это предположение*. Таким образом, для определенности можно, например, считать, что взаимодействие всегда (независимо от взаимного расположения) благоприятствует параллельной ориентации магнитных моментов.

Представим теперь, что магнитные стрелки (которые, напомним, моделируют магнитные моменты электронов) расположены в узлах регулярной решетки. Поскольку взаимодей-

* В качестве аналогии рассмотрим теннис, в котором взаимодействие игроков осуществляется напрямую — с помощью мяча, который доставляет игроку, принимающему подачу, ту информацию, что была вложена в него подающим игроком. А вот в футболе мяч, посланный в поле вратарем одной из команд, попадает к вратарю другой команды, испытав предварительно взаимодействие с десятком полевых игроков и полностью потеряв ту информацию, что была вложена в него первым вратарем.

ствие быстро падает с увеличением расстояния, можно ограничиться взаимодействием только *соседних* магнитных моментов. Согласно принятому предположению, такое взаимодействие благоприятствует выстраиванию соседних магнитных моментов вдоль некоторого выделенного направления и тем самым понижает энергию системы, внося в нее отрицательный вклад $-J$. Наоборот, антипараллельная ориентация соседних моментов энергетически невыгодна и приводит к увеличению энергии на величину J . Это и есть модель Изинга, в которую, однако, необходимо внести еще один элемент — тепловые флуктуации.

Очевидно, что при сделанных предположениях наименьшей энергии системы соответствует состояние, в котором все магнитные стрелки параллельны друг другу. Однако представим теперь, что стол, на котором размещены все эти стрелки, беспорядочно трясется (например, во время землетрясения). Ясно, что если такая тряска станет достаточно сильной, ориентационный порядок среди магнитных моментов стрелок исчезнет. Настоящие же магнитные моменты отдельных электронов настолько малы, что не нуждаются в землетрясении: для них достаточно всегда существующей тепловой «тряски» решетки. Если энергия $\sim kT$, получаемая ими от решетки, сравнима с энергией взаимодействия J , то в равновесном состоянии полной ориентации магнитных моментов не будет. Более того, неясно, сохранится ли хотя бы преимущественная ориентация этих моментов?

Для ответа на этот вопрос и была предложена модель, которую называют моделью Изинга. В ней магнитные моменты спины, располагающиеся в узлах регулярной решетки, могут быть ориентированы только вдоль (или против) некоторого выделенного направления. Учитывается лишь взаимодействие

соседних спинов, энергия которого принимает (в зависимости от их взаимной ориентации) значения $\pm J$. Эта модель принципиально важна в том отношении, что относится к системе, в которой наблюдаются *кооперативные* явления и фазовые переходы, и допускает математическое рассмотрение.

Эрнст Изинг (1900—1998)

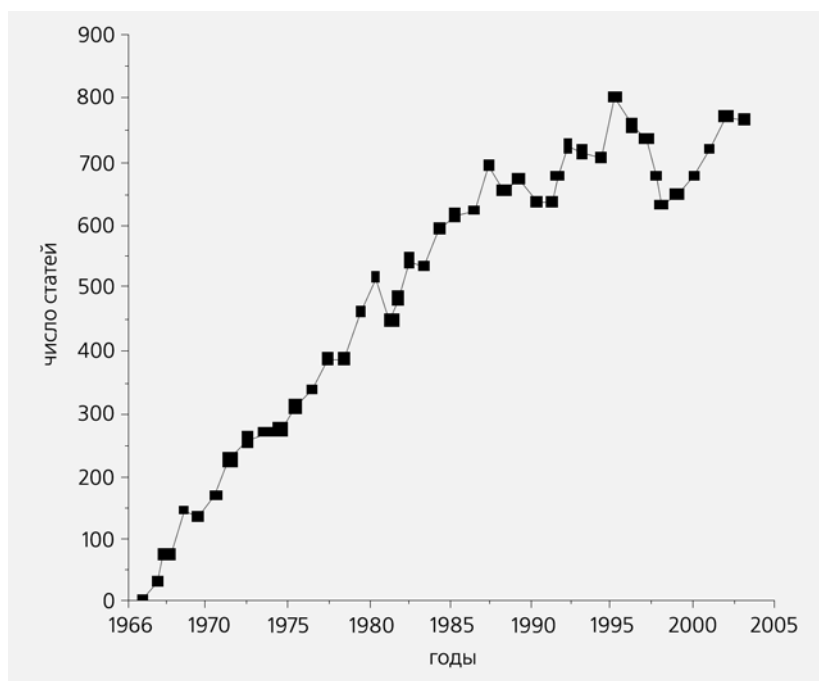
Впервые количественный анализ подобной модели был проведен в 1924 г. Эрнстом Изингом в его докторской диссертации [1]. В 1925 г. полученные им результаты были опубликованы* [2].

Жизнь Изинга захватила практически весь прошлый век и включила в себя многие драматические события политики и науки. О том, насколько важной оказалась модель Изинга для последующего развития физики, свидетельствует хотя бы тот факт, что уже после 1966 г. появилось около 20 тыс. публикаций со ссылкой на оригинальную работу Изинга и более 300 тыс. публикаций, использующих или развивающих эту модель.

Однако несмотря на грандиозную популярность модели Изинга, мало кто знает о самом ее авторе, в долгой жизни которого переплелось много трагического и счастливого. Описанная в настоящих заметках биография Изинга в значительной мере основана на материалах работ [3—6].

Эрнст Изинг родился 10 мая 1900 г. в Кельне (Германия) в семье лавочника Густава Изин-

* Журнал, где опубликована эта работа (написанная на немецком языке), малодоступен. В Интернете имеется английская версия статьи в переводе Джоанны Изинг (жены Э.Изинга, экономиста по специальности) и Тома Каммингса (Thomas F.Cummings, химика по специальности), содержащая ряд неточностей (http://www.fn-augsburg.de/~harsch/anglica/Chronology/20thC/Ising/isi_fm00.html).



Ежегодное количество публикаций, посвященных модели Изинга после 1966 г. (общее число публикаций за 1966—2003 гг. — около 20 тыс.).

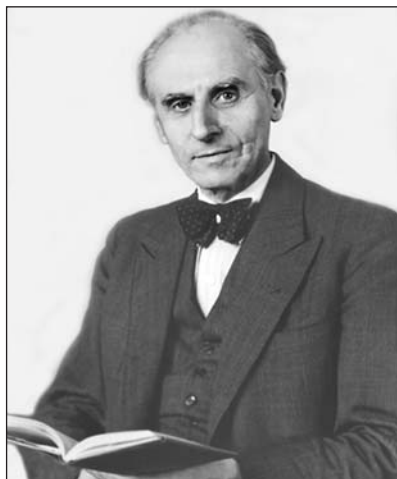
га и его жены Теклы (урожденной Лозе). Двумя годами позже семья переехала в Бохум (Вестфалия), где Эрнст и провел свое детство. Весной 1907 г. он поступил в местную школу, а в 1918 г. окончил гимназию. Шла война, и Эрнста призвали на военную подготовку, но, к счастью, первая мировая война закончилась раньше, чем он мог быть отправлен на фронт. Весной 1919 г. Изинг начал изучать математику и физику в Геттингенском университете, затем продолжил свое образование в Бонне и, начиная с 1922 г., — в Гамбурге.

В 20-е годы прошлого века Гамбург был одним из центров развития мировой физической науки. Здесь занимались исследованиями многие выдающиеся ученые. Во время учебы в Гамбурге Изинг познакомился со своим ровесником Вольфгангом Паули (1900—1958), который только что начал работать в том же университете в должности ассистент-профессора теоретической физики. В марте 1924 г.

Паули опубликовал статью, где был сформулирован один из важнейших принципов современной теоретической физики (в 1945 г. он получил Нобелевскую премию «за открытие принципа запрета, который называют принципом Паули»).

В это же время в Гамбурге работал Отто Штерн (1888—1969), который стал полным профессором Гамбургского университета в 1923 г. и вместе с Вальтером Герлахом (1889—1979) проводил свои знаменитые эксперименты с атомными пучками в неоднородном магнитном поле. В 1943 г. Отто Штерн (эмигрировавший к тому времени в США) был удостоен Нобелевской премии «за вклад в развитие метода молекулярных пучков и открытие и изменение магнитного момента протона».

Заняться теоретической физикой предложил Изингу заведующий кафедрой теоретической физики Гамбургского университета профессор Вильгельм Ленц (1888—1957), помощник-



Вильгельм Ленц (1888–1957).



Эрнст Изинг
(приблизительно 1925 г.).



Изинг во время чтения лекции
в Университете Брэдли
(начало 70-х годов).

ком которого (с 1922 г.) был Паули. Под руководством Ленца Изинг в 1922 г. начал исследовать одну из моделей ферромагнетизма, которая и стала темой его диссертации [1]. Защита состоялась в июле 1924 г. на факультете математики и естественных наук Гамбургского университета.

После получения докторской степени Изинг переехал в Берлин и в 1925–1926 гг. служил в патентном бюро компании «Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft» (AEG). Неудовлетворенный этой работой, он решил стать учителем. В течение года Изинг работал в известной школе-интернате в Салеме, но для продвижения на педагогическом поприще надо было получить специальное образование. Поэтому в 1928 г. он возвращается в Берлинский университет для изучения философии и педагогики и в 1930 г. сдает государственный экзамен школьному совету по высшему образованию. В том же году Изинг женится на Джоанне Эмер, докторе экономики, которую он встретил в Берлине. Молодая супружеская пара переезжает в Страусберг возле Берлина, где Эрнст получает должность помощника преподавателя в высшей школе — должность для лиц, сдавших соответствующий экзамен, но еще не имеющих необходимого опыта. Позже он переезжает в Гроссен-на-Одере (ныне — город Кросно в Польше), чтобы заменить заболевшего коллегу.

В 1933 г. к власти приходит Гитлер, и вскоре государственные служащие-евреи лишаются работы. Не избежал этой участи и Эрнст Изинг. В течение года он оставался безработным, не считая временной работы в Париже в школе для детей эмигрантов. В 1934 г. Изинг находит новую работу в еврейской школе-интернате в Капуте вблизи Потсдама. Эта школа была основана прогрессивным педагогом-теоретиком Гертрудой Файертаг (1890–1943?); ее имя носит

сейчас одна из улиц Потсдама); рядом находился летний дом Альберта Эйнштейна. Когда Эйнштейн в 1932 г. уехал в США, школа арендовала этот дом для дополнительных занятий. Позже Изинг с удовольствием рассказывал, как он купался в ванне Эйнштейна, поскольку в его доме ванны не было.

В последующие годы число учеников возрастало, так как еврейских детей изгоняли из общественных школ. В 1937 г. Изинг становится одним из руководителей школы. 10 ноября 1938 г. во время «Хрустальной ночи» — погромной акции, направленной против немецких евреев, — жители деревни, спровоцированные нацистами, подвергли школу полному разграблению. Воспитанники школы вместе с ее директором Файертаг и преподавателями спрятались в ближайшем лесу. Почти через 60 лет оставшиеся в живых вернулись на это место и, вспоминая о былых событиях, назвали их «изгнанием из рая».

После погрома Изинг возвращается в Берлин. 15 ноября он отправляет в школьную администрацию Потсдама письмо, в котором пишет: «С 11 ноября еврейская школа-интернат в Капуте закрыта. Возобновление занятий в обозримом будущем невозможно. Боюсь, что все бумаги и документы утрачены. Мой нынешний адрес: Берлин-Вильмерсдорф, Паретцерштрассе, 10 IV. Изинг». Ответа он не получил.

Через три месяца, ранним утром 27 января 1939 г., Изинг был вызван в гестапо. Там он подвергся четырехчасовому допросу и был освобожден только после того, как обещал покинуть Германию. Решив эмигрировать в США, Изинг с женой отправляются в Люксембург. Однако им пришлось задержаться там, ввиду ограниченной квоты для эмигрантов. В день, когда Изингу исполнилось сорок лет, германская армия оккупировала Люксембург и американский консулат был закрыт. Чтобы вы-

жить, супруги Изинг вынуждены были наняться в прислугу.

Секретное письмо Адольфа Эйхмана (январь 1942 г.) провозгласило полную депортацию евреев, за исключением тех, кто имел супругов немецкого происхождения. В соответствии с этим правилом Изинг мог бы остаться с семьей. Но его и остальных еврейских мужей нееврейских жен не выпустили из Люксембурга и заставили работать на германскую армию. С мая 1943 г. вплоть до освобождения осенью 1944 г. они занимались демонтажем железнодорожных путей на линии Мажино в Лоррейне.

Через два года после окончания второй мировой войны Изинг с семьей покинул Европу на борту грузового судна и в апреле 1947 г. прибыл в Нью-Йорк. На этом закончилась первая половина его жизни.

В течение года он работал преподавателем в государственном педагогическом колледже в Миноте (Северная Дакота), а в 1948 г. получил должность профессора физики в университете Брэдли в Пеории (Иллинойс), где и преподавал вплоть до ухода на пенсию в 1976 г. Гражданство США и имя Эрнест он получил в 1953 г. Здесь, в провинциальной Пеории, прошла вторая, гораздо более счастливая половина жизни Изинга.

После Второй мировой войны Паули попросил своего коллегу Валентина Телегди навести справки о выживших физиках. Изинг был «обнаружен», и в феврале 1951 г. Паули написал ему: «Дорогой м-р Изинг, спасибо за ваше письмо. Я рад узнать, что Вы пережили гитлеровскую “жизнь” и нашли работу...»

Увлечением Изинга в послевоенные годы стало преподавание. Его ученики помнят проводимые им на лекциях тщательные демонстрационные опыты и свойственный лектору тонкий юмор. Он говорил, что урок нельзя считать успешным, если в ходе его ученики хотя бы один



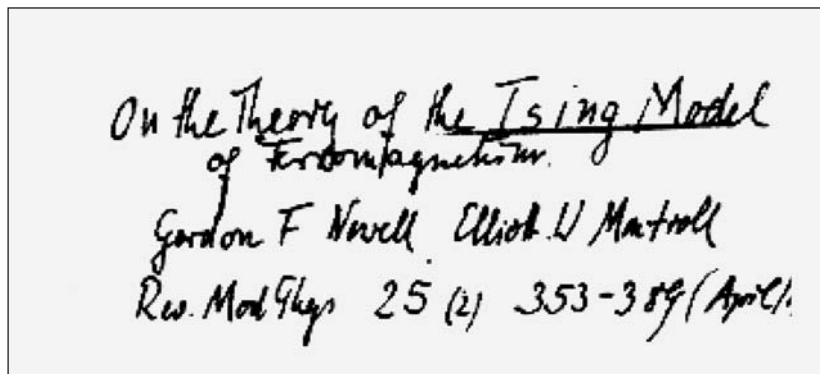
Эрнест и Джоанна Изинги в Пеории (Иллинойс), март 1996 г.

раз не рассмеялись. Он любил изящные искусства и поэзию и даже в преклонные годы мог цитировать Гёте и других немецких классиков. Это, по-видимому, нашло отражение в еще одной (научно-популярной) публикации Изинга «Гёте как физик» [7].

Изинг любил спорт, особенно туризм и плавание. В 1980 г. (в 80-летнем возрасте!) он с женой участвовал в ледяном шоу Дороти Хэмилл, золотой медалистки Олимпийских Игр. Они вместе танцевали вальс. Кроме

того, он был страстным фотографом. И до, и после выхода на пенсию он много путешествовал, побывал почти во всех американских штатах и посетил многие страны мира.

В течение долгих лет Изинг не принимал никакого участия в научной жизни и только в 1949 г. узнал о широкой известности своей статьи. Он изумлялся каждый раз, когда в публикациях упоминалась его имя, но будучи человеком скромным, всегда отмечал вклад своего руководителя. В одном из писем



Заметка в записной книжке Изинга со ссылкой на обзор G.F.Newell, E.W.Montroll (Rev. Mod. Phys. 1953. V.25. №2. P.353—389)

он писал: «Я хочу обратить внимание, что эта модель должна на самом деле называться моделью Ленца—Изинга. Идея принадлежала моему наставнику доктору Вильгельму Ленцу, который предложил мне исследовать ее математически в моей диссертации...».

Эрнст Изинг умер 11 мая 1998 г. в своем доме в Пеории на следующий день после своего 98-го дня рождения.

Модель Изинга II

Концепция микроскопической модели магнитной системы, состоящей из элементарных магнитных моментов с двумя возможными ориентациями «вверх» и «вниз», была предложена Вильгельмом Ленцем. Он впервые использовал эту модель для объяснения парамагнитных свойств твердых тел [8]. В конце своей статьи он следующими словами сформулировал идею взаимодействия: «Предположение о том, что потенциальная энергия взаимодействия атома (элементарного магнита) в ферромагнетике с его соседями в положении “0” отличается от таковой в положении “π”, приводит к выводу о естественной ориентации атомов и возникновению спонтанной намагниченности... Можно надеяться, что таким образом удастся объяснить свойства ферромагнетиков».

В своей диссертации [1] Изинг рассмотрел частный случай линейной цепочки магнитных моментов, связанных взаимодействием с ближайшими соседями. Он показал, что спонтанную намагниченность нельзя объяснить в рамках такой одномерной модели. В статье [2], написанной по материалам диссертации, он ошибочно обобщил полученный результат и на трехмерный случай.

Изинг знал о первой ссылке на его работу в статье Гейзенберга [9], в которой тот ввел квантовомеханическое обмен-

ное взаимодействие для описания ферромагнетизма. Гейзенберг писал: «Другие сложности детально обсудил Ленц, а Изингу удалось показать, что и предположение о наличии достаточно больших сил между любыми двумя соседними атомами цепочки не объясняет появления ферромагнетизма».

Стефен Браш, автор опубликованного в 1967 г. обзора [10], посвященного модели Изинга, так комментирует этот пассаж Гейзенберга: «Таким образом, Гейзенберг использовал предполагаемую несостоятельность модели Ленца—Изинга для объяснения ферромагнетизма как оправдание для разработки своей собственной теории, основанной на более сложном взаимодействии между спинами. Это привело к опрокидыванию естественного порядка развития теории ферромагнетизма: сначала рассматривалась более изощренная модель Гейзенберга и только затем теоретики все-таки вернулись к исследованию свойств более простой модели Ленца—Изинга».

Термин «модель Изинга» ввел, по-видимому, Рудольф Пайерлс в своей статье 1936 года [11], которая называлась «О модели ферромагнетизма Изинга». Он рассмотрел границу, которая разделяет области со спинами «вверх» и «вниз» в двумерной квадратной решетке Изинга. Оценив верхний предел длины замкнутых границ, он показал, что при достаточно низких температурах лишь малая доля от общего числа спинов заключена внутри областей, ограниченных такими границами. Следовательно, большинство спинов должно иметь противоположный знак, что означает спонтанную намагниченность системы.

Наиболее впечатляющий успех модели Изинга связан с исследованием фазового перехода между ферромагнитным и парамагнитным состояниями. Настоящий прорыв произошел, когда различные авторы обнаружи-

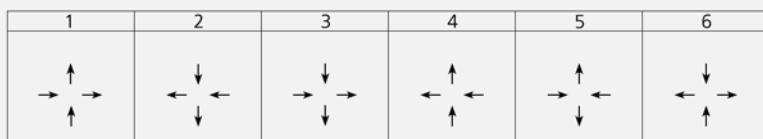
ли, что проблему можно сформулировать в матричном представлении, в котором свойства системы связаны с так называемыми собственными значениями некоторой матрицы [12, 13].

Хендрик Крамерс и Грегори Ванье [12] нашли численное значение температуры T_c , при которой в двумерной изинговской системе возникает отличный от нуля суммарный магнитный момент (так называемая температура Кюри): $kT_c = 2.27J$, а точное и полное ее решение (для прямоугольной решетки) было получено в 1944 г. Ларсом Онзагером [14].

В настоящее время известны также точные решения двумерной проблемы Изинга для треугольной и шестиугольной решеток и решетки Бете*, а также для так называемой модели льда на квадратной решетке (она же — шестивершинная модель) и восьмивершинной модели [15].

В модели льда решетка состоит из атомов двух сортов (условно — «кислород» и «водород»), первые из которых занимают узлы квадратной решетки, а вторые расположены на связях между ними. Атомы подчиняются «правилу льда»: из четырех водородных атомов, окружающих каждый кислородный атом, два (любые) расположены близко, а два других удалены вдоль линий соответствующих связей. «Водородная» связь между атомами кислорода осуществляется через атомы водорода. В модели Изинга этим связям соответствуют магнитные моменты, которые можно изображать стрелками, параллельными линиям связи и направленными к тому концу связи, который занят атомом водорода. «Правило

* Эта решетка строится с помощью специальной процедуры и не является решеткой в обычном смысле этого слова. Она напоминает ветвистое дерево, в котором от каждой развилки отходит одинаковое количество ветвей. Каждый узел в такой решетке связан с одинаковым числом соседей, но в ней нет замкнутых путей.



Различные комбинации ориентаций диполей в шестивершинной модели.

льда» сводится к утверждению, что у каждого узла (где расположен атом кислорода) имеются два момента, направленные к нему, и два момента, направленные от него. Всего имеется шесть различных конфигураций стрелок, удовлетворяющих этому правилу (поэтому модель типа льда называют иногда шестивершинной моделью) с энергиями, которые, вообще говоря, могут быть все отличны друг от друга. Все шесть допустимых конфигураций стрелок-диполей у вершины представлены на рисунке.

Восьмивершинная модель — обобщение модели льда. В ней к приведенным выше шести конфигурациям стрелок вокруг узла добавляются еще две, в которых все стрелки входят в узел или выходят из него (очевидно, для таких узлов правило льда не выполняется).

Что касается трехмерной модели Изинга, то, несмотря на многочисленные попытки, найти ее точное решение до сих пор не удалось (согласно приближенному аналитическим и компьютерным расчетам, $kT_c \approx 4.5J$). Более того, недавно появились строгие математические аргументы в пользу того, что точно решить эту проблему вообще невозможно [16]. Автор этого утверждения Сорин Истрил (директор отдела информатики в Celera/Applied Biosystems, Rockville, MD) говорит: «Конечно, это не так полезно, как найти чашу Грааля. Всем бы нам хотелось быть похожими на Ларса Онзагера. Но, по крайней мере, теперь никому не надо тратить время на решение неразрешимой задачи».

Модель Изинга III

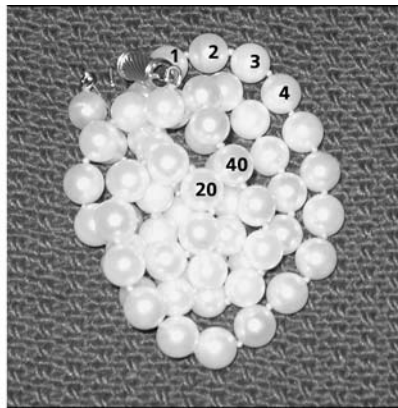
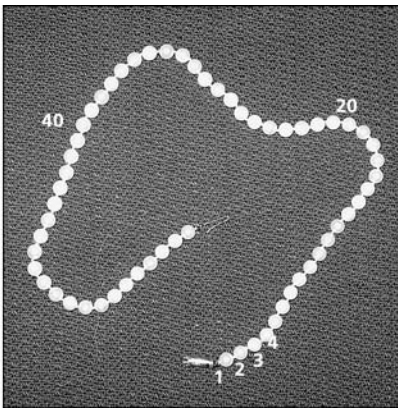
Все, о чем мы говорили до сих пор, относилось к регулярным решеткам магнитных моментов-спинов. Реальные же системы, свойства которых могут быть описаны в рамках модели Изинга, редко бывают абсолютно регулярными. Существует много причин, нарушающих строгую периодичность таких систем. Одна из них — случайное замещение магнитных моментов, составляющих решетку, магнитными моментами другой величины. Это приводит к тому, что энергия взаимодействия параллельных спинов, в отсутствие подобных «примесей» равная $-J$, случайным образом (с вероятностью, равной относительной концентрации примесей) может принимать другое значение: $-J'$. Ясно, что если в обоих случаях энергетически выгодным является параллельная ориентация спинов (т.е. $J, J' > 0$), то примеси лишь повлияют на температуру Кюри, ниже которой система по-прежнему будет ферромагнитной.

Сложнее обстоит дело, когда взаимодействие с примесями имеет антиферромагнитный характер (т.е. $J' < 0$). Можно ожидать, что ферромагнитное состояние в такой системе возможно лишь до тех пор, пока концентрация антиферромагнитных примесей не достигнет некоторой критической величины. И это действительно так, однако оказывается, что критическая концентрация определяется особым механизмом — перколяцией, которая обеспечивает существование связанной области

ферромагнитных спинов. Перколяция в значительной мере ответственна и за свойства системы, в которой нет примесей, но часть связей случайным образом удалена. Формально это соответствует случаю $J' = 0$.

В последнее время интенсивно исследуются изинговские системы, в которых, наоборот, случайным образом устанавливаются *дополнительные* (по отношению к существующим в регулярной решетке) связи. Причем длина таких дополнительных связей также случайна — они могут обеспечивать взаимодействие спинов в узлах, очень далеко отстоящих друг от друга. Такая нерегулярная система называется сетью «тесного мира». Это название — вольный перевод английского словосочетания *small world network*, относящегося к сетям с особыми свойствами. Одно из них, известное как «правило шести рукопожатий» [17], состоит в том, что любые два человека на Земле знакомы друг с другом через шесть «посредников». Английское изречение «It is a small world!», связанное с удивительно высокой вероятностью того, что два любых человека имеют общих знакомых, имеет русский эквивалент «Как тесен мир!», который и служит основанием для приведенного варианта перевода. В «обычных» сетях (регулярных и разупорядоченных) узлы соединены только со своими ближайшими соседями. В отличие от них, в «тесном мире» имеются случайные связи и между далекими (в геометрическом смысле) узлами. Именно наличие таких дальних связей (шунтов, или закортков) и обуславливает особые свойства таких сетей.

Задача Изинга в сети «тесного мира» возникает так же, как в обычной решетке, — в узлах сети размещаются изинговские спины, которые взаимодействуют (энергия взаимодействия J) лишь со своими ближайшими соседями, т.е. с теми, которые непосредственно связаны с выб-



Модель сети «тесного мира».

ранным спином. Однако здесь «ближайшими» становятся и некоторые геометрически удаленные спины, что, естественно, способствует магнитному упорядочению. Основная задача здесь — определить, как температура Кюри зависит от доли p дальних связей.

Точное решение такой задачи известно лишь для одномерной цепочки спинов. В остальных случаях она рассматривается путем компьютерного моделирования. Тем не менее качественно верные и достаточно точные в количественном отношении результаты можно получить, распространяя на сети «тесного мира» аргументы, высказанные Пайерлсом еще в 1936 г. [11]. Его соображения сводятся к оценке энергетической выгоды (или невыгоды) разбиения системы изинговских спинов на области (домены), внутри которых все спины параллельны, но их направление меняется при переходе через границу домена.

Особенно проста такая оценка для одномерной системы, где вблизи доменной границы расположена всего одна пара спинов, чья антипараллельная ориентация увеличивает энергию системы на $2J$. Казалось бы, это препятствует образованию такой границы, а значит, и нарушению ферромагнитного порядка в системе. Однако при ко-

нечной температуре термодинамически равновесное состояние, как известно, — это не состояние с наименьшей (внутренней) энергией, а наиболее вероятное состояние*. Вероятность же состояния тем больше, чем большим числом способов оно (это состояние) может быть реализовано. В рассматриваемом случае одномерной цепочки ферромагнитное состояние, в котором все спины параллельны друг другу, реализуется единственным способом. Состояние же с одной доменной границей может реализоваться большим числом способов, поскольку такая граница может располагаться в любом узле цепочки. Поэтому вероятность появления доменов велика. Это перевешивает энергетический проигрыш $2J$ и приводит к тому, что ферромагнитное состояние не является термодинамически равновесным. Формально данному случаю соответствует $T_c = 0$.

В сети «тесного мира» возможности размещения доменной границы значительно сужаются. Действительно, чтобы энергия системы не увеличи-

* Точнее — состояние (при постоянных температуре и объеме), соответствующее минимуму так называемой свободной энергии, которая меньше внутренней энергии системы на величину, тем большую, чем выше вероятность конфигурации, соответствующей тому или иному состоянию системы.

лась, такая граница не должна разрывать дальние связи. В результате число допустимых конфигураций с доменной границей падает, и термодинамически равновесное ферромагнитное состояние восстанавливается (т.е. $T_c > 0$). Оценки дают для одномерной цепочки спинов такую зависимость температуры Кюри от доли p дальних связей: $T_c \approx 2J/\ln|p|$ (результат справедлив, если $pN \gg 1$, где N — число спинов в цепочке).

В двумерной и трехмерной *регулярных* системах без дальних связей упорядоченное магнитное состояние существует (т.е. $T_c > 0$). Введение дальних связей приводит лишь к росту температуры Кюри на некоторую величину ΔT_c , зависящую от p . Распространяя описанные соображения на эти случаи, можно показать, что $\Delta T_c \propto p^{1/2}$ для двумерной системы и $\Delta T_c \propto p^{2/3}$ для трехмерной системы [18, 19]. Эти выводы подтверждаются компьютерным моделированием.

Система, которую называют сетью «тесного мира», — математическая абстракция. Возникает вопрос, существуют ли *реальные* физические объекты, устроенные таким образом? Ответ на него попыталась дать четверка студентов из американского Университета Миссисипи [20]. Они приобрели в ювелирной лавочке длинное ожерелье — нить, на которую было нанизано $N = 150$ бусинок, и использовали его как модель одномерной регулярной цепочки. Все бусинки были пронумерованы, после чего нить была случайным образом смята и превращена в комок, что, конечно, не нарушило ее одномерности. Однако после этого соседними оказались некоторые бусинки, которые до того находились далеко друг от друга, что эквивалентно введению дополнительных дальнедействующих связей. Затем была составлена таблица (так называемая лапласиан-матрица) размером $N \times N$, элемент которой, стоящий на пересечении i -го столбца с j -й

строкой, был равен 1 или 0, в зависимости от того, соседствуют ли друг с другом i -я и j -я бусинки. Точно такой же эксперимент был произведен с помощью компьютера, который по специальному вероятностному алгоритму «создал» виртуальную одномерную систему «тесного мира». Оказалось, что некоторая важная характеристика лапласиан-матриц (а именно, распределение их собственных значений) одинакова для реальной и виртуальной систем. Та же характеристика для исходной (прямолинейной) цепочки — совсем иная.

Этот эксперимент показал, что макроскопические системы сети «тесного мира» вполне реальны. Можно думать, что реальные и микроскопические системы, в которых роль бусинок исполняют атомы или молекулы. Не исключено, что они могут быть созданы из длинных (поли-

мерных) молекул примерно по той же схеме, что описана выше.

* * *

Введенная изначально для понимания природы ферромагнетизма, модель Изинга оказалась в центре разнообразных физических теорий, относящихся к критическим явлениям, жидкостям и растворам, спиновым стеклам, клеточным мембранам, моделированию иммунной системы, различным общественным явлениям и т.д. Кроме того, эта модель служит полигоном для проверки методов численного моделирования различных физических явлений.

Самая большая загадка Изинга — почему столь успешное начало научной деятельности не получило никакого продолжения? Одно из возможных объяснений состоит в том, что своей работой Изинг, как ему казалось, «закрыв» возможность

описания ферромагнетизма в рамках рассмотренной им модели. Недаром Гейзенберг, ссылаясь в 1928 г. на результат Изинга, подчеркнул именно этот негативный вывод. И все же робкое заявление Изинга о том, что его работа «...должна представлять интерес для проблемы ферромагнетизма...», которое он сделал в заключительной фразе своей статьи, оказалось пророческим. К сожалению, первое «положительное» упоминание модели, использованной Изингом, как возможной основы для объяснения ферромагнетизма появилось только в 1936 г. в упоминавшейся выше работе Пайерлса. Но в это страшное для Германии время Изинг был слишком занят сохранением еврейской школы в Капуде, а позже — и самой своей жизни. Поэтому вся последующая история модели Изинга прошла без участия самого Изинга. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-02-16313.

Литература

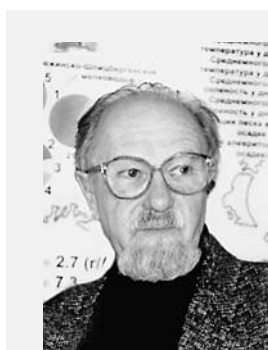
1. *Ising E.* Beitrag zur Theorie des Ferro- und Paramagnetismus. Hamburg, 1924. Полный текст диссертации Э.Изинга можно найти в Интернете (http://www.fh-augsburg.de/~harsch/germanica/Chronologie/20Jh/Ising/isi_fe00.html).
2. *Ising E.* // Zeitschrift f. Physik. 1925. Bd.31. S.253—258.
3. *Fry L.* The Isings and the 20th Century. Peoria, 1991. P.4.
4. *Kobe S.* // Physikalische Blatter. 1995. Bd.51. S.426.
5. *Kobe S.* // J. Stat. Phys. 1997. V.88. P.991—995.
6. *Kobe S.* // Braz. J. Phys. 2000. V.30. №4. P.649—654.
7. *Ising E.* // American J. Physics. 1950. V.18. P.235—236.
8. *Lenz W.* // Phys. Zeitschrift. 1920. Bd.21. S.613—615.
9. *Heisenberg W.* // Zeitschrift f. Physik. 1928. Bd.49. S.619—636.
10. *Brush S.G.* // Rev. Mod. Phys. 1967. V.39. P.883—893.
11. *Peierls R.* // Proc. Cambridge Phil. Soc. 1936. V.32. P.477—481.
12. *Kramers H.A., Wannier G.H.* // Phys. Rev. 1941. V.60. P.252—262.
13. *Montroll E.* // J. Chem. Phys. 1942. V.10. P.61—77.
14. *Onsager L.* // Phys. Rev. 1944. V.65. P.117—149.
15. *Бэкстер P.* Точно решаемые модели в статистической механике. М., 1985.
16. *Istrail S.* // Proceedings of the Thirty-Second Annual ACM Symposium on Theory of Computing. May 21—23. Portland, 2000. P.87—96.
17. *Milgram S.* // Psychol. Today. 1967. V.1. P.61—67.
18. *Meilikbov E.Z., Farzetdinova R.M.* // Phys. Rev. E. 2005. V.71. P.046111(1—8).
19. *Meilikbov E.Z., Farzetdinova R.M.* // e-Print arXiv:Cond-mat/0505502
20. e-Print arXiv:Cond-mat/0410589 v1/22 Oct 2004

Новое окно в эпигенетику

В.В.Хлебович

Эйфория, вызванная полным раскрытием генома многоклеточных (и даже человека!), сменилась недоуменной паузой. А что дальше? Стало ясно, что от знания состава генома до управления фенотипом дистанция очень велика (как от набора книг военных уставов до создания реальной армии). В этой связи все чаще стало звучать слово «эпигенетика» (от греч. *επι* — над, после) — так в 1947 г. К.Х.Уоддингтон предложил называть «ветвь биологии, изучающую причинные взаимодействия между генами и их продуктами, образующими фенотип». Сейчас эпигенетика — широкое понятие, отражающее онтогенетические, физиологические, молекулярные и эволюционные аспекты регуляции активности генов [1, 2].

Однако лаконичность и образность научных терминов таит в себе опасность их заимствования другими науками, искажению и размыванию начальных понятий. Не так давно происходило это с экологией: очень соблазнительное, лежащее в основе термина слово «экос» (от греч. *οἶκος* — дом), породило яркие, но явно ненаучные словосочетания — экология культуры, экология производства, экология половой жизни и т.д. Похоже, неч-



Владислав Вильгельмович Хлебович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Зоологического института РАН, в котором проработал более 50 лет, из них 15 — директором Беломорской биологической станции, лучшего морского биологического стационара страны. Область научных интересов — отношения организмов к солёности, общие вопросы эволюции и фенотипических адаптаций, систематика полихет.

то подобное грозит эпигенетике, на что жаловался еще сам Уоддингтон в 1970 г., настаивая на сохранении изначальных рамок понятия.

В последнее десятилетие развитие эпигенетики связано с большими успехами в исследованиях молекулярных механизмов процессов экспрессии-репрессии генов — путем метилирования-деметилирования цитозина и последующей активной роли хроматина [2]. Появилось представление об эпигенетической наследственности — передаче через митозы модифицированного цитозином состояния ДНК. Возникло даже новое определение эпигенетики: «исследование митотических и/или митотически наследуе-

мых изменений в функционировании генома, которые не могут быть объяснены изменениями в последовательности ДНК» [3]. Положение, очевидно, справедливо, но все же сужение рамок эпигенетики только до особенностей молекулярных механизмов уводит в тень традиционный для отечественной биологии подход к изучению эволюции.

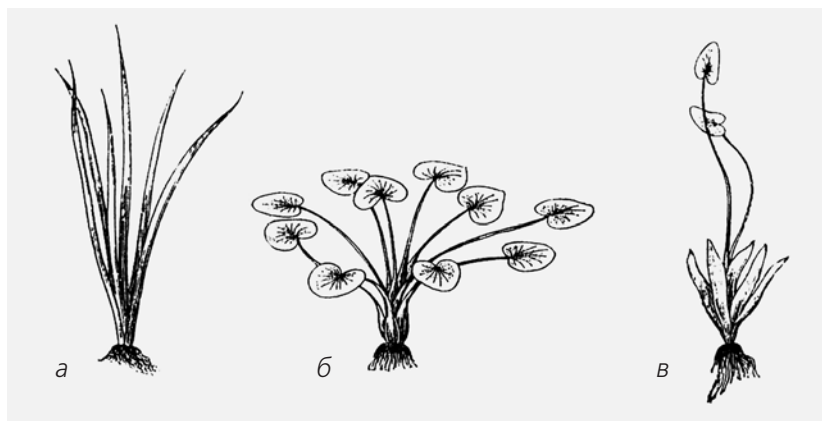
Дискретные адаптивные нормы

Со времен Ч.Дарвина изменчивость подразделяют на неопределенную, или наследственную, т.е. затрагивающую генотип, и определенную, при кото-

рой меняется только фенотип (преобразуется форма) практически всех особей одной популяции (породы, сорта), реагирующих на определенное внешнее воздействие.

Современные и наиболее привычные синонимы определенной изменчивости — морфозы, модификации и широко используемая с легкой руки Г.Ф.Гаузе [4] в англоязычной литературе фенотипическая пластичность (phenotypic plasticity). Определенная изменчивость может оказаться инадаптивной, на практике часто вызываемой искусственными химическими или физическими воздействиями (их результат обычно называют морфозами) или явно адаптивными в ответ на изменение природного фактора среды или воздействия, имитирующего этот фактор. В последнем случае такая изменчивость называется адаптивной модификацией, фенотипическим окном генома или адаптивной нормой. Среди адаптивных норм (термин И.И.Шмальгаузена) Б.М.Медников выделил *дискретные адаптивные нормы (ДАН)* — резко, без переходов, различающиеся по принципу «да или нет», т.е. каждое изменение четко адаптировано к определенному воздействию [5].

Примеры ДАН всем хорошо известны из школьной программы. Самые яркие из них — морфы стрелолиста (*Sagittaria*) с разной (в зависимости от условий обитания) формой листьев, крылатые и бескрылые формы насекомых, возникающие в ответ на плотность популяций и др. Различия между морфами иногда бывают поразительными, особенно когда они отмечаются между особями одного клона, т.е. имеющими одинаковый геном. В клонах некоторых инфузорий, питающихся микроорганизмами, при недостатке корма образуются две морфы — гиганты и карлики. Карлики довольствуются малым количеством пищи, а гиганты питаются собратями.

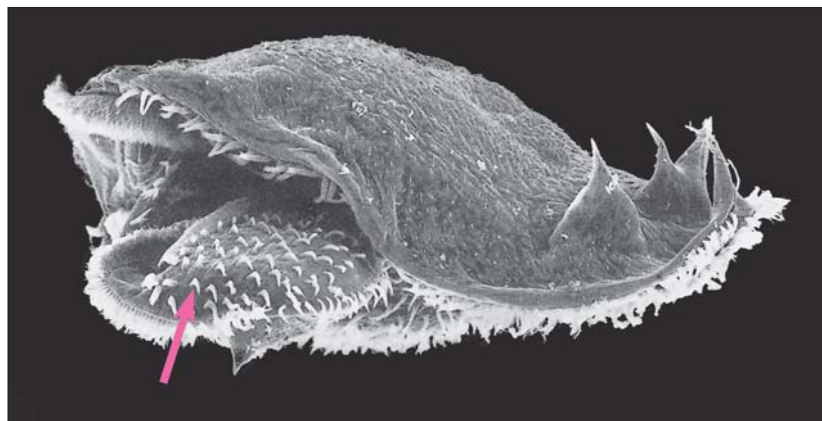


Три вида стрелолиста. У североамериканского стрелолиста округлого (а) все листья подводные, в виде цилиндрических, поперечно-перегородчатых черешков без пластинок. Тропический афроазиатский стрелолист цепкоплодный (б) обладает только плавающими листьями с сердцевидными пластинками. У широко распространенного в России стрелолиста обыкновенного (в) на поверхности воды стреловидные листья, а под водой — линейные.

Некоторые наездники-энциртиды откладывают яйца в тело насекомых, где в большом объеме питательной массы это яйцо подвергается полиэмбрионии — первичные бластомеры расходятся и каждый образует новую особь. Таким образом создается клон личинок. В этом клоне у некоторых немногочисленных особей необычно разрастаются жвалы и существенно меняется поведение. Такие личинки истребляют конкурентов-наездников не только чужо-

го, но и своего вида, которые посмели покушаться на занятое клоном пространство. Специализация этих личинок-охранников зашла так далеко, что они утратили способность линять и превращаться во взрослое насекомое, способное давать потомство. Такие случаи морф-камикадзе, естественно, могли сформироваться только в результате группового отбора.

Очевидно, помимо ДАН существуют и градуальные адаптивные нормы (ГАН), которые



Гигантская (200–300 мкм) особь инфузории *Onychodromus quadricornutus* заглатывает карлика (показано стрелкой), собрата по клону [6].

реализуются постепенно — в зависимости от дозы модифицирующего фактора. Например, у растений снижение освещенности приводит к постепенному увеличению листовой пластинки, у некоторых животных в зависимости от обеспеченности пищей меняется масса тела и время полового созревания.

С большой долей уверенности можно считать проявления ДАН (а возможно, и ГАН) результатом регуляции активности генов, т.е. эпигенетическим процессом, или, по Медникову, экспрессионным полиморфизмом. А.С.Серебровский предложил еще более удачный, по нашему с Ю.А.Лабасом мнению [7], термин — фенотипическое окно генома [8].

ДАН и наследственные триады

Наше внимание привлекли виды (популяции, штаммы) организмов, которые не только способны образовывать ДАН, но и часто имеют близких «родственников» с наследственной формой, т.е. фиксированной морфой. Чтобы легче было понять, о чем речь, приведем несколько примеров.

Среди растений, помимо уже упомянутых видов стрелолистов с разными листьями, известны постоянно наземные или постоянно водные виды лютиков, а также очень близкие им виды с соответствующим переключением ДАН. У китайской примулы (*Primula sinensis*) в зависимости от температуры и влажности могут образовываться цветы с белой и красной окраской, а кроме того, существуют постоянные формы, никогда не меняющие окраску лепестков.

Диморфизм свойствен и некоторым грибам — в зависимости от обеспеченности ресурсами они способны расти в форме мицелия или дрожжей, при этом есть штаммы тех же видов, которые независимо от условий су-

ществуют всегда в одной из этих форм.

В клоне некоторых коловраток из рода *Asplanchna* могут одновременно присутствовать и мелкие, и крупные формы, что позволяет им более эффективно использовать пищевые ресурсы. Кроме того, известны и очень близкие формы (виды), у которых развиваются только крупные или только мелкие особи.

Похожая на саламандру кроотовидная амбистома (*Ambystoma talpoideum*), адаптируясь к размерам водоема, может размножаться или на стадии личинки, или на стадии, прошедшей метаморфоз. Помимо того, существуют особи с наследственно фиксированной стадией размножения.

Даже несколько этих примеров наводят на мысль, что виды, способные к образованию ДАН, часто организованы в наследственные триады с двумя формами, отвечающими фиксированным морфам диморфного таксона.

Неоднократное подтверждение этой закономерности породило гипотезу: в основе способ-

ности к образованию ДАН лежит существование минимум двух включаемых разными факторами среды альтернативных наследственных программ ($A \leftrightarrow B$). Два других члена триады (А и В) возникают в результате наследственной фиксации флангов этой широкой адаптивной нормы, причем их образование, очевидно, связано с выпадением (инактивацией) одной из альтернативных программ.

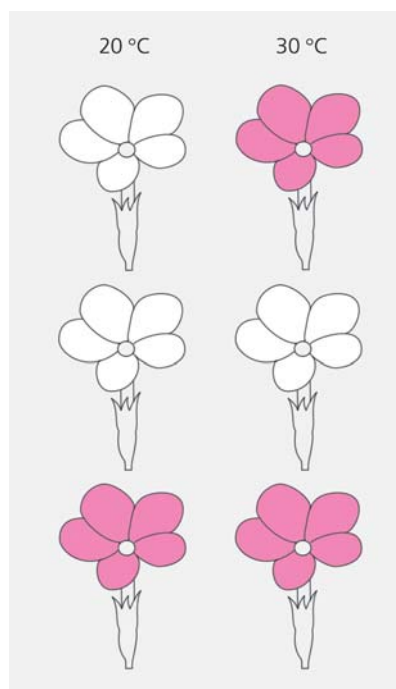
дискретные адаптивные нормы

$A \leftrightarrow B$
↓ ↓
А В

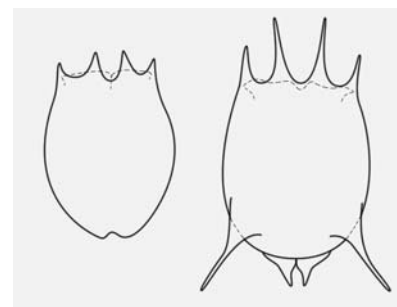
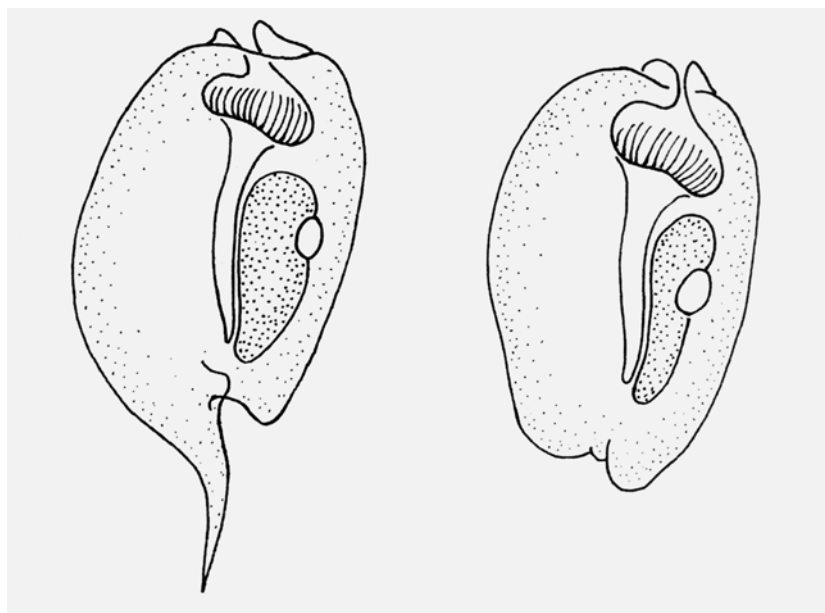
стабилизация признаков утратой альтернативы

Оборонительные морфы

О присутствии в среде хищника жертва узнает по выделяемым им сигнальным веществам (кайромонам), что вызывает у организмов-жертв морфологические изменения (увеличиваются размеры и меняется форма тела, образуются особые лопасти или шипы и т.д.), не позволяющие их схватить и съесть. Такие морфы (типичные ДАН) называют соответственно их адаптивному значению оборонительными. Они весьма разнообразны. Одноклеточные водоросли при появлении хищных коловраток или дафний резко увеличиваются в размерах. У некоторых инфузорий в присутствии хищных червей расширяется тело, на котором разрастаются боковые лопасти. При появлении в толще воды хищных коловраток *Asplanchna* на панцирях их жертв, мирных коловраток *Brachionus* и *Keratella*, образуются мощные шипы. У нескольких видов дафний образуются затылочные шипы, если они почувствовали хищных личинок комаров *Chironomus* или клопов *Notonecta*. У серебряных карасей расширяется тело при посадке в их водоем щуки или окуня; образование такой оборонительной морфы у карасей, описанное всего деся-



Триада рас китайских примул.



Панцири типичной (слева) и оборонительной форм коловратки *Brachionus calyciflorus*.

Оборонительная (слева) и типичная формы инфузории *Entodinium caudatum* из желудка козы.

Здесь и далее прорисовки Ю.Р.Охлопкова

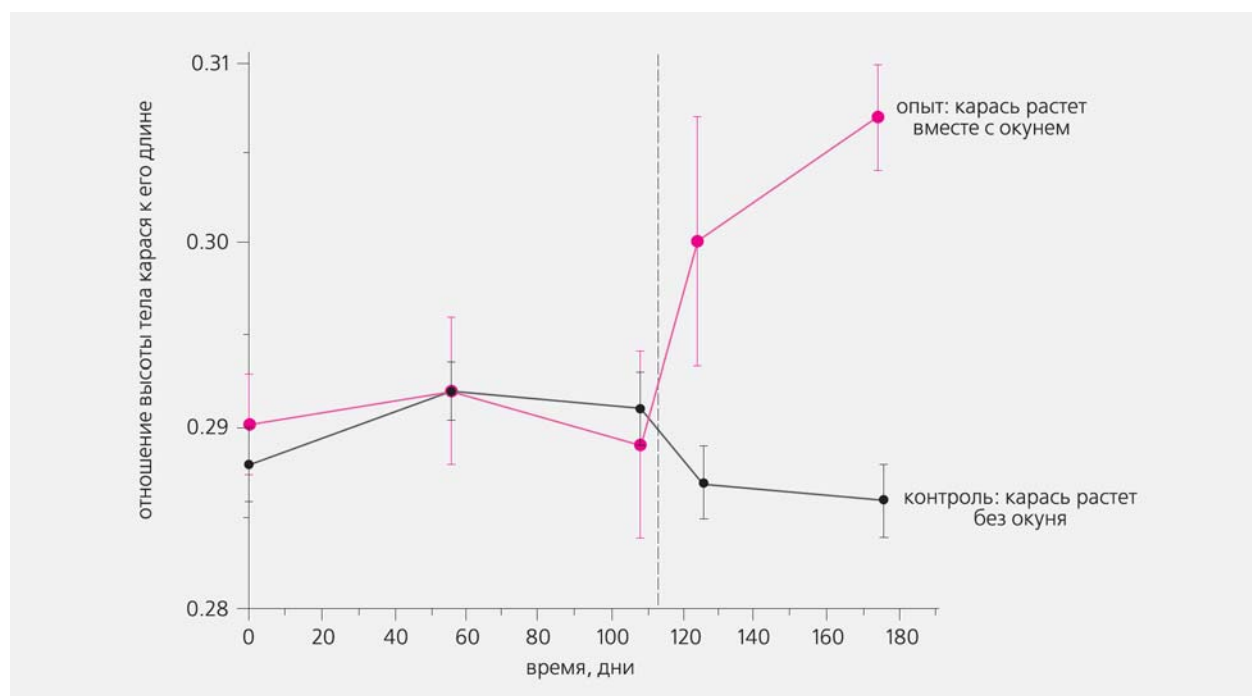
титетие назад, удивило даже специалистов-ихтиологов.

Очевидно, что оборонительные морфы — некий компромисс между выигрышем в выживании и гидродинамическим проигрышем (с выростами плавать труднее). Поэтому при исчезновении признаков присут-

ствия хищника потенциальная жертва возвращается к типичному для нее облику.

Примечательно, что все без исключения виды, способные к образованию оборонительных ДАН, относятся к таксонам, размножающимся всегда или значительную часть времени

(в самое продуктивное — летнее) бесполом путем (партеногенетически). К таковым относится и гиногенетический (от греч. γυνή — женщина) серебряный карась, у которого нет собственных самцов, участие же в размножении самцов чужих видов весьма условно — их



Образование оборонительной формы серебряного караса в ответ на хищничество окуня. Вертикальным пунктиром отмечено время, когда окуня переключили с питания беспозвоночными на питание карасем [12].

сперматозоиды лишь активируют развитие яйца, не объединяясь с его ядром. Все преобразования во всех упомянутых группах организмов происходят на уровне клонов, т.е. среди особей с идентичным геномом, а, следовательно, образование оборонительных ДАН — в чистом виде эпигенетический процесс. Это знание дает исследователям необычайные методические преимущества: уверенность в генетической однородности материала и возможность многократного воспроизведения эксперимента. К тому же можно добавить относительную простоту культивирования клонов жертв, многие из которых широко используются как лабораторные культуры (одноклеточные водоросли, инфузории, коловратки, дафнии).

Для проверки гипотезы (которая основана, напомним, на предположении, что образование ДАН связано не с включением-выключением одного или двух альтернативных наследственных программ) мы использовали клоны организмов, способных к образованию оборонительных морф, — простейшей зеленой водоросли *Scenedesmus acutus*,

одноклеточной брюхохоресничной инфузории *Euplotes aediculatus* и многоклеточной дафнии *Daphnia pulex*. (Эти эксперименты выполнены вместе с аспирантом А.В.Дегтяревым.)

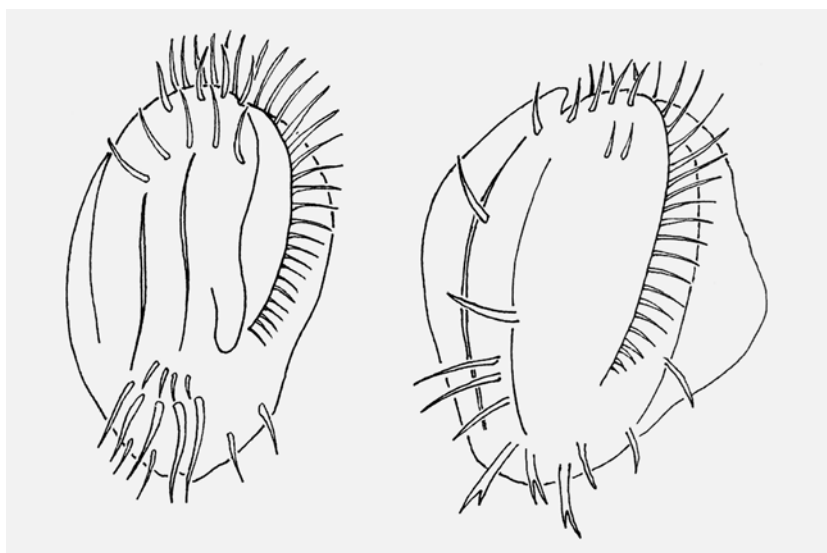
В качестве ингибитора экспрессии генов выбран актиномицин D (AmD), широко используемый именно для этих целей в биологии развития уже около полувека. Как ингибитор ДНК-зависимой РНК-полимеразы он специфически подавляет транскрипцию иРНК *de novo*. Иными словами, если какой-либо процесс будет подавляться нетоксичными дозами AmD, это будет доказательством того, что запускается он благодаря экспрессии «своего» гена (группы генов).

К брюхохоресничной инфузории подсаживали питающихся ими турбеллярий *Stenostomum leucops*. Непрерывно размножаясь, инфузории под влиянием хищника постепенно становились шире, но добавление нетоксичной дозы AmD подавляло этот процесс, и форма тела инфузورий в присутствии хищника оставалась как в контроле (без турбеллярий). Когда из среды со сформировавшейся обо-

ронительной морфой инфузории убирали хищника, форма ее тела возвращалась к типичной, но в этом случае AmD подавлял процесс, и морфа фиксировалась как оборонительная даже без хищника!

Клетки зеленой водоросли в присутствии хищников — коловратки *Branchionus calyciflorus* или дафнии *Daphnia pulex* — резко увеличивались в размерах, что можно было остановить добавлением AmD. После удаления из среды беспозвоночных ставшие под их влиянием гигантскими клетки водоросли постепенно, деление за делением, возвращались к исходному размеру, но и этот процесс блокировался AmD.

Образование оборонительных морф у дафнии изучали многие специалисты, но обычно на нее «натравливали» личинок комара *Chaoborus*, в результате чего у дафнии позади головы появлялся оборонительный шип. Из-за отсутствия личинок комара мы решили добавить в среду α -токоферол (витамин E) — метаболит хищной коловратки *Asplanchna*, служащий сигналом для ее жертв — коловраток *Brachionus* и *Keratella* — превращаться в оборонительную шипастую форму. Однако никто не проверял, как подействует α -токоферол на дафний. Результат оказался неожиданным: шипы появились, но на противоположном конце тела. Дафнии с каудальным (хвостовым) шипом довольно обычны в наших прудах и даже отмечалось, что эти формы более доступны для личинок комара, чем обычные (без шипов). Вероятно, в природе молодь столь мелкой дафнии, как *Daphnia pulex*, может быть жертвой хищных коловраток, отсюда и реакция их на α -токоферол. Кроме того, напрашивается и более важный вывод: у одного и того же вида (в данном случае *Daphnia pulex*) могут быть разные проявления оборонительных морф в зависимости от особенностей хищника (в данном случае ли-

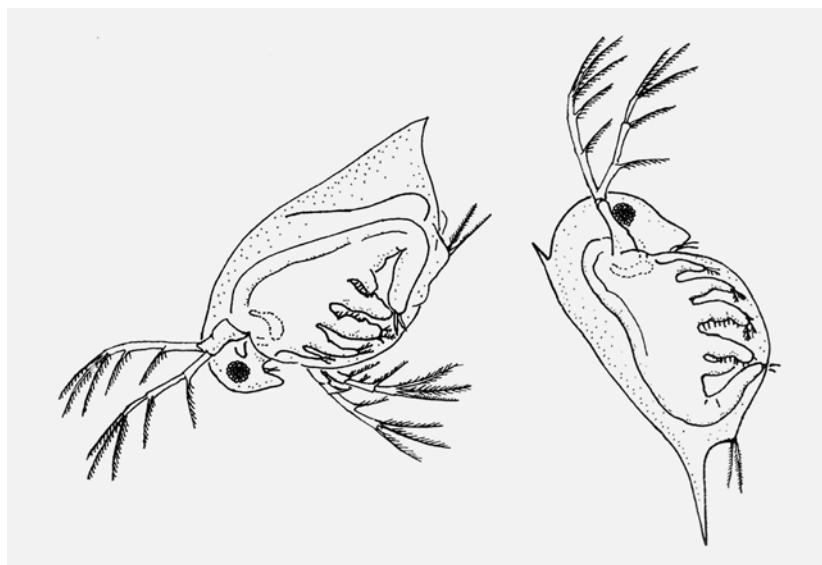


Типичная и оборонительная (ответ на подсаживание хищной турбеллярии *Stenostomum*) морфы инфузории *Euplotes aediculatus*. Превращение одной формы в другую полностью блокируется актиномицином D.

чинки комара вызывали образование затылочного шипа, а метаболит колловратки — каудального шипа).

Раз уж мы заговорили об обобщениях, то возникает естественный вопрос: можно ли проводить аналогии между процессами образования оборонительных морф у простейшей водоросли, одноклеточного (инфузории) и многоклеточного (дафнии) животных? Безусловно, дело лишь во времени. Одноклеточные, размножаясь ежедневно, начинают модифицироваться в нужном направлении практически сразу после внешнего воздействия (сигнала хищника). А у многоклеточной дафнии, у которой от яйца до яйца проходит около десяти дней, признаки адаптивного преобразования тела начинают проявлять спустя одну-две недели после добавления в среду α -токоферола. Как и у одноклеточных, у дафнии AmD блокирует возникновение оборонительных структур. Если же перестать добавлять α -токоферол, то через одну-две недели у потомков видоизмененной дафнии шипы начнут уменьшаться и в конце концов исчезнут вовсе. AmD блокирует и этот процесс.

Таким образом, во всех трех случаях актиномицин D подавлял как адаптивное образование оборонительной морфы, так и возвращение особей клона к типичному состоянию после удаления хищника или «сигнала тревоги». Это — свидетельство того, что за каждой морфой стоит реализация собственной наследственной программы. Конечно, эти обе программы у способных к образованию ДАН организмов функционально тесно связаны — прежде, чем включится одна, должна выключиться другая. В этом отношении их тандем может считаться эпигеном, поскольку «эпигеном называют наследственную единицу (циклическую систему), имеющую не менее двух режимов работы подчиненных ей генов и способ-



Типичная (слева) и оборонительная (реакция на витамин E) формы дафнии *Daphnia pulex*. Превращение одной формы в другую блокируется актиномицином D.

ную сохранять каждый из режимов в последующем ряду поколений» [1]. Теперь есть все основания утверждать, что виды, способные к образованию дискретных адаптивных морф, имеют соответственно этому более богатый геном.

ДАН и эволюция

Роль модификационной изменчивости в эволюции обсуждается более века. Н.П.Дубинин и В.Грант категорически утверждали, что поскольку по определению модификация происходит при неизменном геноме, ее адаптивное проявление уводит организмы от действия отбора и фактически тормозит эволюционный процесс. Логично, не правда ли?

Другая точка зрения разделялась большинством не менее авторитетных эволюционистов ушедшего века (Х.Ф.Осборн, Дж.М.Болдуин, В.С.Кирпичников, Е.И.Лукин, И.И.Шмальгаузен, Г.Ф.Гаузе, К.Х.Уоддингтон, Ю.И.Полянский). Видимо, все они считали свои взгляды оригинальными, особенно в части

описаний форм естественного отбора, при этом были предельно корректными и доброжелательными друг к другу, что для наших соотечественников было особенно важно и ценно в тяжелые 30—50-е. Эти позиции, казавшиеся тогда различными, сейчас выглядят как общая, которую четко сформулировал в 1984 г. Гаузе: «Адаптивная модификация, будучи продуктом естественного отбора, уже в силу своей адаптивности указывает на то, что случайно возникшая походя на нее мутация будет подхвачена отбором и будет эволюционно закреплена». Происходит закрепление в результате отбора, получившего в разное время разные названия — совпадающий отбор, косвенный отбор, генетическая ассимиляция, стабилизирующий отбор, изменение порога реагирования.

Думаю, к этой позиции близки и сторонники «эпигенетической теории эволюции» (М.А.Шишкин, Д.Л.Гродницкий, А.П.Расницын), считающие, что эволюционные преобразования начинаются с возникающих в ответ на изменения в среде

морфозов, которые в случае их адаптивности подвергаются генетической ассимиляции и становятся наследственно закрепленными. Естественно, подразумевается, что модификационный признак и генетически ассимилированный сходны, но не тождественны, и за ними стоят разные группы генов.

В основе третьей точки лежит доказанное Жакобом и Моно существование аппарата регуляции активности генов у бактерий. Признание этого явления у эукариот, независимо от механизмов его осуществляющих, должно привести к ревизии важнейших эволюционных постулатов [7]. Гены могут быть в активном и неактивном (спящем) состоянии. Модификационная изменчивость связана с регуляцией активности генов. Отбор совершается только по признакам, проявленным в фенотипе, т.е. по активным генам. Регуляция активности генов открывает воздействию отбора только те гены, которые нужны для закрепления данного признака (адаптации). Если гены будут в спящем состоянии в течение многих поколений, в них могут накапливаться неподверженные отбору мутации. Эти мутации будут резервом нужной для эволюции неопределенной изменчивости в случае открытия соответствующего фенотипического окна генома при возвращении прежних условий. Очевидно, что открытие фенотипического окна генома через многие поколения его пребывания в спящем состоянии, учитывая периодические пульсации климата и реверсию границ экосистем, факт нередкий. Отсюда проистекает наше представление о направленном отборе — кажется, что среда сама открывает нужное направление изменчивости и эволюции.

Фенотипическое окно генома, очевидно, включает в себя несколько генов. Можно представить себе переход гена в другую генорегуляторную группу другого фенотипического окна

в результате ассоциирующего отбора. Такую возможность в свое время мы проверили экспериментально [9]. Как известно, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* имеют два фенотипических окна генома — аэробное и анаэробное. В качестве исходного был взят штамм Cpr^{R} , устойчивый к аминазину (хлорпромазину) — ингибитору флавиновых ферментов, причем это свойство проявлялось как в аэробной, так и в анаэробной фазе. После длительного культивирования этих дрожжей в аэробных и анаэробных условиях мы получили своего рода триаду наследственных форм — исходную, устойчивую к аминазину во всех случаях, и еще две, каждая из которых проявляла это свойство только в определенных условиях. Это ли не свидетельство относительной легкости преобразования генорегуляторных комплексов.

Эпигенетический вариант эволюции

Начало формирования модификационной изменчивости, которая возникает в результате создания двух альтернативных наследственных программ, скорее всего связано с дубликацией генов и с последующим расхождением признака. Расхождение не должно быть симметричным. Один дубликант, видимо, должен быть неизменным, консервативным, чтобы гарантировать сохранение старых, проверенных в поколениях связей со средой — на всякий случай. Второй — «под прикрытием удвойки» (выражение А.С.Серебровского) может стать объектом эксперимента природы по освоению новой среды. Только так, например, можно представить формирование морф стреловидного листа, независимо от того, какую из них следует признать первичной — водную или воздушную.

Дублицироваться могут не только отдельные гены, но и це-

ликом геном, в результате чего может возникнуть организм с четырьмя наборами хромосом (тетраплоид), что позволяет ему приспособиться к качественно новым условиям среды. Подтверждение тому было найдено при сравнительном анализе геномов двух близкородственных видов дрожжей — тетраплоида *S.cerevisiae* (с 16 парами хромосом) и диплоида *Kluyveromyces waltii* (с 8 парами хромосом) [13, 14]. Выяснилось, что многие их гены гомологичны, при этом каждой паре хромосом *K.waltii* соответствует две пары *S.cerevisiae*. Из этого следует, что произошли они от общего диплоидного предка. Удвоение его генома привело к возникновению *S.cerevisiae*, у которого за 100 млн лет каким-либо изменениям подвергся лишь один ген из каждой пары, второй же оставался неизменным, очевидно, «подстраховывая» возможные преобразования первого.

Так называемую наследственную фиксацию признака, который ранее проявлялся как модификационный, легче всего объяснить выпадением (деактивацией) альтернативной программы. Этот акт стабилизации признака, ранее признававшийся Шмальгаузенем и Гаузе важнейшим прогрессивным моментом эволюции, на самом деле, очевидно, связан с потерями в геноме, скорее всего с делециями. При этом наследственно фиксируется не просто сходный по своим проявлениям с модификацией признак, как считали классики, а признак ему абсолютно идентичный.

В природе эпигенетическая изменчивость в чистом виде, наиболее доступном исследованию, проявляется в трех случаях:

— в каскаде клеточных дифференцировок (потомки одной зиготы);

— в образовании дискретных адаптивных норм у клональных организмов;

— в повторных акклимациях к природным факторам, когда один и тот же организм, естест-

венно, при одном и том же геноме, может многократно повторять сценарии экспрессии-репрессии генов.

В основе эпигенетических процессов лежат альтернативно (ДАН) или последовательно (онтогенез) активированные наследственные программы (гены, блоки генов). Способные к таким процессам организмы имеют соответственно более богатую наследственную программу. Обогащение организмов наследственными программами, очевидно, составляет часть эволюционного прогресса.

Адаптивные модификации не что-то, неизвестно откуда взявшееся и потом «генетически ассимилированное», а результат предварительного удвоения и дивергенции конкретной наследственной программы.

Есть основания полагать, что через эпигенетическую эволюцию прошли некоторые таксоны рангом выше вида и рода.

В результате такой эволюции образовались триады форм, одна из которых с широкой нормой реакции (ДАН), а две других представлены ее наследственно фиксированными флангами. Этот процесс может повторяться многократно.

Например, у многих клопов-водомерок семейства Gerridae существуют крылатые и бескрылые ДАН как адаптивная реакция на размеры водоема: из маленькой грозящей пересыханием лужи нужно улететь (сигнал — стресс от столкновений), а в большом озере нет смысла тратиться на образование крыльев и полет. Кроме того, среди водомерок много видов, которые могут быть либо только крылатыми, либо только бескрылыми. Эволюция в семействе клопов-водомерок шла от видов с широкой нормой реакции (с ДАН) к видам с фиксированными морфологическим приобретением (с крыльями), от кото-

рых впоследствии образовались новые виды с модификационной изменчивостью [10].

Другой пример — эволюция видов большого подсемейства морских окуней (Sebastinae) [11]. На больших пространствах двух океанов, Атлантического и Тихого, было семь синхронных циклов видообразования, которые оказались связанными не с классической географической изоляцией, а с биотопической. В каждом цикле один старый вид, обычно из средних глубин, сохраняя себя, породил два новых вида — один мелководный, другой глубоководный. Так образовывались тройки родственных видов. Затем спустя некоторое время все повторялось в следующем цикле.

Очевидно, картины эволюции таких удаленных друг от друга групп, как клопы-водомерки и морские окуни, подтверждают наши представления об эволюционной роли ДАН. ■

Литература

1. Голубовский М.Д., Чураев Р.Н. Динамическая наследственность и эпигены // Природа. 1997. №4. С.16—25.
2. Карпов В.Л. От чего зависит судьба гена // Природа. 2005. № 3. С.34—43.
3. Bird A. // Genes. Dev. 2002. V.16. №1. P.6—21.
4. Гаузе Г.Ф. Экология и некоторые проблемы происхождения видов // Экология и эволюционная теория. Л., 1984. С.5—105.
5. Медников Б.М. // Журн. общ. биол. 1987. Т.43. №1. С.15—26.
6. Wicklow B.J. // J. Protozool. 1988. V.35. №1. P.137—141.
7. Лабас Ю.А., Хлебович В.В. «Фенотипическое окно» генома и прогрессивная эволюция // Соленостные адаптации водных организмов. Л., 1976. С.4—25.
8. Серебровский А.С. Некоторые проблемы органической эволюции. М., 1973.
9. Михайлова Н.П., Лабас Ю.А., Сойдла Т.Р., Хлебович В.В. Мутации устойчивости к аминазину, специфически проявляющиеся при разных типах энергетического обмена дрожжевых клеток // Соленостные адаптации водных организмов. Л., 1976. С.232—236.
10. Andersen N.M. // Oikos. 1993. V.67. №3. P.433—443.
11. Барсуков В.В. // Вопросы ихтиологии. 1981. Т.21. №1. С.3—27.
12. Brönmark Ch., Petterson L.B. // Oikos. 1994. V.70. P.396—402.
13. Wolfe K.H., Schields D.C. // Nature. 1997. V.387. P.708—713.
14. Kellis M. et. al. // Nature. 2004. V.428. P.617—624.

Охрана природы

Кражи из зоопарков

Европейская ассоциация зоопарков и аквариумов (объединяющая 290 учреждений из 34 стран), крайне обеспокоенная ростом числа похищаемых из зоопарков животных, ведет их общий регистр. Так, в Великобритании в 2004 г. украдено 40 обезьян уистити и тамаринов (каждая из них оценивается в 7 тыс. евро), во Франции только за лето 2005 г. воры похитили 26 розовых фламинго (стоимостью по 1500 евро). Все чаще из зоопарков исчезают пингины и кенгуру.

Для противодействия преступникам на европейских таможнях усилен контроль ввоза оберегаемых животных. С 2004 г. их в обязательном порядке маркируют микрочипами. Наказание за кражу из зоопарков приравнено к ответственности за распространение и сбыт наркотиков — виновные осуждаются на длительное тюремное заключение.

Sciences et Avenir. 2005. №703. P.40 (Франция).

Орнитология

Вымирание моа

Когда в XIV в. на острова Новой Зеландии пришли люди (полинезийцы племени маори), популяция моа насчитывала, по разным оценкам, от 3 до 12 млн особей. Эта птица, по данным новозеландских орнитологов, была истреблена людьми всего за несколько десятилетий из-за слишком продолжительного периода полового созревания. Основанием для такого заключения стал анализ сохранившихся костей скелета эндемика. Как оказалось, бескрылые гиганты (ростом до 3 м, массой до 250 кг) достигали половой зрелости лишь к 10 годам. До прихода людей птенцы могли взростеть

так долго, поскольку не имели врагов-хищников в среде обитания.

Sciences et Avenir. 2005. №702. P.36 (Франция).

Зоология

Муравьи помогают защищаться лягушкам

Известно, что кожа лягушек из семейства древолазов (Dendrobatidae), обитающих в Центральной и Южной Америке, покрыта слизью, содержащей сильный яд — для гибели крупного животного или человека достаточно нескольких его капель. Яд поступает в организм амфибий вместе с пищей — муравьями, вырабатывающими токсичные алкалоиды (сами древолазы к ним нечувствительны).

Недавно группа мадагаскарских и американских исследователей обнаружила, что при рода токсичности ядовитых лягушек с о.Мадагаскар такая же, как у древолазов. Ни амфибии, ни муравьи этих находящихся в разных частях планеты регионов не родственны друг другу. Значит, способность использовать насекомых для выработки яда возникла в этих двух районах мира независимо, и ее можно считать примером адаптивной конвергенции.

Terre Sauvage. 2005. №210. P.15 (Франция).

Археология

Соляным промыслом Китая 3 тысячи лет

Международная группа археологов обнаружила в центральной части Китая следы соляных промыслов, возраст которых 3 тыс. лет. Найдены черепки глиняных сосудов, схожих по форме с теми, что использовались для получения соли в других районах мира. Как показал химический ана-

лиз, внутренние стенки черепков покрыты налетом поваренной соли. То, что выпаривание происходило именно здесь, подтверждается совпадением содержания магния и кальция относительно натрия как в керамике, так и в воде из протекающей вблизи реки и в почвах, на которых, возможно, варили рассол.

La Recherche. 2005. №391. P.20 (Франция).

Океанология

«Молочные» моря

Безлунной ночью команда британского торгового судна, проходившего 25 января 1995 г. на значительном расстоянии от берегов Сомали (Индийский океан), обратила внимание на необычный цвет океанской воды: она была молочного цвета, однородного по тону. У моряков складывалось впечатление, будто судно плывет по снегам или облакам. Снимки военных метеорологических спутников, сделанные на конец января 1995 г., и координаты, предоставленные капитаном судна на эту дату, позволили американским океанологам установить размер акватории, на которой произошло это явление. Оказалось, что биолюминесценция проявлялась на протяжении трех ночей на площади около 15 тыс. км² (равной половине Бельгии).

Космоснимки доказали существование в этой зоне «молочных морей», о которых уже длительное время сообщают мореплаватели. Спутниковая информация может быть использована для направления научно-исследовательских судов в эти зоны биолюминесценции, вызванной огромными скоплениями светящихся бактерий, тесно связанных с фитопланктоном.

Sciences et Avenir. 2005. №705. P.38 (Франция).



Автоматизированная система «Ильменский заповедник — музей в природе»

П.М.Вализер,
кандидат геолого-минералогических наук
Г.В.Губко,
кандидат технических наук
Е.В.Дубинина, Л.Б.Новокрещенова
Ильменский государственный заповедник
г.Миасс (Челябинская обл.)

Есть в России уголок, слава которого давно перешагнула все государственные и географические границы. Это Ильменские горы, расположенные на Южном Урале, в окрестностях небольшого города Миасса.

Здесь расположен Ильменский государственный заповедник — старейшее научно-исследовательское учреждение в составе Уральского отделения РАН и один из первых заповедников, созданных в России. Он был организован по инициативе академика В.И.Вернадского и А.Е.Ферсмана декретом СНК РСФСР в мае 1920 г. в качестве единственного в мире минералогического резервата «...ввиду исключительного научного значения Ильменских гор на Южном Урале».

Первые научные исследования в Ильменах начались более двухсот лет назад и продолжают по сей день. После посещения этих мест в 1829 г. профессор Берлинского университета, иностранный член Петербургской академии наук Г.Розе пи-

сал: «Здесь на небольшом пространстве собрано огромное количество разнообразных минералов; невысокие горы и хребты, покрытые лесом, являются как бы естественным природным музеем, где можно видеть ценнейшие минералы, собранные сюда природой» [1].

Удивляет длительность (более 1.8 млрд лет), грандиозность и сложность геологической истории Ильменских гор, в процессе которой здесь создавался уникальный природный музей. Свообразие этого места издавна влечет сюда множество специалистов, студентов и любителей естествознания. Во многих музеях мира хранятся коллекции ильменских минералов. Каких только восторженных эпитетов не давали Ильменам: «Мекка минералогов всего мира», «природный музей минералогических богатств», «эталонный минералогический объект». Нет ни одного учебника или справочника по минералогии, ни одной популярной книги аналогичной тематики, где бы не упоминался этот горный массив. Ведь Ильмены — практически единственное в мире место, где на небольшой площади все-

го в несколько сот квадратных километров по прихоти природы сосредоточены чуть ли не все известные геологам горные породы и огромное число самых разнообразных минералов.

К настоящему времени в Ильменах обнаружено 268 минеральных видов, 94 их разновидностей, 16 минералов открыто здесь впервые в мире. История изучения ильменских минеральных богатств захватывающе интересна и порой напоминает хороший детектив с головокружительным сюжетом. Здесь искали одно, а находили другое; открывали минералы, которые затем «исчезали» на десятилетия и не всегда «появлялись» вновь; на одном и том же материале создавали взаимоисключающие научные теории.

Несмотря на колоссальную степень минералогической изученности этих гор, ученые так же далеки от разрешения ильменской загадки, как и столетие назад. Наверное, не зря академик Ферсман, всю жизнь беспрестанно влюбленный в Ильмены, говорил: «Кто из минералогов не мечтает посетить этот минералогический рай, единственный в мире по богатству,

разнообразие и своеобразие своих ископаемых недр?» [2].

Сегодня Ильмены — уникальный геолого-минералогический полигон, своеобразный музей в природе, созданный для проведения базовых фундаментальных исследований, обучения студентов и аспирантов. «Витринами» музея являются копии — небольшие горные выработки, заложенные на пегматитовых телах, жилах, опорные разрезы, скважины.

За время изучения Ильмен накоплен огромный массив разнообразной информации. Здесь и уникальные материалы по истории науки в России, огромная библиография, десятки тысяч описаний и анализов минералов, описания около 400 копей. Но самое главное в том, что уникальные объекты сохранены в природе, а выбранные из копей образцы хранятся в фондах и экспозициях естественнонаучного музея заповедника. Это позволяет сопоставить описания месторождений, сделанные 100 лет назад, с современными представлениями, находить и исправлять ошибки минералогов прошлого [3].

На эталонных ильменских объектах училось не одно поколение геологов и минералогов крупнейших вузов России, таких как Московский, Ленинградский, Казанский университеты. Неслучайно в Миасском филиале Южно-Уральского государственного университета на базе Института минералогии и Ильменского заповедника несколько лет назад создан геолого-минералогический факультет. Интерес к Ильменам специалистов и преподавателей из разных стран остается очень высоким. Однако доступ к информации, а тем более полевые экскурсии по копиям до настоящего времени для широкой научной общественности были невозможны.

Новые компьютерные технологии позволяют получить доступ к огромным массивам исторических и современных дан-

ных по геологии и минералогии Ильменского комплекса, совершать виртуальные экскурсии по объектам музея в природе, по залам естественнонаучного музея заповедника.

В настоящее время в ряде музеев разрабатываются виртуальные экспозиции, виртуальные экскурсии для широкого круга пользователей, но нет аналогов подобных виртуальных экскурсий по природным комплексам. Последние годы некоторые организации и научно-исследовательские институты готовят материалы по описанию геологических объектов в форме баз данных. Например, в рамках АИС «Ильмены» представлен целый ряд месторождений полезных ископаемых Урала.

Цель проекта (04-07-96013, Урал), осуществляемого при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, — систематизация огромного массива разнообразной информации по комплексу и предоставление доступа к этим данным широкому кругу научной общественности. Автоматизированная информационная система «Ильменский заповедник — геолого-минералогический музей в природе» предполагает накопление информации в системе распределенных баз данных: минералы Ильмено-Вишневогорского комплекса; горные породы Ильмено-Вишневогорского комплекса, геологическое строение; Ильменский фонд естественнонаучного музея; история изучения Ильмен и экспозиции Ильменского зала; геологические объекты и их описание (копии, обнажения, скважина); экскурсионные маршруты (научные, учебно-методические). Уникальность данного проекта состоит в сочетании возможности виртуальных экскурсий по музею в природе с получением разнообразной научной информации по этим объектам из распределенных баз данных.

Общий объем информации, накопленный за 200-летнюю

историю изучения комплекса, составит более 30 Гб. После завершения работы по проекту система будет пополняться новыми результатами научных исследований. Эта работа продолжает прежний проект (01-07-96499) — «Система баз данных «Летопись природы»».

Ильменский комплекс — охраняемая заповедная территория, сохранность которой от разрушения, в том числе с целью научных исследований, — задача государственная. Это первая попытка совместить представление огромных массивов научных данных по результатам геолого-минералогических исследований комплекса с визуализацией природных объектов через виртуальные научные экскурсии, а также возможность использования предлагаемого интерфейса для обучения и подготовки научных кадров, студентов, аспирантов.

Создаваемая автоматизированная информационная система «Ильменский заповедник — геолого-минералогический музей в природе» — методическое пособие и справочный материал как для тех, кому посчастливилось побывать в музее под открытым небом, так и для тех, кто сможет посетить только виртуальные экскурсии, разрабатываемые в рамках проекта. Система включает следующие разделы информации.

1. Подсистема «Геология и минералогия» включает данные о геологическом строении (история изучения, библиография), а также три геологические карты, дающие представление об эволюции геологических знаний об Ильмено-Вишневогорском комплексе.

Первая создана А.Н.Заварицким еще в 1945 г., на ней показана меридионально вытянутая структура, сложенная преимущественно гнейсами и гранито-гнейсами. Вторая составлена в 1982 г. по результатам геологической съемки под руководством В.Н.Юрецкого. На этой общепринятой ныне карте от-

рисован южный фрагмент Ильмено-Сысертского мегантиклинория, а также выделены структурно-вещественные подразделения в широком диапазоне от архея до мезозоя. В карте В.И.Ленныха (2002) отражены новые представления о структуре комплекса. Впервые наложена тектоническая нагрузка, появились зоны бластомилонитов, выявлены зоны серпентинитового меланжа.

Все карты оцифрованы в программе Easy Trase, что позволило ввести их в единую геоинформационную систему. На одном из слоев геологической карты по Юрецкому нанесены точки расположения копей заповедника, которые являются интерактивными входами в информационные массивы подсистемы «Минеральные копи». Ознакомиться с картами можно в Интернете (<http://igz.ilmeny.ac.ru/Default.asp?IdM=Geol>).

2. Подсистема «Минеральные копи»

Копи в Ильменских горах закладывались с конца XVIII в., сначала для добычи «белой слюды», затем — цветных камней. Первые описания минералов сделаны И.Менге (1826, 1830) по сборам 1825 г. и Г.Розе (1839) по сборам 1829 г. В это же время открыты месторождения корунда. В дальнейшем на территории Ильмен работы проводились Цветными партиями.

В 1858 г. И.И.Редикорцев составил первую карту копей со сплошной нумерацией (с №1 по №56) и указанием минералов, являющихся предметом разработки. И.В.Мушкетов в 1877 г. опубликовал петрографическую карту Ильменских гор с указанием копей [4].

В 1882 г. в Горном журнале появилась работа П.М.Мельникова [5] с прилагаемой топографической картой, на которую были нанесены и пронумерованы копи от №1 до №87. Эта нумерация сохранилась и по сей день.

Первая инструментальная привязка копей с обозначением контуров выработок была сде-



Вид на Ильменские горы.

Здесь и далее фото из архива Ильменского государственного заповедника

лана Л.А.Куликом в 1910 г. Эти материалы использовались Д.С.Белянкиным [6] при составлении петрографической карты Ильменских гор, на которой показано 111 копей. Дальнейшая нумерация копей производилась по мере их закладки. Например, в работе Заварицкого [7] описано уже 149 копей.

Полная инвентаризация всех копей заповедника была произведена летом 1973 г. сотрудниками лаборатории минералогии под руководством В.А.Попова. Общее число копей на сегодняшний день — 400. С 2003 г. ведется новая опись копей и их географическая привязка.

Распределенная база данных подсистемы «Минеральные копи» включает в себя текстовую информацию (название копи, дату заложения, характер и количество выработок, привязку, тип пегматита, морфология, простираание и падение жилы, информация о вмещающих породах; список минералов, отмеченных в данной копи); графическую информацию (иллюстративный материал, включающий в себя карты-схемы района копи либо детальные зарисовки отдельных фрагментов); библиографию по данной копи,

включающую авторов и названия работ, а также издательства и годы издания.

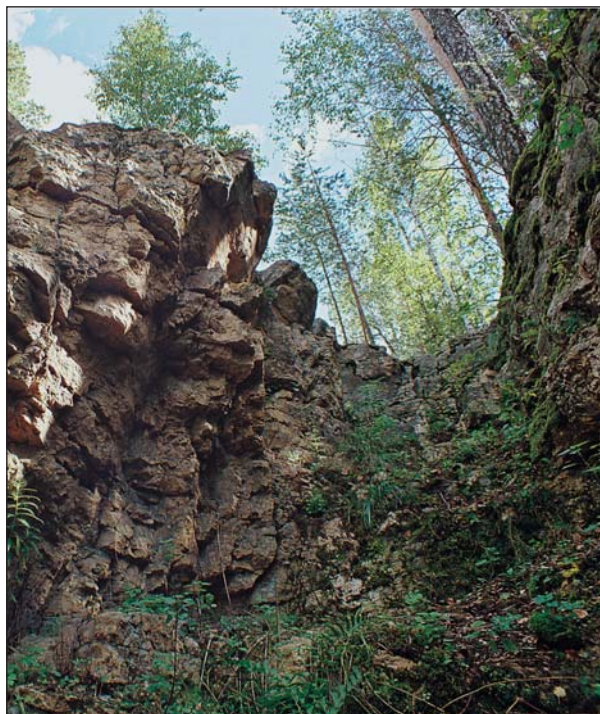
Поиск информации в подсистеме осуществляется по любому из признаков, например, по номеру копи, или по номеру квартала, в котором находится копь, либо по сочетанию двух и более признаков. К примеру: по кварталу и типу пегматита (квартал №35 + амазонитовый пегматит; квартал №146 + полевошпатовый пегматит), а также по минералу, присутствующему в копи. Возьмем, к примеру, распространенные в Ильменах минералы — нефелин или эшинит. Мы получим длинный список копей. Но стоит нам набрать криолит, результатом поиска будет лишь одна копь.

В настоящее время в подсистеме введены данные для 392 копей, заполнены исторические данные, введено 256 иллюстраций. В базу данных «Библиография» введены данные по 75 литературным источникам, описывающим результаты исследования копей.

С подсистемой «Минеральные копи» можно познакомиться на сайте заповедника (<http://igz.ilmeny.ac.ru/Default.asp?IdM=Mine>).



Ильменские дали. Соколиная гора.



Блюмовская копь.

3. Подсистема «Минералы Ильмено-Вишневогорского комплекса»

Двести с лишним лет назад началась в Ильменах «каменная лихорадка» [8]. За короткий срок были обнаружены берилл, аквамарин, амазонит, фенакит; налажена интенсивная добыча топазов. Слава об ильменских минералах докатилась до Европы. Жажда знаний заставляла ученых неустанно путешествовать по свету, описывая минералы и горные породы, составляя геологические карты, открывая попутно новые месторождения. На этом поприще профессионалов часто опережали искатели приключений, авантюристы, купцы и просто любители камня. В 20-х годах XIX в. Ильменские горы один за другим посетили купец из Любека Иосиф Менге и академик Александр Гумбольдт. Последнего сопровождал профессор Берлинского университета Густав Розе. Это было началом второго рождения Ильмен. Минералогические коллекции, привезенные из иль-

менских экспедиций, произвели в Европе настоящий фурор. Их изучением занимались крупнейшие химики и минералоги того времени. В сборах Менге удалось обнаружить сразу три новых, ранее не известных науке минерала — ильменит, эшинит, монацит. Еще три новых минерала — канкринит, чевкинит и самарскит — были определены в коллекциях Розе и названы в честь тех государственных деятелей, которые всячески содействовали развитию и процветанию горных наук в России.

Вскоре в Ильменах были открыты еще два новых минерала: Р.Ф.Герман и А.Б.Ауэрбах описали хиолит, что в переводе с греческого означает «снежный камень», а Н.И.Кокшаров — ильменорутит. Однако это не были радующие глаз своим цветом, блеском и совершенством форм минералы-самоцветы, составившие былую славу Ильмен. Черные, черно-бурые, красновато-бурые — новые минералы в основном относились к химическим соединениям класса слож-

ных оксидов и содержали титан, тантал, ниобий, редкоземельные элементы, уран.

Сложнейшему по составу самарскиту пришлось сыграть роль «подопытного кролика» науки. Чего только не содержит этот минерал — редкоземельные элементы, уран, тантал, ниобий, свинец, марганец, железо. В 1879 г. французский химик Лекок-де-Буабордан открыл в самарските новый химический элемент и назвал его по минералу — самарием. Уже в XX в. Радиева экспедиция Петербургской академии наук добыла в Ильменах 15 кг самарскита для сугубо научной цели — изучения радиоактивности. Предполагают, что впоследствии именно из этого материала М.Склодовская-Кюри впервые выделила чистый радиоактивный элемент — уран. Остальные минералы до сих пор считаются редкими, а хиолит, помимо Ильмен, был обнаружен только в Гренландии.

Вторая четверть XIX в. оказалась поистине «золотым веком»



Топаз.



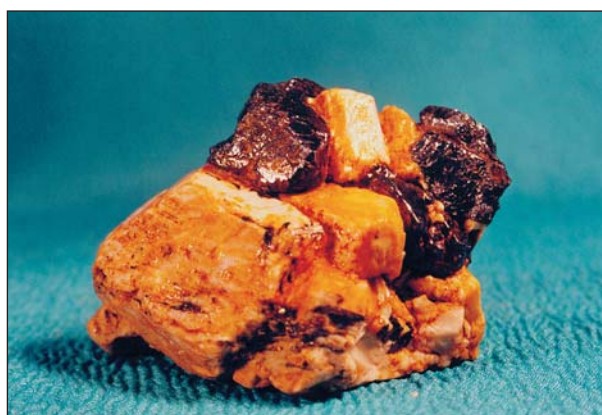
Сосульки на останцах.



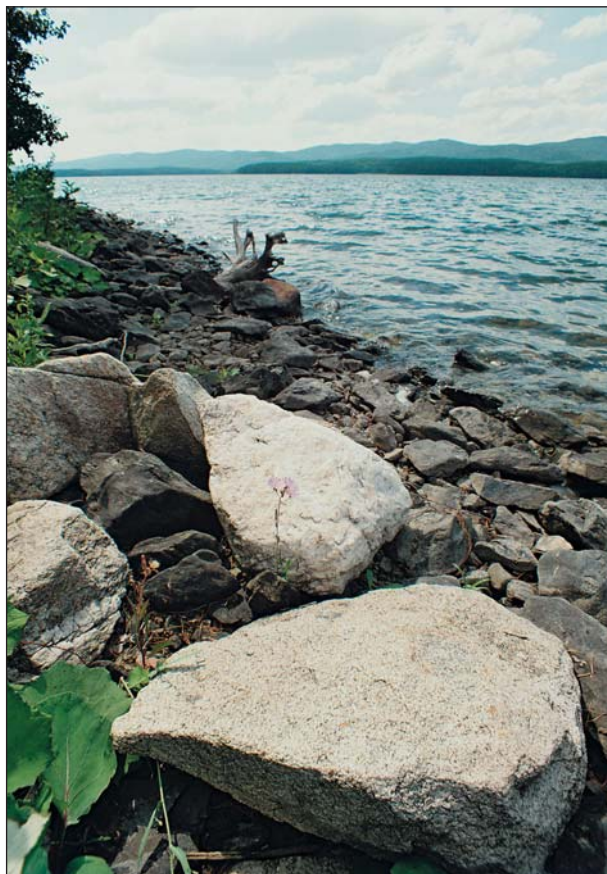
Циркон.



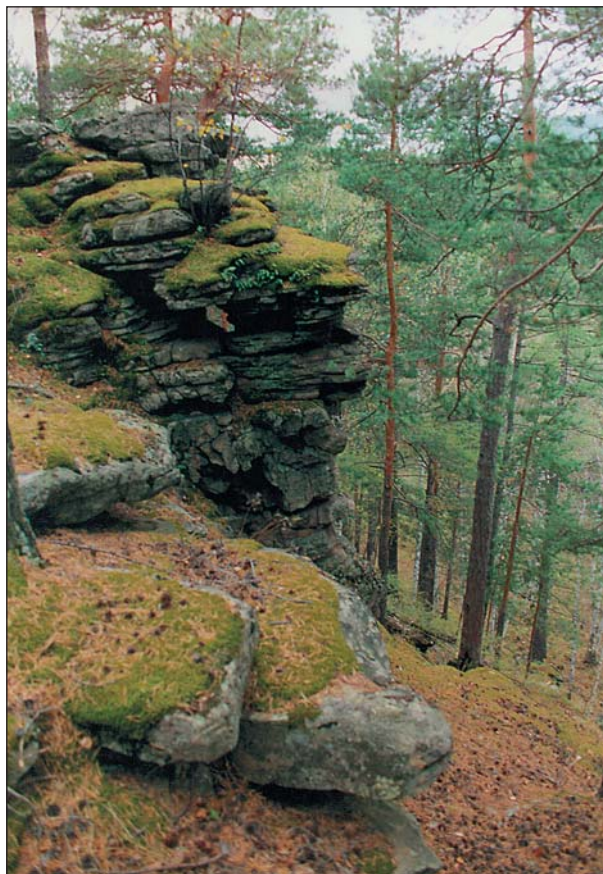
Канкринит.



Ильменит.



Берег оз. Большое Миассово.



Копь №12 (Черемшанский бугор).

ильменской минералогии. После экспедиций именитых иностранцев в Ильменах оживилась исследовательская и поисковая деятельность. Каменный материал непрерывным потоком шел на рынки России и Европы, а лучшие образцы оседали в музеях Москвы, Санкт-Петербурга, Берлина и других европейских городов. Всего за три десятка лет — с 1825 по 1856 г. — в ильменских образцах было открыто восемь новых минералов. К концу XIX в. в списке минералов Ильменских гор уже числилось около 50 минеральных видов и разновидностей, и умы ученых все больше занимала ильменская загадка: почему на столь малой территории и в таком тесном контакте встречаются такие разные, иногда даже «несочетаемые» породы и минералы?

XX в. принес с собой осознание того, что природа отнюдь не

бесконечна, и богатства ее рано или поздно иссякнут. Драгоценные камни, редкие минералы, любые образцы пород и минералов, извлеченные однажды из глубин Земли, никогда не смогут образоваться там вновь.

Новая плеяда блестящих ученых, возглавляемая Ферсманом и Заварицким, разрабатывала гипотезы, с тех или иных позиций объяснявшие уникальную геолого-минералогическую ситуацию в районе Ильменских гор, а рядовые сотрудники заповедника тем временем скромно выполняли свои обязанности: занимались инвентаризацией горных выработок, собирали коллекции, описывали минералы. В изданной в 1949 г. книге, давно ставшей библиографической редкостью, скрупулезно описано более 100 минеральных видов и разновидностей Ильменского заповедника [9].

А в 1975 г. список минералов Ильменских гор составил 174 названия, из них 125 минеральных видов. Новые инструментальные методы анализа позволили определять такие минералы, на которые раньше просто не обращали внимания из-за мизерности их выделений; выяснить минералогическую принадлежность всевозможных корочек, налетов, микровключений; уточнить диагностику «старых» минералов или переопределить их в соответствии с современными классификациями; а также выделить разновидности внутри одного минерального вида. Однако несмотря на то, что общее число обнаруженных в Ильменских горах минералов возрастало во второй половине XX в. практически по экспоненте, среди них вплоть до 80-х годов не было найдено ни одного нового, ранее неизвестного

науке. Однако в 1979 г. сотрудник Ильменского заповедника Б.В.Чесноков открыл новый минерал и назвал его ушковитом в честь натуралиста С.Л.Ушкова, много лет изучавшего природу Ильменского заповедника. 7 апреля 1982 г. Комиссия Академии наук СССР по новым минералам и названиям минералов официально утвердила ушковит как новый минерал. Эту дату смело можно считать днем третьего рождения Ильмен.

Вскоре к ушковиту прибавились еще три минерала — свяжинит, матвеевит, калугинит. По прекрасной традиции прошлого они получили свои названия в честь известных уральских геологов Н.В.Свяжина, К.К.Матвеева, А.В.Калугина. Затем в течение семи лет открыты четыре новых минерала, один из них — поляковит — открытый А.Г.Баженовым и утвержденный в 2000 г., получил название в честь известного ильменского минералога В.О.Полякова.

За два века в Ильменах открыты следующие новые минералы: ильменит (1827), эшинит (1828), монацит (1829), канкринит (1839), чевкинит (1840), хилолит (1846), самарскит (1847), ильменорутит (1856), фергусонит-бета-(Ce) (1965), ушковит (1983), свяжинит (1984), макарочкинит (1986), фторорихтерит (1993), фторомагнезиоарфедсонит (1998), калийсадангаит (1999), поляковит (2000), ферривинчит (2004).

В подсистему «Минералы Ильмено-Вишневогорского комплекса» входит база данных, включающая список минералов и их разновидностей, где по каждому минералу приводится русское название минерала, английское название минерала, формула, сингония, группа. Текстовая часть включает историю открытия минерала, дату открытия, фамилию автора, описание минерала. Приводится иллюстративный материал (фотографии, рисунки кристаллов, шлифы), химические анализы минералов.

Представлен также список минеральных видов (3668 названий) по Флейшеру (1998), сделана сверка данных, введены данные о сингонии по Флейшеру (2004), в первом квартале 2005 г. отредактирована база данных по списку минеральных видов (2004). С ней согласована база данных по минералам Ильменских гор по состоянию на 2000 г., включающая 268 минеральных видов и 94 разновидности [10].

4. Подсистема «Горные породы Ильмено-Вишневогорского комплекса» представляет следующую информацию: название горной породы, ее минеральный состав, описание места отбора, координаты, текстура, структура, силикатный анализ, рентгенофлюоресцентный анализ, шлифы, карта фактов.

5. Виртуальные экскурсионные маршруты (научные, учебно-методические) можно проводить собственно в естественнонаучном музее заповедника и в Музее в природе. В зале истории изучения Ильмен проводятся краткая видеоэкскурсия, а также электронные лекции: «Минералы, впервые открытые в Ильменах» (http://igz.ilmeny.ac.ru/lection_zal/lection/); «Пророк атомного века» о В.И.Вернадском (http://igz.ilmeny.ac.ru/lection_zal/history/radiy/part1/); «Работа Радиевой экспедиции в Ильменах» (http://igz.ilmeny.ac.ru/lection_zal/history/radiy/part2/).

В Ильменском зале — обзорная видеоэкскурсия; электронная лекция «Корунды» (http://igz.ilmeny.ac.ru/lection_zal/corund/); видеофильм «Рожденные в Ильменах» (ч.1 посвящена минералам, открытым в Ильменах в XVIII—XIX вв., — 20 мин, ч.2 посвящена минералам, открытым в Ильменах в XX в., — 25 мин).

Музей в природе представляет возможность ознакомиться с пегматитовыми копиями Ильмен, Корундовыми копиями, Блюмовской копью, копиями Черемшанского бугра. По каждому

из разделов в базе имеются электронная лекция и видеоэкскурсия.

С любой страницы электронной лекции можно войти в базу данных подсистем: «Геология и минералогия», «Минеральные копи», «Минералы Ильмено-Вишневогорского комплекса», «Горные породы Ильмено-Вишневогорского комплекса» и получить требуемую выборку дополнительных данных, а также обратиться к электронной библиотеке и получить список литературы или рефераты статей.

Видеоэкскурсии составлены по авторским текстам ведущих специалистов Института минералогии и Ильменского государственного заповедника. Как пример, ниже приводится текст для видеоэкскурсии «Копи Черемшанского бугра», которая знакомит с породами экзоконтакта щелочной интрузии.

«Группа копей Черемшанского бугра располагается в 3 км от центральной базы Ильменского заповедника. В естественных и искусственных обнажениях представлено большинство разновидностей пород, слагающих контактный ореол. Копями вскрываются тела миаскитовых и сиенитовых пегматитов с богатой акцессорной минерализацией: цирконом, ильменитом, эшинитом, чевкинитом, пироксеном и другими минералами редких земель. Именно здесь в начале XIX в. был описан первый в России пироксенолор.

Наиболее интересной является выработка копи №12 — цирконовой копи Ф.Ф.Блюма и П.Н.Барбот-де-Марни. В этой копи был найден величайший из известных в России цирконов, достигавший 21 см по удлинению. Копь заложена на жиле биотит-полевошпатового состава, залегающей в слюдястых и роговообманковых кристаллических сланцах. В отвалах копи до сих пор можно встретить хорошо ограненные прозрачные кристаллики циркона, апатита, ильменита, сфена.

К западу от копи №12 в скальном обнажении на берегу речки Черемшанки обнажаются амфиболовые сиениты, пластовые фельдшпатолиты и сиенитовые пегматиты с акцессорным цирконом.

Несколько севернее от описываемых обнажений располагается группа копей, заложенных на жиле сиенитового пегматита с эшинитом и миаскитового пегматита с пирохлором и ильменитом».

После видеоэкскурсии любознательный исследователь может, например, получить информацию по копи №12, обратившись к подсистеме «Минеральные копи» по поисковому признаку «номер копи». Далее получить рисунок копи, список минералов копи, информацию о конкретном минерале, например ильмените. По поисковому признаку «ильменит» можно получить список копей, где встречается данный минерал, библиографию по минералу.

Для удобства работы с системой создан пользовательский интерфейс, организующий удобный ввод и редактирование данных с использованием

WEB-технологий. При этом весь информационный массив накапливается на сервере под управлением Unix-системы, а для программирования приложений используется технология ASP, базы данных организованы в ODBC-совместимом формате Access. Так как все программное обеспечение выполнено в серверном исполнении, любой удаленный пользователь может получить информацию из системы.

Проектом предусматривается разработка автоматизированных технологий сбора, систематизации и совместного анализа геолого-минералогических данных, в том числе картографического материала, для решения фундаментальных проблем минералогии, пегматитообразования, метаморфизма; обеспечение сохранности природных объектов уникального Ильменогорского магматометаморфического комплекса при обеспечении доступа к информации о его минералогии и геологии за счет разработки виртуальных научных экскурсий на основе информации распределенных баз дан-

ных по наиболее интересным объектам в природе и образцам в залах естественнонаучного музея заповедника с использованием интернет-технологий. В результате работ по проекту широкому кругу научной обществу будет предоставлена возможность удаленного доступа к результатам исследований, осуществленных на территории заповедника, к информационным моделям геологических объектов. Накопленный информационный массив будет использоваться студентами вузов Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Челябинска, геологического факультета Миасского филиала Южно-Уральского государственного университета в качестве информационной поддержки процесса обучения студентов и аспирантов посредством предоставления виртуальных экскурсий и теоретического материала для обучения геолого-минералогическим специальностям.

Ознакомиться с работой можно в одном из блоков сайта Ильменского заповедника (<http://igz.ilmeny.ac.ru/Default.asp?IdM=Mine>). ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 04-05-96069 и 04-07-96013.

Литература

1. Розе Г. // Записки Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ). 1875. №11(1).
2. Ферсман А.Е. Занимательная минералогия. Л., 1935.
3. Поляков В.О. Сокровища минералогического рая. Миасс, 2000.
4. Мушкетов И.В. // Горный журнал. 1877. Т.3.
5. Мельников М.П. // Горный журнал. 1882. Ч.1.
6. Белянкин Д.С. Петрографическая карта Ильменских гор // Труды радиевой экспедиции Академии наук. 1915. №3.
7. Заварицкий А.Н. Геологический и петрографический очерк Ильменского минералогического заповедника и его копей. М., 1939.
8. Щербакова Е.П. Загадка и слава Ильмен. Миасс, 1995.
9. Минералы Ильменского заповедника / Ред. А.Н.Заварицкий. М., 1949.
10. Кобяшев Ю., Никандров С.Н., Вализер П.М. Минералы Ильменских гор. Миасс, 2000.

ПАЛЕОБИОТА НА РУБЕЖЕ ДВУХ ЭР

История органического мира Земли – это непрерывная цепь чередований: за длительными периодами стабильности наземных и водных экосистем следовали кратковременные этапы, в которые биота претерпевала радикальные изменения и рост разнообразия организмов прерывался массовыми вымираниями. В их числе и пермско-триасовое. После этой катастрофы разнообразие начало расти, фауна и флора приобрели новый – мезозойский – облик.

Какие же причины могли вызвать биотический кризис? Ответ на этот вопрос стараются отыскать и отдельные ученые, и крупные исследовательские группы палеонтологов и геологов широкого профиля. Климатические, биотические и палеогеографические события на границе перми и триаса в последние годы привлекли самое пристальное внимание специалистов. Авторы представленных здесь публикаций – одни из тех, кто пытается раскрыть тайны пермско-триасового кризиса, ориентируясь на особенности флоры и фауны, существовавшие в конце пермского периода.

Вязниковская фауна: черты экологического кризиса

А.Г.Сенников, В.К.Голубев

В истории биосферы Земли с периодами кардинальных преобразований связаны массовые вымирания организмов, когда за короткое в геологических масштабах время (несколько тысяч или десятков тысяч лет) исчезали многие процветавшие ранее группы животных и растений. Пожалуй, самое известное неспециалистам вымирание произошло на границе мезозойской и кайнозойской эр, около 65 млн лет назад. Тогда с лица Земли среди прочих животных исчезли и динозавры. Однако значительно более серьезный кризис разразился около 250 млн лет назад, на гра-

нице пермского периода палеозойской эры и триасового периода мезозойской эры. Несомненно, это было самое крупное вымирание в истории нашей планеты. Только в морских экосистемах исчезли животные 90% видов, 55% родов и 28% семейств, 20 отрядов, двух классов и двух подклассов [1]. Значительным изменениям подверглась и наземная фауна. В позднепермскую эпоху процветали зверообразные ящеры (родственные млекопитающим) и были широко распространены другие, более примитивные рептилии. Большинство этих палеозойских групп тетрапод (четвероногих) вымерли на рубеже палеозойской и мезозой-

ской эр. В мезозое вместо зверообразных рептилий господствующее положение на суше заняли архозавры, в том числе динозавры.

К сожалению, преобразования, затронувшие наземные экосистемы, исследованы существенно менее детально, чем морские, и по вполне объективным причинам. Континентальные отложения пермского и триасового периодов развиты на всех материках, но во многих районах пласты осадочных пород, соответствующие переходу от одного периода к другому, либо не сохранились, либо не образовывались вовсе (как говорят геологи, на границе перми и триаса присутствует пере-

рыв в осадконакоплении). Поэтому и нельзя сказать, как менялись наземные экосистемы в таких районах. К счастью, теперь это положение можно исправить, если судить по результатам геологических и палеонтологических исследований, проведенных в последние годы в Вязниках.

Находки и породы

Громадное поле выходов пермских и триасовых континентальных отложений располагается на востоке Европейской России: от Каспийского моря на юге до Белого и Баренцева на севере и от Москвы на западе до Урала на востоке. Эти отложения богаты ископаемыми остатками разных наземных и пресноводных организмов. Их изучением на протяжении уже более двух столетий занималось множество специалистов. В результате удалось установить непрерывную последовательность биотических комплексов: более девяти — в поздней перми, не менее шести — в раннем триасе, не менее двух — в среднем. Столь полной последовательности, основанной на периодизации развития и смены в первую очередь фауны тетрапод, не известно нигде в мире [2, 3].

До недавнего времени самым поздним пермским биотическим комплексом Восточной Европы считался соколовский (названный по местонахождению Соколки на берегу Северной Двины). Его составляли амфибии и крупные специализированные рептилии, главным образом зверообразные (хищные саблезубые горгонопии) и растительноядные дицинодонты (из одноименного семейства), а также растительноядные парарептилии — парейазавры [2]. Комплексами, сходными с соколовским, во всем мире заканчивается история пермских наземных сообществ. В результате массового вымирания в начале триасового пери-



Андрей Герасимович Сенников, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Палеонтологического института РАН. Область научных интересов — палеогерпетология, функциональная морфология позвоночных, палеоэкология, палеоихнология и биоэкография.



Валерий Константинович Голубев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник того же института. Научные интересы связаны с палеогерпетологией, тафономией и палеогеографией позднего палеозоя и раннего мезозоя.

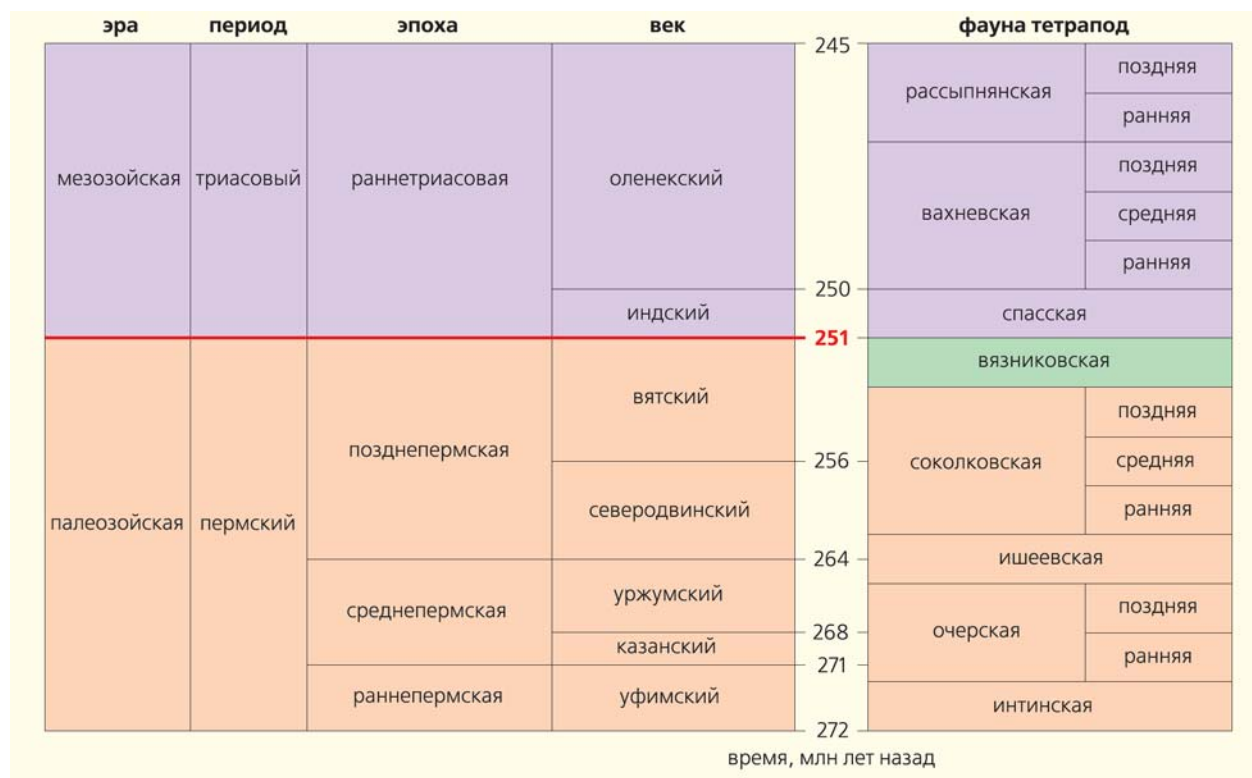
да повсеместно, в том числе и в Восточной Европе, фауна позвоночных оказалась обедненной. Теперь это были мелкие, часто слабо специализированные формы, среди которых преобладали первые архозавры — примитивные хищные текодонты (из семейства протерозухид) и растительноядные дицинодонты (из семейства листрозаврид).

Большинство геологов до сих пор считает, что на границе перми и триаса на территории Европейской России был перерыв в отложении осадков, и этот регион мало пригоден для реконструкции пермско-триасового биотического кризиса. Итоги длящихся шесть лет геологических и палеонтологических исследований на правом берегу р.Клязьмы в окрестностях г.Вязники Владимирской обл. позволяют оспорить данную, ставшую уже традиционной точку зрения. Здесь было открыто множество местонахождений ископаемых растений и животных того комплекса, который существовал позже соколовс-

кого. По имени города новый биотический комплекс получил название вязниковского.

Верхнепермские отложения в низовьях Клязьмы были открыты еще в начале XIX в. [4]. Во время обследования обнажений в Вязниках английский геолог Р.И.Мурчисон обнаружил в пестроцветных песках и глинах остатки двустворчатых моллюсков и раковинных рачков (остракод). Первые ископаемые остатки позвоночных — «чешуйки *Ralaeniscus*» (палеониски — надотряд лучеперых рыб) — нашел в Вязниках геолог Н.М.Сибирцев в начале 90-х годов XIX в. [5].

Вязники как местонахождение позвоночных открыто в 1951 г., и в последующие несколько лет изучалось экспедициями Палеонтологического института АН СССР под руководством Б.П.Вьюшкова. В результате раскопок и обнаружена новая фауна позвоночных, живших в конце пермского периода. Впоследствии оказалось, что это самый молодой пермский фаунистический комплекс позвоночных в Вос-



Геохронологическое положение вязниковского комплекса (зоны *Archosaurus rossicus*).

точной Европе [2, 6–8]. Затем долгие годы новых находок в Вязниках сделать не удавалось, и возобладало мнение, что местонахождение, как таковое, уже не существует.

С 1999 г. экспедиционные работы в Вязниках возобновились. В ходе работ началось изучение геологического строения района Вязников. Были открыты вновь или переоткрыты многие местонахождения ископаемых животных и растений, получены новые интересные материалы. В первый же год в толще косослоистых песков местонахождения Быковка один из авторов — А.Г.Сенников — нашел остатки рыб, амфибий и рептилий, а также окаменевшие экскременты древних животных (копролиты). Через четыре года В.В.Буланов и оба автора статьи обнаружили другую костеносную точку — Соковку — и собрали остатки остракод, двустворчатых моллюсков, рыб, амфибий и рептилий, в частности

древнейшего текодонта *Archosaurus rossicus*. Впервые в районе Вязников эти же исследователи в 2003 г. открыли несколько богатых местонахождений флоры (Балымотиху, Соковку и др.). Остатки растений обнаружены в слоях старичных или старично-озерных глин, а в Соковке — в одном разрезе с позвночными [9, 10]. 2004 год принес еще одну удачу: в старичных глинах с растительными остатками Д.Е.Щербаков, А.Г.Сенников, Е.Д.Лукашевич и Е.И.Родинова открыли ископаемых насекомых. Через год в Соковке и Балымотихе были найдены новые отпечатки насекомых. Таким образом, Вязники оказались местом с богатым и разнообразным пермским биотическим комплексом. Хотя полевое изучение и научная обработка полученных материалов далеко еще не закончены, уже первые результаты позволяют существенно дополнить, а иногда и пересмотреть представления о ру-

беже палеозоя и мезозоя на территории Европейской России.

В районе Вязников верхнепермские отложения — это мощная толща песков и глин. Породы выходят на поверхность в многочисленных обнажениях на обширной территории в самом городе и его окрестностях. Средняя часть геологического разреза сложена темно-серыми и красноватыми тонкослоистыми глинами (3–7 м мощностью), в которых содержатся многочисленные остатки растений, рыб, отпечатки беспозвоночных животных, значительное количество органического детрита, а также кристаллы и конкреции пирита. Подобные глинистые отложения типичны для стариц и старичных озер. Поверх глин залегают косослоистые полимиктовые (т.е. полиминеральные, состоящие из обломков разных минералов) пески (15–20 м мощностью). В их толще встречаются прослои и линзы песчаников,



Верхнепермские красноцветные отложения — алевриты, глины и косослоистые пески в местонахождении Быковка (Вязники II).

Фото В.В.Буланова

гравелитов и конгломератов с глиняным гравием и галькой. Здесь попадаются разрозненные кости позвоночных, остатки беспозвоночных животных и растений. Эта песчаная толща, очевидно представляющая собой отложения русла большой реки, вверху переходит в пачку

(3—5 м мощностью) переслаивания пестроцветных, преимущественно красноцветных, алевритов и глин отмельного и пойменного происхождения. Завершает разрез одно-двухметровый слой красноцветной, с голубоватыми пятнами, комковатой глины, в которой иногда видны многочисленные полости от корней древних растений. Эти отложения, видимо, сформировались на верхней пойме и являют собой слой погребенной палеопочвы.

По характеру верхнепермских пород можно судить о внешних (абиотических) условиях в конце перми в районе нынешних Вязников. Три основные пачки — нижняя глинистая (старичная), средняя песчаная (русловая) и верхняя глинисто-алеувритистая (отмельно-пойменная) — составляют толщу позднепермских пород больших мощности и протяженности. Все это свидетельствует о стабильности, длительном существовании и обширности бассейна осадконакопления, т.е. речной долины или равнины. В то время здесь текла с востока на запад крупная, очень извилистая река. На такой ход речного стока указывает направле-

ние падения косых слоев в русловых песчаных отложениях. Свое начало река брала на Уральских горах, откуда и сносился обломочный песчаный материал, чем и объясняется, в частности, полиминеральный состав русловых песков. Большая мощность глинистых отложений нижней пачки, их мелко-ритмичная слоистость, наличие конкреций пирита говорят об относительной глубине, значительных размерах и длительности существования старичных озер, в которых накапливались осадки и в глубоких придонных частях которых временами возникали застойные восстановительные условия. Формированием пойменных отложений с палеопочвами завершился цикл аллювиального (речного) осадконакопления в данном районе. Таким образом, и характер отложений, и реконструируемые по ним условия осадконакопления служат доводом в пользу стабильности, обширности и многоводности водоемов, т.е. довольно влажных — гумидных — условиях в данном регионе в конце пермского периода.

Состав вязниковского фаунистического комплекса оказался весьма богатым и необычным [2, 10]. Среди четвероногих в нем к настоящему времени определены представители нескольких групп рептилий и амфибий. И теперь, сравнив составы соколовской и вязниковской фаун, можно проследить за их изменениями.

Своеобразие фауны

Из хищных рептилий в вязниковском комплексе доминировали крупные текодонты, такие как *Archosaurus rossicus*. Их остатки найдены только в двух позднепермских местонахождениях центральной части России — в Вязниках и Пурлах (Нижегородская обл.). Появление архозавров было самым значимым событием в истории фауны



Только что найденный отпечаток членистостебельного растения *Neocalamites cf. mansfeldicus*. Июль 2004 г., местонахождение Соковка.

Фото Д.Е.Щербакова



Кости черепа, шейные позвонки и реконструкция черепа древнейшего текодонта *Archosaurus rossicus*. Местонахождение Вязники. Этот архозавр был самым крупным и опасным хищником конца пермского периода в Восточной Европе. Острые зазубренные зубы этого ящера были прекрасно приспособлены для разрывания и разрезания крупной добычи. Верхняя челюсть, загнутая вниз, как клюв, служила также для более надежного удержания жертвы.

Фото Е.А.Сенниковой

наземных позвоночных на рубеже палеозойской и мезозойской эр. Архозавры сменили доминировавших в перми звероящеров и стали господствующей группой в мезозое. Во всем мире первые примитивные архозавры из группы текодонтов известны лишь с начала триаса, и только в вязниковском комплексе обнаружены более древние, позднепермские. В этом наиболее ярко сказывается связь вязниковской фауны с последующими раннетриасовыми и отличие от предшествующей — позднепермской соколковской. Именно благодаря находкам древнейших архозавров вязниковская фауна стала известна палеонтологам всего мира.

В вязниковское время исчез целый отряд хищных зверообразных рептилий — саблезубые горгонопии, бывшие характернейшим элементом соколковской фауны. Зато другой отряд этих рептилий — тероцефалы — сохранился, но уже с новыми родовыми таксонами, представители которых сильно различались размерами и специализацией. Некоторые из таких тероцефалов, возможно, стали всеядными, а другие — ядовитыми.

Оставались многочисленными растительноядные зверо-

ящеры — дицинодонты (из семейства дицинодонтид), бывшие одной из доминирующих групп и в предшествующем соколковском комплексе. Однако исчезли парейзавры — типичная для него группа крупных специализированных растительноядных парарептилий. В вязниковской фауне обычным элементом становятся родст-

венники парейзавров — мелкие элгинииды (обирковии). По единичным находкам они известны также из верхнепермских горизонтов Восточной Европы, Шотландии и Марокко.

В числе вязниковских амфибий оказались хронизухии — крупные крокодилообразные панцирные хищники. Одни из них, чисто водные животные



Череп хищной зверообразной рептилии — тероцефала *Moschowhaitzia vjuschkovii*. Местонахождение Вязники. Судя по строению зубов, этот звероящер был, вероятно, не самым эффективным хищником в составе вязниковской фауны — основным орудием для удержания добычи у него служили небольшие конические клыки.

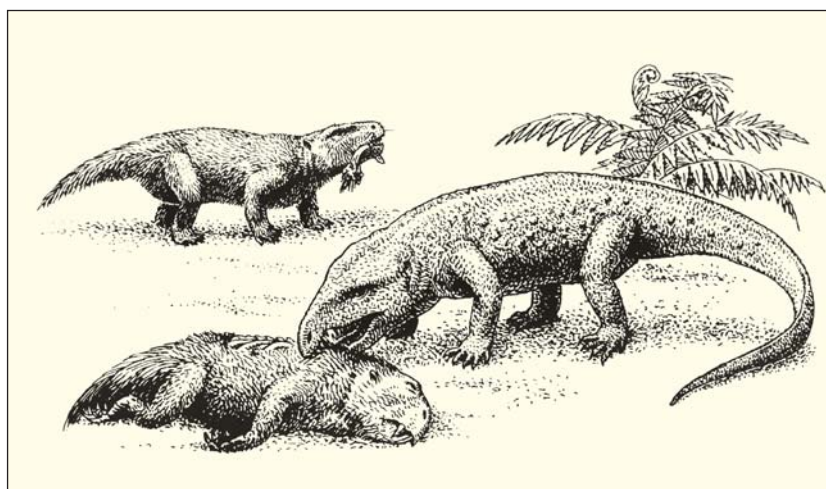
Фото Е.А.Сенниковой



Клыки растительноядных зверообразных рептилий — дицинодентов. Зубы дицинодентов, за исключением двух больших клыков в верхней челюсти, редуцировались, зато образовался мощный роговой клюв, как у современных черепах. Клювом эти ящеры могли срезать и откусывать растительную пищу, даже весьма жесткую. Концы функционирующих клыков сточены, на них видны площадки стирания. Вероятно, дициноденты, подобно кабанам, клыками выкапывали корневища растений. Местонахождение Вязники.

семейства хронизухид (например, уралерпетон), были типичными и для соколковской фауны. Другие появились впервые, как, например, новое семейство хронизухий — быстровианиды, вероятно, ведшие амфибиотический образ жизни. Их при-

сутствие в вязниковской фауне сближает ее с более молодыми, триасовыми, фаунами Восточной Европы, где быстровианиды изредка встречаются в отложениях раннего и среднего триаса. Следует отметить, что своеобразные панцирные хро-



Реконструкция текодонта *Archosaurus* (справа) и тероцефала *Moschowahitsia*, поедающих небольшого дицинодонта.

Рисунок В.Д.Колганова

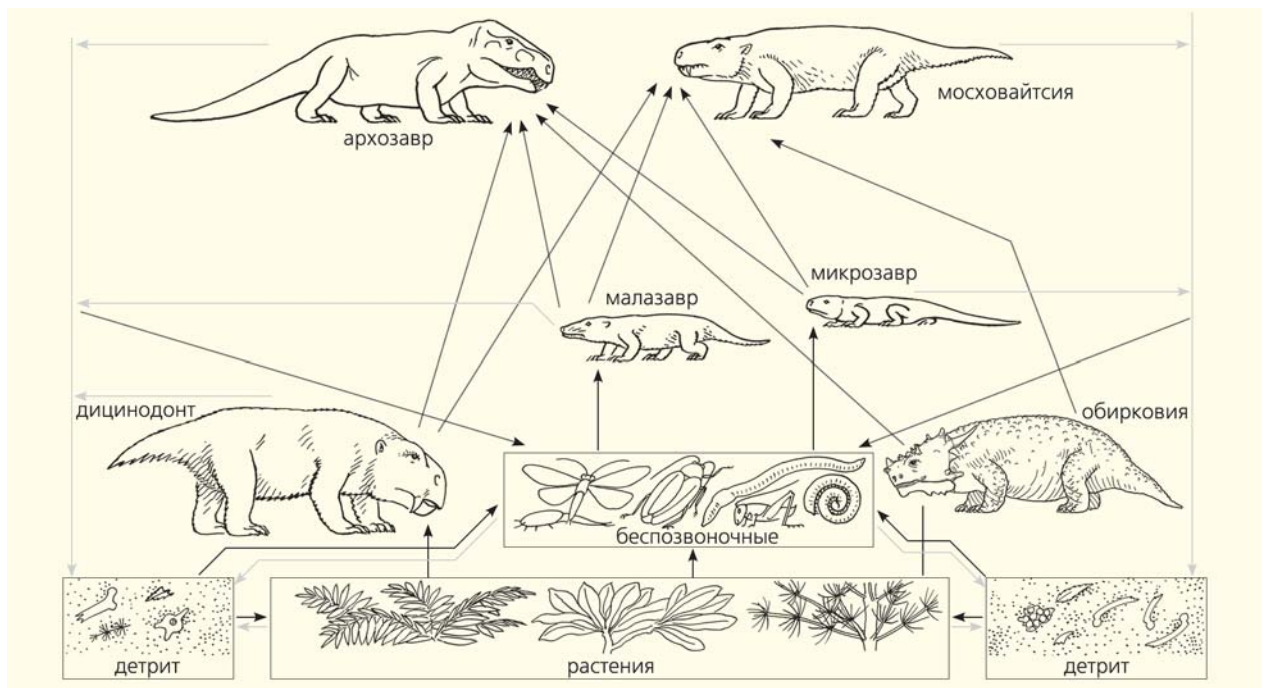
ниозухии относятся к группе антракозавров, которые были широко распространены только в каменноугольном и первой половине пермского периода. В конце перми, а тем более в раннем и среднем триасе, хронизухии стали уже реликтовой группой. Их широкое распространение было эндемичной особенностью Восточной Европы.

Из других крупных хищных амфибий в Вязниках найдены остатки двинозавров. Эти неотенические (или личиночные, т.е. сохранявшие жабры всю жизнь) водные животные, принадлежавшие к группе брахиопоидных лабиринтодентов (древнейших амфибий), входили в состав и предшествующего соколковского комплекса. В Вязниках же появился новый, более специализированный вид двинозавра.

Котлассиоморфные парарептилии, которые преимущественно жили в воде, также были общими компонентами вязниковской и соколковской фаун.

В вязниковском комплексе оказались микрозавры — загадочные мелкие земноводные. Это большая неожиданность, так как микрозавры жили гораздо раньше — в каменноугольном и в начале пермского периода, а затем исчезли из геологической летописи. В конце перми вязниковские микрозавры уже были «живыми ископаемыми».

В экологическом аспекте своеобразие вязниковской фауны позвоночных как переходной от пермских к триасовым становится еще ярче [8]. В соколковской фауне доминировали и хищные звероящеры горгонии, и крупные растительноядные парейзавры (скутозавры), вместе составлявшие взаимно приспособленную пару хищник—жертва. В вязниковском сообществе новый высокоэффективный хищник архозавр занял вершину пищевой пирамиды, оттеснив хуже приспособленных хищных звероящеров тероцефалов и сформировав



Вязниковское наземное сообщество. Его пищевую пирамиду составляли консументы разных порядков. Первичными консументами, потреблявшими растительную пищу, были дицинодонты и элгинииды (обирковии); вторичными, которые питались в основном беспозвоночными, — микрозавры и мелкие тероцефалы (малазавры). Вершину пищевой пирамиды занимали консументы высших порядков — крупные хищники: текодонты (архозавр) и тероцефалы (мосховайтсия, гексацинодон и другие). Стрелками указаны пищевые связи: черными — в пастбищной пищевой цепи, серыми — в детритной.

Рисунок В.Д.Колганова

ровал с растительными дицинодонтами новую пару хищник—жертва, типичную для триасового времени. Иными словами, вязниковское наземное сообщество позвоночных характеризовалось неустойчивостью и распадом трофических связей, существовавших в перми (при господстве зверообразных рептилий), и формированием структуры пищевых связей нового сообщества триасового типа (с доминированием архозавров).

Из рыб в Вязниках обнаружены остатки разнообразных палеонисков, а также заурихтисов (хрящевых ганоидов из другой группы лучеперых рыб) и гибодонтных акул [3]. По мнению палеоихтиолога А.В.Миних из Саратовского государственного университета, палеониски типичны для вятского горизонта верхней перми, а заурихтисы

и акулы — для триасовых отложений Европейской России.

Итак, особенности вязниковского комплекса позвоночных составляют:

- некоторое обеднение таксономического разнообразия (в первую очередь за счет вымирания наиболее специализированных, доминировавших прежде форм);

- увеличение роли менее специализированных, второстепенных групп;

- появление и распространение реликтовых групп, «живых ископаемых»;

- экологическая инверсия — смена групп, господствовавших по численности, разнообразию и положению в пищевой пирамиде;

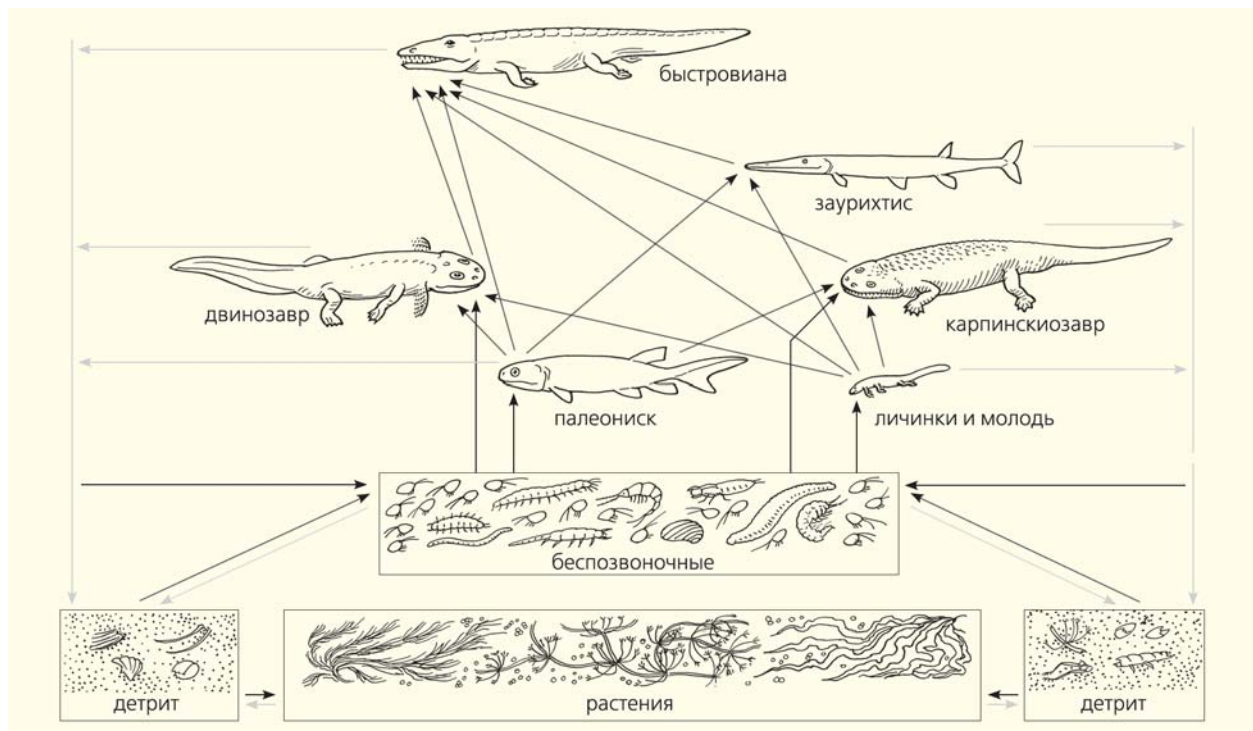
- появление отдельных представителей новых групп, которые станут доминировать на следующем этапе развития;

— перестройка пищевой сети, формирование новой структуры сообщества.

Все эти особенности характерны для максимума экологического кризиса и смены биоты [11].

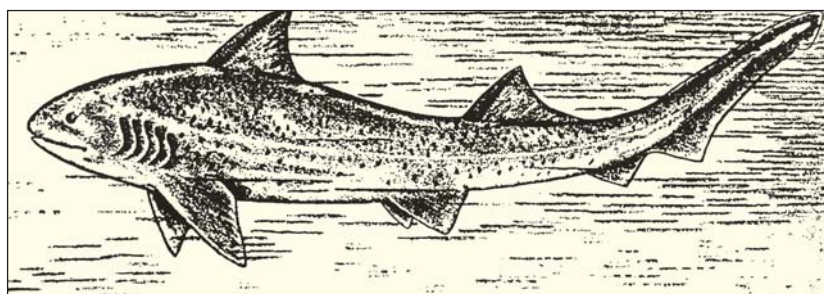
Интересно, что водные позвоночные (рыбы, земноводные) в вязниковской фауне весьма многочисленны и разнообразны. Эти консументы различных порядков зачастую были крупными и специализированными. Такие животные могли существовать только в процветающих сообществах, где продуцируется значительная биомасса, т.е. в стабильных и обширных водоемах. Это вполне согласуется с нашей реконструкцией абиотических условий по геологическим данным.

Находки насекомых в Вязниках пока немногочисленны (всего в двух местах — Соковке и Ба-



Вязниковское водное сообщество. Водные растения служили пищей беспозвоночным, которые и были консументами первого порядка, а их потребляли вторичные консументы — видимо, палеониски, гибодонтные акулы, личинки и молодь водных тетрапод. Консументами следующих порядков могли быть придонные брахиоподные лабиринтодонты (двинозавр), а также котлассиоморфы (карпинскиозавр), питавшиеся, вероятно, беспозвоночными, рыбами и личинками водных тетрапод. К консументам третьего порядка относились активно плавающие хищные ганоиды (заурихтис). Завершали пирамиду водные или амфибиотические хронизухи (быстровиана, уралерпетон). Стрелками указаны пищевые связи: черными — в пастбищной пищевой цепи, серыми — в детритной.

Рисунок В.Д.Колганова



Плавниковый шип и реконструкция внешнего вида гибодонтной акулы. Местонахождение Соковка.

Фото Е.А.Сенниковой

лымотихе), но вызывают большой интерес. По определениям, выполненным палеоэнтологами нашего института (А.Г.Пonomаренко, Д.С.Аристовым и Д.Е.Щербаковым), в Бальмотихе, как почти во всех верхнеказанских и татарских местонахождениях насекомых Европейской России, доминируют тараканы. В Соковке они редки, но здесь найден экземпляр тараканосверчков рода *Chauliodites*. Эти насекомые встречались в предшествующее — позднеатарское — время, а в начале триаса стали обычными. В Вязниках обнаружены также протэлитроптеры (предки ухверток), лофионевриды (группа, переходная от сеноедов к трипсам), некоторые цикадки и скорпионницы. Все они близки к насекомым из

верхней перми Австралии (в Бельмонте). Вязниковские жуки — это только пермосиниды, которые характерны для вятских и бельмонтских комплексов. Вероятно, вязниковские насекомые — самый молодой из известных татарских комплексов Восточной Европы.

Фауна раковинных рачков (остракод) в Вязниках богата и разнообразна. По мнению И.И.Молостовской из Саратовского государственного университета здесь еще есть пермские (вятские) элементы, но в целом ее облик — триасовый.

Другие раковинные рачки — конхостраки — представлены в Вязниках двумя семействами, несколькими родами и видами. По данным Н.И.Новожилова (сотрудника нашего института), этот комплекс конхострак, видимо, сходен с тем, который существовал в поздней перми, в северодвинское время.

Двустворчатые моллюски из Вязников также разнообразны. Такой набор в целом был типичен для вятского времени Восточно-Европейской платформы, как полагает В.В.Силантьев из Казанского государственного университета.



Отпечатки насекомых — крыльев тараканосверчка *Chauliodites* (вверху) и лофионеврида (здесь видны и остатки раковинных рачков — остракод). Местонахождение Соковка.

Фото Д.Е.Щербакова

Причины кризиса

Исследования геологического строения окрестностей Вязников и вязниковского биотического комплекса еще далеки от завершения. Но можно уже утверждать, что открыт не известный до сих пор этап в геологической и палеонтологической летописи Восточно-Европейской платформы. Новые открытия заполняют белое пятно в истории континентальной биоты Восточной Европы на рубеже перми и триаса, палеозойской и мезозойской эр. Растения, большинство беспозвоночных и позвоночные представляют собой комплексы, переходные между пермскими и триасовыми. Так, фауна остракод больше похожа на триасовую, но двуствор-



Ядра раковин двустворчатых моллюсков *Palaeomutela concavocarinata*. Местонахождение Соковка.

Фото Е.А.Сенниковой

чатые моллюски и конхостраки — исключительно позднепермские формы.

Судя по составу фауны и флоры, вязниковские отложения — самые молодые, заключительные пермские, предтриасовые образования. Это противоречит традиционным представлениям о наличии на Русской плите регионального перерыва на границе перми и триаса. Новые материалы не подтверждают также гипотезу о резкой аридизации климата в то время в данном регионе. По геологическим и палеонтологическим данным климат скорее был субгумидным, сезонно влажным. На обширной аллювиальной равнине с полноводными речными потоками и большими старичными озерами процветали богатые и разнообразные сообщества животных и растений.

Вновь открытый вязниковский комплекс флоры и фауны конечной перми — это результат

последнего этапа биотического кризиса на суше. Переход от палеозоя к мезозою в континентальных сообществах был сложным, многоступенчатым, поскольку разные группы организмов сменяли друг друга неравномерно и не вполне одновременно. Завершился этот переход биотическим кризисом на границе перми и триаса. Какие причины были способны вызвать кризис — внешние, абиотические (климат и другие факторы) или внутренние, биотические? Первые могли лишь вносить некоторые особенности в сам процесс на том или ином континенте, на том или ином этапе кризиса, влияя на отдельные группы организмов или структуру сообществ. Абиотические факторы скорее всего служили «спусковым механизмом» для развития кризиса и его углубления. Но основные причины и своеобразие протекания кризиса кроются, очевидно, во внутренних, био-

логических и биоценологических закономерностях. Это подтверждается длительной предысторией (сложным, ступенчатым характером вымирания и смены фаун в поздней перми) и последствием кризисных явлений — постепенным, поэтапным восстановлением разнообразия биоты в раннем триасе, происходившим в целом синхронно в разных группах организмов как на суше, так и в море [1, 12]. Описанные биотические преобразования на рубеже палеозоя и мезозоя хорошо укладываются в эвристическую модель сопряженной эволюции сообщества и биоты, предложенную Н.Н.Каландадзе и А.С.Раутианом [13] и разработанную В.В.Жерихиным [11].

Таким образом, в экологическом кризисе на границе перми и триаса выявляются наиболее характерные черты глобальных кризисов в истории жизни на Земле. ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 05-05-65146, 04-05-64741), Научной школой академика Л.П.Татарина (НШ-6228.2006.4) и комплексной программой Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы (подпрограмма II)».

Литература

1. *Невесская Л.А.* Пермо-триасовый и мел-палеогеновый кризисы биоты: различие и сходство // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып.6 / Ред. И.С.Барсков, Т.Б.Леонова, А.Г.Пономаренко. М., 2004. С.51—56.
2. *Ивахненко М.Ф., Голубев В.К., Губин Ю.М. и др.* Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы. М., 1997.
3. Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы / Отв. ред. В.Р.Лозовский, Н.К.Есаулова. М., 1998.
4. *Мурчисон Р.И., Вернелъ Э., Кейзерлинг А.* Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского. Спб., 1849. Ч.1, 2.
5. *Сибирцев Н.М.* // Тр. Геологического комитета. Т.XV. №.2. Спб., 1896.
6. *Шишкин М.А.* // Бюлл. МОИП. Отд.геол. 1990. Т.65. Вып.2. С.117.
7. *Ивахненко М.Ф.* // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1990. Т.65. Вып.6. С.55—59.
8. *Сенников А.Г.* Ранние текодонты Восточной Европы. М., 1995.
9. *Сенников А.Г.* // Палеострат-2004. Программа и тезисы докладов годичного собрания секции палеонтологии МОИП. М., 2004. С.30—31.
10. *Голубев В.К.* // Тез. докл. Всероссийского совещания «Структура и статус Восточно-Европейской стратиграфической шкалы пермской системы, усовершенствование ярусного расчленения верхнего отдела пермской системы общей стратиграфической шкалы». Казань, 2004. С.19—21.
11. *Жерихин В.В.* Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. М., 2003.
12. *Сенников А.Г.* // Тез. докл. Всероссийского совещания «Структура и статус Восточно-Европейской стратиграфической шкалы пермской системы, усовершенствование ярусного расчленения верхнего отдела пермской системы общей стратиграфической шкалы». Казань, 2004. С.60—63.
13. *Каландадзе Н.Н., Раутиан А.С.* Эвристическая модель эволюции сообщества и его таксономического и экологического разнообразия // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. Спб., 1992. С.65—80.

Флора в преддверии пермо-триасового кризиса

С.В.Наугольных

С полевых исследований начинается для палеонтолога путь в далекое прошлое Земли — например, в конец пермского периода, последнего в палеозойской эре, отдаленного от современности четвертью с лишним миллиарда лет.

Пласты каменной соли и гипса; окаменелые стволы диких деревьев в древних рудниках, заложенных уральскими рудокопами в медистых песчаниках; хищный оскал иностранцевии, готовящейся к прыжку на шиповато-бугристую спину парейазавра, — вот наиболее яркие ассоциации, связанные с пермским периодом. Они всплывают в сознании каждого, кто интересуется историей нашей планеты. Но ведь и растительный мир в пермском периоде, особенно в его заключительных фазах, испытал немало драматических преобразований, приведших к новому флористическому облику в триасовом периоде мезозойской эры.

Однако как именно проходила смена палеозойской биоты на мезозойскую, ученые продолжают спорить. Одни считают, что переход от палеозоя к мезозою был постепенным, медленным по масштабам геологического времени. Другие склоняются



Сергей Владимирович Наугольных, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического института РАН. Область научных интересов — стратиграфия пермской системы, палеофитогеография, палеоэкология, эволюция древней растительности. Постоянный автор «Природы».

к более быстрым изменениям, охватившим к тому же весь земной шар. Особенно много вопросов возникает об эволюции наземной растительности на рубеже перми и триаса.

Такой разброс мнений обусловлен, в первую очередь, исключительно редкой встречаемостью пограничных пермо-

триасовых* отложений, охарактеризованных остатками наземных растений. Но есть счастли-

* Такое написание, принятое в палеонтологической литературе, приводится по настоянию автора. По правилам орфографии (см. словарь Б.З.Букчиной и Л.П. Калакуцкой «Слитно или раздельно»; 1982 г.) следует писать пермско-триасовый.

вое исключение из этого правила — Вязниковский разрез.

Вязниковская флора

На Русской платформе, как считалось ранее, непосредственно на рубеж перми и триаса приходилось стратиграфическое несогласие, разрыв в осадконакоплении не менее чем в один-два яруса [1]. По этой причине флоры, существовавшие в данном регионе в конце позднепермской эпохи, известны не были.

Судя по результатам исследований последних лет, на самом деле такой разрыв есть не во всех верхнепермских разрезах на Русской платформе. Более того, там, где надтатарские отложения сохранились, в них обнаружены богатые комплексы органических остатков. Вязниковский разрез оказался в этом отношении наиболее представительным.

Непосредственно в черте старинного русского города Вязники, что на живописном правом берегу Клязьмы, в обрыве цокольной речной террасы выходят на дневную поверхность отложения, относящиеся к концу пермского периода, завершающего палеозойскую эру.

В сероватых тонкослоистых аргиллитах озерного и пойменного происхождения встречаются многочисленные и разнообразные растительные остатки. Среди вязниковских растений есть представители почти всех крупных групп, характерных для флор, существовавших на Земле в конце палеозоя. Это многочисленные хвощевидные (или членистостебельные), папоротники нескольких родов, разнообразные птеридоспермы*, предпологаемые родственники гинкговых, а также хвойные. Нередко вместе с листьями и побегами встречаются репро-

дуктивные органы как споровых, так и голосеменных растений. Сохранность остатков часто столь великолепна, что их можно изучать с помощью самых современных методов. Например, образцы с фрагментами неповрежденной кутикулы после обработки в окислителях и последующей промывки удаётся исследовать и в обычном оптическом микроскопе, и в люминесцентном, и в электронном сканирующем.

На фрагментах листьев пурсонгии (*Pursongia* sp. nov.), пельтаспермового птеридосперма, в сканирующем микроскопе хорошо видны устьяца. Они окружены мощными «воротниками» из кутина (подобного воску вещества), а устьичные щели глубоко погружены под поверхность эпидермиса (первичной покровной ткани) и прикрыты папиллами. Такое строение свойственно ксероморфным растениям, именно у них вырабатываются приспособления, которые предохраняют от излишних потерь влаги в засушливом климате.

Среди высших растений вязниковской флоры есть еще один интересный пельтаспермовый птеридосперм. Его перистые листья (вайи), отпечатки которых обнаружены в местонахождении Соковка, тоже прекрасно сохранились. С них удалось получить препараты кутикулы и изучить ее строение в оптическом и электронном сканирующем микроскопах. В результате оказалось, что по признакам строения эпидермиса этот птеридосперм очень похож на другое пельтаспермовое растение — лепидоптерис (*Lepidopteris martinsii*). Этот вид характерен для отложений цехштейна (верхняя пермь) Западной Европы и Северного Китая. Однако, в отличие от типичных представителей рода *Lepidopteris*, у вязниковского растения не сложноперистые листья, а простоперистые. Только у наиболее развитых листьев намечались сегменты второго порядка.

Кроме того, в основании перьев вязниковского родственника *L. martinsii* имелись своеобразные треугольные лопасти, которые не встречаются у других растений этой группы. Своеобразие морфологии птеридосперма из Соковки заставляет обособить его в новый род, название которого созвучно названию разреза — *Vjaznikopteris* (его описание еще находится в печати). Уменьшение порядка перистости у вязникоптериса скорее всего возникло в ответ на аридизацию климата в конце пермского периода. О хорошей приспособленности к засушливым условиям произрастания свидетельствуют и признаки строения эпидермиса.

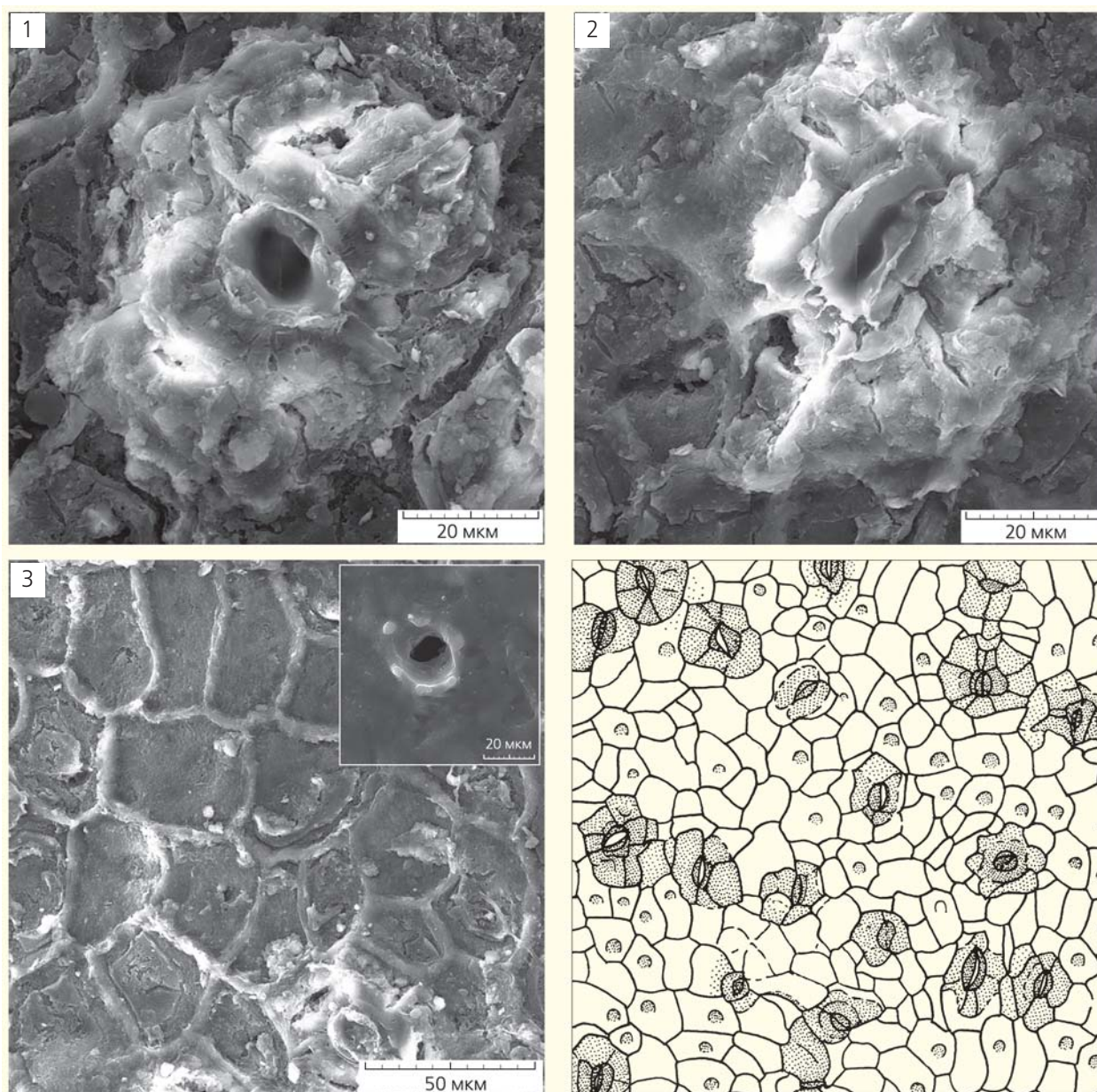
Вместе с листьями вязникоптериса в Соковке найдены и репродуктивные органы, возможно, принадлежавшие тому же материнскому растению. Это головчатые и кистевидные собрания семенных дисков, к нижней поверхности которых при жизни растения должны были прикрепляться семена. В Соковке они обнаружены в одном слое с репродуктивными органами, но, к сожалению, не прикрепленными естественным образом. Строение эпидермиса дисков и эпидермиса листьев вязникоптериса оказалось очень близким, что подтверждает версию о прижизненной связи этих органов.

Многие растения вязниковской флоры сходны с видами из верхнепермских отложений европейского цехштейна.

Обширные палеоботанические коллекции, собранные в Вязниках, дают основание по-новому взглянуть на переход наземной растительности от пермского периода к триасовому.

Вязниковская флора может многое сказать о состоянии растительности этого региона в преддверии пермо-триасового биосферного кризиса. Таксономическое разнообразие этой флоры значительно ниже, чем более древней «татаринской», но в то же время превосходит

* Об этой группе высших растений см.: Наугольных С.В. Птеридоспермы — растения с первыми настоящими семенами // Природа. 1998. №10. С.21—32.



Микрофотография эпидермиса и прорисовка фрагмента кутикулы листьев пурсонгии (сканирующий электронный микроскоп). Остатки этого пельтаспермового птеридосперма из вязниковского флористического комплекса (местонахождение Балымотиха) настолько хорошо сохранились, что под микроскопом удастся увидеть клеточное строение кутикулы и эпидермиса. Вокруг устьица (1) на внутренней стороне кутикулы видны мощные «воротники» из кутина, которые обычно образуются у ксероморфных растений. Устьичная щель глубоко погружена под поверхность эпидермиса (2) — для защиты от некомпенсируемых потерь влаги в засушливом климате. Препятствуют излишнему испарению воды и многочисленные папиллы (3, на врезке — светлые овалы), которые прикрывают устьичную щель. Все эти приспособления к аридным условиям видны и на прорисовке.

разнообразие раннетриасовой флоры (в которой преобладали плевромейевые). Это указывает на то, что сокращение таксономического разнообразия в наземных экосистемах началось

много раньше границы перми и триаса.

Если сравнить обобщенный облик позднепалеозойской и мезозойской флор, легко понять, что их развитие представляет

собой два самостоятельных этапа (причем глобального характера) в эволюции наземных растений. В позднем палеозое в экваториальном поясе (Евразии и Катазии) доминировали ка-

ламостахиевые, сфенофилловые, лепидокарповые, кордаиты. В нотальной области (Гондване) преобладали диктиоптеридиевые (или глоссоптеридиевые), в бореальной области (Ангариде) — войновские и черновицкие. Ни одной из этих групп уже не было в триасе, если не считать единичных и плохо документированных находок, не подкрепленных данными о кутикулярном строении и типе сопутствующих репродуктивных органов.

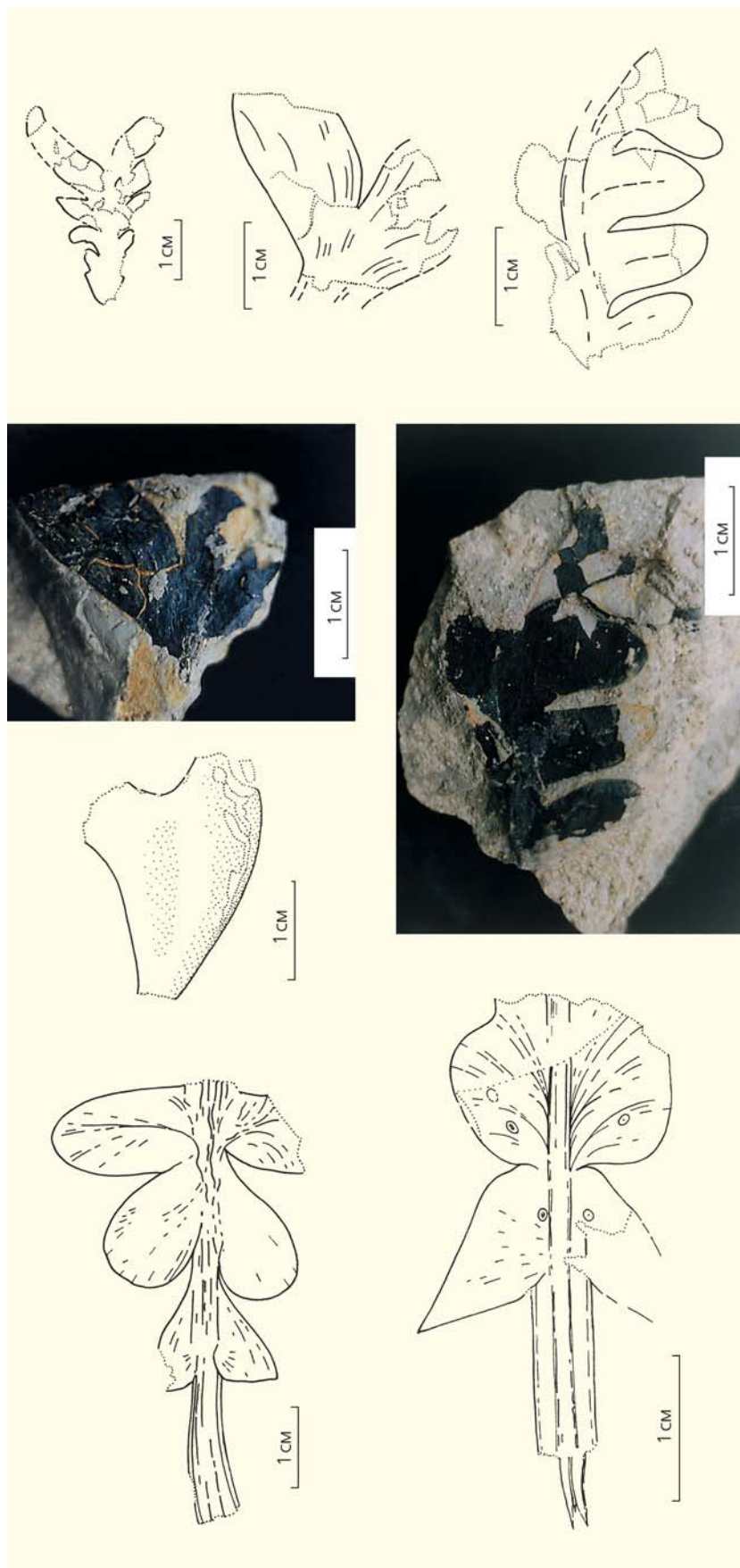
Вязниковская флора занимает промежуточное положение между типичными пермскими и триасовыми флорами. В ее составе есть элементы, на основе которых можно проводить межрегиональные корреляции. Поэтому вязниковский флористический комплекс представляется исключительно важным для реконструкции перехода от палеофита к мезофиту на Русской платформе. Что касается рубежа, который обозначает качественное обновление наземной флоры, то, по моему мнению, он совпадает с границей перми и триаса.

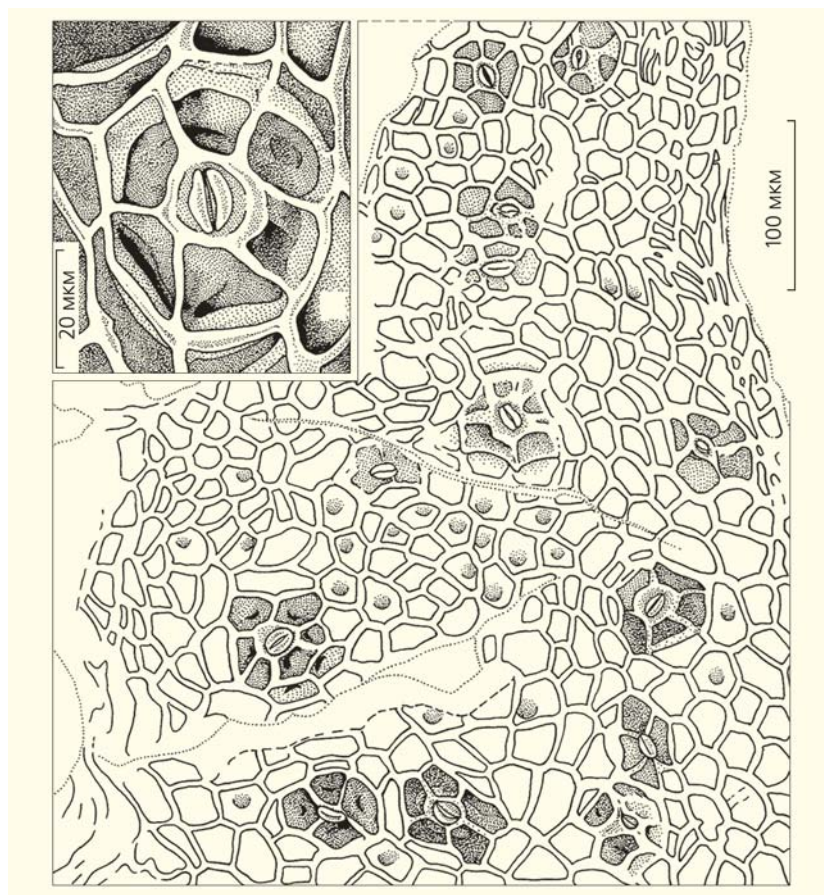
Анализ пермо-триасовой биотической перестройки безусловно должен включать обсуждение многих факторов. Но из-за вынужденной краткости журнальной статьи остановлюсь только на некоторых аспектах перехода от перми к триасу — на эволюции высших растений.

Эволюционные преобразования высших растений

Растения, появившиеся и эволюционировавшие в течение палеофита*, можно разделить на три неформальных группы, используя в качестве критерия их судьбу на границе перми и триаса.

* Термин «палеофит» здесь соответствует этапу эволюции растительного покрова Земли в течение девона, карбона и перми. Тогда господствовали высшие споровые растения и древние голосеменные.





Вайи вязникоптериса. На прорисовках (левая часть рисунка) хорошо видна морфологическая особенность этого вязниковского пельтаспермового птеридосперма (местонахождение Соковка) — простоперистость. Вверху (слева направо): почти целая слабо развитая вайя с ланцетовидными перышками в приверхушечной части и укороченными перышками в базальной; апикальная часть вайи с парноперистой верхушкой; средняя часть простоперистого листа. Внизу: перышко с двулопастной верхушкой; нижняя часть вайи с сохранившимся черешком и первыми сегментами (с этого экземпляра получены препараты кутикулы); такая же часть листа с сегментами почти треугольной формы (округлые рубцы на перышках, возможно, связаны с грибковой инфекцией). В середине приведены фотографии остатков, заключенных в породе. У более древних — раннепермских — растений этой группы листья были сложноперистыми. У вязниковских потомков число порядков перистости сокращено — очевидный ответ на аридизацию климата.

На правой части рисунка дана кутикула листа лепидоптериса, на врезке — строение устьица (вид с внутренней стороны).

Первая группа — это растения типичных палеофитных семейств и порядков, вымершие в перми. В триасе эти таксоны или совсем отсутствуют, или известны по единичным находкам, достоверность которых нередко сомнительна. Из палео-

фитных порядков — это сфенофилловые, каламитовые (или каламостахиевые), лепидокарповые, кордаитовые, войновские. К палеофитным семействам относятся черновиевые из хвощевидных и несколько семейств птеридоспермов.

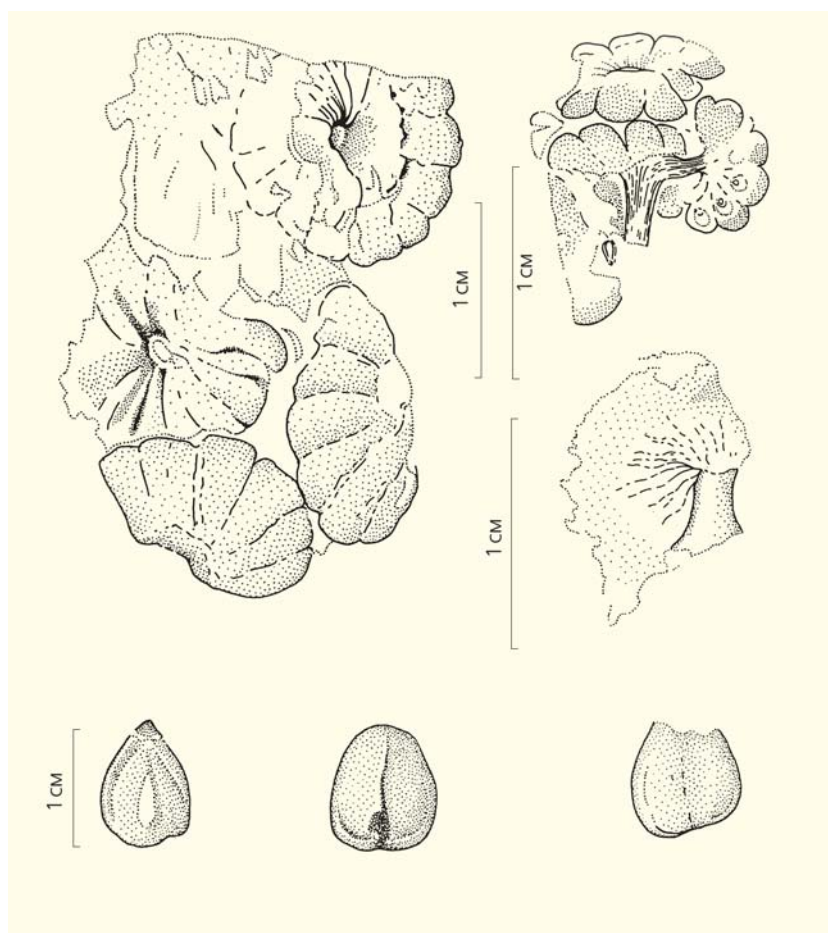
Вторую группу составят растения, широко распространенные в палеофите. Несмотря на значительное сокращение численности и разнообразия на границе перми и триаса, они продолжали существовать в мезофите* и даже дожили в качестве «живых ископаемых» до настоящего времени. Пример тому — мараттиевые папоротники.

И, наконец, к третьей группе следует отнести растения тех таксонов, которые возникли еще в палеофите, но настоящего расцвета достигли только в мезофите. Это ряд семейств лептоспорангиатных папоротников, гинкговые, мезофитные птеридоспермы и хвойные. Все они появились в конце палеозоя, но активно дивергировали только после пермо-триасового кризиса, когда освободились экологические ниши, занятые растениями палеофитных семейств.

Особое место в пермо-триасовой истории наземной растительности занимают два семейства плауновидных порядка изозтовых (*Isoetales*) — плевромейевые (*Pleuromeiaceae*) и изозтовые (*Isoetaceae*). Традиционно считается, что плевромейевые появились в раннем триасе, а изозтовые несколько позже [2, 3].

Г.Потонье в 1904 г. высказал гипотезу происхождения изозтовых от плевромейевых посредством постепенной редукции вегетативной сферы. Эта гипотеза поддерживалась и в более поздних работах, посвященных плевромейевым [4, 5]. Однако сейчас выяснилось, что настоящие плевромейевые существовали по меньшей мере с конца ранней перми [6–8]. Представители же рода *Isoetes*, практически не отличавшиеся морфологически от современных шильников, описаны из самых низов триаса Австралии [9] и Тунгусской синеклизы.

* Мезофитом традиционно считается этап развития флоры, сменивший палеофит и соответствующий триасу, юре и раннему мелу. В мезофите господствовали голоосеменные.



Семенные органы вязнокопериса и семена, возможно, принадлежавшие ему же (местонахождение Соковка). Женские репродуктивные органы этого растения образованы несколькими семеносными дисками, расположенными в виде кистевидного (слева) или головчатого собрания; семеносный диск с разрушенным краем щитка (справа); отдельные семена (внизу приведены фотографии заключенных в породе семян), возможно, этого же птеридосперма. Семена прикреплялись к нижней поверхности дисков, и в Вязниках встречаются вместе с ними, но пока не обнаружены в естественном соединении.

На протяжении пермо-триасового этапа своей истории плевромейевые и изоэтовые давали внезапные всплески численности. Об этом свидетельствуют, например, окаменелости в соликамском горизонте уфимского яруса и в индско-оленекских отложениях. Такие эпизоды массового появления были всегда сопряжены с резким уменьшением разнообразия в других группах высших растений. Эти наблюдения позволили предположить, что монодоминантные сообщества плевромейевых следует рассматривать как пионерные, возникающие после кризисных событий [10–13]. По сути такие сообщества маркируют флористические кризисы.

Итак, на границе перми и триаса резко меняются количественные соотношения между разными таксонами высших растений. А кроме того, растения тех групп, которые эту границу пересекли, претерпели важные морфологические преобразования, причем в них наметились некоторые закономерности. Так, на ранних этапах эволюции хвощеобразных, гинкговых и цикадофитов отчетливо проявляется олигомеризация репродуктивных органов, уменьшение количества продуцируемых фруктификаций и диаспор, т.е. единиц рассеяния — спор, семян. Это, на мой взгляд, однозначно указывает на повышение эффективности репродуктивных механизмов у некоторых из тех растений, которым удалось преодолеть рубеж между пермью и триасом.

Климат и палеопочвы

Каким же был климат во время перехода от палеофита к мезофиту?

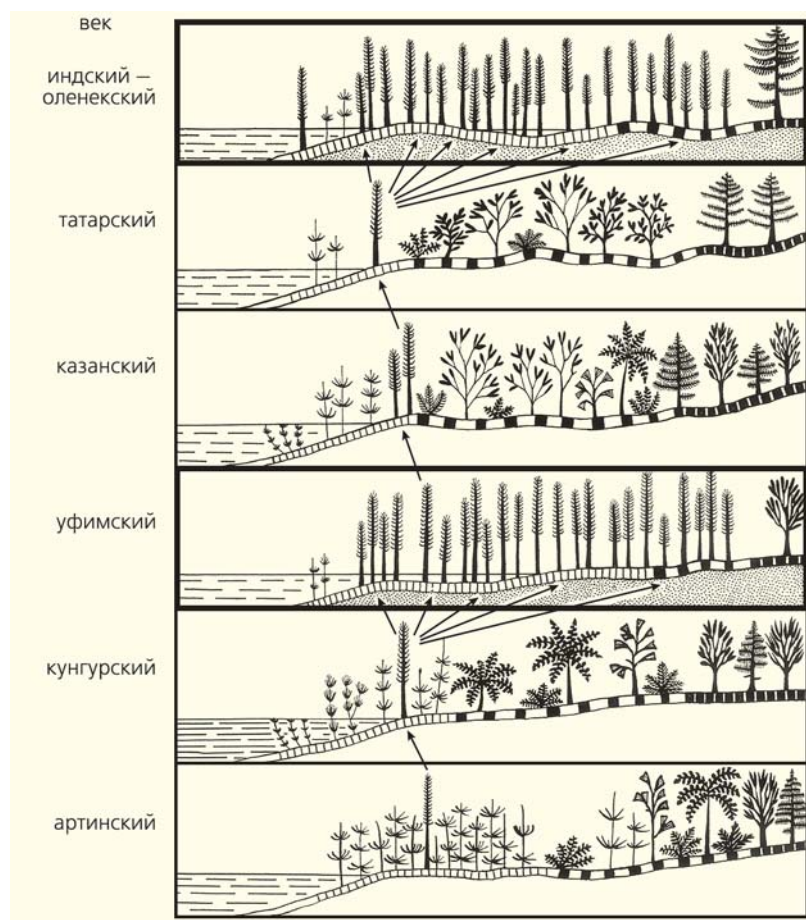
Сейчас многие считают, что в течение пермского периода нарастала аридизация климата. Она сопровождалась сокращением влажных экотопов и за-

вершилась прекращением углеобразования в раннем триасе. Аналитический обзор доказательств — прежде всего литологических и седиментологических — этой аридизации приведен в недавно опубликованной монографии «Климат в эпохи крупных биосферных перестроек» (ред. М.А.Семихатов и Н.М.Чумаков. 2004). Чтобы не повторяться, остановлюсь только на тех данных, которые получены при изучении палеопочв перми и нижнего триаса Русской платформы и Приуралья.

В отложениях этого региона горизонты палеопочв встречаются довольно часто: в бассейне рек Сухоны и Малой Северной Двины, Вятки и Ветлуги, в Поволжье и Прикамье. В последние годы изучение палеопочв стало заметно активнее, появилось много новых публикаций, все время поступают новые данные. Исследования палеопочв, безусловно, имеют большое будущее и еще многое помогут узнать и о климате, и о растительности позднепермской эпохи.

Все разнообразие пермотриасовых палеопочв Русской платформы и Приуралья можно свести к трем-четырем дефинитивным (строго установленным) типам. Это такыры, кальциевые литосоли, карбонатные панцири (каличе), элювиально-иллювиальные глейсоли. Для каждого типа имеется свой современный аналог, по распространению которого и условиям образования можно узнать и о климате далекого прошлого.

Такыры образуются, как известно, на глинистых породах — после временного переувлажнения и последующего высыхания. Существуют они в бессточных котловинах аридных и семиаридных областей на всех материках, за исключением Антарктиды. Современные аналоги пермских элювиально-иллювиальных глейсолей палеопочв Европейской России — коричневые почвы Средиземноморья, красно-бурые субаридные и коричневые карбонатные



Изменение растительности Русской платформы и Приуралья от артинского века раннепермской эпохи к индскому и оленекскому векам раннетриасовой эпохи. Периоды постепенного повышения таксономического разнообразия высших растений прерываются кризисами (обведены черными рамками) — его катастрофическим сокращением. В кризисные эпизоды доминантными становятся растения с повышенной экологической устойчивостью, которые прежде занимали незаметное положение в растительных сообществах. После резкого изменения природных условий (например, при аридизации климата) высокоспециализированные растения вымирают, не успевая приспособиться к новым условиям. Их экологические оппоненты (на пермотриасовом рубеже это плевромейевые) получают преимущества и образуют монодоминантные сообщества.

ксеросоли Австралии. Карбонатные панцири (калькреды и каличе), сходные с соответствующими типами пермских палеопочв, в наши дни образуются в Северной Африке и некоторых районах на юге Европы (в Испании). Иными словами, все это почвы отнюдь не гумидных климатических условий. Следовательно, данные по палеопочвам подтверждают тен-

денцию аридизации климата в течение позднепермской эпохи.

Кризис

Благодаря вязниковской флоре, занимающей пограничное положение в эволюционном ряду от пермских к триасовым флорам данного региона, можно дополнить существую-



Вязниковский семиаридный ландшафт в позднепермскую эпоху. Несмотря на общие засушливые условия, тогда существовали не только ксерофильные растения, но и гигрофильные. Они произрастали в непосредственной близости от водоемов — как временных, так и постоянных. Из гигрофильных (мезогигрофильных) растений здесь показаны членистостебельные *Neocalamites* cf. *mansfeldicus* (1), папоротники и пельтаспермовые птеридоспермы (2), *Pursongia* sp. nov. (3); из ксерофильных — хвойные (4; *Ullmannia* sp.). Иногда среди пыльцы преобладают споры именно гигрофильных растений (поскольку они произрастали недалеко от мест, где накапливались осадки), создавая впечатление «гигрофильного» облика растительности. Вблизи водоемов обитал наиболее древний из известных к настоящему времени архозавров — *Archosaurus rossicus*.



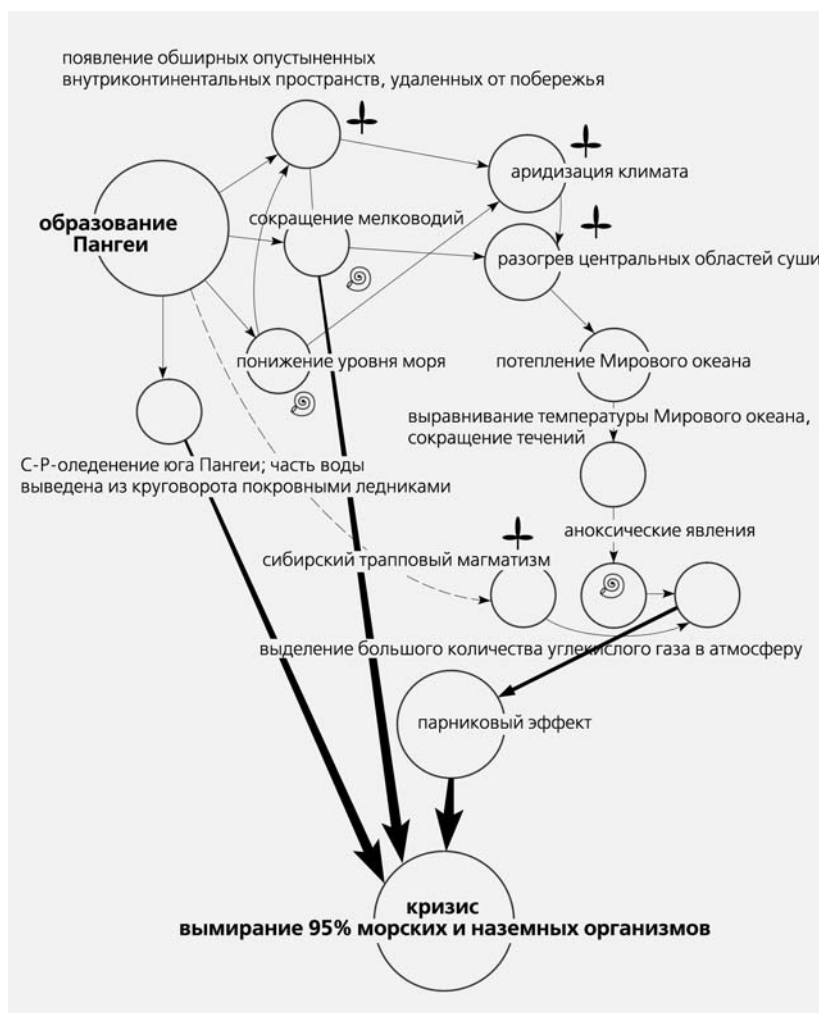
Окаменелости раннетриасового плауновидного растения *Pleuromeia rossica*. Сверху вниз: побег (справа) и стробил (в поперечном сечении) плевромейи; ризофоры с прикрепленными корнями и только со следами от них в виде округлых рубцов. Сохранность корней указывает на то, что плевромейя была захоронена недалеко от места произрастания.

щие представления о пермо-триасовой биосферной перестройке.

По существующим представлениям, для кризисных событий в эволюции как наземных, так и морских организмов на рубеже палеозойской и мезозойской эр наиболее значимы аноксические явления в океане. Они вызвали выделение большого количества углекислого газа в атмосферу и обусловили парниковый эффект, который проявился на границе перми и триаса. Одновременно с парниковым эффектом активизировался сибирский трапповый вулканизм. Однако на снижении продуктивности, общей редукции наземных экосистем не в меньшей степени сказалось общее иссушение климата, спровоцированное появлением обширных опустыненных внутриконтинентальных пространств после образования пермской Пангеи. Как уже отмечено, вязниковская флора беднее видами, чем более древний «татаринский» комплекс, и более разнообразна, чем сменившая ее плевромейевая флора. Раннетриасовые растительные сообщества с доминирующими плевромейевыми, распространенные в начале мезозоя во многих регионах земного шара, однозначно рассматриваются как пионерные [13]. С этих растений началось восстановление растительности после пермо-триасового кризиса.

Итак, преобразование биоты на рубеже перми и триаса связано с разными процессами. К ним можно отнести:

- образование Пангеи;
- сокращение площади мелководных внутриконтинентальных морских бассейнов и уменьшение протяженности береговой линии;
- аридизацию климата и образование больших опустыненных пространств во внутренних регионах Пангеи;
- формирование гиперсоленых лагун и эвапоритовых бассейнов;



Возможный ход событий, приведших к пермо-триасовой биотической перестройке. Знаком трилистника отмечены факторы, особенно повлиявшие на изменение наземной растительности, символами в виде спиральных раковин — факторы, изменившие морскую биоту. Толчком к кризису могло послужить образование суперконтинента Пангеи, объединившей все материковые плиты пермского времени. Далее сказалось влияние факторов, связанных с аридизацией климата, а также частично сопряженных с ними во времени других изменений окружающей среды. Совместное действие этих факторов привело к «триггерному» эффекту: количество перешло в качество и разразился невиданный по охвату биосферный кризис. С-Р (карбон-пермское)-оледенение.

- сибирский трапповый магматизм;
- аноксические явления в Мировом океане.

Все это указывает на то, что пермо-триасовый кризис был поэтапным и охватил целые экосистемы. Переход от палеофита к мезофиту так же, как и пермо-триасовая перестройка в целом,

не был одноактным событием, вызванным единственной причиной, будь то трапповый магматизм или аноксические явления в Мировом океане. Но, безусловно, переход не был и постепенным, плавным. На мой взгляд, преобразования на рубеже палеозойской и мезозойской эр были ступенчатыми и имели

комплексный, экосистемный характер.

Остается добавить, что, конечно же, далеко не все загадки и головоломки перехода от

пермской к триасовой растительности разгаданы. Возможно, пройдут еще многие и многие годы, прежде чем большинство растений пермского и три-

асового периодов будут найдены, описаны и достоверно реконструированы. Может быть, в этом увлекательном деле примет участие и читатель. ■

Работа выполнена при государственной поддержке молодых российских докторов наук грантом президента Российской Федерации (МД-1703. 2005.5) — «Изучение эволюции наземной растительности на рубеже палеозоя и мезозоя»; программой №25 фундаментальных исследований Президиума РАН «Сравнительный анализ причинно-следственных связей и факторов глобальных биосферных перестроек в фанерозое»; Государственной программой исследований научных школ Российской Федерации (грант НШ-372.2006.5), а также научной программой Госконтракта №25 «Факторы эволюции биосферы».

Литература

1. Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы / Ред. В.Р.Лозовский, Н.К.Есаулова. М., 1998.
2. Криштофович А.Н. Палеоботаника. 4-е исправленное и дополненное издание. Л., 1957.
3. Мейен С.В. Основы палеоботаники. М., 1987.
4. Magdefrau K. // Beih. Botan. Zbl. 1931. Bd.48. Abt.2. H.1.
5. Нейбург М.Ф. Pleuromeia Corda из нижнетриасовых отложений Русской платформы // Тр. Геол.института РАН. Вып 550. М., 1960. С. 65—90.
6. Наугольных С.В. // Палеонтол. журн. 1994. №4. С.131—136.
7. Наугольных С.В. // Палеонтол. журн. 2001. №2. С.97—102.
8. Naugolnykh S.V., Zavalova N.E. // Palaeobotanist. 2004. V.53. P.21—33.
9. Retallack G.J. // Journal of Paleontology. 1997. V.71. №3. P.500—521.
10. Наугольных С.В. Экологическая катастрофа в пермском периоде? // Природа. 1992. №4. С.64—66.
11. Наугольных С.В. Экологические кризисы в истории ангарской растительности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2000. С.121—126.
12. Naugolnykh S.V. Subangaraland: Permian palaeocommunities and their succession // The Sixth Conference of International Organisation of Palaeobotany. China, 2000. Qinhua angdao of Hebei. 2000. P.93—94.
13. Grauvogel-Stamm L. Pleuromeia sternbergii (Munster) Corda, eine charakteristische Pflanze des deutschen Buntsandsteins // Trias. Eine ganz andere Welt. Munchen, 1999. S.271—282.

Когда температура воды в океане превышает 28°C, содержащийся в ней кадмий угнетает метаболизм устриц, что ведет к их массовой гибели. Такой факт выявила биолог Ж.Лэнниг (J.Lannig; Университет Шарлотты, штат Северная Каролина, США), изучавшая устриц *Crassostrea virginica*. Концентрация кадмия в океанской воде независимо от его происхождения — природного или промышленного — очень мала. Но устрицы фильтруют воду и накапливают этот тяжелый металл в своей мускулатуре, а механизм его выведения из организма у них отсутствует. Science et Vie. 2005. №1057. P.42 (Франция).

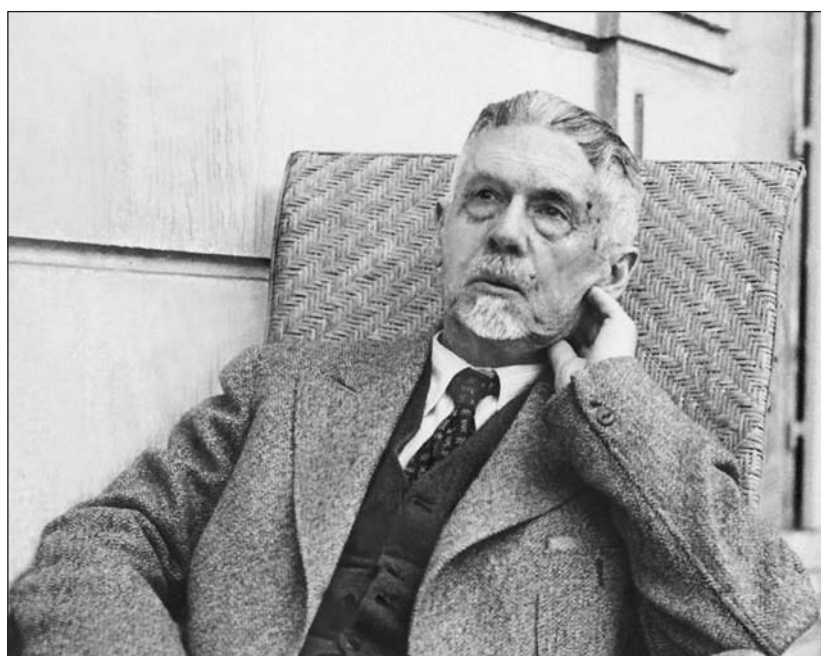
Генетический анализ почти 360 разновидностей дикорастущего и селекционного картофеля, проведенный сотрудниками Висконсинского университета (США) под руководством Д.Спунера (D.Spooner), показал, что все современные виды этого корнеплода имеют одного общего предка, произраставшего на юге Перу. Ранее считалось, что в Южной Америке, где картофель выращивают уже более 7000 лет, было окультурено несколько его диких видов. Sciences et Avenir. 2005. №705. P.38 (Франция).

Английские специалисты на протяжении 10 лет наблюдали колонию редкого для Велико-

британии вида летучих мышей — большого подковоноса (*Rhinolophus ferrumequinum*). Изучение родственных связей и генетический анализ особей показали, что самки предпочитают каждый раз спариваться с одним и тем же самцом, самцы же выбирают себе в партнерши самок одной материнской линии (приходящихся друг другу матерями, дочерьми, бабушками, сестрами), избегая каким-то образом собственных дочерей и внуков. По мнению исследователей, такое репродуктивное поведение способствует укреплению социальных связей внутри колонии. Terre Sauvage. 2005. №211. P.57 (Франция).

НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЕ ЗАСЛУГИ С.Н.ВИНОГРАДСКОГО И ЕГО ИСПОВЕДЬ

К 150-летию со дня рождения



Сергей Николаевич Виноградский (1856–1953).

1 (13) сентября 1856 г. появился на свет будущий микробиолог, создавший блестящий ореол вокруг русской науки. Портрет Сергея Николаевича Виноградского встречается в каждом современном учебнике по микробиологии, глубина его идей не утратила актуальности. Но обстоятельства его жизни, как будет сказано, отмеченной «непохожестью», оставались иногда малопонятными, а то и вовсе неизвестными.

Должно было пройти немало лет, прежде чем стало возможным познакомиться с то появлявшейся, то исчезающей рукописью его воспоминаний «Летопись нашей жизни». Судьба этих мемуаров и отрывок из них сегодня окажутся в поле зрения читателей «Природы».

Чтобы фрагмент «Летописи...» Виноградского (публикатор Г.А.Савина) обрел полновесное звучание, мы предваряем его «Хроникой жизни» (Ю.П.Голиков), вступлением и заключением (Г.А.Заварзин, Г.А.Савина).

Хроника жизни

Ласнеге

Ю.П.Голиков,

кандидат биологических наук

Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины РАМН
Санкт-Петербург

Знакомясь с хроникой жизни и деятельности Сергея Николаевича, поражаешься ее непохожестью на другие: его уход из науки и блестящее возвращение в нее, его открытия и его долготелie.

Сергей Николаевич родился в Киеве, в семье будущего директора банка Николая Константиновича Виноградского и Наталии Викторовны Скоропадской. Окончив 2-ю киевскую гимназию с золотой медалью и продолжая семейную традицию, поступил на юридический факультет Университета Св. Владимира в 1873 г., а затем через месяц перешел на естественное отделение физико-математического факультета. Через два года он оставил университет из-за увлечения музыкой, приехал в столицу и поступил в Петербургскую консерваторию по классу фортепиано профессора Т.Лешетицкого. Но поняв, что не является музыкантом «милостью божьей», Сергей Николаевич в ноябре 1877 г. ушел из консерватории. Будучи, тем не менее, прекрасным пианистом и виолончелистом, он через всю жизнь пронес любовь к музыке.

Итак, он снова на естественном отделении физико-математического факультета, но уже Санкт-Петербургского университета. Выбрав для специализации кафедру физиологии растений, он стал учеником профессора Андрея Сергеевича Фаминцына, будущего академика, в те годы декана физико-математического факультета. Фа-

минцын считается основоположником физиологии растений в России.

В 1881 г. Виноградский окончил курс университета и отслужил положенный срок в армии. Во время армейской службы ему довелось стоять в почетном карауле на похоронах царя Александра II и участвовать в параде по случаю коронации Александра III. К этому времени он был уже женат на Зинаиде Александровне Тихоцкой, которую трогательно любил всю свою жизнь. От этого брака у них было четверо дочерей. Зимой семья Виноградских проживала на Мытнинской наб., 5 (на Петроградской стороне), а с лета 1900 г. — на собственной даче, которую глава семьи построил по проекту архитектора В.И.Шене на Каменном острове.

В 1884 г. Сергей Николаевич успешно сдал магистерский экзамен по ботанике, хотя его влекла бактериология, и он ею все больше занимался. Он был оставлен при кафедре для подготовки к профессорскому званию и начал усиленно работать в лаборатории у Фаминцына, обнаружив выдающиеся способности экспериментатора. Как пишет Б.П.Строганов в книге «Андрей Сергеевич Фаминцын» (М., 1996), молодой ученый по совету руководителя провел экспериментальные исследования, касающиеся влияния внешних условий на развитие дрожжевого грибка *Mycoderma vini*, впервые применив микроскопическую камеру для наблюдения за одной изолированной клеткой. Подобные методики лишь много лет спустя вошли в практику других



1890-е годы. Санкт-Петербург.

ученых. Так началась научная биография будущего всемирно известного микробиолога.

В 1885—1888 гг. Сергей Николаевич работал в Страсбурге у известного ботаника профессора Г.А.де Бари (ранее его школу прошел и сам Фаминцын), где занимался изучением физиологии серо- и железобактерий, которое завершилось открытием явления *хемосинтеза*. С 1888 по 1891 г. он работал в ряде химических лабораторий Цюриха, где им была доказана биологическая природа процесса нитрификации и выделены бактерии, окисляющие аммиак до нитритов, а также специальные микробы, окисляющие нитриты

до нитратов. Эти выдающиеся исследования, доказавшие существование процесса хемосинтеза, поставили Виноградского в ряд крупнейших биологов своего времени. Следует отметить, что к проблеме нитрификации ученый возвращался и в Петербурге в конце XIX в., и в Бри-Комт-Робер (Brie-Comte-Rober) в 1930—1933 гг.

В начале 1891 г. Сергей Николаевич получает через И.И.Мечникова приглашение Л.Пастера работать в Пастеровском институте (Париж) и посещает Пастера. Одновременно через Фаминцына Сергеем Николаевичу поступает предложение от принца Александра Петровича Ольденбургского, попечителя и организатора Императорского Института экспериментальной медицины (ИИЭМ), открытого 8 декабря 1890 г. в Санкт-Петербурге. Видимо, из патриотических соображений, считая, что ИИЭМ — первый российский научный центр в области биологии и медицины, в котором уже тогда начали вести исследования от молекулярного уровня до популяционного, — не должен остаться без подготовленных работников, Виноградский выбрал его. О своем состоянии в 1891 г. он писал в одном из писем: «Чувствую себя в научном смысле на просторе и в неизведанной области, а это для меня лучший стимул».

Он организовал и возглавил Отдел общей микробиологии, а со 2 июля 1891 г. стал действительным членом ИИЭМ. Помощниками у него были: с 1893 г. Василий Леонидович Омелянский, будущий академик, продолжавший исследования учителя по нитрификации, а с 1898 г. Даниил Кириллович Заболотный, который в дальнейшем стал одним из основоположников отечественной эпидемиологии (президент АН УССР в 1928—1929 гг.). В первые же годы работы в институте Сергей Николаевич открыл свободноживущие азотфиксирующие бактерии. Первой из

таких бактерий была *Clostridium pasteurianum*, выделенная из образца почвы, взятой из лужи в парке института. Ранее он формулирует принцип *метода элективных сред*, который требует для конструирования среды предварительного представления об ее свойствах. Этот метод стал основой современной микробиологии, включая и бурно развивающуюся генетику микроорганизмов, где он широко используется для выделения мутантов. Значение этих работ было очевидным, и в 1892 г. Совет Харьковского университета присвоил ему степень доктора ботаники без защиты диссертации.

В январе 1894 г. в Москве состоялся IX съезд естествоиспытателей и врачей, где на пленарном заседании Виноградский выступил с докладом «О круговороте азота в природе», который привлек всеобщее внимание, так как в нем сообщалось о выдающемся научном открытии, сделанном в стране. Экспериментальным путем было доказано, что существуют специализированные бактерии, способные ассимилировать азот атмосферы. Эти бактерии оказались широко распространенными в почве, и этот процесс имел непосредственное отношение к обогащению почвы азотом. Ученому удалось получить чистую культуру азотфиксирующих бактерий и при помощи безупречных химических анализов доказать их способность связывать азот. Это было первое в мире экспериментальное исследование, блестяще представившее картину круговорота важнейшего элемента. Нет ничего удивительного в том, что в течение последующих нескольких десятков лет количество печатных работ, посвященных микроорганизмам, фиксирующим азот, превысило несколько тысяч. За это открытие его 3 декабря того же года избрали членом-корреспондентом по биологическому разряду Физико-математичес-



Во дворе своего дома в Бри-Комт-Робер под Парижем.

кого отделения Императорской Академии наук. Следует отметить, что он был первым из сотрудников ИИЭМ, кого признала Академия.

По предложению директора ИИЭМ Сергея Михайловича Лукьянова и настоянию принца Ольденбургского впервые на общем собрании членов института 8 декабря 1896 г. Виноградский произнес актовую речь «О роли микробов в общем круговороте жизни». (В дальнейшем ежегодные актовые речи стали традиционными в институте.) В своем выступлении он нарисовал яркую картину взаимодействия живой материи и неорганической природы, которое становится возможным лишь благодаря микроорганизмам. Этот вывод стал основополагающей идеей, вокруг которой формировалась его научная школа.

В начале 20-го столетия попечитель ИИЭМ принц Ольденбургский уговорил Сергея Николаевича заняться изучением чумы, угрожавшей тогда России, и Виноградский приступил

Ласневиче



На фоне здания лаборатории.

Ласнеге

к работе с особо опасными инфекциями. Он привез культуру чумы от известного французского бактериолога Александра Йерсена (Yersin) и в течение длительного времени работал с животными, проводя исследования в «Чумном форту». (Так называли Особую лабораторию по заготовлению противобубонных препаратов ИИЭМ, находившуюся в форту «Император Александр I» около Кронштадта.)

Виноградский не только вел экспериментальную работу с крайне опасным возбудителем, но и участвовал в различных организационных мероприятиях, связанных с этими исследованиями. В 1901 г. Московское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии избрало его своим почетным членом, а в 1902 г. Французская академия наук — членом-корреспондентом.

В 1892—1906 гг. Виноградский был первым главным редактором журнала «Архив биологических наук», издававшегося ИИЭМ на русском и французском языках. В журнале преимущественно публиковались

работы сотрудников института, среди которых следует назвать известных исследователей А.А.Владимирова, К.Я.Гельмана, С.К.Дзержговского, Н.О.Зиббер-Шумову, Е.С.Лондона, С.М.Лукьянова, М.В.Ненцкого, И.П.Павлова, Н.В.Ускова, В.Г.Ушакова.

Принц Ольденбургский назначил Сергея Николаевича директором института с 10 августа 1902 г. Желая объединить русских микробиологов, Виноградский при активном участии Заболотного и Омелянского основывает в 1903 г. Русское микробиологическое общество и в течение почти двух лет состоит его председателем. Петербургский период научной деятельности Виноградского завершился формированием одной из центральных доктрин общей микробиологии, суть которой в изучении чистых культур специфических микроорганизмов, осуществляющих круговорот веществ в природе. Сегодня трудно определенно сказать, почему Сергей Николаевич 23 июля 1905 г. покинул институт: то ли из-за тяжелой болезни, то ли из-за разгоревшейся в стране революции, то ли еще по какой-то причине. Человек очень чуткий и нервный, материально независимый, он разделял общую судьбу российских ученых, которым мешала спокойно работать неустойчивая и тревожная политическая атмосфера в стране.

В период с 1905 по 1912 г. Виноградский формально числился в ИИЭМ, но проживал либо в своем имении в Подолии на Украине, либо за границей, отказавшись от научной работы. Причитавшаяся ему как заведующему отделом заработная плата поступала в банк. В 1910 г. по его распоряжению эти деньги и проценты с них были использованы при строительстве здания научной библиотеки ИИЭМ по проекту архитектора Г.И.Люцедарского.

Во время Гражданской войны, видя приближение военных действий к Одессе, Виноградс-

кий, как член-корреспондент Французской АН, на борту французского судна переправился в Марсель, а затем перебрался в Швейцарию. Его супруга и семь дочерей остались в России, и основной заботой Сергея Николаевича стало вызволение их из покинутой им страны. Он затратил на это много времени и сил, и ему это удалось. Из-за проведенной в стране национализации он лишился средств к существованию. Его стали приглашать к себе некоторые университеты. Он выбрал сельскохозяйственный факультет при Университете Белграда (Югославия). Однако преподавательская деятельность при отсутствии лаборатории ужасала его. Поэтому, получив приглашение от директора Института Пастера профессора Эмиля Ру приехать в Париж, он с радостью принял его, тем более что, находясь во Франции, он мог поддерживать непосредственный контакт с лучшими микробиологами мира.

7 декабря 1923 г. по представлению его учеников, академиков Заболотного и Омелянского, Сергея Николаевича единогласно избрали почетным членом Российской АН. А чуть раньше, 23 мая 1923 г., он создал Отдел сельскохозяйственной микробиологии Института Пастера в завещанном институту поместье Бри-Комт-Робер, находящемся в 30 км от Парижа. Так спустя 17 лет Виноградский вернулся к научной деятельности. Отдел располагался на участке в 20 акров (около 8 га), где стояло два дома, конюшня, несколько оранжерей, сад, парк и цветники. Долгие годы вынужденного перерыва в своей научной работе ученый охарактеризовал как годы «скрытой жизни». Очевидно, несмотря на отказ от экспериментов, научная мысль его не переставала работать, о чем свидетельствует быстрое возобновление научной деятельности.

В Бри-Комт-Робер Сергей Николаевич, которому ассисти-

ровала дочь Елена, разрабатывает и проводит программу исследований по почвенной микробиологии и создает новую научную дисциплину — экологическую микробиологию. Он встречается с приезжающими в научные командировки во Францию коллегами из Петрограда-Ленинграда и продолжает поддерживать активную переписку со своими учениками Заболотным и Омелянским. Уехавший из России в возрасте 22 лет Зельман Вакман (1888—1973), нобелевский лауреат (1952), открывший стрептомицин, также считал себя учеником Виноградского и посвятил его биографии книгу «Sergei N. Vinogradsky. His Life and Work. The Story of a Great Bacteriologist» (New Brunswick; New Jersey, 1953).

Вероятно, 1923 год был очень значимым в жизни ученого. С одной стороны, он в полной мере возвращается к научной деятельности, а с другой — его, эмигранта, избирают почетным членом АН России. Это единственный и небывалый случай за всю историю Академии! Причем его не исключали из по-

четных членов АН СССР в отличие от других ученых-эмигрантов. За свои выдающиеся заслуги Виноградский был избран почетным членом немецкого Ботанического общества, членом шведской Сельскохозяйственной академии, членом Французской АН, Лондонского Королевского общества и еще целого ряда обществ, университетов и институтов.

Труды Виноградского оказали большое влияние на исследователей всего мира, работавших в области почвенной микробиологии. Научные исследования Сергей Николаевич продолжает до начала фашистской оккупации Франции. С 1940 г. он готовит том избранных работ «Микробиология почвы». К каждой из 9 частей книги автор написал предисловие, в котором анализировалась история возникновения и развитие исследований в данном направлении, а в качестве заключения опубликовал новую работу «Основы экологической микробиологии». В 1949 г. книга вышла на французском языке, а в 1952-м — на русском.

Научная биография Виноградского поражает необычайным долголетием и непреходящим значением высказанных им взглядов. Академик АН СССР Б.Л.Исаченко, свидетель научной деятельности Сергея Николаевича, сказал о нем так: «Русский микробиолог, работая за границей, он остался в душе русским патриотом и создал блестящий ореол вокруг русской науки. На его идеях и методах воспитаны сотни наших микробиологов, его труды способствовали развитию таких чисто русских наук, как почвоведение и биогеохимия»*.

Сергей Николаевич скончался 24 февраля 1953 г. в Брикомт-Робер.

* Более подробно с биографией, актовой речью ученого и воспоминаниями его учеников можно ознакомиться, прочтя книгу «Рассказы о великом микробиологе» (Сост. Ю.А.Мазинг, Т.В.Андрюшкевич, Ю.П.Голиков. СПб., 2002).

См. также: Заварзин Г.А. Сергей Николаевич Виноградский. К 100-летию открытия хемосинтеза // Природа. 1986. №2. С.71; Он же. Сергей Николаевич Виноградский в эмиграции // Российская научная эмиграция. Двадцать портретов. М., 2001. С.205. — Примеч. ред.

От публикатора «Летописи...»

Г.А.Савина
Архив РАН
Москва

При всей монументальности места С.Н.Виноградского в истории науки и немалой, ему посвященной, литературы, некоторые детали его биографии до настоящего времени остаются неизвестными. Ин-

формационный ресурс Интернета вместе со многими публикациями не освещают, например, обстоятельства отъезда Виноградского из России, а ведут отсчет эмиграции от 1922 г. — даты его приглашения в Институт Пастера и обоснования во Франции. Между тем существует

достоверный источник, способный пролить свет на многие неизвестные страницы и даже периоды в жизни и творчестве ученого. Речь идет о воспоминаниях Виноградского, написанных в конце 1941 г. — начале октября 1942 г. в Бри и названных им самим «Летопись нашей жизни».

© Савина Г.А., 2006

Судьба всех прижизненных автобиографических заметок и биографических очерков Виноградского непроста. Впервые он сам написал о своей научной судьбе для предполагавшегося, но так и не осуществленного, издания его трудов в России в 1920-е годы. В феврале 1925 г. по просьбе своего ученика и друга З.А.Ваксмана* он послал текст единственного экземпляра этой рукописи в Америку, и произошло непоправимое: посылка была потеряна.

Повторная попытка написания биографии Виноградского на этот раз уже самим Ваксманом относится к 1930-м годам. В ответ на предложение Ваксмана внести поправки и уточнения к своей биографии Виноградский писал 8 марта 1936 г.: «Написать введение к моей биографии? Право, дорогой коллега, не имею представления, что бы я мог написать. Было бы иначе, будь это биография кого-нибудь другого. <...> Вы намерены перейти от области предположе-

* Ваксман (Waksman) Зelman Абрахам (1888–1973), американский микробиолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за открытие стрептомицина (1952).

ния к области понимания, вот оно: не лучше ли отложить написанную Вами рукопись до момента, когда будут опубликованы все мои работы? Или до той минуты, когда моя деятельность закончится вместе с моей жизнью? Во-первых, тогда Ваша книга пополнится последним периодом моей работы и станет завершённой. Во-вторых, она будет более правдивой, поскольку в биографии живущего человека нельзя сказать всего, не рискуя кого-либо обидеть или вызвать какую-нибудь ответную реакцию. В-третьих, появится возможность привлечь большее внимание, тогда как сейчас едва ли вероятно, чтобы многие заинтересовались моей биографией**». Ваксман выполнил и пожелание, и волю Виноградского, опубликовав написанную им биографию в издательстве Университета Ратгерс (штат Нью-Джерси) в 1953 г., после его смерти.

Более загадочна судьба воспоминаний самого Виноградского, написанных в оккупированной Франции в начале Вто-

** Рассказы о великом бактериологе С.Н.Виноградском. СПб., 2002. С.148–149.

рой мировой войны и оказавшихся в нашей стране. О них было достаточно широко известно в кругах микробиологов и историков науки. Как и когда они попали в Россию? Кто и с какой целью делал перепечатку рукописи? Сколько экземпляров этой перепечатки всего и где они рассредоточены? Достоверно было известно только то, что воспоминания, попав в Россию, не одно десятилетие пролежали в сейфе директора Института микробиологии РАН, академика А.А.Имшенецкого, и только в конце 1999 г. были переданы в Архив РАН, где хранится фонд документов С.Н.Виноградского, подаренных Академии наук его младшей дочерью. Рассказ академика Г.А.Заварзина впервые проливает свет на некоторые детали долгого «молчания» этих воспоминаний. Мы же хотим предложить их небольшой фрагмент, который касается непосредственно отъезда ученого из Одессы в эмиграцию.

Публикация отрывка подготовлена по оригиналу рукописи, хранящемуся в Архиве РАН. Полный текст «Летописи нашей жизни» также готовится к изданию.

Ответ на некоторые вопросы

Академик Г.А.Заварзин

В конце 1960-х годов в Посольство СССР во Франции обратилась дочь С.Н.Виноградского Елена Сергеевна и передала для общественности российских ученых завернутую в крафт толстую пачку бумаг

своего покойного отца. В это время в Париже, в Институте Пастера, стажировался секретарь партийной организации Института микробиологии АН СССР Юрий Николаевич Карасевич. Он-то и привез эти бумаги. В Институте микробиологии была сформирована комиссия

по приемке поступивших документов, в состав которой входили Лев Владимирович Калакуцкий, ныне член-корреспондент РАН, и ряд других лиц. Директор института Александр Александрович Имшенецкий поручил комиссии рассмотреть материалы на предмет целесообразности

их передачи в Архив АН. В это время он хлопотал об учреждении премии С.Н.Виноградского и потому опасался появления каких-нибудь нежелательных документов.

Елена Сергеевна тщательно подготовила материалы. В числе прочих документов, отдельно от них, находилась большая, написанная от руки «Летопись нашей жизни». Эту рукопись Имшенецкий передал Наталии Борисовне Заварзиной, дочери академика Бориса Лаврентьевича Исаченко, незадолго до этого подготовившей к печати собрание сочинений своего от-

ца. Теперь ей предстояло готовить к печати мемуары Виноградского.

Ознакомившись с машинописной копией и не увидев в ней ничего, кроме сугубо личных, семейных воспоминаний, Имшенецкий счел публикацию ее в тот момент нецелесообразной. Сохранилась машинописная копия, подготовленная к печати с учетом сделанных Имшенецким купюр. Но книга тем не менее не была опубликована, потому что, согласно окончательному решению, она ничего не добавляет к образу Виноградского-ученого. В комплекс за-

рубежных материалов Виноградского, переданных в Архив АН, «Летопись нашей жизни» не попала. Незадолго до смерти Имшенецкий говорил мне, что не помнит, куда делся оригинал рукописи. Дальнейшая судьба ее мне была неизвестна, хотя черновая копия с пометками Н.Б.Заварзиной сохранилась.

Находка оригинала рукописи меня радует. Рукопись всегда стояла у меня перед глазами, написанная четким почерком, правильным и точным русским языком, при удивительной для почти 90-летнего человека ясности мысли.

Отъезд Из «Летописи нашей жизни»

С.Н.Виноградский

Отмечаю день 10 декабря¹. Ксения², вернувшись из города с газетами, в первый раз «обратилась ко мне с мольбой о выезде моем из Одессы». Принял отрицательно, даже с раздражением, так как ужасна была мысль превратиться в беженца. И куда уходить?! Но под давлением событий мысль о желательности отъезда стала навязываться все более и более. В метель, в холод стал таскаться в город, чуть не каждый день. То по денежным делам в банк и к Сигалу, то в Союз землевладельцев, то в какой-то Комитет самообороны; еще куда-то. Везде своего рода *rien ne va plus*³ и полная жалкая безнадежность. В банке никаких оборотов. Сановитый умный еврей Сигал превратился в обросшего щетиной старика с измучен-

ным желчным лицом. Встречает тепло и приветливо, жмет руки, жалуется, что его грабили, убили его сына; насчет денег, то есть платежей — «поздно», но может дать «так» кое-какую сумму, советует запастись заранее паспортом и уходить. Тронут был его вниманием, ничуть не заинтересованным, но денег не взял, так как не так уже было тесно. В «Союзе» Ракович⁴, член Государственного Совета, центральная фигура, председательствует *avec prestige*⁵, разговоры о положении и желательных мерах. Герендорф читает доклад о военном положении, из которого для всех ясен приближающийся момент полного крушения, в частных разговорах советует обратиться к сербскому посланнику или консулу, где записываются желающие

¹ Здесь и далее С.Н.Виноградский ссылается на записи в своем дневнике, послужившие отправными моментами в воспоминаниях. Даты из дневника даны по старому стилю. Прямые цитирования дневниковых записей в воспоминаниях приводятся автором в кавычках и выделены нами полужирным шрифтом.

² Ксения Георгиевна Никитина — секретарь и близкий человек Виноградского. Его усилиями при организационной поддержке Д.К.Заболотного ей удалось получить документы и в 1922 г. выехать вместе с младшей сестрой из Одессы. В эмиграции жила вместе с семьей Виноградских, выполняя обязанности помощницы по дому.

³ Больше ничего не идет (фр.).

⁴ Ракович Иван Георгиевич, расстрелян в 1920 г.

⁵ С достоинством (фр.).



Паспорт, выданный С.Н.Виноградскому Российским вице-консульством в Белграде 16 ноября 1921 г. Фотография супруги — Зинаиды Александровны Виноградской — была вклеена в паспорт 24 мая 1922 г. Документ публикуется впервые.

попасть в Сербию. В Комитет для самообороны неизвестно зачем созывали, так как нет ни организации, ни оружия.

К 20 декабря положение принимает уже панический характер. Остатки Добрармии, совершенно деморализованные, появились уже в Одессе, так что на фронте, под Раздельной, образуют жидкую завесу, которая явно не в состоянии задержать неприятеля. Все это вывело меня из состояния инерции, подавив мое отвращение к бегству.

Под 19 декабря стоит: «Начал свой крестный путь».

Выразилось это прежде всего в том, что я пошел к сербскому консулу Коломбатовичу, где на-

шел толпу людей, набивших тесную приемную и на ногах ожидающих очереди. Там взгляд упал на «друга Керенского» инженера Васильева⁶, который успел потерять самодовольный вид. Прием был на ходу, несколько вопросов: имя, профессия — «такие люди нам нужны» — виза, место на пароходе «Петр Великий», который скоро должен отойти. (Пароход не отошел, был задержан и захвачен большевиками.)

Наступили праздники и — какова сила обычая, укоренившиеся привычки! — праздновали их, забыв на несколько дней висящую над головами угрозу и энервирующую хлопотню. В Сочельник Ксения ухитрилась собрать настоящий ужин с колбаской, кутьей, булочками и прочим, и было даже подобие елочки. Вспоминали всех своих дорогих. Были и музыка, и пение, и оживленные беседы в своей компании по вечерам. После Нового года продолжил свой крестный путь.

Мысль о выезде уже не выходила из головы, но в форме довольно неопределенной. Узнал, что ходят итальянские пароходы до Генуи, и пошел справиться в агентство. По дороге, выходя из трамвая, встретился с неким Ганцким, жителем поселка, мало мне знакомым. Перебросились с ним несколькими словами о возможности отъезда, а он мне говорит: «Почему вам не пойти к французскому консулу, он может дать вам место на французском пароходе». С места направился к французскому консулу Vautier (Boine) на Приморском бульваре. Рекомендовался Correspondant de L'Institut⁷, был принят любезно. Услышал: «Vous voulez une place sur la Dumont-Durville. Demain vos bagages doivent être à bord, après demain à 9-h départ»⁸. Пояснил, что на какие-либо удобства нельзя рассчитывать, что пароход потерпел от пожара зимой на одесском рейде, вся superstructure⁹ сгорела, mais la coque et la machine sont saines¹⁰. Пароход взял груз ячменя, а пассажиров — réfugiés français, suisses et belges¹¹ — может поместить в трюм.

Ошеломленный, просил позволения ответить ему завтра. Принес вопрос домой, не пытаюсь даже его решать самому. Изложил все сказанное Ксении и сказал: теперь решай ты, как скажешь, так и будет. «Уезжать немедленно, не может быть и вопроса!» На некоторое колебание с моей стороны — слезы. Решено. Укладывать вещи. Завтра побываю на пароходе и справлюсь, обязательно ли доставить вещи в этот день, потом к французскому консулу, к швейцарскому консулу (виза!), купить франков и т.д. Следующий день в хлопотах, но бодрости и делового настроения хватало. На обгорелом пароходе нет движения, отвечают

⁶ Васильев Сергей Александрович, крупный инженер-путеец. После революции эмигрировал в Югославию, потом жил в США.

⁷ Здесь: членом-корреспондентом Французской Академии наук (фр.).

⁸ «Вы хотите место на "Дюмон-Дюрвиль", — завтра ваш багаж должен быть на борту, послезавтра в 9 часов отправление» (фр.).

⁹ Надстройка (фр.).

¹⁰ Но оболочка и машина в целости (фр.).

¹¹ Беженцев французов, швейцарцев и бельгийцев (фр.).

уклончиво, спешности доставить багаж нет. В итальянском агентстве цена билета второго класса 1710 fr. Где их взять?! К французскому консулу — вынес лично карточку и визированный паспорт и пожелал *bon voyage*¹². Виза у швейцарского консула 500 руб. В банке купил 1000 fr. за 68000 руб. и 100 fr. за 7200 руб. мелкими купюрами. Все. Спешил домой укладываться.

Ксения сопровождала к консулу, как бы следя, нет ли отступления от принятого решения. По дороге зашел проститься к Раковичам, застал его в постели загриппленным. Удивились, когда узнали, что я пришел проститься, что уезжаю завтра, и приняли это как-то сухо. Я, конечно, не преминул им посоветовать последовать моему примеру. Совет был принят вяло и холодно, видно было, что у них не хватает энергии на этот трудный шаг, что у них даже нет охоты разговаривать на эту тему. Фатализм?.. Упование на Бога?.. Больше я о них не слышал до тех пор, пока не дошли до меня сведения о событиях, разыгравшихся в поселке после моего отъезда¹³.

11 января 1920 г. встали в 5 часов. Поселковая подвода в 7 часов была у подъезда. Сожители встали меня провожать. Когда подъехали к набережной, увидели, что пароход не дымит и нет никаких приготовлений к отплытию. Сгрузили вещи: сундук, матрасик, завернутый в пестрый ковер (тот, что лежал в Городке в прихожей, — Ксения настояла, чтобы я его взял), небольшая корзинка с запасами и кое-какой посудой. За то, чтобы внести эти вещи на пароход, близстоящие хулиганы потребовали 2000 руб. Обошлись без них. Оказалось, что пароход отойдет только завтра. Рад был лишнему дню. Побрел домой, а Ксения на службу. В этот вечер совершенно неожиданно явился Жорж Хойнацкий¹⁴ в форме саперного офицера, корректный, точно на парад. Он со своей ротой прибыл сегодня, потерял всякую связь с начальством, думает уходить в Румынию. Засиделись, разговаривая с этим энергичным и симпатичным молодым человеком, и легли поздно.

«12 января. Воскресенье. День отъезда. Рано встали, вышли пешком, часть пути в трамвае. Свирепый морозный норд-ост в лицо. Dumont-Durvill дымит. Пробрались в беженскую казарму. Вещи на месте, на койке. Ксения взялась делать постель: коверчик, матрац, простыни. Рано удалили провожающих. У трапа простились... Смотрел вслед, пока высокая фигура в развевающемся от ветра пальто не исчезла за какими-то вагонами. В это время было сознание, что большая страница жизни перевернулась и прежняя, как и моя третья молодость, уже не вернется... Лишь бы дала судьба хоть увидеть бедное дитяtko, мою Ксеничку. Впрочем, тогда не была еще потеряна надежда, что я вернусь к лету в Одессу — думалось, морем, — что даже попаду в свой домик в поселке». (Из записной книжки.)

В казарме компания беженцев была и многочисленная, и разнообразная. Соседями моими были граф Сумароков-Эльстон с женой — невзрачный пожилой господин и добродушного вида пожилая дама. Отдельно держалась группа журналистов, и в числе их Аминад Петрович¹⁵, молодой благообразный брюнетик. *Réfugiés suisses*¹⁶ были совсем обрусевшие, вроде Енни, из семейства сахарозаводчиков, киевских жителей. Другой «швейцарский» подданный изливался мне, что он другого языка (кроме русского) не знает, что в Швейцарии он будет чувствовать себя иностранцем.

Плавание было тяжелое. Недалеко от Одессы под Лустдорфом застряли — *touché le fond*¹⁷ и стояли так долго, что приходила уверенность, что дальше не пойдем. Но в конце концов вдруг снялись и пошли. Суровая погода, ветер, свинцовые волны, но настоящей бури не было. Кормили главным образом *singe'm*¹⁸, но разбирал голод. И были и этим довольны. Грязь и всякая антисанитария. Недостаток освещения причинил мне аварию: споткнулся на обгоревшей палубе, на погнувшиеся прутья упал, поранил ногу, но, главное, разорвал штаны — получилась на видном месте дыра

¹² Счастливого путешествия (фр.).

¹³ В воспоминаниях А.Царинного можно обнаружить некоторые подробности: «Летом и осенью 1920 года, пользуясь, кроме обычных предлогов борьбы с контрреволюцией и спекуляцией, еще предлогом искоренения польских и украинских “заговоров”, одесская “чрезвычайка” истребила не менее 10 000 людей из интеллигенции. Следует вспомнить, что тогда в числе других погиб весьма замечательный человек, бывший член Государственного совета по выборам Иван Георгиевич Ракович. Он происходил из малороссийского старинного рода и явился на свет в родовом имении Раковичей — селе Рудовке Прилуцкого уезда Полтавской губернии. После некоторого промежутка военной службы Иван Георгиевич основался в Каменец-Подольском уезде и был по назначению от правительства в Каменец-Подольске сначала уездным, а потом губернским предводителем дворянства. Иван Георгиевич обладал даром захватывающего оратора и рассказчика. Он был одним из организаторов того национального русского съезда в Киеве, который имел целью обсудить вопрос о введении полных земств в девяти западных губерниях. Живя на даче у Среднего Фонтана, Иван Георгиевич не допускал мысли, что его могут расстрелять, и не укрывался под чужим именем, как это делали другие. Но Дейч и Вихман [руководители одесской ЧК. — Прим. ред.] не дремали».

¹⁴ Хойнацкий Жорж — знакомый С.Н.Виноградского и его зятя Константина по подольскому имению Городок.

¹⁵ Аминад Петрович (псевдоним Дон-Аминадо) (1888—1957), русский поэт и прозаик.

¹⁶ Беженцы швейцарцы (фр.).

¹⁷ Сели на мель (фр.).

¹⁸ Обезьяной (фр.). «Рагу из обезьяны» называли во французской армии мясные консервы. Л.Е.Белозерская, эмигрировавшая из Одессы на одном пароходе с С.Н.Виноградским, приводит в своих воспоминаниях «У чужого порога» шутивное стихотворение, сочиненное на борту «Дюмона Дюрвиля»: «Но что бы ни говорили / О том “Дюмон Дюрвиле”, / Забуду ль славный трюм? / Рагу из обезьяны — / Вот жизни нашей планы / Вот смысл всех наших дум».

в несколько вершков длиной. Это была серьезная беда. Добродушная графиня на мне ее зашила, как было возможно.

Утром 14 (27) января вышли в Босфор, но сейчас же остановились у Кавака. Там всю братию выгрузили и подвергли дезинфекции весьма глупо, только верхнее платье. Я каким-то удачным маневром дезинфекции избежал, проникнув незаметно в «чистое» отделение. У несчастного Енни костюм новый оказался испорченным. Пройдя дезинфекцию, «чистые» надеялись попасть в Константинополь в тот же день. Но не тут-то было. Пароход зацепил якорем за что-то, стал крутиться на месте безуспешно, стоять, опять крутиться, так что только на следующий день к вечеру пришли в Золотой Рог и стали на якорю у выхода в Мраморное море. Там мы болтались на якорю под желтым флагом 29-го, 30-го, 31-го, 1-го февраля. Только 2-го нас причалили к набережной и объявили, чтобы поскорее убирались вон, так как пароход сейчас же отойдет на рейд и в Марсель не пойдет. Надо сказать, что команда была грубая, а капитан относился ко всем *réfugiés*¹⁹ с полным презрением, не скрывая своего недовольствия, что консул ему их навязал. Как только пристали, русские обратились ко мне просьбой отправиться в посольство, там заявиться и просить содействия, то есть приюта. Ко мне присоединился профессор Миркин-Гецевич²⁰. Там нас приняли более чем кисло, оправдывая репутацию Российского посольства: ютитесь, дескать, где знаете, можете побыть в углах этой парадной залы, а то — есть Николаевский госпиталь. Но дали грузовик, чтобы взять багаж. Однако, когда подъехали, *Dumont-Durville*'я уже не было; ушел на рейд, не сгрузив вещи, и где он, и как их добыть — неизвестно. Средств их добыть не было видно никаких. Легко себе вообразить тревогу жалких беженцев, в их числе и мою. Понадобилось несколько дней, чтобы тревожный этот вопрос разрешился самым неожиданным образом. В числе беженцев была одна старая курьезная еврейка, которая держалась со всеми фамильярно и даже высоко: она-де поможет в случае затруднений, так как ее дочь хороша с начальником французской разведки. И она действительно помогла!! Отправлен был на рейд к *Dumont-Durville* пароходик или баркас, багаж был снят и сложен в открытый сарай на конце мола под охрану военного поста. Поспешив туда, обратился к французскому офицеру в красном колпаке, который разразился проклятиями — лезут, надоедают! Но, когда я указал ему на мои вещи среди куч других, охраняемых сенегаль-

цами, он разрешил их взять. Потеря, жестокая в моем положении, была избегнута.

Омерзительное пребывание мое в Константинополе не стану описывать подробно, хотя помню его до мельчайших подробностей. В особенности не буду «жаловаться», хотя тогда не раз мне представлялось, что не выберусь я из него живым. Все же ужасы, постигшие *беженцев* после меня, оставляют мои беды за флагом.

Тяжелым ударом была весть о взятии большевиками Одессы уже 7 февраля. Всего пришлось пробыть в Константинополе 10 дней. Дней семь ютился в Николаевском госпитале в большой палате с огромными окнами, в которой стекла были частью разбиты. А погода держалась ужасающая: снежная метель, сугробы при сменяющихся морозе и оттепели. Была со мною шуба, и я ее не снимал ни днем, ни ночью. Ненастье это было источником большой муки. В гостиницах самых гнусных брали свыше 2 лир за самую дрянную комнату. Одолевал страх, что денег не хватит, а места на пароходе «*Messagerie*» и других нельзя было получить — все заняты надолго эвакуацией воинских частей. Перспектива прозябаний в этой яме неделями с истощением моих средств до нищенского положения! Или пока не подорвет здоровье старого человека непривычный образ жизни! Отсюда — решение выбраться во что бы то ни стало, хотя бы палубным пассажиром. Взял билет 4-го класса на «*Souirah Mess. Mar.*», которая должна отойти на следующий день. Это было 7-го февраля. На следующий день выехал из своей палаты к Сиркеджи. — Не пойдет, трубы лопнули от мороза, идет починка. Вещи оставили там где попало, без всякой расписки. Куда деваться? Болтался по мокрому снегу мокрыми ногами, так как калоши пропали на «*Dumont-Durville*». Ночевал в комнате еврейчика-музыканта, с которым случайно заговорил в кафе, на узеньком диванчике. Рано утром на «*Souirah Mess. Mar.*» не пускают: *demain!*²¹ Пришлось устроиться в отельчике. Завтра утром на Сиркеджи. Опять *demain!* Приютился в другом отельчике. Еще раз та же история: *demain!* Только 12-го февраля утром дымит и готовится к отплытию. Но куда деться, где 4-й класс? Оказывается, какой-то десяток квадратных метров и там стоит пара лошадей и разбросан навоз. Вещи неизвестно где, кого ни спросишь, все грубы и ничего не отвечают. Один из них сказал: «*Adresser Vous au steward de la 3-me classe*»²². Так и сделал. Тот за 300 fr. впустил меня в кабинку 3-го класса, где и ели, и спали на чем попало, plus 80 fr. за *nourriture*²³.

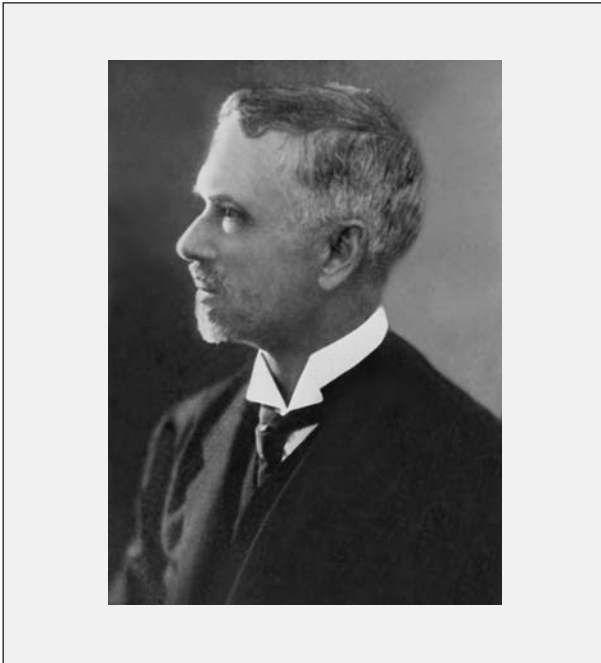
¹⁹ Беженцам (фр.).

²⁰ Миркин-Гецевич Борис Сергеевич (1892—1955) — правовед, специалист в области международного права; приват-доцент Петроградского университета. В 1920 эмигрировал в Париж, декан историко-юридического факультета Русского народного университета, генеральный секретарь Международного института публичного права. В годы Второй мировой войны жил в США, преподавал в Новой школе социальных наук, участвовал в работе Международной лиги в защиту прав человека.

²¹ Завтра (фр.).

²² Обратитесь к стюарду 3-го класса (фр.).

²³ Плюс 80 фр. за питание (фр.).



Одна из последних фотографий.

Спал я на столе. Там познакомился с товарищем по несчастью Николаем Ивановичем Бутовичем, очень богатым новороссийским помещиком, привыкшим к широкой жизни, малым из неунывающих, немного наивным, но приятным, всегда в наилучшем расположении духа. Хотя ему и пришлось бежать и все бросить, но он-де успел уложить и отправить во Францию ценные коллекции, за которые надеется получить большие деньги, что позволит ему жить припеваючи, а к лету большевики будут уничтожены, и «мы с вами вернемся домой». «Кроме того, и на мне, — говорил он, — кое-какие ценности, защиты они... в моих перчатках». И он показывал руки в толстых желтых перчатках, на которых заметны там — сям мелкие стежки. «Здесь зашит один бриллиант, здесь другой» и т.д. Этот добродушный компаньон скрасил мне дни мореплавания и пребывания в Марселе, куда мы пришли 28 февраля. Погода все время была прекрасная, целый день можно было сидеть на верхней палубе. При других обстоятельствах предался бы, наверное, интенсивному любованию, а так только хороших впечатлений осталось в памяти: мыс Матапан, Мессина ночью, Корсика. Наконец, 28 февраля débarque à Marseille²⁴.

Такова история моего спасения. Очевидно, мне не суждено было погибнуть в 63-летнем возрасте, а в более преклонном. Позаботились об этом «ангелы-хранители». Из них первая — Ксения. Наставив на безотлагательном выезде она начала тогда, когда никто из мне подобных не представлял себе участи нам грозящей, когда никто еще не двигался с места, точно она каким-то сверхнормальным чутьем предвидела будущее. Далее настояния эти стали мольбой со слезами — уходить как можно скорее. Жертвой это было с ее стороны уже потому, что, уезжая, я мог оставить ей очень мало денег.

Выехал я из Одессы 26 января по новому стилю, а 7-го февраля было уже официальное извещение о занятии всего города, куда они частями проникали и раньше²⁵. Но дальше вот какие события разыгрались вскоре в поселке. Им поспешила заняться ЧК. Как же! Ведь все там буржуи, есть генералы, белые офицеры, помещики, да и все скопом с восторгом встречали Добармию — служили молебн, а иные молодые военные поспешили к ней присоединиться. Стали чекисты обходить поселок дом за домом и забирать людей в ЧК. Пожаловали и в мой дом и допрашивали Ксению: «Где профессор Виноградский?» Ответ: «Уехал в Киев». — «Неправда, он уехал за границу». Ответ: «Справьтесь по домовою книге, увидите, что он занесен туда в день отъезда отбывшим в Киев». (Домовая книга для всего поселка была одна и хранилась в Доме собраний). Так догадалась она поступить в действительности. Больше от нее чекисты ничего не добились, так как она была железнодорожным служащим и подделывалась под большевистский стиль, отвечая с апломбом. Искали ли меня в Киеве, — неизвестно. Когда чекисты убрались, Игорь Афанасьев, который присутствовал при допросе, заметил: «Ну, вовремя уехал Сергей Николаевич!»

Через пару месяцев было расстреляно 18 человек. Из них Ракович, Ющенко (казацкий полковник), Богуславский, 70-летний старик, бывший актер (этот только за то, что его сын в Добармии), других не знаю. Не представляю, как бы я выкрутился, если бы попал в ЧК. Профессор — хорошо, но крупный помещик; в политике участия не принимал, ни в какой партии не состоял, но враждебно относился к большевикам в своих писаниях, которые читал публично и которые печатались в добровольческих газетах.

© Публикация и комментарии Г.А.Савиной

Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 05-03-03101а).

²⁴ Причалили в Марселе (фр.).

²⁵ 7 февраля 1920 г. конница Котовского заняла Одессу.

Несколько слов в заключение

Наследие

Академик Г.А.Заварзин

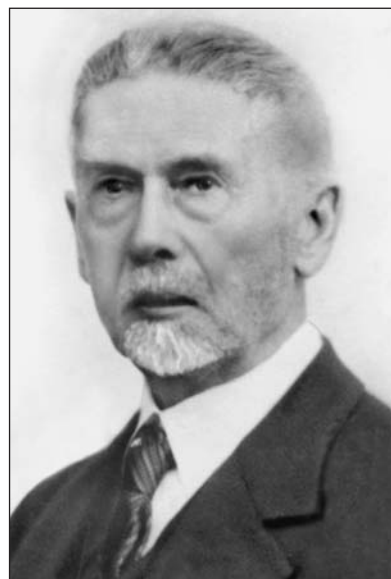
Нередко дискутируется вопрос, насколько следует открывать личную жизнь гения для всеобщего обозрения. Что мы знаем о личной жизни Ньютона? Максвелла? Биографии Канта? Все эти люди, чью жизнь мы представляем себе по серии «ЖЗЛ», были просто людьми, со свойственными им недостатками и слабостями. Немногие из них оставили автобиографические заметки. К тому же чаще всего мемуары (особенно политических деятелей) служат очень тенденциозным источником информации. Большинство из великих было крайне эгоцентрично, потому что без такой концентрации на своей работе невозможно чего-либо достичь. «Двух жизней мало, чтобы отдать их науке», — обычно повторяемый афоризм нобелевского лауреата И.П.Павлова. Его сослуживец С.Н.Виноградский не стал нобелевским лауреатом, но его нельзя и мерить подобной меркой — его открытие далеко выходит за привычные пределы.

Хемосинтез представляет собой иной по сравнению с фотосинтезом способ образования органического вещества. Он осуществляется в темноте за счет энергии окислительно-восстановительных реакций. Открытие хемосинтеза Виноградским может быть приурочено к точной дате публикации его статьи в 1890 г. в «Ann. Inst. Pasteur, 4. Mémoue II» с предельно четкой формулировкой: «органическое вещество на земном шаре образуется при жизнедеятельности живых существ не только в процессе фотосинтеза, но и в процессе хе-

мосинтеза» (по русскому переводу «Микробиологии почвы». М., 1952. С.169). Казавшееся сначала лишь еще одной особенностью маленьких существ, открытие хемосинтеза постепенно изменило понимание способа жизни вообще, поставив его в зависимость от энергии химических реакций, неважно при использовании органических веществ. Постепенно расширяющееся понимание и приложение сформулированных Виноградским принципов изменило восприятие микробиологии. Сам он считал хемосинтез малозначимым количеством. Сейчас это вряд ли можно считать справедливым: оценки хемосинтеза глубинной микробиоты за счет окисления водорода при реакции воды с перегретыми горными породами указывают на величину, значимую по сравнению с фотосинтезом в океане. Возможно, это преувеличение, но хемосинтез мог быть древнейшим способом первичной продукции на Земле, сохранившимся до наших дней.

Виноградский много времени провел за границей. Свое эпохальное открытие он сделал, приютившись в скверной санитарной лаборатории в Цюрихе, работая там за свои деньги. Вернулся он в Россию из патриотических побуждений в противовес И.И.Мечникову (и на его место), уехавшему в Институт Пастера во Францию.

После первых успехов с открытием свободноживущих азотфиксаторов (*Clostridium pasteurianum*) Сергей Николаевич был вовлечен в административную работу, стал директором Института экспериментальной



В годы жизни в Бри-Комт-Робер.

медицины в Петербурге и, разочаровавшись, ушел из науки, чтобы вернуться в нее через 15 лет уже в эмиграции. Важно для нас то, что и за рубежом Виноградский создавал себе «русский остров», будучи глубоким интровертом.

Итак, мы имеем дело с русским гением, оказавшим далеко идущее влияние на мировую науку. По своему влиянию он имеет мало аналогов среди русских биологов. Его положение «русского за границей» создало двусмысленную ситуацию. С одной стороны, одним хотелось бы этого «русского по происхождению» причислить к выдающимся западным ученым. Но на этом же основании любого, кто смотрит в микроскоп Цейсса или Рейхардта, можно считать западным ученым. С другой стороны, жизнь за рубежом не позволяла советской власти признавать Виноградс-

кого своим (и совершенно основательно), хотя в серию «Люди русской науки» он был включен еще при Сталине.

Лишь сравнительно недавно Институт микробиологии, унаследовавший традиции лаборатории Виноградского, приобрел его имя. Давно уже стараниями академика А.А.Имшенецкого учреждена академическая премия им.С.Н.Виноградского по общей микробиологии, но на медаль не решились.

Сейчас, при изменившихся взглядах на многое в прошлом, нам следует иначе посмотреть и на жизнь и судьбу Виноградского и постараться не потерять

его имя как национальную гордость русского народа.

Приводимый отрывок из воспоминаний Виноградского, так близко напоминающий «Окаянные дни» И.Бунина, ясно показывает, что решение уехать, на котором настояла Ксения Никитична (ее можно называть «гражданской женой» Сергея Николаевича в то время), было единственно правильным.

Из своих великих людей мы стараемся сделать «житие святых», сделать их образцом во всех ипостасях. В определенном отношении это стремление разумно. Недостатки характера великих не должны служить ин-

дальгенцией для мелких. Точнее, чем сказал Пушкин в письме П.А.Вяземскому (ноябрь 1825 г.), выразить эту мысль нельзя.

Личность такого масштаба, как Виноградский, может быть интересна для психолога. Свою почти девятидесятилетнюю жизнь, оглянувшись назад, Виноградский описывал трезвым аналитическим умом. Читая этот не имеющий аналогов материал, нужно постоянно иметь в виду, о явлении какого значения идет речь, и понимать, что Сергей Николаевич Виноградский — бесспорно одна из наиболее ярких звезд на небосклоне русской науки. ■

14 мая 2005 г. летчик Д.Дельсаль первым в мире посадил вертолет на самую высокую точку планеты — гору Эверест (8850 м) и, пробыв там более 2 мин для установления рекорда в соответствии с правилами Международной федерации авиации, благополучно взлетел. Основная трудность состояла в выполнении маневров в атмосфере, плотность которой на 60% меньше, чем на уровне моря (подъемная сила несущего винта падает соответственно). Для обеспечения безопасности серийную машину французской фирмы «Eurocopter» облегли на 120 кг, сняв ненужное оборудование. Следует отметить, что рекорд высоты подъема вертолета (12 400 м) установлен в 1972 г. тоже французским пилотом, Ж.Буле, и до настоящего времени не побит.

Science et Vie. 2005. №1055. P.17 (Франция).

Официальные представители Комиссии по научным исследованиям Европейского Со-

юза разработали основные положения 7-й Рамочной программы исследований. По сравнению с действующей, в ней будет значительно увеличена доля фундаментальных исследований, бюджет возрастет в два раза и достигнет 30 млрд евро. Программа начнет выполняться с 2007 г. В ее тематическое содержание (естественные науки, информационные технологии, нанотехнологии, авиация, качество пищевых продуктов, энергетика и управление) добавятся две новые темы — космические исследования и безопасность.

Nature. 2005. V.433. P.96;
http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_01_02/index.htm

В апреле 2005 г. в эстуарии Сены появился искусственный островок, который насыпан специально для остановки птиц-мигрантов. Их пути пролета традиционно проходят над местом, где сейчас строится гигантский контейнерный терминал. Островок создан в качестве компенсации за потерю при-

родного объекта площадью в 40 га и в соответствии с европейской директивой по птицам, согласно которой должно быть устроено еще не менее трех подобных «мест отдыха».

Макет островка разработан в Лаборатории гидравлических испытаний в Гренобле (Франция), он позволяет оценить силу воздействия на него волн и ветра. На создание островка ушло 667 тыс. т песка и камней; это позволило придать ему форму небольшого атолла с лагуной площадью в 5 га.

Sciences et Avenir. 2005. №701. P.46 (Франция).

Минные поля, оставленные в районе Мальвинских (Фолклендских) о-вов после конфликта 1982 г. между Аргентиной и Великобританией, образовали обширные «защитные зоны» для пингвинов: морские птицы слишком легки, чтобы от их касаний могли срабатывать взрыватели мин.

Sciences et Avenir. 2005. №705. P.54 (Франция).

Мир барокко: музыка и экология

А.М.Гиляров,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

История этого текста такова. В осеннем семестре я читаю студентам биологического факультета МГУ большой курс экологии — по две лекции каждую неделю, с начала сентября до двадцатых чисел декабря. К тому же студенты получают многочисленные домашние и классные задания. Под конец все несколько устают — и студенты, и преподаватель. И вот в качестве разгрузки на самой последней лекции, прежде чем объявить фамилии счастливых, получивших «автомат», т.е. успешно выполнивших все задания и набравших за это солидную сумму баллов, я ставлю музыку. Звучит начало 2-й партиты И.С.Баха и его же «Итальянский концерт» в исполнении выдающегося клавесиниста Ральфа Киркпатрика (с которым, кстати, был хорошо знаком известный эколог Дж.Э.Хатчинсон, неоднократно упоминавшийся в лекциях по экологии). А затем, в качестве постскриптума, я ставлю «Зиму в Буэнос-Айресе» Астора Пьяцоллы и «Зиму» Вивальди — обе вещи в блестящем исполнении Гидона Кремера и его ансамбля «Кремерата Балтика». Музыка сопровождается зрительным рядом: Бах идет под Боттичелли, Ренуара, Веласкеса, Матисса, Ватто и Мемлинга, Пьяцолла — исключительно под графику Пикассо, а «Зима» Вивальди под Питера Брейгеля (понятно, что «Охотники на снегу»). Но прежде чем запустить музыку и мультимедийный проектор, я пытаюсь студентам рассказать о том, почему лично для меня барочная музыка так хорошо перекликается с наукой экологией. Вот эти крайне субъективные заметки, ни в коем случае не претендующие на сколь-либо серьезный науковедческий, тем более музыковедческий анализ, я представляю на суд читателя и надеюсь на его снисходительность.

Что общего между музыкой эпохи барокко и экологией — наукой о живом облике биосферы? Первое, что приходит в голову, что ощущается уже нутром, на уровне подсознания, — это некое сходство принципов устройства двух миров. Один мир — музыкальный, сотворенный европейскими композиторами в период с конца XVI до середины XVIII в. Другой — это мир живой природы, нашедший свое отражение в трудах экологов XX в. Впрочем, может быть, правильнее говорить о разных аспектах или

разном видении одного мира — того, в котором мы живем и который тем или иным способом стараемся понять. В этом стремлении объяснить и упорядочить окружающую реальность наука и искусство дополняют друг друга, а вовсе не вступают в непримиримое противоречие.

1. Слушая барочную музыку, мы невольно замечаем, что в ней есть, с одной стороны, некий фундамент, устойчивый «паттерн», а с другой — бесчисленное количество вариаций, образующих многоуровневые конструкции возрастающей сложности. Подобно любым

природным объектам, музыкальные произведения эпохи барокко характеризуются фрактальностью — повторением одной структуры в разных масштабах*. Соотношение исполняе-

* Наглядное представление о фракталах в живой природе легко может получить каждый, кто хоть раз попытается разглядеть под лупой потрескавшуюся кору старого дуба — разве не напоминают неровности коры рельеф гористой местности с ущельями, пиками и плато? А ведь для крошечных членистоногих, обитающих на поверхности дерева, — это если и не ущелья и хребты, то по крайней мере — глубокие овраги и холмы. Это их пространство жизни, где есть надежные укрытия, а есть опаснейшие открытые места.

мых в разном темпе частей одного произведения (например, партии или концерта) и кружева звуков в пределах одной отдельно взятой его части невольно вовлекает слушателя в «игру масштабов». Но варьирование масштабов пространства-времени, в котором изучается какая-то популяция организмов или целое сообщество (например, тропический лес, океанический планктон или коралловый риф), — обычный прием современной экологии.

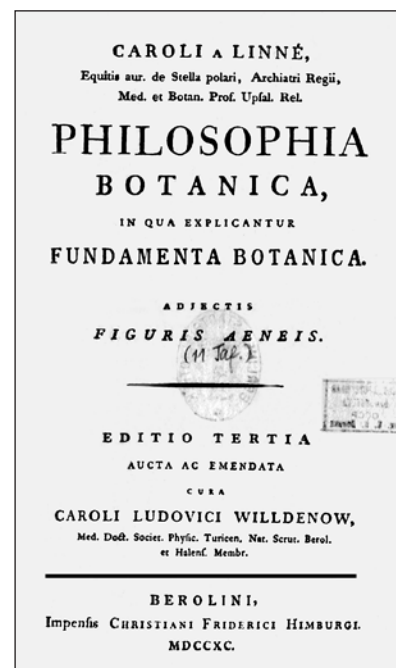
2. В мире живой природы целое нередко легко делится на части, а отдельную часть естествоиспытатель рассматривает как аналог или модель целого. Подобная трактовка очень стара и восходит к мифологическому мышлению, к идее об отражающих друг друга макро- и микрокосме (к примеру, человек как модель мироздания). Однако остатки этих представлений сохранились в экологии. Имеется в виду методология органицизма — уподобление организму объектов (например — биоценозов), организмами в узком смысле слова не являющихся, но демонстрирующих черты сходства с ними в своем развитии или поведении [1]. Что касается музыкальных сочинений эпохи барокко, то они очень естественно делятся на части, а каждая часть может рассматриваться как отдельное произведение, поскольку замкнута в себе и самодостаточна. Особенно четко это выявляется при сопоставлении с современной музыкой, которой нередко свойственна жесткая неделимость, и отсюда — требование внимательнейшего прослушивания всего сочинения — от первых тактов до последних: только так можно уследить за развитием сюжетной линии, нередко по-настоящему захватывающей. Примерами могут быть и альтовый концерт Альфреда Шнитке, и «Stimmen... Verstummen» Софии Губайдулиной, и «Метамызыка» Валентина Сильвестрова.

3. Основная структура системы может быть скрыта от внешнего наблюдателя. Так разросшийся плющ или дикий виноград скрывает порой целиком стены домов. Умение распознать невидимое приходит с опытом, и иногда для этого требуется специальное исследование. Внешний облик, детали и украшения бросаются в глаза сразу. Это относится как к природе, так и к произведениям искусства, особенно к барочным. Богатство форм, природных или созданных человеком, их усложненность и откровенная декоративность воспринимаются порой как излишняя расточительность природы или художника (архитектора, композитора). Однако удивительным образом богатство это не только не наскучивает, а продолжает доставлять непреходящее наслаждение даже самому опытному натуралисту и самому искушенному любителю искусств. Симптоматично, что выражение «барокко природы» использовал, хотя и мимоходом, выдающийся эколог — каталонец Рамон Маргалес (1919—2004) для обозначения некоего излишества и, может, даже хитроумности в устройстве экосистем [2].

4. Как для объектов экологии, так и для мира барочной музыки свойственны мягкость, стохастичность, непредсказуемость. В противоположность расхожему мнению, любая экосистема (да и биосфера в целом) вовсе не устроены по принципу «все связано со всем», и что стоит будто бы только потянуть за одну невидимую ниточку, как все развалится. К счастью, мир живой природы — это не часовой механизм и не карточный домик. В нем нет жесткой детерминированности и однозначности. И хотя множество альтернативных вариантов поведения безгранично, возможности для выбора почти всегда остаются. Отдельные организмы, а уж тем более популяции, экосистемы и биосфера не обладают даром предвидения.



Карл Линней (1707—1778).



Титульный лист книги Линнея «Философия ботаники».

Они вообще работают на текущее настоящее, а вовсе не на далекое будущее. Недаром нобелевский лауреат биохимик Франсуа Жакоб [3] сравнил природу с хорошенькой девушкой — «благородной, но не совсем опрятной... немного бестолковой в работе, делающей то, что она может, тем, что находится у нее под рукой». Интересен и его



Иоганн Себастьян Бах (1685—1750). Портрет веймарского периода.

вывод из этого сравнения: «Отсюда — моя готовность к самым разнообразным ситуациям» («D'où ma tendance à prévoir les situations les plus variées»).

5. Композитор, каким бы новатором он ни был, всегда ограничен рамками своего времени. Он не может не опираться на созданное его предшественниками даже тогда, когда сознательно стремится порвать с прошлым. Как описанная Жакобом девушка (а это, заметим, метафора живой природы), он делает то, что может, используя тот материал, который окажется «под рукой»*. Все эти аллеман-

* Владимир Мартынов в своей книге «Конец времени композиторов» (М., 2002), подробно рассматривая этот вопрос, использует термин «бриколаж» (от французского *bricoler* — мастерить, делать случайную работу), введенный в научный язык французским антропологом Леви-Стросом. Он развивает мысль о том, как бриколаж (использование интонационно узнаваемых моделей) в некотором роде противостоит истинному композиторскому сочинительству (изобретению нового). Но заметим от себя, что в эпоху барокко композитор вовсе не претендовал на роль демиурга. В творчестве композиторов того времени еще много было «некомпозиторской» (если пользоваться выражением Мартынова) музыки.

ды, куранты, сарабанды, образующие отдельные части партит Иоганна Себастьяна Баха, не что иное, как переработанные, но узнаваемые старые европейские танцы — немецкого, французского или испанского происхождения. Композиторы того времени нередко цитировали большие куски сочинений своих предшественников и при этом вовсе не беспокоились о том, что их обвинят в плагиате. Они просто творили одну общую музыку, и ничего не было зазорного в использовании удачных находок собратьев по цеху. Но подобная опора на прошлое, создание нового на базе старого — характернейшая черта не только природы, и не только музыкального творчества, но и любой науки. Новая теория может возникнуть как корректив или альтернатива старой, но она не может возникнуть на пустом месте. Что касается экологии, то она, сформировавшись в начале XX в. слиянием нескольких разных корней, в дальнейшем своем развитии не раз заимствовала готовые модели из других научных дисциплин.

Полимодальность барочной музыки, широкое использование в ней уже известных ранее структур (интонационных моделей), а отсюда — мягкость и лабильность всей конструкции — вовсе не есть признак слабости или незрелости. Наоборот, эта музыка кажется более «прогрессивной» (сознаю, что термин крайне неудачен) в сравнении с музыкой классицизма и романтизма, не дающей особой свободы и заставляющей как музыканта, так и слушателя следовать по довольно узкому коридору. Но человек, широко образованный и мыслящий самостоятельно, хочет иметь больше свободы. То возрастание интереса к барочной музыке, которое мы наблюдаем сейчас, возможно, есть реакция на жесткий детерминизм, господствовавший в музыке на про-

тяжении девятнадцатого и значительной части двадцатого столетия. Музыка барокко отличается тем, что дает бесконечное поле для интерпретаций. Непрекращающиеся споры о том, как **правильно** играть старинную музыку, в большинстве своем абсолютно беспочвенны**. И не только потому, что не существует магнитофонных записей игры Вивальди или Баха, а потому, что из оставшихся словесных пояснений вытекает, сколь большую свободу они давали исполнителям.

6. В эпоху барокко не было деления музыкантов на композиторов и исполнителей. Композиторы и были исполнителями. Круг слушателей (если не брать в расчет посетителей начавшихся тогда оперных спектаклей) также был представлен музыкантами или, по крайней мере, музыкально образованными людьми. Не было больших концертных залов, не было рампы, отделяющей пространство публики. Соответственно — не было и того, что, увы, получило особое развитие в эпоху романтизма: «работы на публику», стремления угодить толпе, поверхностной виртуозности, культивируемой в ущерб глубине восприятия и простоте исполнения. Сообщество музыкантов и близких к ним людей по степени своей замкнутости не слишком отличалось от сообщества ученых. Наверное, так и должно быть. И серьезная музыка, и высокая наука (в данном случае речь идет не только о музыке барокко и не только о науке биологии) эзотеричны. Они не предназначены для толпы,

** Прошу прощения за приземленность сравнения, но также не имеют особого смысла споры экологов о том, что можно, а что нельзя называть сообществом и какова единственно правильная дефиниция понятия «экосистема». Многие экологические термины возникали как простые метафоры, а попытки их строгой формализации ни к чему не приводили. Представления об «экологической нише» — лучший пример такого рода.



Картина Ж.А.Ватто «Прелести жизни». Лондон (The Wallace Collection). В руках у музыканта лютия (теорба), рядом — барочная виолончель.

они не несут в себе никакой полезности и не имеют «коммерческой ценности». Доступ к этим плодам человеческой культуры требует от неопита не только определенного образования, а также усилий по преодолению обычной душевной лени, но и горячего искреннего желания разобраться в том, что уже понято и сформулировано другими. И неважно при этом, о чем идет речь — о партитуре или о тексте научной статьи.

Вряд ли мы можем ставить в вину музыкантам и ученым эзотеричность, присущую серьезной музыке или настоящей науке. Они ведь не против того,

чтобы их достижения были открыты для общества. У них нет секретов от публики. Ноты и статьи публикуются, музыка звучит в концертных залах, а результаты научных исследований докладываются на семинарах и конференциях.

7. Одним из самых старых корней экологии безусловно следует считать естественную историю, особую форму знания, предшествующую биологии. Открыв глаза всем на колоссальное разнообразие существующих на Земле растений и животных, естественная история породила традицию создания ботанических садов, гербариев



Скрипка Антонио Страдивари (1671), подаренная Давидом Ойстрахом Музею музыкальной культуры им.М.И.Глинки (Москва).



Фламандский клавесин. 1626 г. Эта и последующая иллюстрации из книги: Claude Mercier-Ythier. Les Clavecins. Paris: Editions Vecteurs, 1990.



Роспись на деке. Клавесины 1704 и 1763 гг.

и зоологических коллекций. По очень меткому выражению французского философа Мишеля Фуко (1926—1984), естественная история — «это не что иное как называние видимого... отсюда ее внешняя простота и ее подход, кажущийся наивным, — настолько он прост и навязан очевидным ходом вещей»*.

Своего наиболее полного расцвета естественная история достигла в первой половине XVIII в. Ключевые фигуры того времени, обозначившие кульминацию естественной истории и одновременно ее конец (ведь в XIX в. она заменится новой наукой — биологией), — это, конечно, Карл Линней (1707—

1778) и Жорж Луи Леклерк Бюффон (1707—1788). Но если обратиться к миру музыки, то мы увидим, что тогда же трудились Франсуа Куперен (1668—1733), Георг Гендель (1685—1759), Доменико Скарлатти (1685—1757) и Иоганн Себастьян Бах (1685—1750). Великие натуралисты, завершающие традицию естественной истории, были младшими современниками великих композиторов, завершающих эпоху барокко в музыке.

Положив начало биологической систематике, а отчасти и будущей экологии, сама естественная история ушла в прошлое. От «называния видимого» естествоиспытатели перешли к попыткам «объяснения скрытого», к выявлению глубинных механизмов эволюции, создавшей поразительное разнообразие форм живых существ. Что касается музыки барокко, то у нее несколько иная судьба.

Став базисом для становления традиций классицизма и уйдя почти на два столетия в тень (т.е. сохраняясь в библиотеках, но не в живой игре музыкантов), она тем не менее не растворилась в более поздних сочинениях, а сумела сохранить свою значимость и снова вышла на свет. В чем секрет долголетия этой музыки? Думаю, что главное — это сочетание простоты и изысканности, скромности и богатства, ненавязчивости и убедительности. Как и естественная история, музыка барокко отражает «очевидный ход вещей» и потому обладает огромной притягательной силой. ■

Автор признателен доценту Московской консерватории О.В.Мартыновой и доценту биологического факультета МГУ С.А.Баландину за критические замечания и помощь в подборе иллюстраций.

* «L'histoire naturelle, ce n'est rien d'autre que la nomination du visible. De là son apparente simplicité, et cette allure qui de loin paraît naïve tant elle est simple et imposée par l'évidence des choses». (Foucault M. Les mots et les choses. Gallimard, 1966. P.144.)

Литература

1. Гиларов А.М. // Журнал общей биологии. 1988. Т.49. №2. С.202—217; Он же. Мифологическое в экологии // Природа. 1992. №2. С.3—10.
2. Margalef R. Our biosphere. Oldendorf; Luhe, 1997.
3. Jacob F. La statue intérieure / Éd. O.Jacob. 1987.

По мнению специалистов Международного союза охраны природы, существованию примерно 1800 видов земноводных (что составляет около трети от общего числа их видов) угрожает хитридиомикоз — заболевание, вызываемое паразитическим грибом *Batrachochytrium dendrobatidis*. Эксперты утверждают, что на финансирование мероприятий по спасению амфибий потребуется 330 млн евро в течение ближайших пяти лет.

Science et Vie. 2005. №1058. P.42 (Франция).

Эксперты по защите природы получили от ботаников Боннского университета (ФРГ) давнюю ожидаемую мировую карту

растительного биоразнообразия. Она подтвердила, что самые богатые по видовому составу области суши — тропические леса (на о.Борнео, например, имеется не менее 10 тыс. видов растений). Карта исключительно важна для разработки планов сохранения биоразнообразия; она показывает, какие регионы более всего нуждаются в серьезных исследованиях. Это, в частности, особо отличающийся разнообразием видов бассейн Амазонки в северной части Колумбии, а также обширные районы Пакистана, Афганистана, Ирана, Японии, Северного Китая, о биоразнообразии которых известно пока очень мало.

Terre Sauvage. 2005. №207. P.51 (Франция).

В отличие от белого медведя или дельфина, у выдры отсутствует подкожный слой жира. Что же защищает это животное от холода? Специалисты Университета штата Пенсильвания (США) исследовали ее мех: его короткие и длинные волоски прилегают друг к другу так плотно, что образуют непроницаемый покров, а расположение волос таково, что позволяет равномерно распределяться между ними пузырькам воздуха. Эти пузырьки выдра вдвухает в мех, ухаживая за своим нарядом. Кроме того, мех не смачивается водой, так как волоски смазаны выделениями сальных желез.

Science et Vie. 2005. №1057. P.23 (Франция).

Новости науки

Археология

Палеолитическая венера из Зарайской стоянки

В ходе раскопок, проводившихся в 2005 г. на расположенной в Подмосковье и уже ставшей известной Зарайской палеолитической стоянке¹, было обнаружено очередное выдающееся произведение первобытного искусства. Впервые за 25 лет после открытия этого уникального памятника — остатков поселения охотников на мамонта — были найдены наряду со многими другими интересными предметами две женские статуэтки, вырезанные из бивня мамонта. Одна из них — завершённое произведение, вторая осталась незаконченной.

Статуэтка, представляющая собой завершённое изделие, обнаружена в одной из ям-хранилищ, которая относится к поселению, датированному временем около 22 тыс. лет от наших дней. Эта яма первоначально была перекрыта лопаткой мамонта. Есть основания предполагать, что статуэтка намеренно была уложена в яму на том этапе ее существования, когда она примерно на одну треть заполнилась оплывшим грунтом. Судя по всему, именно в этот момент яма и была накрыта (скорее всего, в последний раз) лопаткой мамонта. Не ради ли этой статуэтки она была закрыта? Ведь к тому времени яма уже утратила свою изначальную функцию — служить достаточно вместительной кладовой для хранения утвари, материалов и припасов.

Сохранность фигурки плохая. Но не настолько, чтобы не распо-

знать в ней характерное изображение «палеолитической веныры»². Сама расчистка, изъятие предмета из слоя и дальнейшее сохранение составили нелегкую задачу. В области груди и живота скульптуры произошло расслоение бивня по естественным пластинкам. Со стороны спины материал как бы растворился. Глубина разрушения здесь неравномерна, местами достигает 5 мм. С лицевой стороны, на груди и животе, имеются глубокие (до 0.7 мм) трещины по границе расслоения пластин бивня. В этих трещинах отмечены вросшие туда корешки современных растений. Произой-

² См., напр.: Котова Г.А. Доисторические Венеры // Природа. 1979. №6. С.113—114.

ла и общая деформация, особенно проявившаяся в том, что левая часть статуэтки ниже пояса разбухла и выглядит заметно толще правой. Лучше сохранились голова и ноги. На них имеется даже залощенность, характерная для поверхностей большинства костяных изделий из палеолитических стоянок. Наличие этой залощенности свидетельствует о том, что последней операцией в технологии изготовления статуэтки было лощение поверхности мягким материалом.

Описываемая фигурка полностью соответствует общим канонам антропоморфной скульптуры малых форм, типичной для виллендорфско-костенковской культурной общности. Размеры



Зарайская венера — статуэтка из бивня мамонта.

¹ См.: Амирханов Х.А., Лев С.Ю. Зарайская палеолитическая стоянка — памятник исключительной значимости // Природа. 2003. №10. С.44—47.

фигурки невелики: высота — 16.6 см; ширина у плеч — 4 см, у пояса — 5.1 см, у бедер — 5.5 см; толщина у плеч — 3 см, у пояса — 4.3 см, у бедер — 4.4 см. Соотношение длины туловища к длине ног 8.6/7.6 см. Особенности статуэтки позволяют дать ей и более узкое типологическое определение. Стиль этой разновидности изделий в специальной литературе обозначается как авдеевский. Для него характерны безликость, наклоненная вперед и вниз голова, стоячая поза при относительно вертикальной спине и разделенность ног до уровня колен или чуть ниже.

Тщательнее всего у статуэтки оформлена, пожалуй, голова. Здесь видна попытка передать прическу или головной убор в виде коротких ритмичных вертикальных насечек. Эти насечки образуют узкие горизонтальные пояски, которые окружают голову и сужаются, поднимаясь от основания к макушке. В материалах родственного Зарайской стоянке палеолитического поселения Костенки 1 можно наблюдать такое же оформление деталей головы женской статуэтки.

Зарайская стоянка подарила археологам уже несколько в высшей степени интересных предметов искусства. Хотя здесь раскопана все еще скромная по сравнению с другими стоянками площадь, итоги полевого сезона 2005 г. поставили Зарайскую стоянку в один ряд с такими знаменитыми памятниками Русской равнины, как Костенки 1, Авдеево, Гагарино, Хотылево. С одной стороны, это не должно удивлять, так как в культурном отношении Зарайск входит в круг перечисленных памятников. Однако в материалах Зарайска мы фиксируем специфику и даже некоторые уникальные для памятников палеолитической культуры проявления, относящиеся как к видам произведений искусства (например, наличие фигуративной гравировки), так и к технологии обработки кости (например, использование техники сверления). Это своеобразие зарайского памятника представляет особый ин-

терес: оно позволяет существенно скорректировать традиционные представления о стилях и видах первобытного искусства на Русской равнине в среднюю пору верхнего палеолита.

© Член-корреспондент

РАН **Амирханов Х.А.**,

доктор исторических наук

© **Лев С.Ю.**,

кандидат исторических наук

Москва

Планетология

Вода на Энцеладе, спутнике Сатурна

В Солнечной системе обнаружилось еще одно геологически активное тело, на поверхности которого извергаются водяные гейзеры. Это Энцелад — небольшой спутник Сатурна диаметром 500 км. Он был открыт в 1789 г. У.Гершелем и до недавних пор не привлекал особого внимания. Энцелад обращается по орбите вокруг Сатурна за 1.37 сут. Его суточное вращение происходит синхронно с орбитальным, как у Луны, т.е. спутник постоянно демонстрирует планете только одно полушарие. При массе $7 \cdot 10^{19}$ кг Энцелад имеет среднюю плотность 1.1 г/см^3 , что указывает на преимущественно водный состав его недр. Все это было известно давно, однако никто не ожидал, что на его поверхности бьют фонтаны.

До сих пор астрономы знали о трех местах в Солнечной системе, где наблюдается активный вулканизм, — это Ио (спутник Юпитера), Земля и, в незначительной степени, Тритон (спутник Нептуна). Новым членом этого «закрытого клуба» стал теперь Энцелад с его водно-ледяными вулканами.

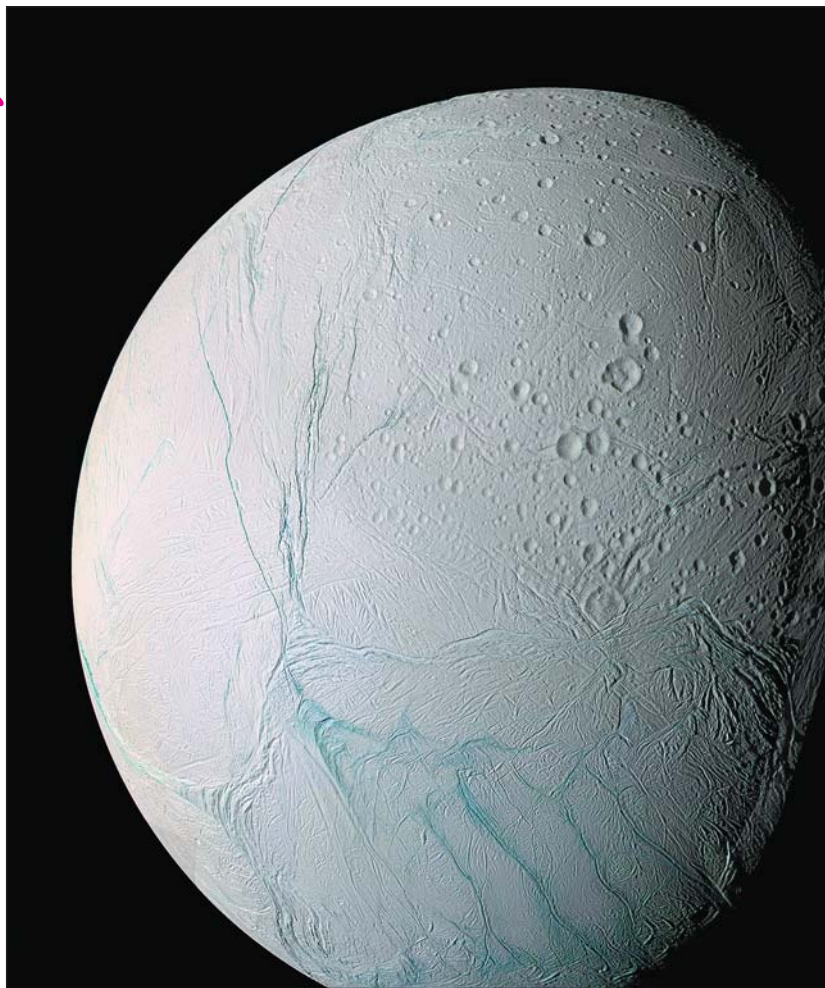
Струи, о которых пойдет речь, были открыты на очень четких изображениях, переданных автоматическим межпланетным аппаратом «Cassini» (NASA, ESA, ISA), обращающимся вокруг Сатурна. Время от времени аппарат сближается с тем или иным спутником планеты, которых сейчас насчитывается более 45. Во время пос-

ледного пролета «Cassini» мимо Энцелада была дана команда посмотреть назад, в направлении Солнца, при этом Энцелад виден аппарату с ночной стороны, а небольшая часть его дневной стороны выглядывала из-за ночной в виде тонкого полумесяца. Рассеивающие солнечный свет частицы, выброшенные с поверхности спутника, должны быть хорошо заметны с этого направления. Выбранная тактика наблюдений оказалась успешной: на полученном изображении видны несколько струй, вылетающих из тех мест, где раньше были обнаружены разломы поверхности, названные «тигровыми полосами». Еще во время пролета в июле 2005 г. «Cassini» зафиксировал увеличенный поток частиц из этих областей, а теперь удалось сфотографировать и сами «гейзеры».

Исследователи полагают, что на снимках оказались мелкие частицы льда, в который превратилась вода, вырвавшаяся из-под поверхности спутника в вакуум космического пространства. Вероятно, эти струи выбрасываются из «карманов», заполненных водой при температуре около 0°C . Вода вскипает при уменьшении давления, и пароводяная смесь, стремительно расширяясь, выплескивается наружу, как в случае хорошо известного холодного гейзера в Йеллоустонском национальном парке (США). А поскольку вторая космическая скорость на поверхности Энцелада всего около 200 м/с, часть вещества устремляется в космос.

Это открытие уникально тем, что прямо демонстрирует присутствие жидкой воды у поверхности небесного тела. В последние годы часто обсуждался обнаруженный на Европе, спутнике Юпитера, подповерхностный океан. Но существование этого внутреннего океана на Европе установлено лишь косвенно, по особенностям ее поверхности, тогда как на Энцеладе непосредственно наблюдается водяной пар, выбрасываемый из приповерхностных источников.

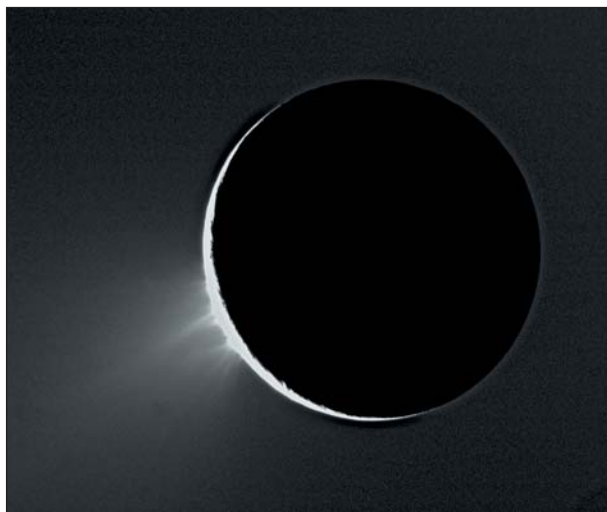
Некоторые из ледяных частичек, вылетающих с поверхности Энцелада, вероятно, входят в сос-



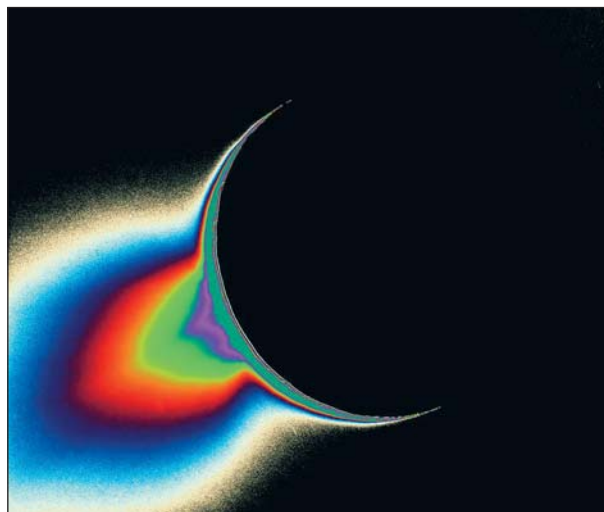
Энцелад, сферическое тело диаметром 500 км. В южной полярной области (на снимке — внизу) видны длинные разломы коры, названные «тигровыми полосами». В районе этих полос поверхность выглядит намного моложе, чем в соседних областях, покрытых метеоритными кратерами.

тав одного из прозрачных колец Сатурна, обозначенного буквой Е. В отличие от знакомых всем ярких колец А, В и С, очень разреженное кольцо Е заметно с Земли только в те редкие моменты, когда наша планета пересекает плоскость колец Сатурна, а происходит это примерно раз в 15 лет. Впервые кольцо Е астрономы увидели в 1966 г., а в 1980-м его удалось сфотографировать. Цвет кольца оказался голубым. Лучшие его изображения получены телескопом «Hubble» 9 августа 1995 г. Оказалось, что наиболее плотная и яркая часть кольца Е лежит на расстоянии 235 тыс. км от центра Сатурна, т.е. практически совпадает с орбитой Энцелада. На полученных изображениях кольцо Е можно проследить до расстояния 480 тыс. км. Минимальную толщину (в вертикальном направлении) кольцо имеет в районе орбиты Энцелада, а с удалением от нее распухает, достигая на больших расстояниях толщины 15 тыс. км и даже более.

Когда два года назад «Cassini» прибыл в систему Сатурна, он обнаружил, что окрестности планеты заполнены атомами кислорода. Тогда ученые не имели представления, откуда берется кислород. И только теперь стало ясно, что Энцелад выбрасывает молекулы воды, которые расщепляются сол-



Снимок ночной стороны Энцелада; небольшая часть дневной стороны выглядит как тонкий полумесяц.



Струи воды (в виде пара и льдинок), улетающие с поверхности Энцелада (яркость — в искусственных цветах).

нечным ультрафиолетом на кислород и водород. При этом за самим Энцеладом тянется шлейф из заряженных частиц.

Интересно отметить, что внутри кольца Е располагается тоже очень слабо заметное кольцо G радиусом 170 тыс. км и шириной всего 6000 км. Его обнаружили в 1979 г. по данным космического зонда «Пионер-11». Это кольцо имеет нейтральный цвет, указывающий на более крупный размер его частиц, представляющих реальную опасность для космических аппаратов, которые работают и еще будут работать в этой области системы Сатурна. Но опасность безусловно окупается теми перспективами, которые открывает существование воды на Энцеладе. Данные «Cassini» убеждают в том, что запасы жидкой воды находятся на глубине всего в несколько десятков метров под поверхностью Энцелада. Струи бьют из резервуаров, где температура воды около 0°C, хотя на поверхности Энцелада она составляет примерно -200°C. Такие запасы воды должны быть намного доступнее, чем, например, внутренний океан Европы, скрытый многокилометровой толщей льда. Жидкая вода на Энцеладе открывает перспективы для поиска внеземной жизни — фактически значительно раздвигаются границы в пределах Солнечной системы, где условия могут быть приемлемы для живых организмов.

Ученые еще не получили ответов на многие вопросы. Почему Энцелад сейчас так активен? Существуют ли на его поверхности другие активные места? Достаточно ли продолжительной будет эта активность, чтобы дать шанс зародиться жизни под поверхностью спутника?

Весной 2008 г. у астрономов появится еще одна возможность посмотреть на Энцелад, когда «Cassini» пролетит от него на расстоянии всего 350 км. Правда, к тому времени ресурс аппарата уже будет почти исчерпан. Но главное сделано: наряду с Титаном Энцелад теперь стал приоритетным объектом исследований

в системе Сатурна и одним из самых притягательных мест для экзобиологов в Солнечной системе.

© Сурдин В.Г.,

кандидат физико-математических наук
Москва

Астрофизика

Цефеиды погружены в газовые коконы

Цефеиды — яркие переменные звезды с периодами порядка нескольких дней — называют маяками Вселенной: известная зависимость между периодом и абсолютным блеском цефеид позволяет определить расстояния до них и, соответственно, до тех звездных систем, в которые они входят. Именно возможность использования цефеид в качестве индикатора расстояний привела к тому, что на протяжении последних десятилетий они изучались очень интенсивно. Однако до сих пор эти объекты способны преподносить сюрпризы. В частности, недавно ученые из Франции и США выяснили, что по крайней мере некоторые цефеиды окружены плотными газовыми оболочками — коконами, размер которых лишь в два-три раза превышает размер самой звезды.

Цефеиды — звезды немаленькие. Их радиусы могут превышать солнечный в сотни раз. Но все они далеки от нас, и потому видимый угловой диаметр даже самых крупных и близких цефеид не превышает нескольких тысячных угловой секунды. Для измерения их диаметров астрономам приходится прибегать к методу оптической интерферометрии, когда комбинация световых пучков от нескольких телескопов позволяет получить угловое разрешение порядка 0.001". Для определения угловых размеров цефеид *l* Киля, Полярной и δ Цефея использовались интерферометры Очень большого телескопа (Very Large Telescope Interferometer, VLTI) Европейской южной обсерватории (Чили) и Центра астрономии высокого углового разрешения

(Center for High Angular Resolution Astronomy, CHARA) обсерватории Маунт-Вилсон (США).

Три исследованных звезды довольно сильно отличаются друг от друга. Блеск массивного сверхгиганта *l* Киля, по размерам превышающего Солнце в 180 раз, пульсирует с гигантским для цефеид периодом в 35.52 дня и амплитудой почти в целую звездную величину (точнее, 0.72^m). Звезда δ Цефея, давшая имя всему этому классу переменных звезд, «мигает» гораздо быстрее (ее период 5.4 дня) и примерно с такой же большой амплитудой. Полярная же звезда меняет свой блеск всего на 0.03^m с четырехдневным периодом. Обнаружение оболочек у столь разных звезд означает, скорее всего, что наличие кокона типично для цефеид.

Причины его образования еще предстоит прояснить. Как и в случае других звезд с оболочками, кокон, по-видимому, формируется в результате истечения вещества с поверхности звезды. Особенности спектра *l* Киля действительно свидетельствуют о потере массы со скоростью, которая, по некоторым оценкам, может достигать 10⁻⁵ M_☉ в год. На высокий темп истечения указывает и массивность оболочки, о которой, в свою очередь, свидетельствует ее высокая яркость — в ближнем ИК-диапазоне оболочка вносит около 4% в полную светимость объекта.

Astronomy and Astrophysics. 2006. V.448. P.623 (международный журнал).

Физика

Терагерцовый лазер на основе нанотрубок

О.В.Кибис (Новосибирский государственный технический университет; Россия) и М.Е.Портной (Университет Эксетера, Великобритания) по результатам своих теоретических разработок предложили новый тип излучателей на основе нанотрубок. Расчеты показали, что разогрев электронного газа электрическим полем может приводить к инверсной заселенности электронных подзон, необ-

ходимой для лазерной генерации электромагнитных волн терагерцового диапазона.

В работе учитывалось своеобразие зонной структуры углеродных нанотрубок. Состояния носителей в них характеризуются непрерывным волновым вектором вдоль оси нанотрубки и дискретным квантовым орбитальным моментом. Есть состояния с одинаковым волновым вектором и с орбитальным моментом, отличающимся на 1. Переходы между этими состояниями вызывают излучение фотона, у которого спин равен 1, а волновой вектор пренебрежимо мал.

Письма в ЖТФ. 2005. Т.31. С.85–89 (Россия); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_01_02/index.htm

Энергетика

Светодиодному освещению — зеленая улица

Закон об энергетике США, получивший недавно одобрение Конгресса, открыл зеленую улицу исследованиям и разработкам в области создания новых — чистых и экономичных — источников энергии. Большое внимание в законе уделено светодиодному («твердотельному») освещению, способному с коммерческой выгодой заменить флуоресцентные источники и лампы накаливания.

В ближайшие семь лет (начиная с 2007-го) будет выделяться 50 млн долл./год на разработку полупроводниковых и органических светодиодов. Для полупроводниковых к 2025 г. поставлена задача довести отношение светового потока к мощности с нынешних 47 до 162 лм/Вт, срок службы — с 16 тыс. до 100 тыс. ч, стоимость — со 146 до 3.3 долл. за 1 тыс. лм (современными считаются данные на 2005 г.). Для органических светодиодов планируется повысить отношение светового потока к мощности с 20 до 100 лм/Вт, а срок службы — со 100 до 10 тыс. ч.

Активная разработка «твердотельных» элементов освещения началась три года назад с откры-

тием финансирования в 2 млн долл. и последующим ростом в 2005 г. до 15 млн долл. Стараются не отстать от США в этой области и азиатские страны.

В качестве примера нынешнего применения светодиодов можно привести освещение моста Винсента Томаса в Лос-Анджелесе 160 светильниками нового типа, каждый из которых потребляет 19.5 Вт. Чтобы получить необходимую суммарную мощность, вблизи установлена солнечная панель на 4.5 кВт. Таким образом, мост сам обеспечивает свое освещение. Светильники голубого цвета заметно отличаются от обычного для Лос-Анджелеса янтарного цвета общего освещения и морских навигационных знаков порта.

OE Magazine. 2005. V.5. №9. P.10; http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_20/index.htm

Зоология

Токсичные жабы и эволюция австралийских змей

Уникальная природа Австралии — классическая модель разнообразных экологических последствий необдуманной интродукции. Катастрофическое размножение здесь кроликов и «чума» опунций — самые известные примеры. Но далеко не исчерпывающие.

Одна из застарелых проблем связана с попаданием в Австралию в 1935 г. вездесущей жабы-аги (*Bufo marinus*). Это весьма крупное земноводное с длиной тела до 25 см отличается неприхотливостью и прожорливостью. Хищная жаба охотно поедает не только различных насекомых, но и мелких позвоночных животных. Из-за этого в начале прошлого века ее пытались использовать в борьбе с вредителями сахарного тростника и завозили на плантации различных частей света. Так жаба попала и в Австралию. Но на плантациях жить не стала, а стремительно распространилась по континенту; сейчас ее ареал занимает около 1 млн км² и включает

территории штатов Квинсленд, Северная Территория, Новый Южный Уэльс. Там ага хозяйничает, не встречая серьезного противодействия, поедает одних животных и вытесняет других. Большую угрозу представляет она и для... местных змей!

Дело в том, что жаба-ага не только огромная и хищная — она еще и ядовитая. Ее кожные железы выделяют токсичные секреты, опасные для потенциальных врагов. Ничего не подозревающие австралийские змеи заглатывают жабу и нередко погибают от отравления. Специалисты считают, что популяции 49 видов местных змей уже пострадали от вторжения жабы-аги. В их числе и некоторые редкие, особо охраняемые виды.

Австралийские герпетологи Б.Филипс и Р.Шайн из Университета Сиднея предположили, что появление подобной серьезной и коварной опасности должно было вызвать у змей определенный эволюционный ответ¹. Они выдвинули гипотезу, согласно которой отбор в возникшей ситуации должен «работать» в пользу особей с более длинным телом и с меньшим диаметром пасти: змеи могут поедать добычу только целиком, а предельный размер жертвы ограничивается лишь растяжимостью пасти. Чем меньше ее диаметр, тем менее крупную особь может проглотить хищник, и, значит, тем меньше яда попадет в организм. С другой стороны, чем крупнее сама змея, тем ниже будет концентрация полученного токсина.

Исследователи сравнивали произошедшие за последние 80 лет изменения размеров и пропорций тела в популяциях четырех видов австралийских змей, обитающих в регионе, освоенном жабой-агой. При статистическом анализе учитывали сроки контакта соответствующих популяций с интродуцированной жабой, широту и климатические особенности соответствующих мест обитания. И гипотеза полностью подтвердилась. Оказалось, что у двух видов змей, которые могут питать-

¹ Phillips B, Shine R. // Proc. Nat. Acad. Sci. 2004. V.101. №49. P.17150—17155.

ся жабами, — *Pseudechis porphyriacus* и *Dendrelaphis punctulatus* — действительно неуклонно уменьшается размер пасти и увеличивается длина тела. Иначе говоря, выживают в первую очередь те змеи, которые не могут проглотить слишком крупную жабу и, следовательно, не могут получить опасную для жизни порцию яда. Напротив, у двух других видов, не склонных к питанию жабами, подобных изменений не происходит.

Результаты исследования иллюстрируют, как адаптивная эволюция посредством естественного отбора протекает прямо на наших глазах — в ответ на вмешательство человека в сложнейшую систему экологических взаимоотношений в природе. Следует отметить, что эта работа сделана благодаря действующей в Австралии тщательной и хорошо продуманной системе инвентаризации и мониторинга живой природы.

© Семенов Д.В.,
кандидат биологических наук
Москва

Генетика. Медицина

Происхождение болезни Лебера в Квебеке

Канадские специалисты по наследственным болезням выявили ту самую «королевскую девицу», которая передала своим потомкам — жителям Квебека — редкую генетическую болезнь глаз. Ею оказалась одна из 700 девушек-сирот, которых французский король Людовик XIV в 1663—1673 гг. отправил в Прекрасную провинцию (так тогда называли Квебек) для коренного изменения сложившейся там демографической ситуации: подавляющую часть этой французской колонии составляли тогда лица мужского пола.

Генетики университетов Квебека и Монреаля, используя обширную базу данных о всех квебекцах, родившихся после 1800 г., установили генеалогию 11 горо-

жан — носителей мутации, ведущей к появлению болезни Лебера. Это заболевание характеризуется атрофией зрительного нерва и заканчивается быстрым (в среднем за четыре—шесть недель) и резким (до сотых долей единицы) снижением остроты зрения, передается по материнской линии и проявляется в основном у юношей. Все это, конечно, не было известно парижским монахиням, которым был поручен подбор привлекательных девушек для создания семей в Новом Свете.

Sciences et Avenir. 2005. №702. P.18 (Франция).

Палеоботаника

Динозавры питались травой?

За последние 30 лет все большую популярность в археологии и палеоботанике приобретает новый метод идентификации растительных остатков — изучение опаловых фитолитов. Эти микроскопические минеральные включения образуются прижизненно в растительных тканях из растворенной в грунтовых водах кремниевой кислоты. Последняя не выводится из растений при транспирации, а накапливается внутри отмирающих клеток надкожицы некоторых видов растений в виде аморфного кремнезема (опала), создавая точные слепки внутреннего пространства клеточных стенок. Механически прочные и химически стойкие, фитолиты могут сохраняться в погребенных почвах миллионы лет. Изучение морфологии извлеченных из проб почвы фитолитов дает ценную информацию о составе местной флоры в определенный период времени на уровне подсемейств, а в некоторых случаях — на уровне родов и видов. Травоядные животные служат природными концентраторами фитолитов, в огромных количествах накапливая их в своих кишечниках и в неиз-

менном виде выделяя с экскрементами. Поэтому зоологи могут сделать определенные выводы о пищевом рационе растительноядных животных, установив состав фитолитов в пробах их навоза.

Изучение фитолитов получило новое применение, когда оказалось, что их можно количественно определять в копролитах — окаменевших экскрементах вымерших животных, обитавших на нашей планете десятки миллионов лет назад. Это позволило пролить свет на давнюю загадку — чем же все-таки питались растительноядные динозавры?

Группа индийских и шведских палеоботаников во главе с В.Прасадом (V.Prasad) изучила копролиты, найденные в центральных районах Индии, на Деканском плоскогорье, в позднемиоценового возраста. Как предполагают, эти копролиты были оставлены растительноядными динозаврами группы титаноидных динозавров. Оказалось, что они содержали фитолиты, принадлежащие разным группам растений — саговникам, пальмам, хвойным и травам семейства Роасеае. Характерные для трав фитолиты составляли лишь небольшую часть всех обнаруженных фитолитов, так что травы не были основой рациона этих животных. Однако разнообразие форм фитолитов указывает, что к тому времени почти все основные филогенетические линии трав семейства Роасеае уже были сформированы, что говорит о значительно более ранней, чем считалось прежде, диверсификации трав.

Появление общего предка этих трав теперь нужно относить не к палеоцену, а к позднему мелу. По оценке авторов работы, это произошло около 85 млн лет назад, еще до распада Гондваны. Так что динозавры вполне могли питаться травой.

Science. V.310. №5751. P.1177—1180 (США).

Вера и наука

К вопросу о религиозном и светском преподавании биологии в школе

С.Г.Мамонтов,

доктор медицинских наук

Российский государственный медицинский университет

Москва

Вера и религия, как показывает исторический опыт, не находятся в глубоком противоречии с наукой: у этих направлений человеческой деятельности разные цели и разные методы их достижения. Официальная позиция православной церкви выражена Патриархом Алексием в ответах на вопросы нашего журнала (Начало диалога // Природа. 1995. №1. С.3). В частности, там говорится: «Наука как познание и совершенствование мира оценивается христианством глубоко положительно, ибо ею движет творческая сторона человеческой личности...» и далее: «В традиции христианства есть временное и вечное. В разные века взгляды христиан на отдельные стороны мироздания, зависевшие от современных им нахонок науки, менялись». Таким образом, противоречия между наукой и религией можно считать преодолимыми.

Более остро эта проблема проявляет себя в области просвещения, когда встает вопрос об изучении религиозных основ в средних школах. Буквальное восприятие неокрепшими умами школьников «незыблемых» канонов неизбежно наталкивается на ряд противоречий. Они, как мы видим, вполне успешно разрешаются отцами церкви. Для преподавания в школе основ естествознания нужны учебники, в которых «взгляды христиан на отдельные стороны мироздания» излагались бы так, чтобы не искажались проверенные опытом научные факты. Пока, к сожалению, на этом пути ошибок больше, чем достижений. Примером такого крупного промаха служит книга С.Ю.Вертьянова «Общая биология. Учебник для 10–11 классов общеобразовательных учреждений с преподаванием биологии на православной основе».

В последние годы Русская православная церковь принимает все более активное участие в различных сферах жизни общества, а предметом ее особого внимания стало образование. Наверное, именно этим можно объяснить появление новых «русских учебников, способных объективно представить учащимся общеобразовательный материал, минуя материалистические и либерально-гуманистические идеологические шоры...»*. Видимо, к такому изданию относится рецензируе-

* Из материала, помещенного на православно-аналитическом сайте «Правая.ru».

мый учебник. Его главная особенность — православное отношение к предмету.

Как известно, к учебникам предъявляются особые требования: он должен содержать если не оптимальный, то минимально необходимый для данного уровня обучения объем знаний по предмету, а излагаемый материал должен быть точным, без фактических ошибок. Одна из важнейших задач школьного образования — воспитание у учащихся навыков самостоятельного мышления, умения формулировать проблему и выявлять причинно-следственные связи между наблюдаемыми явлениями. Школьники должны

иметь представление о методах научного исследования (наблюдении, сравнении, эксперименте). И еще. В 10-й (и далее в 11-й) класс идут учиться дети, решившие продолжить свое образование в высшем учебном заведении. В любом вузе, где одной из базовых дисциплин служит биология, абитуриенту придется выдержать суровый конкурс, и материал учебника, которым он будет пользоваться, должен соответствовать современным научным знаниям.

Посмотрим, удовлетворяет ли этим требованиям книга С.Вертьянова.

Прежде всего, книга изобилует биологическими ошибками.

Упомяну лишь о некоторых из них. На с.48 указано, что лизосомы, как и ядро, имеют двойную мембрану. Это неверно — у лизосом одинарная мембрана. При описании отрицательного воздействия этилового спирта на печень человека сказано, что постоянное употребление алкоголя приводит к жировому перерождению печени — циррозу (с.60). Это также неверно: жировая дистрофия гепатоцитов, конечно, имеет место, но цирроз — это замещение погибших печеночных клеток соединительной тканью. Одноклеточные водоросли никак не могут в темноте переходить к фагоцитозу (с.64), поскольку имеют прочную целлюлозную стенку, неспособную формировать впячивания, на что указывает и сам автор (с.38). Бактерии не делятся «сразу на несколько частей» (с.82).

Много путаницы в разделе «Размножение и развитие организмов». На с.79 написано, что в митозе на стадии метафазы (на рисунке она нарисована неправильно) центромерные области хромосом разъединяются. На самом деле разъединение центромеры служит началом следующей фазы митоза — анафазы. На с.84 автор пишет, что в половом размножении, в отличие от бесполого, участвует пара особей. В подавляющем большинстве случаев это так. Но у беспозвоночных широко распространен и гермафродитизм, когда мужские и женские половые органы имеются у одной особи (плоские черви, многие брюхоногие и двусторчатые моллюски и др.). Многие растения размножаются путем самоопыления. Недопустимо писать о мужских *пестичных* и женских *тычиночных* цветках у конопли. Сперматозоид млекопитающих содержит две центриолы, а не одну (которая, кстати, на рисунке обозначена неправильно, с.86). Проксимальная вместе с головкой проникает в яйцеклетку при оплодотворении, где принимает участие в формировании мито-

тического веретена зиготы, а дистальная образует жгутик. Нельзя допускать, чтобы утверждения, высказанные в одной части книги, противоречили другой ее части. На с.82 правильно написано, что при бесполом размножении потомство наследует признаки родителя, являясь в генетическом отношении его точной копией. Однако на с.133 читаем: «На всей планете невозможно найти два абсолютно одинаковых организма». Как быть школьнику, что отвечать на вопрос экзаменатора?

Автор весьма вольно обращается с систематикой. Конечно, сейчас существуют разные системы живого мира, и каждая имеет свои основания. Однако вряд ли имеет смысл погружать школьников в споры систематиков. В современных системах не выделяют царство протисты, в учебно-методических целях целесообразно давать филогенетическую систему, принятую в нашей стране. Приводя конкретные примеры, нельзя путать таксоны. Названные родственниками виноград и капуста (с.158) на самом деле относятся к разным порядкам, точно так же как якобы близкородственные виды тополь и лиственница (с.167): тополь относится к порядку ивовых, отдела покрытосеменные, а лиственница — к порядку сосновых, отдела голосеменные. При характеристике типа хордовых забыты бесчерепные (класс головохордовые), оболочники (класс асцидии), круглоротые. Класс рыб очень давно уже разделен на два самостоятельных класса — хрящевых и костных рыб. Тарантулов автор относит к насекомым! (с.180). Трилобиты называются «рачками», хотя это самостоятельный класс полностью вымерших членистоногих.

Ошибки встречаются в тексте буквально на каждом шагу. «У человека фаланги пальцев ног сросшиеся» (с.246). Как это понимать? В тундре автор обнаруживает «плодородную почву с богатым и питательным расти-



С.Ю.Вертьянов. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ. Учебник для 10—11 классов общеобразовательных учреждений с преподаванием биологии на православной основе.

М.: Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2005. 352 с.

тельным покровом» (с.303). Иногда фантазия автора (или недостоверные источники, которыми он пользовался) вызывают изумление. Автор пишет, что улиток (т.е. класс брюхоногих моллюсков) долгое время делили более чем на 200 (?) видов, но при более внимательном исследовании (!) оказалось, что их можно свести лишь к двум (с.210—211). Очень хотелось бы знать, кто проводил это «более внимательное» исследование. В этом классе насчитывается до 90 тыс. видов.

Стремясь устранить гомологию органов позвоночных из ряда сравнительно-анатомических доказательств эволюции, автор пишет: «Ученые отмечают,

что хотя *внешнее* (!) (выделено мной. — С.М.) сходство многих млекопитающих позволяет предположить эволюционную взаимосвязь, *строение макромолекул* (ДНК, белков и пр.) такую связь отвергает» (с.199). Тут остается только руками развести. Ведь последовательность нуклеотидов в ДНК и аминокислот в белках у шимпанзе и человека совпадают на 99%, а инсулин свиньи и человека различаются лишь двумя аминокислотами. Таких примеров можно привести множество.

Налицо и небрежность в работе над текстом. Так, из текста на с.208 следует, что земноводные имеют чешую, хотя автор, несомненно, знает, что кожа у них голая. На с.164 сначала написано, что К.Линней понимал под *видом* библейское слово *род*. Чуть ниже читаем: «Ученый отождествил библейский *род* с классификационным понятием рода». Может читатель уразуметь, что же на самом деле думал Линней? На с.245 указано, что он «поместил человека в один *род* с обезьянами». На самом деле Линней выделил *отряд* приматов, куда наряду с родом человек (*Ното*) вошли еще гиббоны, орангутаны, шимпанзе, гориллы. Складывается впечатление, что автору все равно, какие термины употреблять при характеристике органического мира. Но читателю ведь это совсем не безразлично. Точность получаемых учащимся знаний, владение терминологией изучаемой науки — обязательный показатель качества преподавания, поскольку обуславливает их применение в практической работе.

Уже краткий перечень недочетов показывает, что книга составлена непрофессионально и автор не владеет материалом. Однако такая небрежность в обращении с фактическим материалом имеет, думается, еще одно объяснение. В задачу автора и не входило систематическое описание структуры живой природы и закономернос-

тей ее функционирования. Его цель — объяснить окружающий нас мир и его эволюцию с помощью текстов Священного Писания.

В любых объяснениях, от какой бы посылки они ни исходили, должны присутствовать логика и здравый смысл (к чему призывает и автор на с.241). Однако попытки автора объяснить *все* Промыслом Божиим приводят к курьезам. На с.212 читаем, что до грехопадения людей самки комаров питались соком растений, поскольку в них, возможно (!), содержался гемоглобин. Жаль, что автор не потрудился объяснить, какую функциональную роль играл гемоглобин в клетках зеленых растений и каким образом растения от него моментально избавились. Принимая объяснения автора о возникновении хищничества как результата грехопадения, вследствие чего изменились инстинкты животных, никак нельзя понять существование хищных инфузорий, хищных растений и грибов, у которых инстинктов нет, так же как и паразитов, питающихся соками и тканями животных. Чем питались пелагические хищники — дельфины, кашалоты, морские змеи? Фитопланктоном? Их организм не приспособлен для этого. Чем питались глубоководные хищники (например, кальмары) и придонные (актинии, морские звезды), они ведь и на фитопланктон рассчитывать не могли, потому что там его нет. Таким образом, мы приходим к абсурду.

Подобные вопросы вызывает и библейская история со Всемирным Потопом. Бог велел Ною построить ковчег, ввести туда семейство и выбранных Ноем животных, «чтобы сохранить племя для всей земли». Ной якобы выполнил повеление. Но как он мог поместить в ковчеге 2.5 млн ныне живущих видов живых организмов? Чем же их кормил в течение года, пока сидел взаперти? Почему он не взял динозавров и бесчислен-

ное количество других вымерших видов организмов? Очевидно, просто потому, что создатели легенды не знали о их существовании. Ной с семейством должны были унести с собой представителей около 500 паразитических видов, т.е., погружаясь в ковчег, они должны были болеть одновременно чумой, холерой, менингитом, энцефалитом, амебной и бактериальной дизентерией, сыпным и брюшным тифом, сонной болезнью, малярией трехдневной, четырехдневной и тропической, сифилисом, гонореей, дифтерией, гепатитом А, В и С, гриппом, туберкулезом, лейшманиозом, аскаридозом, оспой, чесоткой, проказой и т.д. и т.д. для того, чтобы передать возбудителей этих заболеваний следующим поколениям людей. Абсурд? Конечно. Просто 6—8 тыс лет назад люди не знали о многих заболеваниях человека и тем более об их возбудителях. Но мы должны будем во все это поверить, если примем идею *одной великой катастрофы* — Всемирного Потопа, изменившего лик Земли.

Конечно, в нашу задачу не входит критический анализ Библии и высказываний святых отцов о происхождении жизни. Это — дело богословов и религиоведов. Я останавливаюсь на этом только потому, что Священное Писание служит в этой книге идеологической основой для пропаганды религиозного восприятия действительности, идеи о неравноценности рас человека (с.265) и критики научного исследования окружающего мира.

Задача ниспровержения материалистического взгляда на сущность жизни, ее происхождения и дальнейшего эволюционного развития решается двумя путями: попытками тем или иным способом бросить тень на ученых-эволюционистов и результаты их работы и подбором псевдонаучных аргументов, якобы доказывающих несостоятельность теории эволюции.

Посмотрим, как излагается теория Лайеля о факторах, обусловивших постепенное изменение лика Земли (теория актуализма): «Лайель и Дарвин были близкими друзьями, и неудивительно, что Лайель обосновал геологию на еще не доказанной фактическим материалом гипотезе Дарвина». На самом деле все было не так. Лайель был на 12 лет старше Дарвина. Первый том «Основных начал геологии» вышел из печати накануне отплытия Ч.Дарвина в кругосветное путешествие, и он взял его с собой. Второй том Дарвин получил уже в Южной Америке. Подружился с Лайелем он после возвращения из путешествия с уже сложившимся убеждением об изменчивости видов. Над теорией происхождения видов путем естественного отбора Дарвин работал еще более 20 лет, прежде чем опубликовал (такую научную добросовестность ученого Вертьянов рассматривает как недостаток, с.246—247). Несомненно, теория геологической эволюции Лайеля оказала влияние на Дарвина и послужила одной из научных предпосылок (не единственной) формирования теории эволюции биологической. Геохронология (в основу которой Лайель якобы положил принцип униформизма) приняла свой окончательный вид спустя десятилетие после выхода в свет труда Лайеля: кембрий был выделен в 1836 г. Седжвиком, силур в 1835 г. Мурчисоном, девон в 1839 г. Мурчисоном и Седжвиком, положение карбона над девоном на геохронологической шкале было установлено в 1839 г. Мурчисоном, который в 1841 г. выделил пермь. К 1841г. были определены границы палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Утверждать, что геологи подгоняли свои стратиграфические изыскания под эволюционную теорию Дарвина (с.218), нет никаких оснований.

Автор уделяет много места примитивной критике методов геологической стратиграфии,

определения возраста пород и возраста планеты (с.222). Этих методов школьники не знают, разобраться в них, естественно, не могут. Им остается только поверить учителю на слово — что мир возник 7500 лет назад, а потом был Потоп.

Автор убежден в неизменности всего существующего, игнорирует условия, сопутствующие или порождающие то или иное явление, отрицает фактор времени. У него то и дело происходит «взаимопревращение разных видов» (с.210), «развитие одного животного в другое» (с.237), «перерождение обезьяны в человека» (с.245), «появление первого млекопитающего» (с.228) «рождение (sic!) у птеродактиля археоптерикса» (с.230), а современная кистеперая рыба целакант (латимерия) «не стремится к жизни на суше» (с.227). А с какой стати глубоководная морская рыба должна к этому стремиться? Метафизический подход проявляется и в вычислении разного рода вероятностей — случайного образования ферментов, случайной самосборки живой клетки из необходимых атомов (с.241 и др.). Подобные расчеты не имеют ни химического, ни биологического смысла, в то время как понятие «химической эволюции» как предшественницы во времени эволюции биологической прочно вошло в научный обиход.

Особенным нападкам подвергается биогенетический закон. Оно и понятно — развитие в эмбриогенезе современных нам видов структур, свойственных их далеким предкам, — прямое доказательство эволюции. Основная ошибка Э.Геккеля — формирование в процессе эмбрионального развития признаков, свойственных взрослым предкам, — давно исправлена (кстати, Эрнст Геккель — не английский ученый (с.202), как думает автор, а немецкий). Трудом поколений эмбриологов показано, что в онтогенезе повторяются признаки зародышей предков, а не их взрослых форм,

что было подмечено еще К.Бэрром и получило развитие в теории филэмбриогенезов А.Н.Северцова. Неслучайно, полагаю, упоминания об этой теории нет в учебнике. От биогенетического закона Геккеля осталось главное: онтогенез — это отражение процессов, происходивших на протяжении эволюционного развития вида. Примеры этого многочисленны, и многие из них приводит сам автор.

Странно читать почти детективную историю с рисунками Геккеля, изображающими зародышей позвоночных, которые автор объявляет подделкой и за которые Геккель якобы был исключен из состава профессуры Йенского университета (с.203). На самом деле Геккель занимал кафедру сравнительной анатомии этого университета с 1862 по 1909 г., когда в возрасте 75 лет передал ее своему ученику Людвигу Плате. Нападки на Геккеля, создавшего большую интернациональную школу сравнительных анатомов, эмбриологов и филогенетиков, сейчас выглядят анахронизмом. Можно подумать, что за полтора десятилетия, прошедших со времени опубликования биогенетического закона, никто не заинтересовался, как же протекает эмбриональное развитие наземных позвоночных и человека. Между тем эти процессы детально изучены.

Основной объект критики — научная теория эволюции, первоначально сформулированная Дарвином, развитая и дополненная поколениями выдающихся ученых и представленная ныне *синтетической теорией эволюции*.

Из книги Вертьянова ничего нельзя узнать о Чарльзе Дарвине, кроме того, что он предложил гипотезы естественного отбора и происхождения человека, которые не были восприняты «серьезными учеными» (Дарвин был, стало быть, «несерьезным»). Между тем к моменту начала работы над «Происхождением видов» Дарвин

был уже одним из крупнейших и авторитетнейших натуралистов Европы, автором многих капитальных трудов по зоологии, геологии, палеонтологии, географии.

Как сейчас оцениваются взгляды Дарвина на происхождение человека? Английский антрополог Р.Фули в своей книге, посвященной становлению человека как вида, пишет: «Происхождение человека» по-прежнему остается одной из лучших книг на эту тему. Книга Дарвина сохраняет свое значение, потому что автор рассматривает, как и почему происходит эволюция человека».

Но автор учебника отрицает естественный отбор, как и его причину — борьбу за существование — на основании текста Писания и мнения св. отцов (с.177, 343). Категорически он отвергает и «синтетическую теорию эволюции», представляя ее как «совокупность противоречащих концепций, ни одна из которых не объясняет происхождения живых организмов». Между тем современная теория эволюции покоится на прочном основании: теории естественного отбора Дарвина, геологии, палеонтологии, сравнительной анатомии, сравнительной эмбриологии, генетике. Здесь не место излагать сущность современной теории эволюции; для знакомства с ней есть специальные руководства.

Конечно, не все еще ясно в процессах эволюционного развития жизни, обсуждаются различные гипотезы по отдельным вопросам. Это совершенно естественный процесс развития науки. Однако рассказывать об этапах этого развития следует корректно и не искажать взглядов эволюционистов. Нет и не было «эволюционной гипотезы о происхождении видов путем случайных мутаций» (с.194 и след., с.238). Такие взгляды высказывались некоторыми учеными, когда генетика только оформлялась как самостоятельная наука. Совершенно непра-

вомерно ссылаться на давно утратившие значение критические высказывания ранних генетиков начала XX в. по поводу дарвиновской теории видообразования. Незачем тратить столько страниц для доказательства невозможности видообразования путем случайного мутирования отдельных генов — эти идеи давно уже стали достоянием истории науки.

Невозможно в небольшой рецензии подробно разбирать все выхваченные из контекста цитаты, искажающие взгляды авторов и произвольную трактовку тех научных данных, которые не согласуются с религиозными воззрениями Вертьянова. Цель здесь одна: посеять в юных умах недоверие к науке. С той же целью смакуются и неполнота палеонтологической летописи, и ошибки ученых (с.249), и подделки, хотя и редко, но — увы! — встречающиеся в истории науки (пилтдаунский человек). Но наука успешно преодолевает и ошибки, и трудности, поскольку научное исследование — процесс объективный. Нынешнее состояние научной картины мира никак не определяется теми ошибками, которые имели место 100 лет тому назад.

Текст переполнен материалом, который школьник не может понять, а учитель — объяснить. Любой ли школьный учитель расскажет о сущности теории Пригожина? Или о том, что такое «панпсихизм» Тейяра де Шардена? Все это наукообразие, дилетантский подбор аргументов «pro» и «contra» (а также цитирование громадного числа имен — математиков, физиков, теплофизиков, астрофизиков, электриков, механиков, всего около 150) должно заставить запутавшегося читателя сдать и просто *поверить* в то, что жизнь на Земле создана сверхъестественным путем, строить свое миропонимание в соответствии с легендами, сотворенными пастушескими племенами Передней Азии 6—8 тыс. лет на-

зад. Цель, недостижимая в XXI в. Глава 12 «Происхождение жизни на Земле» состоит из разного рода домыслов и не соответствует современному уровню знаний.

Обличительный пафос автора превращает некоторые разделы книги в памфлет, едва ли уместный в учебно-методической литературе. Агрессивный и безапелляционный характер высказываний Вертьянова вызывает беспокойство. Нам предлагают вернуться в средневековье? Вывод один: книга, написанная непрофессионально, со множеством ошибок, обусловленных как недостаточной компетентностью автора в предмете, так и непониманием фундаментальных биологических законов, не может стать учебником для общеобразовательной школы.

Идея создания *православного учебника биологии* изначально несостоятельна. Нельзя излагать современную биологию, пользуясь языком и понятиями Ветхого Завета. Вера и наука — это параллельные миры, которые не пересекаются. Наука изучает феномены неживой и живой материи, устанавливает существующие в ней причинно-следственные связи, закономерности организации и функционирования известных нам систем. Неуместно комментировать явления природы с помощью высказываний святых отцов. Православные святые — люди благочестивые, занятые постом и молитвою, могут служить для нас образцом высокой нравственности, но не экспертами в конкретных вопросах естествознания. Эта изначальная функция христианской церкви — нравственное воспитание верующих — искажается попытками православных писателей (что мы наблюдаем в данном случае) выступать судьями и вестниками истины в конкретных естественнонаучных дисциплинах, сообразуя их со священными текстами. Попытками, как мы видим, безуспешными. ■

Астрономия

В.Г.Сурдин. НЕУЛОВИМАЯ ПЛАНЕТА. Фрязино: Век 2, 2006. 64 с. (Из сер. «Наука сегодня».)

Научно-популярная книга карманного формата посвящена поиску планет в Солнечной системе. Кратко рассказана история открытия планет, начиная с Урана, случайно обнаруженного Вильямом Гершелем в 1781 г. Эта находка, вдвое расширившая границы Солнечной системы, возбудила интерес астрономов к поиску новых планет. Для прогноза положения неизвестной планеты впервые была использована простая математическая прогрессия, известная как правило Тициуса—Боде, и она оправдалась: поиск между орбитами Марса и Юпитера привел к открытию целого семейства малых планет — астероидов.

В дальнейшем, заметив отклонения в движении Урана от теоретической орбиты, астрономы заподозрили существование еще одной крупной неизвестной планеты, влияющей на движение Урана. Математический прогноз французского ученого У.Лeverье безошибочно указал положение неизвестной планеты на небе — так был открыт Нептун.

Почти век длились поиски девятой планеты Солнечной системы — в 1930 г. был найден Плутон. Существует ли десятая планета? На этот вопрос получили ответ только в XXI в., когда новое семейство небольших планет обнаружилось на периферии Солнечной системы, в поясе Эдворта—Койпера. Некоторые из этих тел с полным правом можно называть планетами, поскольку они крупнее Плутона и имеют собственные спутники.

Сегодня астрономы ищут планеты не только на периферии нашей системы, но и вблизи Солнца, в пределах орбиты Мер-

курия. Об этих гипотетических планетах — вулканоидах — пока ничего не известно. Но если они существуют, то должны испытывать заметную эволюцию орбитального движения под действием силы Ярковского, происхождение которой связано с солнечным светом.

Книга написана живым языком, содержит новые факты и поэтому будет интересна не только преподавателям и студентам, но и всем тем, кто интересуется современной астрономией.

Энтомология

Л.В.Каабак. Я ИДУ ИСКАТЬ... М.: ТЕРРА—Книжный клуб, 2006. 304 с.

Бабочки — пожалуй, самые прекрасные и гармоничные создания природы. Леонид Владимирович Каабак, доктор химических наук, профессор, на протяжении многих лет коллекционирует и изучает бабочек, совершая путешествия в труднодоступные и малоизученные уголки нашей планеты. Он организовал и провел более 30 энтомологических экспедиций в Приморском крае, высокогорьях Памира, Тянь-Шаня, Гиссаро-Алая, Гималаев, в сельве и джунглях Перу, Гайаны, Венесуэлы, Камеруна. Собранный им уникальный материал послужил основой для создания нескольких книг, одна из которых была отмечена ЮНЕСКО.

Поиск и изучение бабочек, в облике и поведении которых отразились фантастическая изобретательность и общая гармония природы, захватывающе интересны, позволяют приблизиться к решению некоторых ее загадок, осмысленнее воспринимать увиденное.

В книге нет ни доли вымысла. Это рассказ человека увлеченного, по-детски распахнутого миру, влюбленного в природу. Автор уверен, что в далеких уголках мира еще обитают

и ждут своих исследователей бабочки, не известные науке.

Океанология

Л.И.Москалев. МЭТРЫ ГЛУБИН: Человек познает глубины Океана. От парусно-парового корвета «Челленджер» до глубоководных обитаемых аппаратов. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 249 с.

Книга рассказывает об истории изучения глубоководной донной фауны с начала XIX в. до наших дней. Изложение фактов сопровождается рассказом о технических достижениях, позволивших ученым поднимать морских животных на палубы научно-исследовательских судов или наблюдать за ними через иллюминаторы обитаемых подводных аппаратов на максимальных глубинах Мирового океана вплоть до 11 км.

Автор, кандидат биологических наук, работает в Институте океанологии РАН. С 1954 по 1993 г. участвовал в 30 морских экспедициях и провел 200 ч в глубоководных обитаемых аппаратах, погружаясь на глубины до 5460 м. Эту книгу он посвятил памяти своих учителей — Л.А.Зенкевича, Ю.И.Галкина, Я.И.Старобогатова.

Некоторую сложность представляло именование морских животных, поскольку многие официальные (принятые научным сообществом в соответствии с Международным кодексом зоологической номенклатуры) латинские названия не имеют русских эквивалентов. Считая книгу научно-популярной, автор не стал приводить подобные названия на латыни, а использовал русский алфавит.

Изучение глубин Мирового океана — один из самых романтических разделов океанологии, а в науке людей выдающихся дарований и знаний почтительно называют мэтрами. О МЭТРАХ ГЛУБИН и рассказывается в этой книге.

Воспоминания доктора С.Ф.Вербова

К.К.Васильев,

доктор медицинских наук
Сумской государственной университет

Сергей Федорович Вербов — эмигрант первой волны. Его воспоминания, изданные в Париже, по понятным причинам были для нас недоступны. Вместе с тем они содержат много интересного, описывая типичный путь отечественного врача, оказавшегося в эмиграции.

Вербов опубликовал в Париже три книги воспоминаний: «По Днепру через пороги» (1956), «На врачебном посту в земстве» (1961) и «Люди, пути и тропы» (1970). Первая рассказывает об эпизоде из жизни выпускника Екатеринославской гимназии — путешествии с друзьями через Днепровские пороги. Во второй описываются студенческие годы и работа земским врачом. Последняя книга — это повествование об истории жизни семи интеллигентов. Их крестный путь начался по-разному, но все они впоследствии оказались в Париже. Себя Вербов описывает под именем Алексея Семеновича Никудышина — «доктор, он же писатель».

Родился Сергей (на французский манер Самуэль, а второй вариант отчества — Фриделевич) Вербов в 1883 г. на Лазурном берегу в Ницце. Его отец, юрист, после многолетней ста-

жировки у известного адвоката в качестве помощника к моменту появления на свет сына был принят в сословие присяжных поверенных и начал самостоятельную практику в Москве. Гимназию Сережа оканчивал уже в Екатеринославе (Днепропетровске).

Днепр в его воспоминаниях предстает таким, каким он был до постройки в 1932 г. Днепрогэса, в водохранилище которого исчезли знаменитые Днепровские пороги, т.е. все 70-верстное протяжение Днепра от Екатеринослава до Александровска (Запорожья).

Его два брата были врачами. Возможно, следуя их примеру, Вербов решил также стать врачом. Будучи гимназистом, Сергей дважды гостил у брата — земского врача Воронежской губернии в с.Тишанка. В 1903 г. поступил на медицинский факультет Императорского Харьковского университета. Его студенческие годы были, как он пишет, «на стыке двух эпох». Он был старостой на курсе в течение всего времени пребывания в университете, активно участвовал в студенческом движении.

Вербов пишет, что тогдашний «университет отражал, естественно, конечно в миниатюре, все оттенки и разновидности политических программ и установок различных классов

и общественных слоев. <...> Достаточно было в вечерний час пройтись по университетским коридорам и лишь прочитав объявления на дверях аудиторий, чтобы понять, сколько в те времена расцвело и народилось объединений, партийных фракций, партий, враждовавших между собой, до крайности часто нетерпимых, в большинстве, впрочем, желавших все же хотя и «врозь идти, но вместе бить» [2. С.36].

Были социал-демократы с едва народившейся к тому времени группой большевиков. И социалисты-революционеры «...на бурных митингах в химической аудитории, собиравших “весь университет”, оперируя цитатами из Михайловского и Чернова, с трудом отстаивали свои позиции от нападков социал-демократов, нападков, уснащенных остротами, заимствованными преимущественно у Плеханова, к вящему удовольствию аудитории» [2. С.36].

«Но это были академические диспуты по сравнению с атмосферой выступлений украинцев или кавказцев. Украинская “фракция” насчитывала, по-видимому, столько группировок, соперничавших и друг с другом сугубо несогласных, сколько выступало на митинге ораторов. Прения велись по-русски, по-украински и на “наречии”, непо-

нятном даже большинству украинцев, на котором говорили “галичане”, притом со страстностью, обычной разве у испанцев или итальянцев и совершенно не свойственной этому народу. Митинги часто затягивались так поздно, и атмосфера накалялась до того, что сторожа тушили свет и, если это не помогало, то вызывали ректора, который и объявлял собрание закрытым. С украинцами по количеству враждовавших фракций и по темпераменту ораторов могли вполне соперничать кавказцы» [2. 36—37].

В связи с первой русской революцией в 1905/06 учебном году в университете не было занятий. Сергей Вербов, к тому времени студент второго курса, работал в Екатеринославской губернской земской больнице в отделении по внутренним болезням. Последние месяцы своего пребывания там он был на положении помощника врача.

В 1909 г. Вербов окончил медфак и в 1910—1911 гг. исполнял обязанности земского врача в Саратовской губернии. После этого поехал в Петербург для пополнения своих знаний в Клиническом институте Великой княгини Елены Павловны (Медицинская академия последипломного образования). В 1912 г. там же стал ассистентом профессора Н.А.Михайлова по кафедре урологии.

Участник Первой мировой войны. Служил врачом в Кавалергардском полку, оказавшись, таким образом, «среди цвета военной русской знати». Был исполняющим обязанности старшего врача полка. В первые месяцы войны участвовал в наступлении армии П.К.Ренненкампа на Кенигсберг. После контузии, последствия которой затруднили верховую езду, переведен в полевой госпиталь. В 1918 г. его демобилизовали, но в Петрограде снова мобилизовали, теперь уже в Красную армию. Сначала Петроград, Рославль Смоленской губернии, а затем 53-я пограничная дивизия,

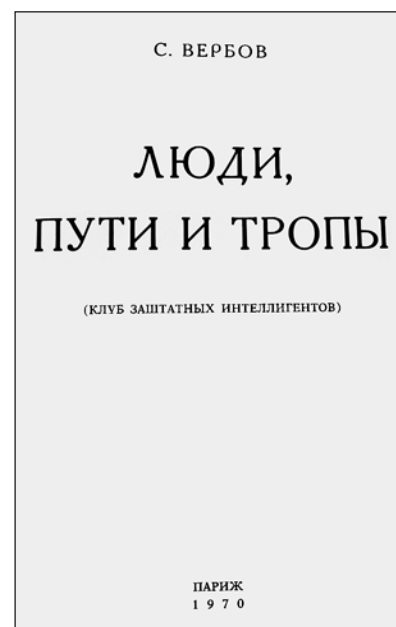
где Вербов состоял врачом, была брошена на фронт против поляков. Дивизия вошла в армию М.Н.Тухачевского, главное ядро которой составлял казачий корпус Гая. После поражения попала в кольцо окружения под Варшавой армия Тухачевского. Доктор Вербов так описывает дальнейшие события. К нему подошел начальник особого отдела и сказал: «Советую вам сейчас же оставить дивизию и следовать за казаками. Казаки обязательно пробьются. Для них это вопрос жизни или смерти. А все прочие... Не многим из них удастся избежать плена. Это же делаю и я сам» [3. С.376].

«Раздумывать было нечего и некогда. Когда мы тронулись, я, мой комиссар и наши вестовые попридержали своих коней, выждали, пока прошли кубанцы, и включились в хвост колонны. С этого момента началась героическая, а по существу страшная, звериная эпопея борьбы за жизнь.

Шесть долгих суток продолжалось испытание. Изо дня в день снова и снова смыкалось кольцо окружения и дикой, бешеной атакой разбивали его казаки. Тотчас же все, что могло двигаться, устремлялось в прорыв, движимое одним лишь чувством проскочить, пока не сомкнулось кольцо снова. И горе пехоте, горе отстающим!..» [3. С.376—377].

«Страшно было идти дорогой очередной атаки казаков. Трупы, трупы, наполовину обезглавленные и не только солдатские... Редко убитые пулей. Слово и дело было за казацкой саблей и за саблей только, как в стародавние, былые времена... Большой обоз с ранеными, по большей части казаками, следовал за нами. Сейчас вся цель была пробиться к месту, где стыком сходит польская земля с немецкой. За этим местом наш фланг был обеспечен, и, главное, мы выбирались из мешка» [3. С.376—378].

Наконец, Германия. Для того, чтобы избежать плена, войска



Титульный лист воспоминаний С.Ф.Вербова. Париж. 1970 г.

пересекают польско-немецкую границу.

«Таков был эпилог кампании под лозунгом “даешь Варшаву!” Не на родине мы стали “товарищей считать”, а на чужбине, в никому не ведомом Арисе, пограничном городке Восточной Пруссии... И было от чего взгрустнуть и возмутиться... Более ста тысяч в плену у поляков, из которых больше половины погибнет от голода, побоев и лишений и мы, в количестве 75 тысяч, на положении спасшихся от плена, интернированных. Но и мы получим нашу долю, хотя и меньшую, и унижений, и лишений в немецких лагерях» [3. С.380].

В Берлине Вербову удалось устроиться в советском «Бюро военнопленных» на должности заведующего санитарным отделом, где он и оставался до репатриации интернированных на родину.

Крупнейшему отечественному хирургу, урологу, профессору С.П.Федорову (1869—1936) посвящена большая литература, но нигде не описана его неудачная попытка бежать из Советс-

Встречи с забытыми



С.П.Федоров.

Встречи с забытым

кой страны за границу и обстоятельства, толкнувшие ученого на этот шаг. Вербов пишет следующее. «Однажды меня разбудил телефонный звонок. Тревожный голос знакомого немецкого врача, русского по происхождению... поднял меня с постели. <...> Доктор Иосилевский сообщил мне, что к нему обратился ассистент профессора Casper'a, уролога с мировым именем, с вестью об аресте в России проф. Федорова, с просьбой апеллировать к Советам о его освобождении. Иосилевский посоветовал обратиться за содействием ко мне.

Dr. Oelsner, не замедливши со мной связаться, сообщил, что ночью Casper'ом была получена телеграмма следующего содержания: "Проф. Федоров, бывший лейб-медик царя, арестован при попытке перейти латышскую границу. Грозит смерть. Примите все возможное для спасения". Casper, председательствующий сейчас на первом после войны урологическом конгрессе в Вене, о телеграмме извещен, и съезд, конечно, примет свои меры, но во избежание непоправимого, необходимо немедленно просить воздействия также местных советских представителей. Им необходимо пояснить, какой из-

вестностью, авторитетом и симпатией проф. Федоров пользуется в Германии» [З. С.429].

Вербов заверил коллегу, что сделает все, чтобы содействовать спасению своего учителя. Он попросил аудиенции у советского полпреда Коппа и был принят им в тот же день. Таким образом, можно утверждать, что описываемое событие произошло до октября 1921 г., когда полпредом советского правительства в Германии вместо В.Л.Коппа стал Н.Н.Крестинский.

Узнав, в чем дело, Виктор Копп «...пододвинул мне блокнот и сказал: "Пишите телеграмму Наркомздраву". Текст этой телеграммы я хорошо запомнил: "При попытке перейти латвийскую границу арестован проф. Федоров, самый авторитетный ныне представитель русской медицины, пользующийся в Германии исключительной популярностью и уважением. Судьба Федорова теснейшим образом связана с будущим нашей культурной связи не только с немецкой медициной и может скомпрометировать эту едва налаженную связь на много лет. Урологический конгресс в Вене, где председательствует Casper, вынесет, несомненно, негодующий протест. Необходимо срочно заверить, что жизни Федорова ничего не угрожает".

Долго я хранил в своем архиве копию этой телеграммы и лишь с приходом Гитлера ее порвал.

Вскоре я получил приглашение Prof. Casper'a посетить его клинику и сообщить о судьбе арестованного друга. Увы, финал телеграммы Коппа мне оставался неизвестным» [З. С.430]. Беседуя с профессором, доктор Вербов попросил разрешения присутствовать на операциях и через короткий срок числился уже официальным ассистентом клиники францисканского ордена, куда профессор Л.Каспер (1859—1959) помещал своих больных.

Через несколько лет в Германию с докладами приехала груп-

па советских профессоров. Среди них был и Федоров, на выступление которого собрался весь медицинский мир Берлина. «Я смотрел на тощего, сторбенного, все кашлявшего старика и в замешательстве, с трудом мог признать в нем прежнего лейб-врача, большого, полного, с усами a la Wilhelm, человека. Он пожелал меня видеть, и мы встретились в кафе. Он знал о моей телеграмме Наркомздраву и в свою очередь сообщил мне о причине своей попытке к бегству.

Эта попытка была связана с Зиновьевым, по тому времени всеильным правителем Петербургской области. Почувствовав недомогание, Зиновьев вызвал Федорова, установившего у него острый аппендицит, требовавший немедленной операции. На предложение Зиновьева оперировать его, Федоров ответил: "Для этой операции я недостаточно спокоен". Предполагая худшее, что за этим должно было последовать, Федоров решил пробраться в Латвию и был арестован на границе» [З. С.434]. Вербов пишет, что около полугода Федоров пробыл в заключении в ужасных условиях на положении смертника и был освобожден едва живой по приказу из Москвы.

Профессор Федоров так и не стал политическим эмигрантом, в отличие, скажем, от своего коллеги по Петроградской военно-медицинской академии гистолога А.А.Максимова, который в 1922 г. с женой и сестрой на буере по льду Финского залива перебрался в Финляндию; или киевского анатома А.В.Старкова, который тогда же вместе с семьей, имея на руках двух малолетних детей, лесами и болотами в течение трех недель пробирался в Польшу; и киевского патолога В.К.Линдемана, бежавшего тем же путем.

И еще один эпизод из жизни профессора Федорова.

«Федоров часто наезжал в Германию, иногда по делу, а иногда, чтобы только отдох-

нуть от переживаний, связанных со своим опасным ремеслом. Однажды он приехал в сопровождении одного из столпов режима, Григория Орджоникидзе, больного почечным туберкулезом. Вопрос об операции осложнялся наличием еще и других туберкулезных очагов, и требовалась санкция специалистов, чтобы решиться на подобное вмешательство. На консультации весь берлинский синклит урологов был в сборе. Все одобрили решение проф. Федорова удалить больную почку. По русскому обычаю, потрудившиеся за хорошую оплату их труда консультанты были приглашены к *Nocher'u*, самый дорогой берлинский ресторанный дом, где ели ложками икру и пили а *gogo* в честь именитого больного, угощавшего, конечно, на казенный счет» [3. С.435].

В следующий свой приезд Сергей Петрович рассказал, как проходила эта операция. «Федоров оперировал, как обычно, с двумя ассистентами — один главный, рядом с оператором, другой подсобный на противоположном конце стола. Эту роль исполняла молодая докторша. Операционный зал заполнен был врачами-коммунистами, следившими за каждым движением руки хирурга. Орджоникидзе был полным человеком, с большим животом. При туберкулезной почке со многими сращениями это обстоятельство создает особые затруднения. В этой операции драматическим может представиться момент, когда, наложив клемм на очень короткую ножку сосудов, отрезают распухшую, больную почку. Клемм на сосудах дает возможность хирургу, удалив почку, спокойно их перевязать. Но в эту самую секунду клемм может сдать... И клемм вдруг сдал... Мгновенно заполнилась кровью раневая полость; в море крови скрылась и без того короткая сосудистая ножка... Рядом стоявший ассистент, как сноп, свалился на пол. Хирург, погрузив руку в заполненную

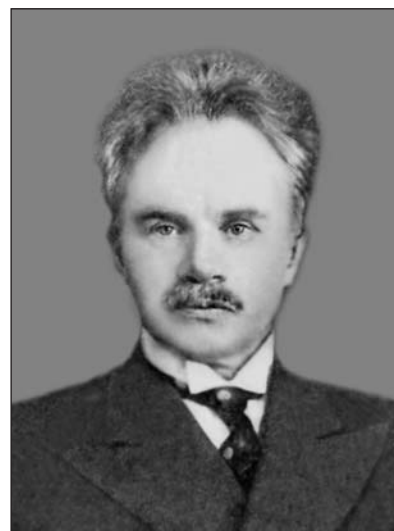
кровью полость, нащупав ножку, смог зажать ее между двух пальцев. Молодая докторша компрессами быстро высушила рану и под пальцы хирурга подвела снова клемм. Теперь можно было спокойно перевязать сосуды и снять едва не погубивший пациента злополучный клемм. В этот момент свободнее вздохнули также находившиеся в операционной свидетели-врачи. Федорову подобное происшествие было, конечно, не впервые, но принимая во внимание время и обстоятельства, потребовалась лишняя поездка в Германию, чтобы отдохнуть от таких переживаний. Орджоникидзе, как известно, оправился после этой операции и прожил еще около десяти лет [покончил жизнь самоубийством в 1937 г. — *К.В.*]» [3. С.435—436].

Цель тирании — посеять страх путем террора, чтобы сделать людей послушными, и, кажется, она достигла этой своей цели.

В середине 20-х годов в Германию приехала группа профессоров-медиков из СССР. Лекция ведущего советского нейрохирурга Н.Н.Бурденко (1876—1946), — пишет доктор Вербов, — «оставила слушателей в неведении». Рядом сидевший врач так и не понял, на каком языке докладчик говорит. «Бурденко читал по-немецки написанный текст, но никто не сказал бы, что он читает по-немецки. Так для слушателей осталось неизвестным, что именно хотел сказать докладчик» [3. С.434].

Тема лекции профессора А.А.Богомольца (1881—1946) о роли соединительной ткани была настолько революционной, что немецкие врачи не поняли ее значения и отнеслись «сугубо отрицательно» [3. С.434].

Первым из приехавших выступил профессор Д.Д.Плетнев (1871—1941) с лекцией об удалении *ganglion stellatum* при грудной жабе. «На безупречном немецком языке, ни разу не заглянув в бумажку, он приковал к себе в течение двух часов



Д.Д.Плетнев.

внимание врачей, заполнивших большой зал до отказа. Председательствующий на заседании проф. Бергман, одновременно с Плетневым бывший когда-то стажером у проф. Сенатора в Берлине, назвал «фокусом» подобную лекцию на память с такой исключительной богатой литературой» [3. С.433]. Вербов столкнулся с Плетневым в Мариенбаде спустя несколько лет после его выступления в Берлине, когда тот возвращался из Гамбурга, где читал лекции о различных болезнях. «Ничего не предвещало тогда его преждевременной мученической смерти по нелепому обвинению участия в заговоре против жизни Горького» [3. С.434]. «Жизнь проф. Плетнева понадобилась Сталину, чтобы покрыть собственные преступления» [3. С.434].

Вербов так и не вернулся на родину, он остался в Германии, где в течение 13 лет работал в клинике францисканского ордена и одновременно занимался частной практикой как врач-уролог.

В Берлине одним из пациентов доктора Вербова был правитель Украинской державы 1918 г. гетман П.П.Скоропадский (1873—1945) — «бригад-

Встречи с забытыми



Н.Н.Бурденко.

ный командир 1-й Гвардейской дивизии, с которым в Кавалергардском полку в первые месяцы мне часто приходилось встречаться».

«...Я по старинке подобрался, повернулся в сторону генерала и, не зная, как его величать, обратился, как это полагалось в Красной Армии, только вместо товарища “Господин Генерал”. Гетман даже вздрогнул, но, всмотревшись, тут же признал меня, обнял, усадил и стал расспрашивать о Красной Армии, ко польском походе, о Тухачевском и, между прочим, сообщил, что и сам хотел бы обратиться ко мне за советом» [3. С.432—433]. Описываемое событие произошло приблизительно в 1922 г., а Павел Скоропадский с семьей в начале 20-х годов жил в своем доме в Ваннзее, западном предместье Берлина. Доктор Вербов принимал гетмана в клинике францисканского ордена [4].

Из фашистской Германии доктор Вербов перебрался в Париж (1935), где стал частнопрактикующим врачом. «Русских... французы все же отличали и не препятствовали русским врачам работать среди своих компатриотов».

«Лишь теперь, во Франции, соприкасаясь непосредственно с русской эмигрантской массой, наблюдая условия эмигрантского существования, я мог отдать себе отчет, воочию убедиться в ее абсолютной материальной необеспеченности, полном обнищании и в еще большей степени, в ее душевной и духовной угнетенности. <...> На фоне французского благосостояния и беспечности, юдоль эмигрантская выглядела и вовсе нестерпимо незаслуженной и безысходно безнадежной» [3. С.463].

Фамилия Вербов с указанием адреса и телефона есть в списках членов Общества русских врачей им.Мечникова в справочнике «Русские во Франции», изданном в Париже в 1937 г.

Среди пациентов доктора Вербова был композитор А.К.Глазунов, страдавший почечным заболеванием, от которого он и скончался, пианист и композитор В.И.Поль, писатели И.А.Бунин и Н.А.Тэффи, художественный и литературный критик и поэт С.Маковский.

Одним из первых выдающихся русских парижан, пациентов доктора Вербова, был Глазунов (1865—1936). «Тяжело больной, он сохранял полную ясность мысли и особенно, вовсе не свойственную обычно таким больным, беспечность и добродушие. Далеко зашедший почечный склероз с большим количеством мочевины в крови означал, по тому времени, конечную стадию долгого почечного заболевания с неизбежным фатальным исходом в недалеком будущем. Больной, однако, не только сохранял удовлетворительное общее состояние, но, настроенный оптимистично, не докучал врачу вопросами о своей болезни и охотно беседовал на темы отнюдь не медицинские» [3. С.470].

О Поле (1875—1962) Вербов написал: «Со слабыми легкими, в постоянном стремлении укреплять свой организм, он строго следовал учению йогов, с целью подчинить физиологию

тела влиянию духа. Он имел славу мудреца, побывавшего в Индии и набравшегося там особых знаний.

Согласно установленному ритуалу, он совершал многочасовые ежедневные прогулки, особенно при наличии у него температуры, легко одетым, хотя бы и зимой, в мороз; свои болезни, не говоря уже о недомоганиях, он лечил, не прибегая к помощи врачей, — постом и маршем. Говорили, что неожиданного посетителя могла поразить картина — Поля, стоявшего подолгу у стены на голове. Но не слабые легкие, а медленно развивавшееся почечное поражение, выявившееся после случайного аксидана [sic! — К.В.], несмотря на упорное сопротивление организма, свело его в могилу. Он любил рассказывать о виденном и пережитом. К сожалению, лишь немного из слышанного осталось в моей памяти. Особенно интересной является история ссоры Толстого с Тургеневым, имевшая место в доме его отца. Дело шло об инциденте на охоте, закончившемся вызовом на дуэль. Согласно его рассказу, Тургенев был сильно удручен подобной перспективой, тогда как Толстой настаивал на дуэли. Отцу Поля с трудом удалось их помирить» [3. С.472].

Одновременно с Глазуновым, пишет мемуарист, появилась на его врачебном горизонте Тэффи (1872—1952). Вот небольшая цитата: «Переживания военных лет [Второй мировой войны. — К.В.] содействовали появлению у Тэффи поначалу редких и легких, с течением времени становившихся все более длительными и тяжелыми сердечных припадков. Это заболевание требовало спокойной жизни, но Тэффи была не только писательницей, но и артисткой. Выступать, читать перед так понимавшими и ценившими ее почитателями свои рассказы, разыгрывать скетчи было ее страстью. Не раз с морфием наготове я сидел в публичке и в вынужденном ант-

ракте должен был ей делать впрыскивание, чтобы она могла закончить свое выступление. Тэффи отдавала себе хорошо отчет, что означали и чего требовали эти повторявшиеся боли в сердце, но это нисколько не удерживало ее от выступлений и не огорчало. Со смертью она сжилась, как с давним неизбежным другом. С особым удовлетворением и охотой она декламировала свое стихотворение, изображавшее ее в гробу в белом платье с алой розой на груди и всеми атрибутами мира и покоя. Я находил ее всегда одетой и тщательно причесанной, как и в последний раз, за несколько минут до смерти. Она лежала с почти неизменившимся лицом, с алой розой на груди, слегка, будто, улыбаясь» [3. С.475].

О Бунине (1870—1953) доктор Вербов пишет: «С Буниным мне пришлось столкнуться в последние годы его жизни, когда активная пора его деятельности, как писателя, была давно уж позади, и итоги богатой пережива-

ниями и долгой жизни напрашивались сами собой. Не таков был Бунин, чтобы кому-либо доверить свои мысли или, паче чаяния, соборно исповедаться. Следовало лишь видеть, с каким неприступным выражением лица лежал этот академик, лауреат Нобелевской премии, в небольшой, запущенной комнате, обогреваемой примитивной печкой, на неприбранной постели в заношенном пальто и шапке... Соответственно выражению лица был и голос, генеральская манера говорить, исключавшая всякую интимность. Громогласное “Вера!” время от времени гулко раздавалось, как команда, в большом коридоре почти пустой квартиры. На зов являлась Вера Николаевна, с лицом покойницы, давно уже отдавшая всю себя требовательному своему супругу. Само собою разумеется, что врачу здесь предлагалось только покаленное временем и переживаниями тело, а нутро, духовный мир, оставался за семью печатями.

Бунин страдал от немощей, связанных со старостью, не столько угрожавших жизни, сколько отравлявших существование, из коих наиболее существенной являлась анемия, вызванная повторными кровотечениями» [3. С.475—476].

С Маковским (1877—1962) Вербова связывала многолетняя дружба. «Паскаль считал, что человеку дано лишь искание истины, и Маковский всю жизнь эту истину искал. Больной и одряхлевший, он жаловался, что более двух часов кряду не может работать. За несколько часов до смерти он, поев, тщательно вымыл посуду и прилег. В жалкой комнатухе, в полном одиночестве, внезапно угас этот свидетель и деятельный участник “Серебряного века русской поэзии”» [3. С.478].

Доктор окончил свой жизненный путь на чужбине в 1976 г., так и не увидев родины. Его последним приютом стало русское кладбище Сент-Женевьев-де-Буа под Парижем. ■

Литература

1. Вербов С.Ф. По Днепру через пороги. Париж, 1956.
2. Вербов С.Ф. На врачебном посту в земстве. Париж, 1961.
3. Вербов С.Ф. Люди, пути, тропы. Париж, 1970.
4. Акименко М.А. Роковой недуг рода Скоропадских? // Природа. 2005. №10. С.70—77.

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
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

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

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 14.06.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1474
Набрано и сверстано в редакции

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