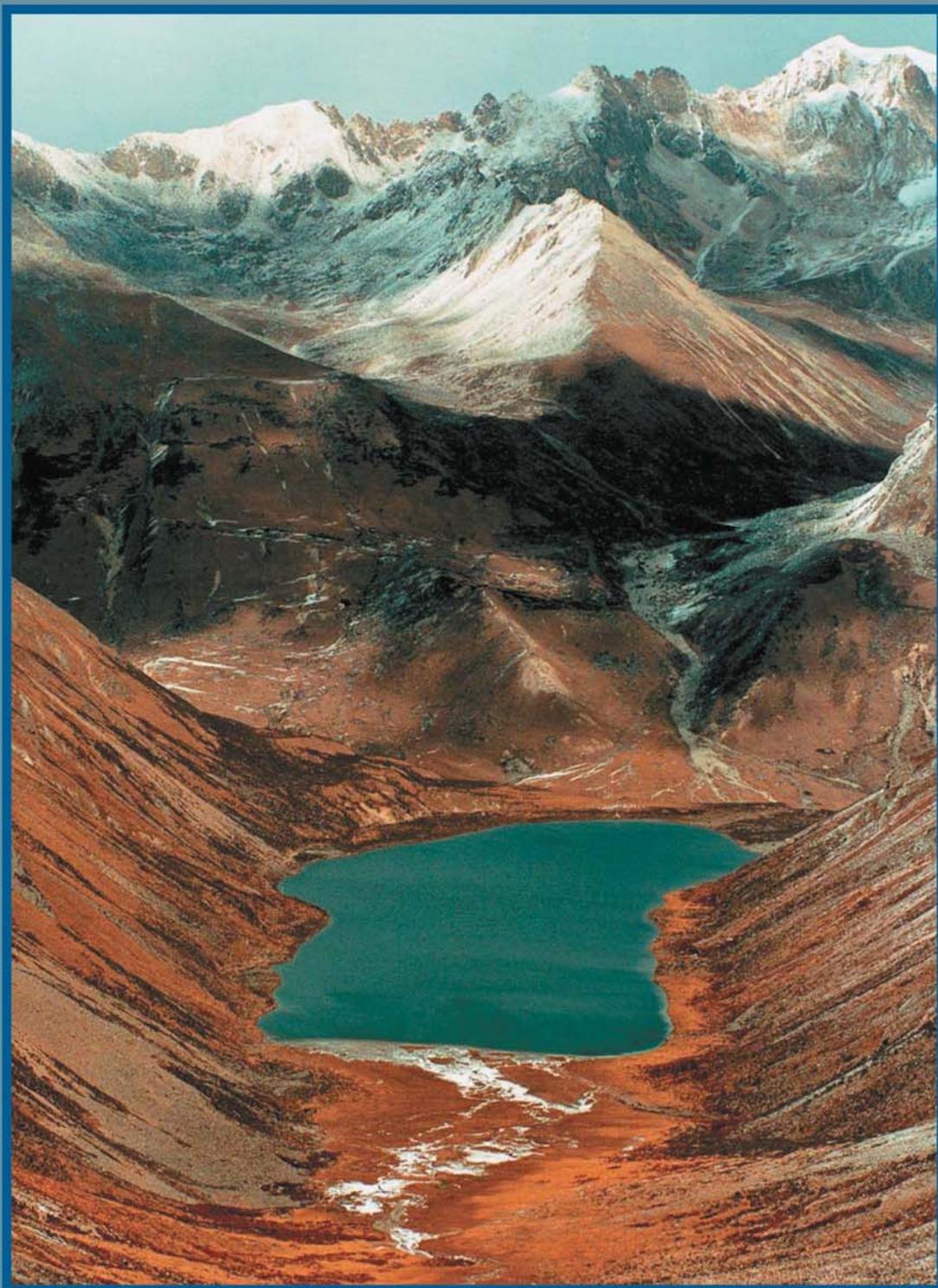


ПРИРОДА

2001 10



В НОМЕРЕ:

3 Ковальзон В.М.
О положении в российской сомнологии

7 Горелик Я.Б., Колунин В.С.
Удивительная мерзлота
При исследовании мерзлой породы оказалось, что помимо льда в ней всегда содержится незамерзшая вода – вплоть до -70°C.

16 «ЛЮБИТЕ НЕ СЕБЯ В НАУКЕ, А НАУКУ»
К 100-летию со дня рождения С.Е.Северина
Шноль С.Э.
Жрец биохимии (17)

Болдырев А.А.

Кафедра (25)

Скулачев В.П.

«Феномен Северина» (29)

Калейдоскоп

31
Долина Смерти может ожить (31). – Эксперименты с искусственными осадками (32). – Рекордное погружение аппарата «Victor-6000» (32). – Запуск реактора задерживается (55). – Пернатый динозавр каудиптерикс (55). – «Потерянный город» в глубинах Атлантического океана (68). – Цикличность погодных изменений на востоке Пацифики (78).

Научные сообщения

33 Басов И.А.
Испытание новой буровой техники
(179-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

Алифанов В.Р., Курочкин Е.Н.

Кто такая лонгисквама? (35)

Авакян А.Б., Истомина М.Н.

Наводнения конца XX в. (75)

Вести из экспедиций

37 Орден К.ван, Паклина Н.В.
Волшебное озеро Ламола-цо
Мир Тибета полон тайн и загадок. Священное озеро Ламола-цо – одна из них.

45 Уфимцев Г.Ф.
Башенные горы Гуйлиня

Заметки и наблюдения

49 Булавинцев В.И.
Птица рябчик

Соколова Н.С.

Змея – существо благородное (53)

56 Шеин Е.В.
Движение воды в почве

Путь влаги в почве прост. Это быстрые потоки по трещинам и крупным порам и медленное впитывание в почвенные комочки.

61 Осипов А.И., Уваров А.В.
Физика неравновесного газа

Молекулярные неравновесные процессы в газах изучаются более 150 лет, а вот механика релаксирующего газа как сплошной среды только создается.

69 Ревенко С.В.
Аварийная сигнализация в живом организме

Идеальное обезболивание, при котором сохраняется связь пораженного органа с центральной нервной системой, – не фантазия, а уже реальное достижение современной науки.

Новости науки

79
Новый тип звезд (79). – Египетские пирамиды ориентированы по звездам. **Сурдин В.Г.** (79). – Премия Киото за 2001 год (80). – Германий-кремниевые фотоприемники на квантовых точках (81). – Нанотрубки в имоголите открыты заново (81). – Каково будущее Амазонии? (82). – Предсказания пароксизмов Геклы (82). – Сейсмичность Аляски (83). – Попокатепетль салютует новому тысячелетию (84). – Климат на юге и севере изменялся в противофазе (84). – Погода на планете в 2000 году (85).
Коротко (44)

Рецензии

86 Пивоваров Ю.Л.
Миграция как форма принуждения

Новые книги

89

Встречи с забытым

91 Соловьева Б.А.
Иннокентий Михайлович Сибиряков

CONTENTS:

- 3 Kovalzon V.M.**
On the Situation in Russian Somnology

- 7 Gorelik Ya.B. and Kolunin V.S.**
Amazing Permafrost
While studying frozen rock, it was found that, in addition to ice, it always contains unfrozen water even at temperatures as low as -70°C.

- 16 «Love Science Itself, not Yourself in Science»**

On the 100th Anniversary of the Birth of S.E. Severin

- Shnol S.E.**
A High Priest of Biochemistry (17)

- Boldyrev A.A.**
The Chair (25)

- Skulachev V.P.**
The Phenomenon of Severin (29)

Kaleidoscope

- 31**
 Death Valley May Come Alive (31). – Experiments on Induced Precipitation (32). – Record-breaking Diving of the *Victor 6000* Submersible (32). – A Reactor Put on Hold (55). – The Winged Dinosaur *Caudipteryx* (55). – A «Lost City» in the Atlantic Deeps (68). – Cyclicity of Weather Variations in the East Pacific (78).

Scientific Communications

- 33 Basov I.A.**
Testing New Drilling Equipment
 (179th Cruise of the *JOIDES Resolution*)

- Alifanov V.R. and Kurochkin E.N.**
Who Is Longisquama? (35)

- Avakyan A.B. and Istomina M.N.**
Late 20th Century Floods (75)

News from Expeditions

- 37 Orden K. van and Paklina N.V.**
The Magic Lake Lamola-tso
The world of Tibet is full of mysteries and riddles. The sacred lake Lamola-tso is one of them.

- 45 Ufimtsev G.F.**
The Towerlike Mountains of Guilin

Notes and Observations

- 49 Bulavintsev V.I.**
The Hazel hen

- Sokolova N.S.**
The Snake Is a Noble Creature (53)

- 56 Shein E.V.**
Movement of Water Through Soil
The route of water in soil is far from simple, involving fast flows through fissures and large pores and slow absorption into soil clods.

- 61 Osipov A.I. and Uvarov A.V.**
Physics of Nonequilibrium Gas
Molecular nonequilibrium processes in gases have been studied for more than 150 years now, whereas mechanics of relaxing gas as a continuum is only in the process of becoming.

- 69 Revenko S.V.**
An Alarm System in a Living Organism
«Ideal anesthesia» whereby the affected organ retains its connection with the central nervous system is no longer a fantasy but a real achievement of modern science.

Science News

- 79**
 A New Type of Star (79). – Egyptian Pyramids Oriented According to Stars. **Surdin V.G.** (79). – The 2001 Kyoto Prize (80). – Germanium-Silicon Photodetectors based on Quantum Dots (81). – Nanotubes in Imogolite Rediscovered (81). – What Is the Future of Amazonia? (82). – Predictions of Hecla's Paroxysms (82). – The Seismicity of Alaska (83). – Popocatepetl Salutes the New Millennium (84). – Climate in the South and in the North Has Varied in Antiphase (84). – The Weather on the Planet in 2000 (85). *In Brief* (44)

Book Reviews

- 86 Pivovarov Yu.L.**
Migration as a Form of Coersion

New Books

- 89**
Encounters with the Forgotten
91 Solovyeva B.A.
Innokenty Mikhailovich Sibiryakov

О положении в российской сомнологии

В.М.Ковальзон,

доктор биологических наук

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

Сегодня наука о сне (сомнология) — бурно развивающаяся область нейробиологии, имеющая исключительно важные теоретические и прикладные аспекты*. Девизом сомнологии можно считать слова крупнейшего специалиста по физиологии сна Мишеля Жуве (Франция): «Кто познает тайну сна, познает тайну мозга».

Экспериментальная сомнология зародилась в России более 100 лет назад. Ее основатель — замечательный ученый М.М.Манассеина (1843—1903), ученица известного петербургского физиолога И.Р.Тарханова.

В XX в. еще И.П.Павлов много и плодотворно размышлял о проблеме сна и ставил ее изучение в центр всей науки о высшей нервной деятельности. В конце своей долгой жизни, в 1935 г., он высказал мысль, которая звучит особенно актуально в наши дни: «Ясное дело, что наша дневная работа представляет сумму раздражений, которая обуславливает известную

сумму истощения, и тогда эта сумма истощения, дошедшая до конца, и вызывает автоматически, внутренним гуморальным путем (подчеркнуто мной — К.В.), тормозное состояние, сопровождаемое сном».

Российские ученые и их идеи всегда играли важную роль в науке о сне. Напомним, что Н.Клейтман (1895—1999), крупнейший сомнолог XX в., родился и получил среднее образование в Кишиневе. Отправной точкой для революционного открытия «сна с быстрыми движениями глаз» (синонимы: парадоксальный сон, быстрый сон, сон со сновидениями), сделанного им и его аспирантом Ю.Азеринским (1921—1998), родители которого также были выходцами из России, послужила работа русских авторов М.П.Денисовой и Н.Л.Фигурина. Еще в 1926 г. они описали у детей периодические эпизоды учащения дыхания и движений глазных яблок во сне.

Несмотря на огромный ущерб, нанесенный русской физиологии на Павловской сессии 1950 г. «победой» догматиков, поддержанных Сталиным, в 60—80-е годы в десятках лабораторий в различных городах страны развернулись фундаментальные исследования механизмов регуляции цикла бодрствование—сон. Проводи-

лись многочисленные научные конференции, в том числе и с участием крупнейших зарубежных специалистов. Разумеется, сомнология страдала от тех же пороков, что и вся советская наука — изоляции и бюрократизации. С одной стороны, лишь немногие исследования проводились на мировом уровне и носили подлинно новаторский характер; с другой — они имели недостаточный резонанс и зачастую оставались абсолютно неизвестными мировому научному сообществу. Так случилось и с пионерной работой молодого тбилисского физиолога Л.Р.Цкипуридзе (ученика И.С.Бериташвили), который еще в 1950 г. описал стадии «спокойного» и «беспокойного» сна по поведению кошек и их энцефалограмме.

В 90-е годы, после распада СССР и катастрофического (в десятки раз) сокращения финансирования фундаментальных исследований в России, почти все экспериментальные работы в области сомнологии постепенно свернулись, прекратилась научная смена поколений, молодежь ушла из науки в другие сферы деятельности или выехала на работу за рубеж. Сейчас во многих ведущих лабораториях мира, изучающих внутрисуточные ритмы и регуляцию цикла сон—бодрствование

* Подробнее см. статьи В.М.Ковальзона, опубликованные в «Природе»: «Сон у дельфинов» (1982. №6, С.111—112); «Парадоксы парадоксального сна» (1982. №8. С.74—79); «Поиски “гормона сна”» (1983. №4. С.13—21); «К чему приводит длительное лишение сна?» (1986. №4. С.97—98); «Стресс, сон и нейропептиды» (1999. №5. С.63—70); «Природа сна» (1999. №8. С.172—179); «Необычайные приключения в мире сна и сновидений» (2000. №1. С.12—20).

© В.М.Ковальзон

ние, успешно работают молодые специалисты из бывшего СССР (России, Украины, Белоруссии и др.). Большинство из них рассматривает свое пребывание за рубежом как временное и готово вернуться на Родину, если будут приемлемые условия для жизни и работы.

К сожалению, героические и беспрецедентные усилия, предпринятые Джорджем Соросом по спасению науки в России, имели лишь кратковременный эффект: организованный и финансируемый им Международный научный фонд прекратил свою деятельность через 2,5 года. Не оказывают существенного влияния и работающие в наши дни международные фонды, такие как ИНТАС и CRDF, поскольку средства, которыми они располагают, незначительны, а спектр исследований, которые они призваны поддерживать, весьма широк.

У нас единственная в настоящее время организация (не считая Гуманитарного научного фонда), напрямую финансирующая ученых из госбюджета, — созданный в начале 90-х годов Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ). Невозможно переоценить его роль в современной российской науке; это — последняя надежда, та соломинка, за которую хватается погибающий от нищеты в обстановке полного общественного равнодушия бывший «советский ученый».

В настоящее время при поддержке РФФИ в области сомнологии работают лишь несколько энтузиастов в Москве, С.-Петербурге и Ростове-на-Дону. Среди них — Ю.Ф.Пастухов и сотрудники его лаборатории в Институте эволюционной физиологии и биохимии им.И.М.Сеченова РАН (С.-Петербург), изучающие взаимодействие терморегуляции и сна у зимоспящих млекопитающих и птиц; Г.А.Оганесян и сотрудники его отдела в том же Институте, изучающие главным образом фило- и онтогенетические

аспекты регуляции сна—бодрствования, а также взаимодействие механизмов сна и эпилепсии; А.А.Буриков и его сотрудники в лаборатории Института нейрокибернетики им.А.Б.Когана при университете и на кафедре общей биологии в Педагогическом университете (Ростов-на-Дону), изучающие нейрофизиологические механизмы сна; Л.М.Мухаметов и его сотрудники в Институте проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН (Москва), изучающие особенности сна у морских млекопитающих — дельфинов, тюленей, котиков; а также сотрудники нашей лаборатории, изучающие действие на сон различных биохимических веществ, возникающих в самом организме, — и это почти все.

Поддержка со стороны РФФИ могла бы переломить ситуацию и сыграть решающую роль в сохранении и развитии сомнологии в России. Однако пока нет надежды на то, что в обозримом будущем положение радикально изменится к лучшему. Во-первых, учитывая «дороговизну» современной науки, финансовые возможности РФФИ крайне скромны. Кроме того, поскольку зарплата, получаемая нынешним российским ученым по месту работы, — ничтожна, то значительная часть присуждаемого гранта уходит на выплаты вознаграждения его участникам. Таким образом, гранты этого фонда не дают умереть, но и не позволяют нормально развиваться.

Во-вторых, политика РФФИ определяется анонимными членами экспертных советов (фамилии которых, впрочем, ни для кого не секрет), созданных согласно принятой фондом классификации наук. Увы, похоже, что не во всех советах доминируют достаточно компетентные и объективные специалисты. Как иначе объяснить факт, что с момента создания РФФИ наши проекты по одной из наиболее интересных проблем экс-

периментальной сомнологии — пептидной регуляции сна—бодрствования, которые неоднократно получали поддержку со стороны различных международных фондов, да и самого РФФИ (но по другим его разделам), эксперты по «физиологии и медицинской науке» из года в год с непонятным упорством отвергают? А ведь это область нейробиологии, где на исходе минувшего века сделано крупнейшее открытие — обнаружена не известная ранее орексиновая система мозга, которая играет ключевую роль в пищевом поведении, эмоциональных реакциях и запуске парадоксального сна.

Орексиновая система мозга представляет собой небольшую группу пептидов, расположенных в срединной области гипоталамуса, в районе так называемого пищевого центра. Клетки имеют длинные отростки — аксоны, простирающиеся ретроградно (вперед) и каузально (назад) и обладающие весьма мощным древовидным ветвлением, так что каждый из нейронов иннервирует сотни тысяч других нейронов. Нейроны гипоталамуса выделяют орексин (гипокретин) — пептид, состоящий примерно из 30 аминокислотных остатков. Оказалось, что эта система определяет время включения парадоксального сна. Если система нарушена, то эпизоды такого сна возникают во время бодрствования. Они сопровождаются приступами паралича, что и служит основным симптомом нейролепсии. Открытие впервые дало основание для оптимизма в создании препаратов против этого тяжелого неврологического заболевания.

Да и сама классификация наук РФФИ искусственна, совершенно неудовлетворительна и местами явно создана «под интересы» определенных научных групп. Вот только два примера: в разделе «Физиология и медицинская наука» (04-300) есть подразделы «Нейрофизиоло-

гия» (04-320) и «Физиология сенсорных систем» (04-330), хотя физиология сенсорных систем — часть нейрофизиологии; в то же время нет подразделов по нейрохимии, по физиологии высшей нервной деятельности, психофизиологии и нейроэтологии... А из раздела «психология» (06-360) несколько лет назад исчезли важнейшие дисциплины — психофизиология и нейропсихология, причем в обеих имеются всемирно знаменитые школы — соответственно Е.Н.Соколова и А.Р.Лурия, составляющие гордость нашей науки и имеющие мировое признание! Вместо них появились такие невнятные понятия, как «человек в информационном обществе» и даже «нетрадиционные методы исследования мышления и речи».

Разумеется, проблема объективизации субъективных оценок экспертов существует и в богатых, промышленно развитых странах, где на фундаментальные исследования выделяются значительные бюджетные суммы. Однако там она решается путем «размножения» научных фондов: чем больше фондов, финансирующих исследования в данной области, тем меньше вероятность того, что какая-то плодотворная идея останется без поддержки.

Сегодня в России интенсивно разрабатываются лишь медицинские аспекты сомнологии. Ведь медицина, в отличие от фундаментальной науки, всегда находит внебюджетные источники финансирования. В различных городах возникают все новые клинические центры по нарушениям сна, создано Международное научно-практическое общество сомнологов во главе с лидером российской «медицины сна» членом-корреспондентом РАМН А.М.Вейном. Под эгидой этого общества и Минздрава РФ уже дважды (в 1998 и 2000 гг.) успешно проводились Всероссийские конференции по сомнологии, в каждой из которых

участвовало более сотни врачей и ученых, в том числе молодых.

В то же время мировая наука переживает революцию в области молекулярной биологии и генетики. Внедрение новых методов породило целый каскад открытий в фундаментальной сомнологии, а российские специалисты не могут принять участие в решении таких проблем. Да и работы эти порой остаются недостаточно известными в нашей стране. Как привлечь к этим проблемам интерес исследователей, особенно молодых, восстановить научные связи и укрепить контакты с коллегами-соотечественниками, постоянно работающими за рубежом?

Очевидно, что это, как и в других подобных случаях, невозможно сделать без «привлечения иностранного капитала», в данном случае — крупных грантообразующих фондов США, объединенной Европы и Японии. Речь идет не о выделении особых средств в виде «гуманитарной помощи» для наших ученых, а о взаимовыгодном сотрудничестве. Ведущие ученые, участвующие в формировании научной политики упомянутых фондов, не знают, что в настоящее время именно Россия может предоставить им такие возможности в фундаментальной сомнологии (да и вообще в экспериментальной биологии и медицине), какие они не смогут получить ни в одной другой стране мира.

Дело в том, что западный исследователь, опыты которого связаны с вивисекциями, в последние годы сталкивается со все более мощным противодействием многочисленных обществ охраны животных. Созданные первоначально с вполне разумными и благими целями (соблюдения правил гуманности при хирургических операциях, улучшения содержания лабораторных животных в вивариях, контроля за отловом в научных целях редких диких видов и т.п.), эти общества

очень скоро выродились в обскурантистские и мизантропические. Во главе таких организаций стоят лица, как правило, весьма невежественные, но чрезвычайно агрессивные и экстремистски настроенные, нормальное общение с ними практически невозможно. Научное сообщество на Западе оказалось беспомощным и беззащитным перед натиском, создающим совершенно бессмысленные и порой непреодолимые преграды перед исследователями даже в тех областях экспериментальной биомедицины, которые, как сомнология, дают непосредственный выход в клинику в виде новых лекарств и методов лечения...

В России же, к счастью, контроль за использованием подопытных животных в научных целях пока лежит на самих ученых, как это было на Западе еще лет 20 тому назад. Кроме того, только у нас современный исследователь имеет уникальную возможность для проведения зоофизиологических (в том числе — сравнительно-сомнологических) экспериментов на диких животных в лабораторных и полустественных условиях, которые предоставляют Черноголовская и Утришская биостанции Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН.

Черноголовская экспериментальная база, расположенная всего в 50 км к востоку от Москвы, на территории Ногинского научного центра Российской академии наук, занимает около 50 га леса. Она организована в 1975 г. для изучения поведения и коммуникации диких животных в условиях, максимально приближенных к естественным. Располагают десятками видов млекопитающих различных отрядов: насекомоядных (землеройки, ежи), рукокрылых, грызунов (особенно мышевидных), хищных (енотовидная собака, рысь, куньи), копытных (в том числе кабарга, для которой впервые в мировой

практике удалось добиться стабильного размножения и разведения в неволе). База имеет всю необходимую инфраструктуру для нормальной исследовательской работы, включая домики для проживания ученых, лабораторные корпуса и вольеры, международный телефон, факсимильную и электронную связь. Кроме того, в 10 минутах езды на машине находится «наукоград» Черноголовка с комфортабельной гостиницей, рестораном и т.д.

Утришская морская станция образована в 1978 г. в живописной местности на берегу Черного моря между Анапой и Новороссийском. Этот лабораторный стационар для изучения морских млекопитающих и рыб может обеспечить одновременно до 40 рабочих мест. Станция имеет семь экспериментальных бассейнов разного размера и вольеры с морской водой для содержания дельфинов и ластоногих; кроме того, располагает столовой, складскими помещениями, эллингом, гаражом, морозильными камерами для хранения корма, оборудованием для легководолазных работ, моторными лодками, автотранспортом. Отработаны методы отлова, доставки на станцию и последующего со-

держания для научной работы различных морских млекопитающих — водных и полуводных, таких как дельфины, настоящие и ушастые тюлени, каланы, моржи и пр. В целом инфраструктура станции, включающая около 30 временных лабораторных, хозяйственных и жилых сооружений, имеет все минимально необходимые условия для проживания и работы ученых во время полевого сезона, который здесь длится с мая по октябрь.

Нам представляется, что российским ученым необходимо использовать все возможности — личные связи с зарубежными коллегами, членства в международных научных обществах, участие в конференциях и пр. — для разъяснения следующей позиции: кооперация с нашими исследователями выгодна зарубежным специалистам, поскольку в ряде случаев может предоставить уникальные возможности для проведения экспериментов.

Недавно появились сообщения, что «утечка мозгов» стала волновать и американских законодателей, поскольку служит одним из каналов вполне легальной иммиграции в обход периодически вводимой Конгрессом квоты. В таком случае

изменение политики зарубежных научных фондов, их поворот от поддержки исследований, проводимых исключительно на их собственной территории (пусть даже и с участием российских ученых), к поддержке (напрямую или при посредничестве РФФИ) совместных работ на базе наших институтов и научных станций поможет решить назревшую проблему. Люди, от которых это зависит (в США), — как правило, доброжелательно настроенные и заинтересованные в науке, но крайне настороженно относящиеся ко всему, что «очень необычно и не совсем понятно». Необходимо добиться, чтобы они избавились от страха перед ответственностью за то, что будет происходить не у них «под крылышком», а в далекой и непонятной России.

Хочется верить, что некоторые положительные сдвиги, происходящие в последнее время в политике и экономике нашей страны, будут способствовать выходу из тупиковой ситуации отечественной сомнологии. ■

Автор благодарит Н.Н.Данилову и Ю.Б.Мантейфеля за чтение рукописи и ценную критику.

Удивительная мерзлота



Я.Б.Горелик, В.С.Колунин

Давайте обсудим свойства удивительного природного образования — мерзлой породы. Основные компоненты рыхлых отложений — минеральные частички и вода, содержащая растворенные вещества в виде естественных примесей. Ясно, что химический состав компонентов мерзлой породы совпадает с составом исходной талой, из которой она образовалась. Первая неожиданность возникает при анализе физического состояния воды в мерзлой породе. Оказывается, такой грунт не вполне мерзлый: помимо льда в нем (вплоть до очень низких температур $\approx -70^\circ\text{C}$) всегда содержится определенное количество незамерзшей воды. Она находится в термодинамическом равновесии с внутригрунтовым льдом и способна течь, как обычная жидкость. Этот факт обнаружен в конце прошлого века шведским ученым П.Холмквистом и имеет фундаментальное значение для понимания очень многих природных явлений, происходящих в мерзлой толще. На первый взгляд, объяснить его можно наличием растворенных солей в поровой жидкости, понижающих температуру ее замерзания. Однако многочисленными исследованиями доказано, что

© Я.Б.Горелик, В.С.Колунин



Яков Борисович Горелик, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института криосферы Земли СО РАН (Тюмень). Область научных интересов — физика криогенных процессов в дисперсных системах.



Владимир Сергеевич Колунин, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Специалист в области моделирования криогенных процессов в дисперсных системах.

присутствие солей имеет второстепенное значение. Даже в хорошо отмытых и заполненных дистиллированной водой грунтах значительная часть ее остается незамерзшей. Главная причина ее существования — действие особых сил взаимодействия молекул воды с минеральной поверхностью, причем не малую роль играет и кривизна последней [1]. Чем более дис-

персна порода, тем более развита ее внутренняя поверхность и тем большее количество незамерзшей воды остается в породе при данной отрицательной температуре. Так, количество воды растет в ряду от песков к глинам. Эти же силы приводят к тому, что грунт остается в талом состоянии при температурах несколько ниже 0°C .

Ледяное древо

Что же может происходить с мерзлой породой, если в ней содержится незамерзшая вода? На рис.1 приведена фотография ледяного тела — сплошного монокристалла, растущего на поверхности керамического тонкопористого фильтра. Фильтр помещен в стеклянную, заполненную водой U-образную трубку и виден на рисунке, как облачко, под основанием ледяного столбика. (Облачко наверху столбика — снежный комок, использованный как затравка на начальной стадии роста льда.) Верхняя часть фильтра вместе со льдом находится при отрицательной температуре, а нижняя, соприкасающаяся с водой в трубке, — при положительной. Лед, подобно растению, высасывает воду из резервуара, поднимаясь все выше со скоростью несколько миллиметров в сутки. Можно попробовать воспрепятствовать росту льда, положив сверху гирьку, однако остановить движение не так просто. Оказывается, требуемая нагрузка при понижении температуры увеличивается с коэффициентом ≈ 13 атм/град. Для прекращения роста столбика льда с площадью основания 1 см^2 при температуре -2°C надо положить 26-кило-

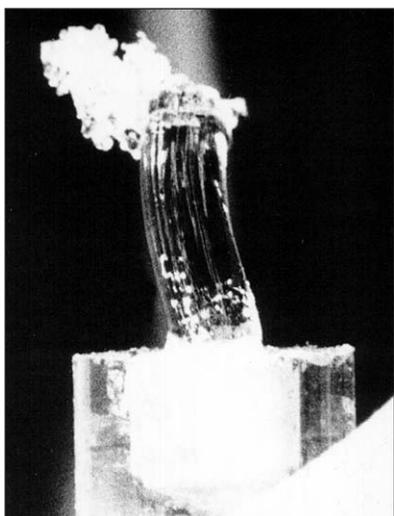


Рис.1. Ледяной столбик, выращенный на поверхности керамического фильтра.

граммовую гирю. Проводились эксперименты, в которых рост льда продолжался при нагрузке, соответствующей давлению 100 атм. Это огромная цифра. Она показывает, что при определенных условиях лед способен, как перышко, поднять любое мыслимое сооружение, нагрузка от которого обычно не превышает нескольких атмосфер. Не надо объяснять, сколь катастрофичными могут быть (и бывают!) последствия. Нагрузка, при которой прекращается рост, называется равновесной, поскольку лед находится в равновесии с водой в резервуаре. Превышение ее вызывает плавление льда и отток жидкости в колено трубки. Очень интересно, что величина нагрузки оказывается примерно в 10 раз ниже той, что необходима для равновесия объемных фаз воды и льда при данной температуре (что отвечает известному коэффициенту 130 атм/град). Это прямое проявление упомянутых поверхностных сил, действующих на контакте льда с минеральной поверхностью.

Вернемся, однако, к фотографии. Чтобы тело льда было прозрачным и не имело внутренних полостей, необходимо поступление воды из резервуара непосредственно к нижней поверхности столбика, контактирующей с фильтром. Но ведь верхняя часть фильтра также мерзлая. Как же происходит подача жидкости? Ответ довольно очевиден: вода поступает по незамерзающим коммуникациям фильтра — жидким пленкам и капиллярам. Однако внимательный читатель обнаружит еще одну загадку: ледяной столбик непрерывно продолжается в порах фильтра, где находится сложная корневая система — внутриспоровый лед. По мере роста столбика его масса перемещается вверх, и легко сообразить, что корневая система также подымается в том же направлении и с той же скоростью. При этом протяженность корневой системы по вертикали не меняется из-за постоянного на-

мерзания льда снизу. Как же возможно такое сплошное течение льда в порах, если их стенки имеют многочисленные выступы и неровности? Здесь мы сталкиваемся еще с одним удивительным явлением, которое продемонстрировал в конце позапрошлого века английский ученый Дж.Баттомли. Он медленно перерезал массивный блок льда с помощью обычной проволоки, но блок не распадался на куски, а оставался целым. Почему? Лед плавился на передней части проволоки, а оттекающая вода замерзала на ее тыльной стороне. Явление, при котором лед плавится в местах повышенных напряжений и затем замерзает в местах разгрузки, получило название режеляции [2]. Так, например, движутся ледники по каменистому, шероховатому ложу. Именно благодаря этому явлению и происходит перемещение внутриспорового льда через фильтр вслед за ледяным телом. Нетрудно понять, что для перетекания жидкости к тыльной стороне препятствия (например, проволоки) необходимо существование вокруг него пленки незамерзшей воды.

Мы подробно остановились на простом лабораторном эксперименте, чтобы выделить основные элементы и их причинно-следственные связи в данном процессе. Отметим их еще раз: поверхностные силы существенно изменяют условия термодинамического равновесия льда и воды в грунтах в сравнении с условиями, характерными для их объемных фаз. Это приводит к присутствию незамерзшей воды в равновесном состоянии при отрицательных температурах, которая способна течь, как обычная жидкость. В свою очередь становятся возможными процессы миграции влаги и перемещения льда внутри пористой матрицы за счет режеляции. Рост ледяных тел как на поверхности, так и внутри грунта происходит только при наличии этих двух процессов. Насос, вызывающий движение воды

в сторону растущего льда, работает исключительно благодаря поверхностным силам, величина которых возрастает в направлении от теплой стороны фильтра к холодной.

Все это представляет качественную сторону явлений. Однако, чтобы прогнозировать развитие реальных процессов в природных условиях, необходимо установить строгие количественные связи между содержанием незамерзшей воды, температурой и давлением в среде, а также величинами соответствующих потоков тепла и массы. Их запись основана на тщательном анализе многочисленных экспериментов и требует привлечения фундаментальных понятий термодинамики, механики деформируемых тел, гидродинамики. В совокупности образуется целое направление, исследующее физику криогенных процессов, которые могут происходить в холодных регионах Земли и космосе. Вершина этой деятельности — математические модели процессов, позволяющие давать количественную оценку самых различных по масштабам и значению событий прошлого, настоящего и будущего. Роль моделей важна и для обоснованного проектирования инженерных сооружений.

Баротермический эффект

Вернемся к мерзлому грунту. Хорошо известно, что твердые тела при сжатии нагреваются. Происходит это вследствие перехода энергии деформации в тепло, а также за счет внутреннего трения элементов среды. Однако взгляните на диаграммы температурного хода для образцов мерзлых грунтов под нагрузкой (рис.2). Они показывают, что в момент нагружения температура грунта скачкообразно понижается и восстанавливается практически до исходного значения при снятии груза. Обратим внимание, что его ве-

личина в несколько раз меньше, чем требуется для плавления обычного куска льда при той же отрицательной температуре. Почему? Ответ легко можно получить, если мы вспомним, что на контакте с пористым телом лед плавится при существенно меньших нагрузках. Но для плавления необходимо подвести тепло, которое может быть взято только из внутренних запасов грунта, определяемых его теплоемкостью. Происходит охлаждение всей системы. Этот эффект назван баротермическим, поскольку связывает изменения давления и температуры в мерзлом грунте в процессе его сжатия [3]. Кроме того, важно, что выделяющаяся влага дренирует в специальную обойму из плотной промокательной бумаги, в которой расположен образец грунта. Бумага обладает очень тонкопористой структурой, и вода в ней не замерзает. Если же взять обойму из более грубого материала, то отжимаемая вода в ней замерзнет, а тепловой эффект от фазовых превращений исчезнет. В этом случае на первый план выйдут силы трения между частицами грунта, и температура образца несколько повысится. Это и происходит, например, в талых, а также мерзлых, но маловлажных грунтах. В последнем случае внутри грунта имеются многочисленные воздушные полости, в которые собирается оттаятая вода и там вновь замерзает. Природные грунты, как правило, водонасыщены, и баротермический эффект проявляется в естественных условиях неожиданным образом.

Посмотрим внимательно на рис.3, где ромбиками показаны фактические данные измерения температуры мерзлых пород в специально оборудованной термометрической скважине на севере Тюменской области. Эксперимент готовился очень тщательно, что обеспечило точность измерения в 0.01°C , так что сомнения в достоверности данных отпадают. Слой мерзло-

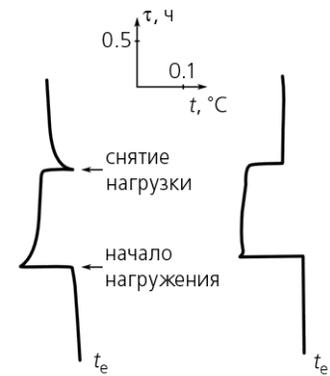


Рис.2. Временной ход температуры мерзлого грунта при его нагружении и разгрузке. Слева — кривая для супеси пылеватой при начальной температуре $t_e = -0.5^{\circ}\text{C}$, справа — для глины при $t_e = -0.75^{\circ}\text{C}$. В обоих случаях внешняя нагрузка равна 3 МПа.

го грунта, залегающий в интервале глубин $h = 140\text{—}240$ м, перекрывается талым водонасыщенным прослоем толщиной около 50 м. Выше, до самой поверхности массива, лежит еще один слой мерзлой породы, который не показан на рисунке. Нижний слой мерзлоты образовался во время прошлых похолоданий климата, а последующие потепления вызвали оттаивание только верхней части массива. Грунт, оставшийся при этом в мерзлом состоянии, называется реликтовым. Последующее похолодание привело к образованию верхнего слоя мерзлых пород, который, однако, не достиг кровли нижнего слоя мерзлоты. Климатические трансформации продолжались несколько тысячелетий. За столь значительное время температура внутри реликтового слоя должна была установиться в соответствии с условиями термодинамического равновесия в толще. Равновесная кривая (1) на рис.3 имеет на-

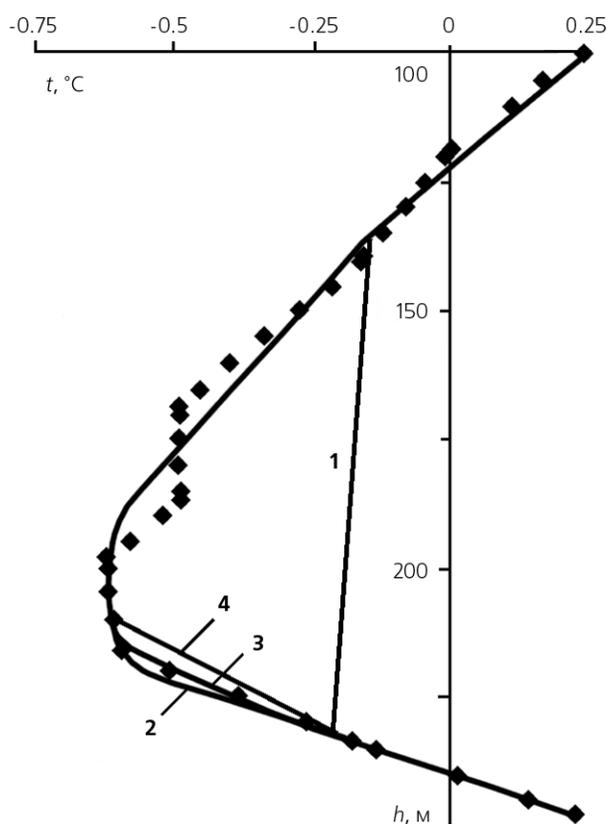


Рис.3. Фактическое распределение температуры мерзлых пород (черные ромбики) по скважине, оборудованной на севере Тюменской обл., и его динамика с момента вытаивания льда в объеме реликтового слоя (по результатам модельных расчетов). 1 — начальное равновесное распределение, 2 — через 100 лет после начала процесса, 3 — через 500 лет, 4 — через 1000 лет.

клон из-за влияния гидростатического давления на точку фазового равновесия воды в мерзлом грунте. Значительное отклонение фактических данных от кривой равновесия представляется совершенно неожиданным. Реликтовый слой оказывается охлажденным ниже равновесной температуры, несмотря на то, что расположен между двумя талыми образованиями, имеющими положительную температуру. В этом можно было бы усмотреть даже нарушение второго начала термодинамики. Какое-либо традиционное объяснение такого распределения температуры практически невозможно. Например, можно предположить какое-либо спе-

цифическое распределение концентрации растворенных солей в поровом растворе, которые смещали бы точку равновесия фаз в пласте. Однако авторы наблюдений подчеркивают, что минерализация грунтовой воды чрезвычайно мала и не влияет на кривую равновесия. Не проходят и иные доводы, в частности основанные на колебаниях температуры поверхности массива в силу существования мощного талика над реликтовым слоем.

Ответ на вопрос содержится в диаграммах рис.2 и анализе образования реликтового слоя. В период потепления, когда верхний слой грунта оттаивал, нижний мерзлый — нагревался.

В какой-то момент нагрузка от вышележащей толщи стала превышать равновесное значение для внутригрунтового льда, который при более низких температурах находился в термодинамическом равновесии с окружающей породой. (Повышение нагрузки от верхнего слоя есть результат ослабления сдерживающего влияния мерзлого грунта, силы сцепления частичек которого ослабевают с повышением температуры.) С этого момента лед начал таять, что и привело к охлаждению массива. Плавление льда во всем объеме реликтового слоя протекает очень медленно, и наблюдаемое распределение температуры может сохраняться многие сотни и тысячи лет.

Строгие уравнения, которые переводят наши рассуждения в плоскость количественных расчетов, подтверждают этот вывод. Кривые 2—4 на рис.3, полученные расчетным путем, показывают, сколь длительным может быть этот процесс. Важно здесь и то, что вытравивающая жидкость движется по незамерзающим коммуникациям мерзлого грунта в талые образования по обе стороны реликтового слоя. Интересно, как чутко реагирует мерзлый массив на изменение внешних условий в соответствии с общим принципом Ле Шателье. Потепление климата вызывает охлаждение массива!

Слоистость — память о прошлом

Рассмотрим еще одно интересное явление, сопутствующее процессу промерзания грунта. На рис.4 показана колонка грунта после промерзания в лабораторных условиях. Нижнее основание колонки во время опыта находилось в контакте с источником воды. Талый грунт сохранился в нижней части колонки и остался совершенно однородным. Промерзшая же часть сильно изменилась: обра-

зовалась четко выраженная слоистость. Слои мерзлого грунта перемежаются линзами чистого льда, толщина которых изменяется с глубиной вполне определенным образом.

Картина слоистости — текстура мерзлого грунта — оказывается связанной со свойствами грунта и условиями его промерзания. Например, при некоторых условиях для грунта данного типа толщина ледяных линз может превысить высоту начальной талой колонки. Вообще же по текстуре мерзлого грунта можно в принципе восстановить температурные условия его промерзания. Подобную слоистость мы видим и в природных толщах мерзлой породы. Она прослеживается до весьма значительных глубин — 100—150 м. Максимальная же толщина ледяных линз наблюдается в верхних 10—40 м. Ниже их толщина монотонно снижается, а расстояние между линзами увеличивается. Довольно часто в верхних слоях мерзлого грунта обнаруживаются слои льда толщиной от единиц до нескольких десятков метров.

Застывшая картина слоистости в промерзших рыхлых отложениях напрямую связана с климатом прошлых тысячелетий. Познать же закономерности изменения климата означает обрести ключ к разгадке многих тайн, которые волнуют человечество. Каким же образом возникает слоистость? Можно сразу сказать, что рост отдельных линз вполне аналогичен картине, которую мы описали для ледяного тела на поверхности керамического фильтра. Но чем вызвано их возникновение в данном конкретном месте и почему они прекращают свой рост спустя какое-то время? Ответ на эти вопросы требует анализа внутренних напряжений в промерзающем грунте, а точнее в той зоне, где расположена корневая система растущей линзы.

Если при стационарном росте льда на поверхности фильтра протяженность корневой зоны

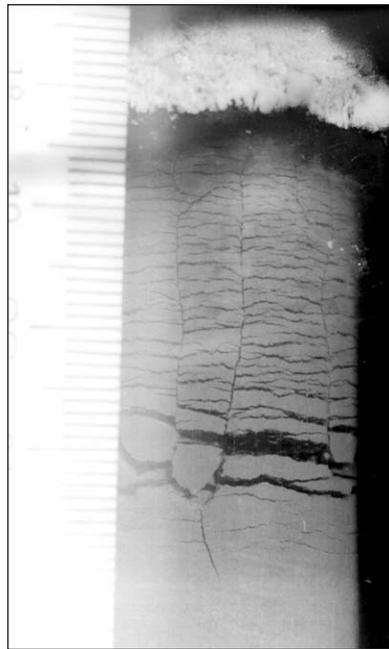


Рис.4. Криогенная текстура грунта, полученная в лаборатории.

не меняется, то при промерзании грунта ее длина все время увеличивается и внутренние напряжения в отдельных компонентах грунта также меняются. По законам механики, в каждом поперечном сечении зоны корневой системы величина внешней нагрузки всегда должна быть равна сумме напряжений в отдельных компонентах грунта. Иными словами, нагрузка равна сумме внутривязовых напряжений (обусловленных внутренним давлением во льду и незамерзшей воде) и напряжений в скелете минеральных частиц грунта. Этот баланс подразумевает, что при постоянной общей нагрузке увеличение давления внутри пор сопровождается уменьшением напряжений в скелете. В некоторый момент в определенном сечении зоны корневой системы поровое давление, монотонно нарастая, достигает значения внешней нагрузки. В скелете грунта начинают возникать растягивающие напряжения. Однако рыхлые отложения не обладают прочностью на разрыв, и минеральные

частицы начинают расходиться в пространстве, которое немедленно заполняется льдом. Так образуется новая линза льда, перекрывающая все поперечное сечение образца и лишаящая питания водой предыдущую линзу. Последняя сразу же прекращает свой рост. Далее процесс повторяется, что и приводит к образованию слоистой текстуры. Количественно ее параметры (размеры ледяных линз и расстояния между ними) определяются математической моделью текстурообразования, учитывающей в уравнениях весь комплекс факторов, оказывающих влияние на этот процесс.

На рис.5 приведены результаты вычислений основных параметров текстуры для промерзающего в естественных условиях грунта. Левая часть рисунка подтверждает общую закономерность немонотонного распределения толщины ледяных линз с глубиной. Правая — демонстрирует возможность образования мощного слоя льда в верхней части разреза. Однако главное достоинство данной математической модели заключается в том, что она указывает ясные причины и конкретные условия, при которых формируются те или иные картины распределения льда в массиве. Так, уменьшение толщины льдинок, начиная с некоторой глубины, обусловлено весом вышележащей толщи, гасящей процесс выделения льда. Образование же массивного ледяного тела обусловлено достаточно мягкими условиями промерзания и высокой проницаемостью исходной талой породы.

Насколько полезным инструментом исследования может оказаться рассматриваемая модель, показывает следующий пример. Замечено, что расположение ледяных линз по разрезу иногда не вполне регулярно. Они то сближаются, то вновь разбегаются, напоминая неравномерно растянутую гармошку. Это наблюдается и в сравнительно однородных по составу

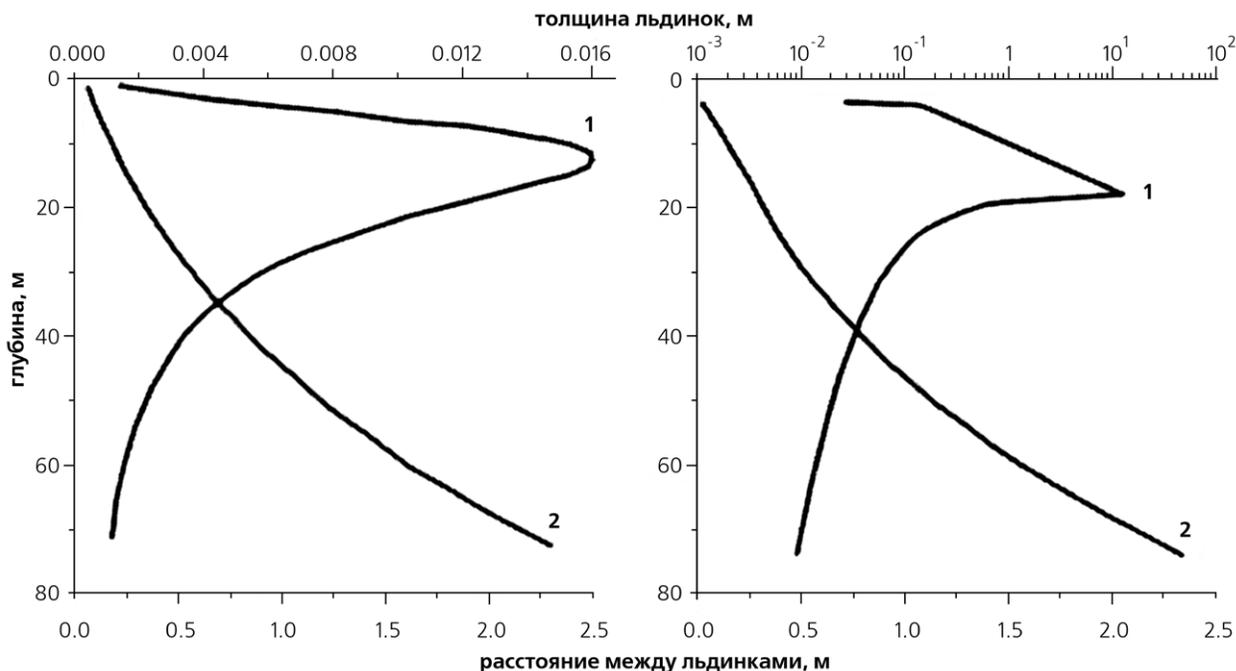


Рис.5. Расчетные зависимости параметров слоистой криогенной текстуры от глубины при коэффициенте гидропроводности 10^{-11} (слева) и $10^{-10} \text{ м}^3 \cdot \text{с} \cdot \text{кг}^{-1}$. Кривые (1) показывают немонотонное изменение толщины ледяных линз; при повышенной водопроницаемости грунта (справа) расчет предсказывает образование массивного ледяного тела в верхней части пласта. Кривые (2) отвечают монотонному увеличению с глубиной расстояний между льдинками.

и свойствам отложениях. До недавнего времени такие аномалии не поддавались даже качественному объяснению. В частности, сезонные колебания температуры на поверхности массива хотя и имеют значительную амплитуду, но не проникают в глубь Земли больше чем на 10–15 м. Следовательно, они не могут изменить картину распределения ниже этого уровня. Длиннопериодные же колебания (в пределах десятков лет), обусловленные изменением климата, имеют очень малую амплитуду и также не оказывают существенного влияния на этот процесс.

Какие же еще возмущения способны нарушить плавные изменения параметров криотекстуры? Вспомним, что природные массивы грунта, как правило, имеют гидравлическую связь с открытыми водоемами, колебание уровня которых так же естественно, как и колебание

температуры на поверхности. Однако в отличие от температуры изменение давления в грунтовой воде, вызванное колебанием уровня, распространяется по гидросистеме на большие расстояния практически без затухания. Насколько серьезно такое влияние на процесс образования криотекстуры?

Результаты расчета конкретного примера показаны на рис.6, на котором для сравнения приведены аналогичные данные при неизменном уровне водоема [4]. Распределение льдистости разительно изменилось. Зависимость промежутков между ледяными линзами приобрела вид упомянутой «гармошки», а зависимость их толщины от глубины стала носить колебательный, затухающий характер. Интересно, что периодичность расположения льда не вполне соответствует периодичности накладываемых возмущений. Здесь идет сложный

процесс интерференции колебаний давления и изменения поровых напряжений, который приводит к образованию структур, схожих с застывшей картиной биений, известной в колебательных процессах. Для подтверждения влияния гидростатики водоема на параметры криотекстуры необходимо сравнение с конкретным геологическим материалом. Однако уже на основании выполненных расчетов можно высказать предположение, что криогенные текстуры консервируют ритмику гидрологической обстановки прошлых эпох и могут служить ее палеоклиматическим индикатором.

Математическая модель текстуробразования дает объяснение и другим интересным фактам, которые подмечены в натурных и лабораторных исследованиях. Например, известно, что если в тонкодисперсной толще находился песчаный

слой, то после промерзания зона в 1.5—2 м над ним практически не содержит ледяных линз. Объясняется это касанием корневой системы очередной растущей линзы песчаного пласта и быстрым замерзанием последнего. Все дело в протяженности зоны корневой системы, которая на глубинах более чем 15—20 м имеет длину около метра.

Другой пример взят из лабораторной практики. На рис.7 показано изменение скорости роста льда в зависимости от температуры охлаждения. Были проведены два похожих опыта, но непонятным образом в одном случае скорость возрастала с понижением температуры, а в другом — падала. Объяснить это удастся, только с помощью точных уравнений. Оказывается, при одних и тех же внешних условиях возможно существование двух устойчивых режимов роста, отличающихся протяженностью корневой системы и по-разному реагирующих на изменение температуры.

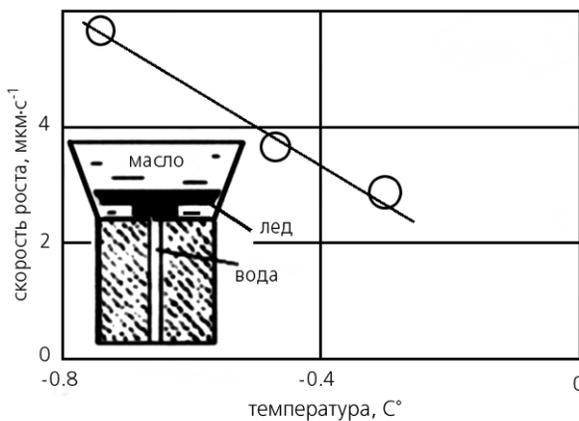


Рис.7. Экспериментальные определения скорости роста льда в двух опытах с близкими внешними условиями. В одном случае (слева) массоперенос увеличивается с понижением температуры, в другом — падает. Ключевую роль здесь играет протяженность корневой системы, которая может принимать два устойчивых значения при одинаковых внешних параметрах. Эти режимы роста отличаются направлением реакции системы на изменение температуры охлаждения. На правом рисунке цветной кривую показан размер промерзающей зоны.

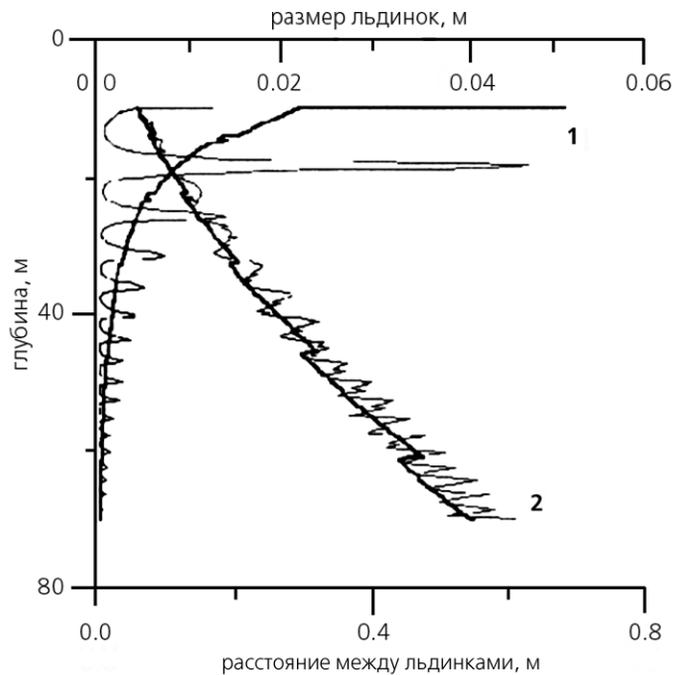
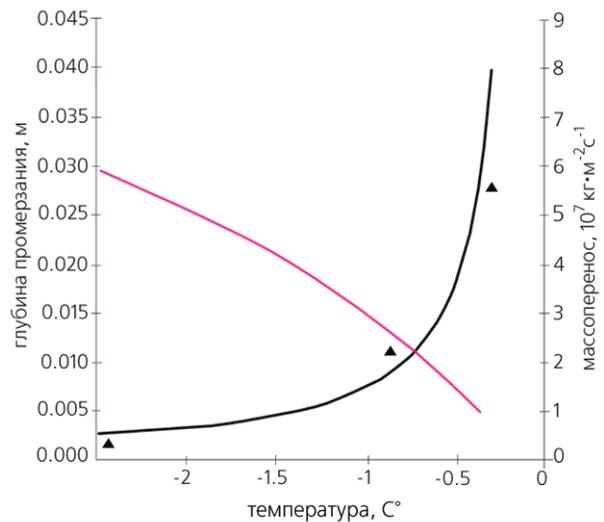


Рис.6. Нарушение плавного изменения параметров криотекстуры при колебаниях уровня водоема, с которым грунт имеет гидравлическую связь. Толстые линии соответствуют постоянному уровню воды, тонкие — колебаниям уровня с амплитудой 10 м. 1 — кривая распределения по глубине толщины льдинок, 2 — расстояний между ними.



Загадка жидких включений

Конечно, не всякий содержащийся в грунте лед образуется так, как описано выше. Он может быть просто погребен под наносами ила либо образоваться из воды, внедрившейся под напором в уже мерзлые слои. Всегда важно точно установить условия его формирования, поскольку именно они и воссоздают конкретную обстановку прошлого. Существенную помощь оказывают результаты исследований многочисленных включений, содержащихся в природных льдах, — газообразных, твердых или жидких. Пузырьки газа могут многое рассказать о составе атмосферы в прошлые времена, твердые частички характеризуют свойства вмещающих пород, а жидкие включения — происхождение и состав замерзшей воды.

Капелька концентрирует внутри себя большую часть примесей и потому остается незамерзшей в ледяном теле. При наложении на лед градиентного поля температуры все микроскопические образования начинают медленно перемещаться в более теплую сторону льда. В этих ус-

ловиях с течением времени происходит его самоочистка. Например, так происходит опреснение морского льда, который в момент формирования содержит многочисленные капельки рассола. Для оценки возраста самого льда важно знать закономерности перемещения включений. В лабораториях создаются специальные криоскопические установки (рис.8), где наблюдаемые в микроскоп процессы выводятся на экран телевизора или компьютера, а запоминающие устройства позволяют воспроизвести все детали явлений. Одна загадка долгое время лишала сна исследователей, наблюдавших движение капли во льду. (Такое движение происходит вследствие оттаивания льда с теплой стороны капли и ее замерзания с противоположной, т.е. благодаря известному нам процессу режеляции.) Дело в том, что при движении в сторону повышенных температур капелька еще и увеличивается в размерах. Это понятно, поскольку происходит частичное оттаивание льда так, что концентрация раствора в ней понижается в соответствии с условиями фазового равновесия. Но вследствие разности плотно-

стей воды и льда при фактическом увеличении размеров капли внутри нее должны возникать очень большие растягивающие напряжения, которые приводят к внутренним разрывам и газо-выделению. Однако ни один микроскоп в мире не зафиксировал это явление! Разгадка заключается в необычных свойствах льда. Этот твердый минерал при длительно действующих нагрузках может течь, как очень вязкая жидкость [5]. Именно текучесть льда и разгружает каплю от высоких растягивающих напряжений. Теория, построенная с учетом данного свойства льда, демонстрирует это обстоятельство в числах.

Два графика на рис.9 показывают, что вследствие текучести льда напряжения в капле снижаются по абсолютной величине более чем на три порядка от значений, отвечающих его недеформируемой идеализации. Правильно построенная теория позволяет решить целый ряд других важных вопросов. Например, из теории движения капель следует, что их скорость не должна зависеть от начального радиуса — это действительно наблюдается в опыте. Другой вывод теории, который не подвергался экспериментальной проверке, состоит в том, что аналогичные жидкие включения перемещаются и в мерзлом грунте, причем со скоростью в несколько раз выше, чем во льду. Причина — существенно меньшие затраты в этом случае на фазовый переход, так как часть жидкости замещается минеральными частицами. Получает объяснение и еще один загадочный факт — блуждание больших скоплений рассола, так называемых криопэггов, внутри мерзлой толщи. (Вспомним, что скорость перемещения включений не зависит от их радиуса.) Это явление отмечено в Якутии и на западном побережье Ямала. Вероятнее всего, блуждание криопэггов обязано естественным температурным градиентам, которые всегда присутствуют в природной среде.



Рис.8. Общий вид установки для исследования микропроцессов в промерзающих образцах.

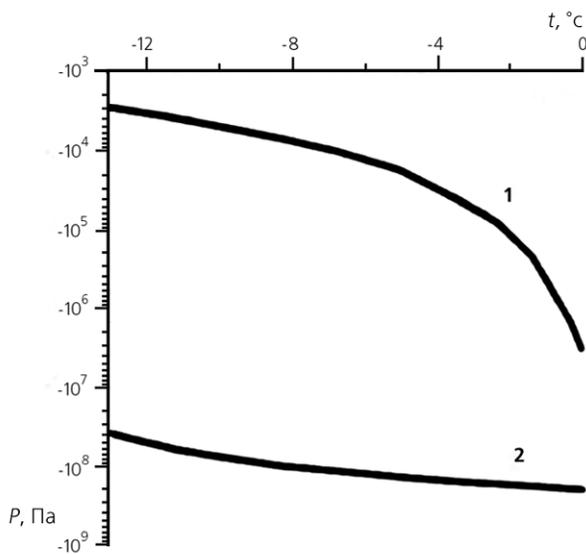


Рис.9. Растягивающее напряжение внутри жидкого включения во льду при разных температурах. Вследствие текучести льда напряжения в капле снижаются по абсолютной величине более чем на три порядка (кривая 1) по сравнению со значениями, отвечающими его недеформируемой идеализации (кривая 2). Благодаря этому движущаяся во льду капля не содержит пузырьков пара.

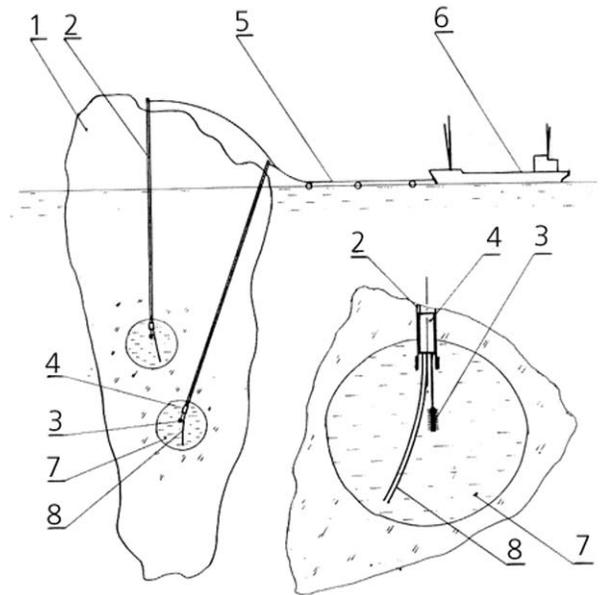


Рис.10. Схема добычи пресной воды из ледяных массивов. 1 — айсберг, 2 — ствол скважины, 3 — нагреватель, 4 — насос, 5 — шланг, 6 — танкер, 7 — проплавленная полость, 8 — патрубков.

Еще одно неожиданное при-
ложение теоретических резуль-
татов — получение пресной во-
ды из айсбергов (рис.10). В ле-
дяном гиганте бурят скважину
глубиной в несколько сотен ме-
тров. Специальным нагревате-
лем на забое проплавляется по-
лость, в которой отсасывающим
насосом создается максимально
возможное разряжение. Под
действием перепада давлени-
я между водой в океане и в по-
лости лед начинает течь
внутри полости. При включен-
ном нагревателе он непрерывно
тает на ее границах, а образу-

ющаяся вода откачивается на суд-
но. Расчеты показывают, что для
получения 30 т воды в сутки ди-
аметр полости должен состав-
лять примерно 6 м. При этом
скорость течения льда на ее гра-
ницах весьма мала — несколько
микрон в секунду.

В кратком очерке невоз-
можно охватить все многооб-
разие явлений в мерзлых грун-
тах, имеющих физическую
природу. Мы даже не коснулись
замечательных фактов сущест-

вования льда внутри пород при
положительных температурах,
необычной формы включений
во льду, низкой температуры
плавления малых ледяных тел,
и многого другого, что будора-
жит фантазию исследователя.
Но все же сказанного достаточ-
но, чтобы считать мерзлый
грунт удивительным образова-
нием природы. ■

**Работа выполнена при
поддержке Российского фон-
да фундаментальных иссле-
дований. Проекты 97-05-
65044, 00-05-64871.**

Литература

1. Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Смачивающие пленки. М., 1984.
2. Маэно Н. Наука о льде. М., 1988.
3. Горелик Я.Б., Колунин В.С., Решетников А.К. // Криосфера Земли. 1999. Т.3. №1. С.69—77.
4. Горелик Я.Б., Колунин В.С. // Криосфера Земли. 2000. Т.4. №2. С.41—51.
5. Войтковский К.Ф. Механические свойства льда. М., 1960.



*Сергей Евгеньевич Северин
20.XII.1901—15.VIII.1993*

«ЛЮБИТЕ НЕ СЕБЯ В НАУКЕ, А НАУКУ»

К 100-летию со дня рождения С.Е.Северина

За свою долгую жизнь где только ни работал Сергей Евгеньевич Северин, в какие только советы и комиссии ни входил. Но вся его жизнь была неразрывно связана с Московским университетом — 75 лет из 92 прожитых. Оттуда он начал свой путь в науке, там организовал кафедру биохимии животных, которую вел с любовью чуть более 50 лет, там создал свою школу биохимиков. Его ученикам разных поколений мы и предоставляем слово.

Жрец биохимии

С.Э.Шноль,
доктор биологических наук
Институт биофизики РАН
Пущино

Закончился XX век. И мы, как и наши предшественники, провожавшие прежние века, ищем для него название. Когда забудется ежедневная суета, 20-е столетие останется в истории как время создания квантовой механики и теории относительности, как эпоха радиоактивности и атомной энергии. Но на самом деле это еще и век биохимии, развитие которой крайне драматично. Накал страстей был здесь не меньше, чем в физике. Сергей Евгеньевич Северин жил в мире этих страстей и событий и здесь был его выбор.

С первых лет XX в. начинается расцвет биохимии. В это время Северин — учащийся Медведской гимназии в Москве. Ув-

лекается математикой и гуманитарными науками, предполагает избрать профессию юриста (какой был бы адвокат!), о биохимии и не думает. В 1918 г. после седьмого класса без экзаменов поступает на первый курс медицинского факультета Московского университета.

О первых успехах биохимии студент второго курса Северин услышал на лекциях В.С.Гулевича, которые произвели на него сильное впечатление. Он решил специализироваться в биохимии и попросил разрешения работать в лаборатории; на кафедре Гулевича были практикумы по аналитической, органической и биологической химии для медиков. Северин прослушал полный курс лекций дважды! Попросил оставить «на второй год», поскольку под влиянием

лекций по анатомии человека выдающегося профессора Е.О.Грейлиха увлекся общими проблемами биологии. На втором курсе продолжал интенсивно заниматься анатомией и биологией, но нашел себя неготовым к сдаче экзаменов по другим предметам. (Может быть, основной мотив был иной — оказаться на одном курсе с В.А.Кафиевой — с 1923 г. Варварой Андреевной Севериной.) С большим трудом получил разрешение на «второй год». Теперь он резко меняет стиль занятий — с энтузиазмом слушает лекции по высшей математике, химии, антропологии, эмбриологии, выполняет практикумы по физиологии, эмбриологии и гистологии. Особое впечатление — лекции А.М.Беркенгейма по аналитической химии.

© С.Э.Шноль



Родители: отец – Евгений Павлович Северин, управляющий Московской фабрики швейных машин знаменитой фирмы «Зингер» (его предки – гугеноты, спасавшиеся во время Варфоломеевской ночи и бежавшие в Германию); мать – Ольга Яковлевна, урожденная Шкотт (ее шотландские предки для благозвучия изменили с высочайшего разрешения свою фамилию Скотт на Шкотт). 1900г.

Разруха, голод, холод, тиф. Северин зарабатывает уроками. В 1919–1920 гг. он вместе с другими студентами-медиками мобилизован на борьбу с сыпным тифом в Угршском изоляционном центре — снимают с поездов больных и лечат. В 1921–1922 гг. работает воспитателем в Детском дефектологическом интернате им.П.П.Кащенко.

В 1924 г., после окончания МГУ, остается на кафедре Гулевича — сначала как ассистент-исследователь, а вскоре как аспирант. Одновременно работает в физиологической лаборатории И.П.Разенкова в Институте профзаболеваний им.В.А.Обуха в качестве научного сотрудника.

В 1925–1929 гг. в стране — программа широкого культурного и научного прогресса. Создание новых научных лабораторий, институтов и вузов. В 1930 г. медицинские факульте-

ты университетов выделяются в самостоятельные медицинские институты. В этом же году образуется биологический факультет МГУ. Биохимия животных на биофаке существовала как часть курса кафедры физиологии животных, которую А.Ф.Самойлов организовал еще в 1924 г. С 1930 г. кафедру возглавил И.Л.Кан, который и предложил Северину, только что закончившему аспирантуру, взять на себя преподавание биохимии физиологам и зоологам. Сергей Евгеньевич вел практикум (преимущественно по дыхательной функции крови) и читал лекции в качестве доцента.

В 1935 г. Северин — профессор, организует на биофаке отдельную лабораторию биохимии животных. На третьем этаже здания университета на Моховой (д.9) выделили комнаты, ранее занимавшиеся зоологом

М.А.Мензбиром и потому совершенно непригодные для биохимических работ. Сергей Евгеньевич с Н.П.Мешковой и А.В.Голубцовой, не жалея сил и времени, занимаются их оборудованием.

Недостаток места, оборудования, реактивов компенсировала возможность работы в ряде других лабораторий, также возглавляемых Сергеем Евгеньевичем: в Институте переливания крови, в Институте профзаболеваний, в Институте питания АМН, в Институте фармакологии, в Институте биологической и медицинской химии АМН и на кафедре биохимии 3-го Медицинского института, где Сергей Евгеньевич также был заведующим. Вероятно, в этом был смысл его «многомерного» совместительства.

В 1939 г. лаборатория становится кафедрой. Объявлен конкурс. На должность заведующего претендует также В.А.Энгельгардт. Северина активно поддерживают И.Л.Кан и декан С.Д.Юдинцев. Возглавил кафедру Сергей Евгеньевич.

Основой образования на кафедре были не только лекции, но и чрезвычайно тщательно подготовленные разнообразные задачи практикумов. Общее их число в конце концов превысило 150. В этих задачах отражен весь ход становления и развития современной классической биохимии.

Я не знаю, как пережил Сергей Евгеньевич 30-е годы, как он уцелел при массовых репрессиях 1936–1939 гг.? Волновало ли его все более жесткое противостояние Лысенко и Вавилова? Как выдержал одновременную работу во многих учреждениях, создание кафедры, налаживание задач Большого практикума? Знаю только, что чрезвычайные события биохимии тех лет наполняли его лекции.

Сергей Евгеньевич как лектор был наиболее артистичен. Он воздействовал на аудиторию всем арсеналом средств — классическим профессорским обли-

ком, богатым набором интонаций, ритмом речи и, самое главное, вовлечением слушателей в поиск ответов на вопросы, обсуждаемые в лекции. Он улавливал души.

Я собирался под впечатлением от лекций Л.А.Зенкевича идти на кафедру зоологии беспозвоночных. Но прочитал объявление: «Проф. С.Е.Северин прочтет лекцию для студентов 2-го курса — о биохимии». Он рассказывал о роли фосфатов и АТФ. Я был пленен, и многие годы на последующих курсах и после университета искал причины, физическую природу уникальной роли этого вещества.

Каждый день, как правило, Сергей Евгеньевич обходил сотрудников и студентов-дипломников в лаборатории, смотрел в лабораторных тетрадях результаты и обсуждал ближайшие планы. Для всех эти «обходы» были самыми важными событиями. Где-то за пределами кафедры шла другая жизнь. 18 февраля 1947 г. — арестован В.В.Парин (Дело Ключевой—Роскина). 13 января 1948 г. убит С.М.Михоэлс. Летом 1948 г. прошла сессия ВАСХНИЛ. Биофак был разгромлен, но на кафедре ничего не изменилось.

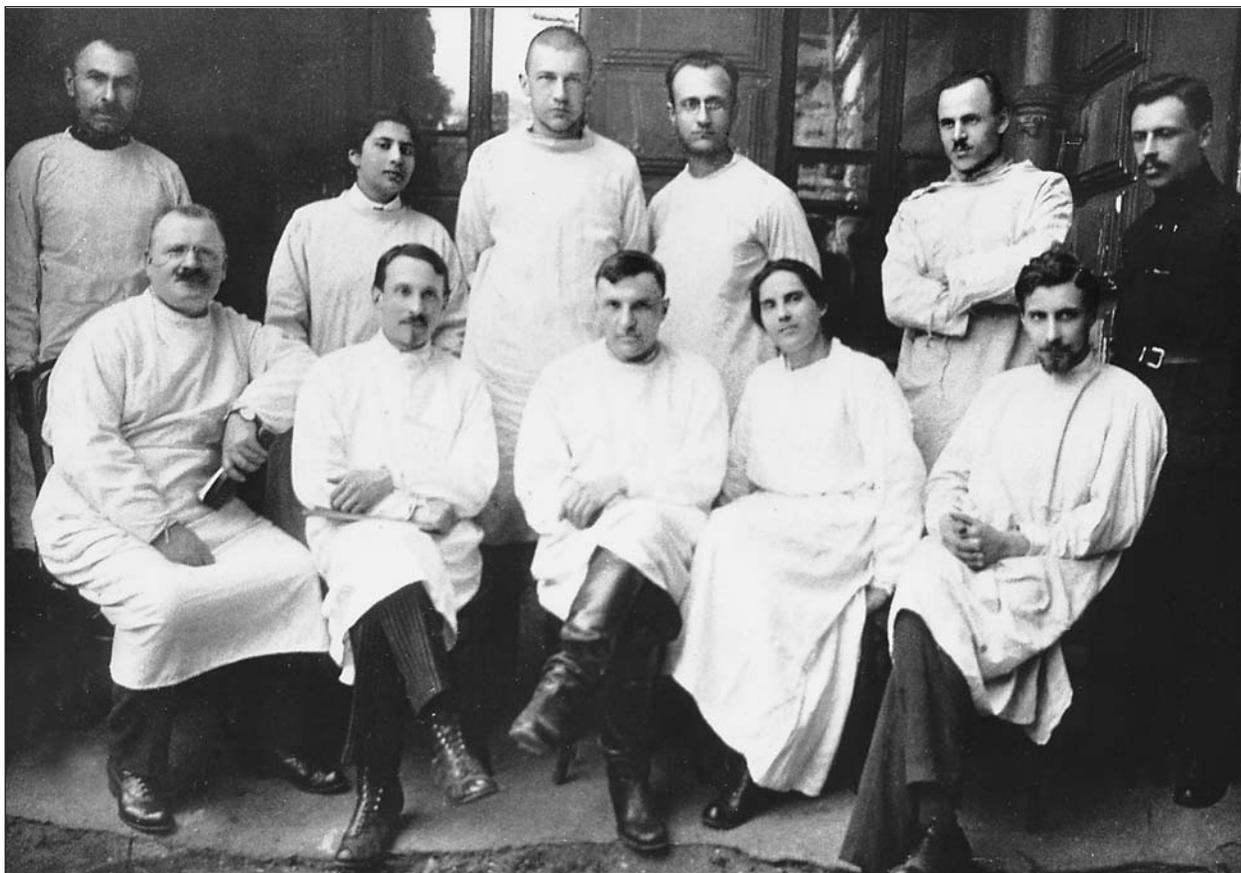
Вместо Юдинцева деканом стал отвратительный Президент. Мы были обязаны слушать его демагогические лекции. Сатирическую стенную газету с цитатами из этих лекций сорвали через 40 минут и отнесли в партбюро, где вместо С.И.Алиханяна секретарем стала благостно-назидательная Е.И.Смирнова. Меня, редактора газеты, вызвали в партбюро и сообщили, что в университет я могу больше не приходить и мою дальнейшую судьбу они решат позже. Как меня отстоял Сергей Евгеньевич — не знаю. Он лишь обсудил со мной трудности задачи практикума по анализу азота аминокрупп методом Ван-Слайка.



Братья и сестра Северины. Первый ряд: Ольга (в центре), близнецы Яша и Женья. Второй ряд: Сережа и Юра. 1908 г.



Двадцать лет спустя (1928). Слева направо: Яков, Сергей, Евгений, Юрий и Ольга. Яков преподавал физику в средней школе (погиб в 1941 г. в ополчении), Евгений был директором Малого театра и ректором Щукинского училища (умер в 1996 г.), Юрий стал военным, дослужился до звания полковника (умер в 1961 г.), Ольга была женой генерал-лейтенанта В.К.Мордвинова (умерла в 1989 г.).



В лаборатории физиологии Института им.В.А.Обуха. С.Е.Северин — крайний справа в первом ряду. 1925 г.

Тяжелый груз

Его выбрали в действительные члены Академии медицинских наук. Мы поздравляли его после лекции, и самый светский из нас, Андрей Трубецкой, вручил цветы. «Спасибо, друзья мои, — сказал он, — но ведь от этого не становишься ни лучше, ни умнее». И мы притихли.

В 1949 г. возобновились массовые репрессии. Повторно арестовывали «отсидевших» и многих — впервые. Осенью 1949 г. арестовали Андрея Трубецкого, Арона Фарберова. Началась оголтелая борьба с «безродными космополитами». Вне стен кафедры было ужасно. В январе прошли аресты членов Еврейского антифашистского комитета. 29 января в тюрьме умер выдающийся биохимик Я.О.Парнас. Сергей Евгеньевич

был близко знаком с ним. Летом 1948-го Парнас из-за плохого здоровья оставил пост директора созданного им Института биологической и медицинской химии АМН СССР, и Северин некоторое время (до В.Н.Ореховича) был директором института. Он был в гуще ужасных событий. Он в них участвовал! Но на кафедре заслонял нас от них. Мы делали задачи Большого практикума и волновались в ожидании его очередного «обхода».

В Институте биологической и медицинской химии жертвой выбрали Д.Л.Рубинштейна. Об этом классике кольцовской школы надо бы рассказывать отдельно. Он знал все. Ему еще в 30-е годы принадлежали сводки-обзоры мировой литературы. В 1947 г. вышел его прекрас-

ный учебник «Общая физиология». Но в нем было очень мало ссылок на отечественных авторов, преобладало «преклонение перед иностранщиной». На ученый совет, собранный для обсуждения «идеологически вредной книги», наивный Рубинштейн пришел, ничего не подозревая. Ему было интересно услышать мнение коллег. Его громил — с пафосом, безжалостно передергивая факты. Самую яркую речь против Рубинштейна произнес Сергей Евгеньевич. Если бы только он! С критикой выступили А.Е.Браунштейн и многие другие. Дмитрий Леонидович был раздавлен.

Много лет спустя я узнал, что Сергея Евгеньевича вызывали в «инстанции» и предупредили, что, если он не выступит против Дмитрия Леонидовича, — воз-

можен арест Браунштейна, которого Северин считал как никого другого. Он говорил нам: «Браунштейн — это стена, это навечно!» И Сергей Евгеньевич выступил с классическим обвинением против Рубинштейна.

Позже Рубинштейна уволили с должности заведующего лабораторией, лишили звания профессора, и вскоре он умер от сердечного приступа. Над его гробом Сергей Евгеньевич произнес речь, от которой плакали потрясенные слушатели. Я думаю, прощаясь с Дмитрием Леонидовичем, Сергей Евгеньевич позволил себе быть искренним.

Летом 1950 г. прошла Павловская сессия. Теперь изгоняли с работы тех, кто должным образом не развивал павловское учение. Атмосфера за пределами кафедры становилась все менее пригодной для жизни. Но нам не хотелось думать об этом. Нас заслонял Северин.

Сообщения о новых открытиях поступали еженедельно. В каждом номере «Journal of Biological Chemistry», «Nature», «Science», «Journal American Chemical Society» могла быть сенсация. В 1949 г. начала работать Библиотека иностранной литературы. Много журналов получала библиотека МГУ. Но одному было невозможно удержаться в этом потоке. И тут особая роль принадлежала Московскому биохимическому обществу и его председателю Сергею Евгеньевичу Северину. Регулярные заседания в здании около Планетария на Садово-Кудринской иногда походили на торжественные спектакли. Велих выдающийся артист Северин.

Сейчас культура ведения научных собраний почти утрачена. Роль председателя на наших симпозиумах и конференциях, кажется, состоит лишь в обеспечении строгого соблюдения регламента. Докладчики скороговоркой бормочут вводные слова и переходят к показу иллюстраций: «Next slide please!» — мелькают слайды, зажигают и тушат



На даче с женой Варварой Андреевной. 1938 г.

свет, думать некогда и, может быть, не надо... Председатель заранее не знает предмета доклада... Он лишь регулировщик.

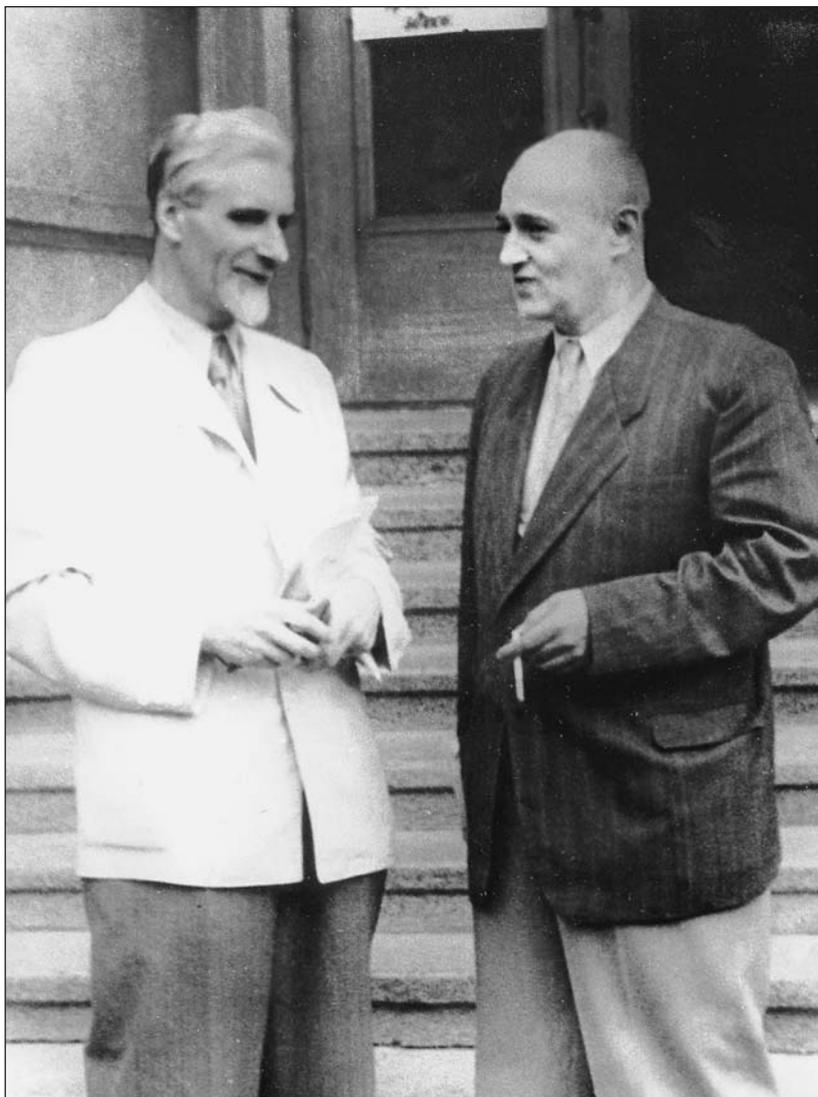
Ведущие тех лет — Северин, Браунштейн, Энгельгардт — за несколько дней до заседания знакомились с предстоящим докладом, подбирали и изучали литературу. А потом поражали аудиторию «экспромтами», ценными обобщениями, ссылками на предшественников докладчика, идеями возможных следствий. Мы ждали этих выступлений — они могли быть самым важным событием заседания.

Обычно председательствовал Сергей Евгеньевич. И ритуально, одними и теми же словами, предвварял доклад: «Не с тем чтобы ограничить, исключительно для порядка, сколько минут вы полагаете нужным для вашего сообщения?» Принято было без напоминания укладываться в объявленное время. После доклада раздавался также ритуальный возглас: «Угодно ли присутствующим задать вопросы?» И после заданного вопроса, если он был не всеми услышан или был недостаточно четким, председа-

тель громко и ясно повторял и разъяснял его. И столь же активно комментировал ответы докладчика. Но самое главное в каждом заседании — заключительная обобщающая речь председателя. Увы, не было тогда магнитофонов...

«Внешний мир»

В 1949 г. Северин стал академиком-секретарем Медико-биологического отделения АМН. Это была тяжелая должность: ему приходилось искоренять менделистов-морганистов, «антипавловцев», поддерживать безумные работы О.Б.Лепешинской, бороться с «безродными космополитами», подписывать приказы об увольнении и назначениях. Он отказался от всех прочих дел, всех «совместительств». Только заведующий кафедрой биохимии животных (основная работа) и академик-секретарь. Государственный чиновник, послушный партийным указаниям в АМН, и наш высший авторитет, строгий и заботливый учитель на кафедре.



С другом биохимиком А.Е.Браунштейном. 1954 г.

А там, во «внешнем мире», Сергей Евгеньевич совсем иной. Ему, естественно, ясна вздорность работ Лепешинской. Но он ничего против начальства не делает. Ольга Борисовна пригласила целую делегацию выдающихся ученых к себе на дачу, в академическом пос.Луцино, возле Звенигорода. Именно там она успешно исследовала проблему «живого вещества» (доклеточного или бесклеточного вещества со всеми признаками жизни). Вещество это, как показали дочь и зять Ольги Борисовны, может образовывать кристаллы. Такие кристаллы, в том числе из

сперматозоидов, воспроизводились на фотографиях в журнале «Известия Академии наук СССР. Серия биологическая». Но лучше всего увидеть живое вещество в естественных условиях. Ольга Борисовна с пафосом показывала маститым академикам бочку, в которую стекала дождевая вода с крыши дачи. Вот здесь самое жизнеспособное живое вещество!.. И академики смотрели в бочку. «Так, — заметил Сергей Евгеньевич, — значит, здесь живое вещество? Ага, ага, здесь, значит... Очень интересно. Очень. Живое вещество именно в этой бочке. Ага, очень интересно...»

Если бы Ольга Борисовна анализировала интонации. Если бы... Члены делегации еле сдерживались. Но — служба! Поблагодарили за интересные демонстрации и уехали.

И это мракобесие длилось несколько лет!

Когда мы заканчивали университет, я пошел к Сергею Евгеньевичу в кабинет позвать фотографироваться вместе с нашей группой. Он сказал: «Не люблю групповых фотографий — кого-нибудь арестуют, и не знаешь куда деть фото». Однако подумал и пошел.

Осенью 1950 г. Сергей Евгеньевич позвал меня к себе в кабинет. «Нужно начать думать о распределении», — сказал он. Сейчас не всем понятно слово «распределение». Обязательная отправка молодых специалистов на работу в соответствии с заявками учреждений. Желательно самому найти подходящую заявку, принести в комиссию, чтобы ее включили в государственный план. Мне не хотелось думать об этом — только что начата дипломная работа под руководством А.В.Котельниковой в бывшей лаборатории Парнаса.

Я был наивен и думал, что лучше всего мне было бы остаться на кафедре — строились новые корпуса на Ленинских горах. Факультет и соответственно кафедра расширялись. Там столько работы. А я еще могу быть и электромонтером, и слесарем... Нет, сказал Сергей Евгеньевич, это нереально.

Сергей Евгеньевич имел безграничные связи. Он знал множество лабораторий, где требовались биохимики. Он писал письма-рекомендации множеству лиц, и я шел с ними. Заведующие лабораториями принимали меня очень хорошо. При одном имени Северина возникала благожелательная реакция. В отделах кадров просили позвонить через неделю, а потом сухо сообщали, что никакой подходящей работы для меня нет. Сергей Евгеньевич

все это заранее предвидел. Однако продолжал писать рекомендации, звонить по телефону, давать мне советы. Он знал, что ничего не выйдет, но все же надеялся.

Наступила весна 1951 г. Дипломная работа завершена. Заявок на работу для меня нет. Приближается день распределения. Заседает комиссия. Супругов полагается распределять вместе. Значит, из-за меня останется без работы и моя жена Муся. Заявку для нее не без труда также добыл Сергей Евгеньевич — в Институт физиологии, в лабораторию И.А.Аршавского. Величественный, импозантный профессор Северин поехал в Министерство и почтительно, как могло показаться, беседовал с второстепенными чиновниками. Он знал истинные пружины. Польщенные и очарованные сотрудники (сотрудницы) делали для него то, что, вероятно, не спешили бы исполнить по приказу более высокого начальства.

В день распределения Сергей Евгеньевич сказал мне: «Исчезните. Чтобы вас никто не мог найти!». Меня не нашли. Это не просто — не явиться в комиссию по распределению. Вместо меня туда пошел Северин. Мусю «распределили». А мне на следующий день очень симпатичная тетя — председатель комиссии сказала, отводя взгляд: «К сожалению, мы не можем найти для вас подходящей работы. Вас очень высоко оценивает профессор Северин. Мы предлагаем вам свободный диплом». Но я отказался, понимая, что тогда вовсе останусь без работы.

Июнь 1951 года. Прошли сессия ВАСХНИЛ и Павловская сессия, уничтожившие нашу генетику и физиологию. Идет совещание по теории строения в химии, закрывающее исследование в теоретической химии. Расстреляны обвиняемые по «Ленинградскому делу». Лето. Жара. Стипендии больше нет. Я — безработный. Нашу только возникшую семью из последних

сил кормила теща (она работала в профсоюзной газете «Труд»). Но биохимия прекрасна. Мы молодцы. Все обойдется.

К Сергею Евгеньевичу больше не хожу. Вдруг — звонок: «Вам надлежит явиться с паспортом, военным билетом и дипломом университета по адресу...» Создавалась организация — ответвление атомного проекта для развития работ по применению радиоактивных изотопов в медицинских и биологических исследованиях. Официальное название — кафедра медицинской радиологии Центрального института усовершенствования врачей (ЦИУ). Шефы-хозяева — Министерство госбезопасности и специальное Управление Министерства здравоохранения. Для них недостатки анкет значения не имели. Нужны лишь надежные рекомендации. Позднее я узнал, что такие рекомендации дал Сергей Евгеньевич, входивший в совершенно секретный ученый совет по упомянутым проблемам. (Сам он никогда в этом не признавался.) Так я оказался в ЦИУ.

При ближайшей встрече с Севериным я сбивчиво стал благодарить его. И попался. Он смотрел на меня с искренним недоумением. И я, пристыженный, умолк. Он меня спас в безвыходной ситуации, но говорить об этом я права не имел.

Прошло много лет. Сергей Евгеньевич продолжал для нас оставаться высшим авторитетом. Какое счастье — можно позвонить высокочтимому учителю и, приехав, рассказать о своих делах. И он, как и много лет назад, сосредоточенно будет вникать в суть предмета. И опять скажет: «Пожалуйста, все сначала». Он не сохраняет в памяти детали, и в этом его спасение — «гигиена умственного труда».

Поздним поколениям студентов кафедры биохимии такой Северин уже не достался. Им не хватало смелости преодолеть психологический барьер.

«Дело жизни»

Изображенный выше портрет человека, идущего на компромиссы с властями ради благополучия основного дела жизни — кафедры университета, наверное, вызовет критику. В одном я сразу соглашусь: альтруистической идеи (обеспечения благополучия кафедре биохимии) мало, чтобы вынести всю тяжесть жизненных обстоятельств тех лет. У Сергея Евгеньевича было еще одно обоснование «позиции конформиста» — никому не подвластное «дело жизни», по сравнению с которым отодвигаются на второй план все прочие события и обстоятельства. Это «дело» называется **карнозин**. Да, все вокруг ужасно, но... как же понять, зачем к β-аланину — необычной аминокислоте — присоединен гистидин, для чего образованный таким образом карнозин обязательно, и в больших концентрациях, находится в мышцах. И его тем больше, чем интенсивнее работает мышца? Мысль эта становится доминантной, заслоняя «злобу дня».

И вещество, и саму проблему он получил в наследство от своего учителя Гулевича в два приема — карнозин как подарок новорожденному в 1901 г. и анзерин как знак доверия, как семейную реликвию в 1928 г. при начале самостоятельного пути в науке.

Все это не имеет аналогов в истории биохимии. Нет другого примера, чтобы обнаруженное, ранее не известное, вещество выделили, очистили, всячески охарактеризовали, и в два-три года, пусть в десять лет, не стала бы ясна его биологическая роль, более того — биохимическая природа, «механизм действия» вещества. Захватывающая воображение интрига: в необычно больших концентрациях (до 1% сырого веса) появляется карнозин именно в поперечно-полосатых произвольных мышцах. Появляется не сразу, а по мере развития функций



Династия биохимиков. В санатории «Поречье» с сыном Евгением и дочерью Ириной. 1991 г. (Одна из последних фотографий).

этих мышц. Затем постепенно заменяется своим метилированным гомологом — анзерином. Значит, метилирование функционально значимо. Где, как, в каком виде участвуют β-аланил-гистидиновые молекулы в мышечном сокращении? Из многих опытов следует, что они улучшают работоспособность мышц. Зачем они там? Раздельно β-аланин и гистидин почти не активны. Значит отпадают примитивные гипотезы о их роли в поддержании рН.

Год за годом в биохимии нарастал поток открытий. И каждое вызывало надежду: не в этом ли новом процессе участвует (влияет, зависит) карнозин? Последовательно выясняются все этапы гликолиза — может быть, в одном из них место действия, разгадка тайны карнозина? В 1939—1941 гг. создается центральная концепция классической биохимии — теория макроэргичности. Может быть, карнозин, точнее его фосфатные производные, — аналоги АТФ и креатинфосфата? Чтобы проверить эту гипотезу, на кафедре синтезируют фосфатные производные карнозина. Все замирают в надежде... Нет эффекта. Эти производные не активны.

Идут годы. Каждый «небольшой вопрос» в эксперименте — это несколько лет жизни. Может быть — ну, конечно, скорее всего дело в... особенностях сократительного аппарата этих мышц. Нет специфического влияния на взаимодействие актиновых и миозиновых нитей, как нет его влияния на креатинкиназную реакцию. Поразительная вещь! А что же великие и честолюбивые «западные» биохимики? Молчат. Не берутся за слишком трудную задачу. Распространена философия «снятия сливок» — решать задачи, созревшие в результате работ предшественников, и быстро получать Нобелевские премии. Несколько десятилетий упорных трудов исследователей витамина С — всего один год работы А.Сент-Дьёрдьи, определившего формулу аскорбиновой кислоты, и — Нобелевская премия...

Лишь 50 лет спустя стал намечаться просвет. В работах ученика Сергея Евгеньевича — А.А.Болдырева — открылись новые горизонты возможных функций карнозина в организме. Начало было положено в 1966 г. также учеником Сергея Евгеньевича — Е.А.Нейфахом. Он нашел, что в измельченных

мышцах образуется меньше перекисных соединений, чем в печени. А печень защищена от перекисей витамином Е, которого мало в мышцах. Нейфах предположил, что это может быть объяснено наличием в мышцах карнозина.

Не биохимикам надо разъяснить, что проблема свободно-радикальных и перекисных соединений в жизни клетки — одна из центральных в современной науке. И то, что карнозин оказался в центре этой проблемы — замечательно. Замечательно и тем, что объясняет, почему так много лет карнозину и анзерину не удавалось найти места в биохимических процессах, — нужно было, чтобы эти процессы были сначала открыты, лишь потом можно было надеяться на объяснение влияния на них разных факторов. Когда в науке попадается такая ситуация — никто не знает как и куда приведет исследование непонятного явления. Ответ может быть близок, а может быть далек и труден. Сергей Евгеньевич дал нам пример мужества, необходимого в таких случаях — не искать легкого пути, не примеривать лауреатский венок, а делать свое дело.

В работах последних лет жизни Северина вместе с Болдыревым и другими учениками все чаще удавалось обнаружить новые и неожиданные эффекты карнозина и его гомологов и аналогов. В том же направлении стали работать исследователи Японии и других стран. Найдены защитные свойства этих веществ при нарушениях кровоснабжения сердца и мозга. Карнозин задерживает старение животных. Выявлены его лечебные свойства при язвах двенадцатиперстной кишки. Но наиболее впечатляющее фармакологическое свойство карнозина — лечение катаракты. Ну, а в мышцах зачем он? Почему именно в мышцах и в меньшей концентрации в мозге? Почему концентрации карнозина и анзерина растут

соответственно совершенствованию функций и работоспособности мышц? Почему?

3 февраля 1992 г. — Сергею Евгеньевичу было 90 лет! — на конференции, устроенной по инициативе Болдырева, Северин сделал обстоятельный доклад о проблеме карнозина. Итог более чем 60-летних исследований. Ясная мысль, как раньше прекрасная речь, безупречная логика. Мудрая спокойность в выводах — «служенье муз не терпит суеты!» Какой урок всем нам! Какой пример!

Но еще сильнее доклада — заключительное слово — яркая речь — шекспировское впечатление — последний дар аудитории, заполненной доверху...

Мне осталось подвести итог.

Сергей Евгеньевич Северин в своем отношении к политике был конформистом — он вполне соответствовал властям, он все делал «как надо», даже лучше «чем надо», он их превосходил в их же делах. Но он поворачивался лицом к биохимии — и лицо его менялось. Он был жрецом биохимии.

Мы начинали научную жизнь под защитой, опекой, заботой высокочтимого Учителя — Сергея Евгеньевича Северина. Он приходил нам на помощь многократно и во «взрослой» нашей жизни. С годами я все яснее слышу его голос и вижу его лицо перед собой. Как хорошо, что он не был героем. Как хорошо, что он не шел против властей. Как жаль, что ему пришлось быть конформистом. Что бы мы без него делали! ■

Кафедра

А.А.Болдырев,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Почти полвека назад автор этих строк предстояло оформляться лаборантом на кафедру биохимии животных МГУ. Номер комнаты того человека, к которому надлежало обратиться, был записан на листочке. Непреодолимым препятствием на пути стала охрана: «Не пуцу, — сказал дежурный комендант, — если ты им нужен — звони, сами придут». Телефон был записан на том же листочке, и я позвонил. «Вы кто?» — спросил мужской голос. «Я — Болдырев, я пришел к вам работать лаборантом». — «А я — Северин. Вы где? Я иду к вам навстречу».

Откуда мне было знать, что мне навстречу, через два коридора недавно открытого и еще

не тесного здания биологического факультета, идет академик (в то время — еще только Медицинской академии), профессор, заведующий кафедрой биохимии животных МГУ Сергей Евгеньевич Северин! Он устроил мне краткую экскурсию по кафедре, показал комнаты практикумов (в свое время я прошел через них), студенческую аудиторию (я сорок лет читаю в ней лекции), познакомил с моими непосредственными начальниками Ириной Михайловной Бочарниковой и Еленой Алексеевной Мишуковой, у которых мне предстояло работать...

С тех пор кафедра стала моим домом, а человек, который ввел меня в этот дом, в течение всей моей работы шел мне навстречу во всех начинаниях. Только не надо думать, что я был

самым любимым, отличающимся и вызывающим зависть окружающих, первым учеником. Нет, секрет общения Сергея Евгеньевича с учениками состоял в том, что к каждому он относился так же персонально и с такой верой в скорые успехи, что эти ожидания хотелось оправдать, причем немедленно!

Так Сергей Евгеньевич сплачивал вокруг себя людей, для которых он был естественным центром притяжения. Как строитель возводит дом, подбирая кирпичи друг к другу, так и он постепенно расширял фронт научных исследований, проводимых в его коллективе. Биоэнергетика была представлена гликолизом, основными ферментами цикла трикарбонных кислот, митохондриальной дыхательной цепью. Функ-

циональная биохимия разрабатывалась на примере скелетной мускулатуры: исследовалась регуляция мышечного сокращения, обмен ацетилхолина, роль олигомерных ферментов в энергетическом обеспечении и регуляции метаболизма. Когда намечались успехи в изучении митохондриального дыхательного контроля, Сергей Евгеньевич создал все условия для работы подающего надежды аспиранта В.П.Скулачева. (сейчас академик Скулачев — признанный лидер в мировой биоэнергетике). Как только обнаружили новый принцип регуляции клеточного обмена с помощью циклических нуклеотидов и протеинкиназ, Северин организовал при кафедре проблемную лабораторию для исследований по этой тематике. Он хотел, чтобы в нашем коллективе решались самые новые, самые острые проблемы науки.

По такому же принципу Северин строил большой биохимический практикум. На нем преподаватели давали студентам темы собственных исследований. Сергей Евгеньевич старался, чтобы все вновь возникающие направления биохимии не только изучались на кафедре, но и входили в практикум.

Под своим именем Северин публиковал только наиболее выношенные собственные результаты и идеи. Он не стремился бесконечно увеличивать список своих публикаций за счет включения работ, выполнявшихся под его руководством. Когда мне пришлось оформлять его документы на получение звания Героя Социалистического Труда, я обнаружил в его списке всего 120 научных статей. При этом он читал, правил, требовал от своих учеников по многу раз переделывать статьи. А потом вычеркивал свое имя из списка авторов, говоря: «А зачем? Это же ваша работа, собственная». Мы спрашивали: «Сергей Евгеньевич, может, вы не доверяете этим данным, не хотите разделить с нами ответст-

венность?» И он отвечал: «Работа эта ваша. А мой вклад — он сам собой разумеется... Ну, хорошо, выразите мне благодарность за руководство. Только без громких слов».

В 1949 г. вместе с Н.П.Мешковой он написал и опубликовал «Практикум по биохимии», выдержавший при его жизни три издания и выросший к последнему выпуску в три раза по объему, а по числу авторов — более чем в десять раз.

Свое глубокое уважение к Владимиру Сергеевичу Гулевищу Северин пронес через всю жизнь и к годовщине смерти учителя (в 1953 г.) добился академического издания его избранных трудов, а в 1978 г., устав от бюрократической возни министерских чиновников, установил на собственные средства гранитную памятную доску на стене старого здания Университета на ул.Герцена.

К ученикам Сергей Евгеньевич относился строго, но празднично — получить от него нагоняй было даже приятно — он всегда проводил отчетливую грань между человеком и его ошибкой. Потому немедленно хотелось бежать исправлять свою ошибку и рассказывать об этом, чтобы предостеречь от нее других.

Начиналась кафедра с нескольких студентов (первый досрочный выпуск 1941 г. — пять человек), но уже в 60-е годы обучалось более 20 человек (1965-й — 25, 1966-й — 24, 1967-й — 22, 1968-й — 34, 1969-й — 28, 1970-й — 33), так что за 50 лет кафедра выпустила почти 1000 специалистов. Конечно, попасть в число сотрудников кафедры могла лишь малая часть выпускников, но даже стремление пройти кафедральную аспирантуру было так сильно, что к 1966 г. я оказался почти двухсотым кандидатом наук. Можно было приехать в любой научный центр или вуз практически любого города страны — и встретить тех, кто учился у Сергея Евгеньевича. Так гео-

графия жизни его учеников совпадала с географией развития нашей биохимической науки. И сейчас, в новых условиях жизни, можно перечислять и перечислять его (а теперь и наших тоже) учеников, представляющих научные центры США, Дании, Германии, Франции и других стран, но упоминающих кафедру биохимии МГУ как свой дом. Неоднократно, открывая кафедральные праздники, Сергей Евгеньевич говорил: «Я уверен, что кафедра для всех нас — это второй дом». И помолчав, добавлял: «А для некоторых — и первый!»

Действительно, на протяжении всех лет его жизни на кафедре была атмосфера теплоты и доверительности — он умел сочетать требовательность и беспощадную критику ошибок (организационных, методических и научных) с полным доверием и уважением к достоинству человека. На кафедре практически не было «текучести кадров».

Кафедра и вправду была нашим домом, и хотя мы порой не отдавали себе в этом отчета, авторитет учителя ложился своеобразным отсветом на наши биографии, защищал от превратностей судьбы или спасал от несправедливости. К Северину приходили за советом и делились всякого рода неудачами выпускники, давно окончившие кафедру, и всегда встречали доброжелательное отношение и понимание. Удовольствие общаться с ним распространялось и на его лекциях. В основе его манеры изложения материала лежала интрига. Его интересовал не только факт, но и то, каким способом он был получен. Сергей Евгеньевич обращался к своему опыту, к впечатлениям от общения с учениками, многие из которых находились для студентов за пределами их воображения. Мы знакомились с основами биохимии по учебникам С.Раппопорта, Б.Штрауба, А.Ленинджера, Л.Страера, и нас поражали истории, свя-

занные с жизнью и поступками этих людей, которых Северин хорошо знал. Биохимикам известны учебники названных авторов. Мы же, счастливые ученики и последователи Северина, учившиеся биохимии по его лекциям, знаем лучший — устный учебник биохимии. Сергей Евгеньевич создавал его всю жизнь, и каждый раз — заново. Он преподавал биохимию по своей жизни. В некоторые годы я ассистировал ему на лекциях, показывая его собственные рисунки, иллюстрации из только что вышедших журнальных статей, которые он приносил на лекции. Он, читавший общий курс биохимии более полувека (!), не имел постоянных конспектов и готовился к каждой лекции заново!

Поездки его за границу на конференции и съезды завершались рассказами на заседаниях кафедры. В этих отчетах сплетались научные факты с впечатлениями от людей и природы, и снова мы ощущали, что он умел приковывать к себе внимание людей, о чем бы ни шел разговор — о науке, об организации лабораторий или личных впечатлениях.

Но помимо этого он дарил ученикам неизмеримо большее — высокий профессионализм и умение утвердить себя в науке. А рецепт был очень простой. Он говорил: «Вы работайте. И любите науку. Не себя в науке, а науку. И все будет хорошо. Работайте!» Сам он работал постоянно. Без всякого стеснения мы «давали ему задания на дом» — покритиковать статью, прочитать диссертацию, принести что-либо из его обширной домашней библиотеки. Принося обещанное или возвращая рукописи на доработку, он начинал разговор о наших научных проблемах, которые всегда воспринимал как собственные. И был очень щедр на идеи. И очень любил такие разговоры, которые подстегивали научные фантазии. И требовал продолжения этих



С ближайшим помощником и соратником Н.П.Мешковой на одном из кафедральных праздников.

фантазий в экспериментальной работе. И был неистощим в предложениях. И не обижался на природу, если опыты не оправдывали ожиданий. Мы неоднократно слышали от него фразу: «В науке надо жить долго. Тогда удастся дожить до времени, когда ваши идеи подтвердятся».

Сам Сергей Евгеньевич придерживался именно такой позиции. С первых шагов своей научной деятельности и до конца жизни его волновал вопрос

о биологической роли природных дипептидов, карнозина и анзерина*. Феномен повышения работоспособности утомленной мышцы, к которой был добавлен карнозин, он описал вместе с М.В.Кирзоном и Т.М.Кафтановой еще в 1949 г., а механизм действия карнозина все еще оставался непонятым.

* Подробнее см. статьи А.А.Болдырева, опубликованные в «Природе»: Механизмы защиты мозга от окислительного стресса (1998. №3. С.26—34); Биологические пределы жизнедеятельности (2000. №9. С.29—35).



С сотрудниками и учениками. Слева направо: Н.Б.Гусев, Т.Ю.Липская, О.Е.Карявкина, А.Д.Виноградов, П.Л.Вульфсон, А.А.Болдырев, Ю.Н.Лейкин, А.Н.Бессонов. 1976 г.

На протяжении десятилетий его ученики в той или иной мере занимались этой проблемой.

Первое объяснение механизма действия карнозина — что это буфер протонов в работающей мышце — нас не удовлетворяло. Сергей Евгеньевич ставил вопрос очень ясно: ограничивается ли эффект этим свойством? В многочисленных опытах сотрудников кафедры ответ был получен однозначный: не только! Может, карнозин связывает тяжелые металлы и нивелирует их токсическое действие? И снова эксперименты, и снова такой же ответ! Через несколько лет нам удалось впервые показать, что карнозин и его производные служат эффективными антиоксидантами — молекулами, нейтрализующими активные формы кислорода, создавая таким образом буферную систему для радикалов, избыток которых может

повредить клетке. Мы уже были уверены в этом, и независимые эксперименты, проведенные в целом ряде лабораторий мира, подтвердили нашу правоту: биологическая функция карнозина — защита возбудимой клетки от окислительного стресса во всех его проявлениях. И все равно вопрос о том, что находится «за горизонтом» известных свойств карнозина занимал Сергея Евгеньевича до его последних дней.

Главное научное достижение С.Е.Северина — «прорыв» в понимании биологической роли мышечных дипептидов. Оно сопоставимо с открытиями его современников: переаминирования А.Е.Браунштейном и АТФазной активности миозина В.А.Энгельгардтом. Но гораздо важнее то, что Северин помог войти в науку нескольким поколениям биохимиков. Из его школы вышли В.П.Скулачев, Л.Л.Киселев,

Ю.А.Владимиров, С.Э.Шноль, С.В.Шестаков, М.Н.Кондрашова, В.А.Гвоздев, А.Д.Виноградов, В.А.Ткачук, Н.Б.Гусев, Н.К.Наградова и много других ярких и самобытных ученых, и за каждым из них — свои ученики и свое направление научного поиска...

Жизнь, охватившая почти столетний период, вместившая Отечественную войну, эвакуацию, организацию институтов, лабораторий или новые направления науки, создание своей биохимической школы — такая жизнь не могла быть однозначной и прямолинейной. Не много и не часто рассказывал нам Сергей Евгеньевич о своей деятельности на посту академика-секретаря Академии медицинских наук в период процветания Лысенко, Презента, Лепешинской, и только догадываться можно, сколько искусства он проявлял, чтобы сберечь от уничтожения труды,

которым была отдана вся научная жизнь. Ему сопутствовала удача, и в период формирования новых научных планов он находил поддержку для их реализации на кафедре биохимии и у ректора МГУ, и у декана биологического факультета и настойчиво требовал большего финансирования науки от правительства — и получал эту поддержку... Каких усилий стоила ему эта удача, мы, счастливики, жившие под прикрытием его благожелательности и постоянной поддержки, — не представляли себе. Да и сам Сергей Евгеньевич не поощрял громких слов, высокопарных приветствий и подарков. Но каждый раз — получая звание Героя Труда (1971), лауреата ли Ленинской премии (1982), празднуя свой 80-летний юбилей (сколько усилий мы потратили, чтобы он согласился на этот праздник!) — он

подчеркивал, что все его научные успехи обеспечены нами, его учениками. И говорил это абсолютно искренне.

Почти 10 лет мы живем без Сергея Евгеньевича. К 100-летию со дня открытия карнозина его учителем В.Г. Гулевичем (2000) специальный номер журнала «Биохимия» (2000. Т.65. №7) был целиком посвящен биологической роли карнозина, а ученики Сергея Евгеньевича организовали международную научную конференцию. Это событие ознаменовано выпуском памятной медали. Конференция стала действительно международным событием — не только потому, что в ней участвовали ученые из Японии, Англии, Шотландии, Словакии, но и благодаря ее широкому резонансу. При закрытии конференции президент компании «Carnothera» С.Галлант объявил об учреждении грантов имени С.Е.Северина для молодых



Памятная медаль, посвященная 100-летию открытия карнозина.

ученых России, желающих «попробовать себя на карнозине». Это прекрасное начинание сохранит научные традиции, созданные Севериным, и память о нем. Правда, память, пусть даже самая искренняя и глубокая, не передается по наследству... Но ведь у нас тоже есть ученики. ■

«Феномен Северина»

В.П.Скулачев,
член редколлегии журнала «Природа»

Благодарная память о Сергее Евгеньевиче Северине, замечательном ученом и удивительном человеке, живет в умах и сердцах всех тех, кому посчастливилось с ним соприкоснуться. Вот почему так легко сложилась программа событий, приуроченных к юбилею: Северинская научная конференция в декабре, специальный выпуск

журнала «Биохимия», подборка публикаций в научно-популярных журналах, в том числе и в «Природе». Прочтя блестящее эссе С.Э.Шноля и богатые фактическим материалом воспоминания А.А.Болдырева, я вновь поразились силой воздействия Северина на учеников. Быть может, Сергей Евгеньевич не согласился бы с описанием некоторых из выпавших на его долю житейских перепетий,

но был бы безусловно солидарен с Симоном Эльевичем и Александром Александровичем в оценке его научного вклада. Однако оценка эта, как мне кажется, не совсем верна.

Говорят, нет ничего поучительнее, чем ошибка гения. На мой взгляд, этот афоризм как нельзя лучше подходит к научной судьбе С.Е.Северина.

Почти всю свою долгую жизнь Сергей Евгеньевич чест-



Учитель и ученик (В.П.Скулачев – справа). 1988 г.

но пытался найти функцию карнозина и анзерина — мышечных дипептидов, открытых его учителем В.С.Гулевиным. Через четверть века поисков Северину удалось-таки решить проблему, но он не поверил в свое открытие, считая обнаруженную функцию слишком простой, и продолжал искания еще долгих сорок лет.

Еще на рубеже 40-х и 50-х годов Сергей Евгеньевич и его коллеги установили факт, впоследствии вошедший в науку как «феномен Северина». Удалось показать, что добавление карнозина к раствору, омывающему изолированную мышцу лягушки, многократно увеличивает ее работоспособность. Дальнейший анализ убедил, что единственный параметр, коррелирующий с повышением работоспособности, — это концентрация молочной кислоты (лактата). Создавалось впечат-

ление, что в присутствии карнозина мышца получает возможность безнаказанно накапливать лактат до огромных концентраций. Логично было предположить, что карнозин (рК 6.9) нейтрализует молочную кислоту по мере ее накопления в мышце, предотвращая тем самым нежелательное окисление (ацидоз).

Гипотеза о буферной роли карнозина и анзерина (рК 7.05) была высказана Э.К.Бейт-Смитом. Но признать, что функция веществ, изучению которых Северин посвятил жизнь, столь проста и на первый взгляд примитивна, стало для него непосильной задачей. При упоминании о Бэйт-Смите Сергей Евгеньевич язвительно замечал: «Когда в мышечном экстракте открыли АТФ, тоже думали сначала, что это рН-буфер!» Спустя 30 лет эффект Северина воспроизвел один из зарубежных био-

химиков, используя вместо карнозина другой буфер. Выяснилось решающее значение подвижности молекулы карнозина как рН-буфера (иммобилизованные буферные остатки нерастворимых мышечных белков типа актомиозина тормозят, а не ускоряют выравнивание градиентов рН). Стараниями П.Митчела и его последователей ион водорода стал центральным действующим лицом в клеточной энергетике. Однако ничто не могло поколебать Северина в его вере. Романтический рыцарь биохимии продолжал свой поиск.

Интересно, что этот путь в конце концов привел к открытию других эффектов карнозина и анзерина, не связанных с буферным действием (например, антиоксидантных свойств). Как и все биологические молекулы, мышечные дипептиды оказались полифункциональными. Сергей

Евгеньевич искренне радовался любым сообщениям о специфическом участии дипептидов в деятельности организма. Я помню его энтузиазм, когда в одной из зарубежных лабораторий обнаружили, что карнозин — нейромедиатор в обонятельных нейронах. Однако ни эта, ни антиоксидантная функция не объясняли природы «феномена Северина» и самого присутствия дипептидов в мышцах в количествах, измеряемых десятками миллимолей.

Идут годы. Уже другое «тысячелетие на дворе». А С.Э.Шнолю восклицает: «Ну а в мышцах зачем он [карнозин]? Почему концентрация карнозина и анзерина растет соответственно совершенствованию функций и работоспособности мышц? Почему?» И в другом месте: «Из многих опытов следует, что они [дипеп-

тиды] улучшают работоспособность мышц. Зачем они там? Раздельно β -аланин и гистидин [составные части дипептидов] почти не активны. Значит отпадают примитивные гипотезы о их роли в поддержании рН». А вот здесь уже фактическая неточность. Величины рК β -аланина и гистидина сдвинуты в кислую область. Казалось, мог бы работать свободный имидазол, у которого рК, подобно дипептидам, около семи. Но в нейтральной форме имидазол, в противоположность карнозину и анзерину, легко проникает через мембраны и был бы тотчас потерян клеткой, намерившейся возыметь его в высокой концентрации.

Шнолю вторит и Болдырев: «Первое объяснение механизма действия карнозина — что это буфер протонов — нас не удов-

летворяло». Александр Александрович противопоставляет рН-буферной функции антиоксидантные свойства дипептидов, хотя (и здесь я солидарен со Шнолем) это не может объяснить ни эффект карнозина на работоспособность мышцы, ни столь высокую его концентрацию в этой ткани. Интересно, что рН-буферная функция в известном смысле предполагает и антиоксидантную: при смещении рН вниз от 7.0, т.е. того рубежа, где «на смерть стоят» дипептиды, резко возрастает агрессивность активных форм кислорода.

Обычно, отмечая торжественные даты, принято писать что-то юбилейное, а у меня получилась полемическая заметка. Хотя уверен: мой дорогой учитель, Сергей Евгеньевич, был бы только рад такой метаморфозе. ■

Долина Смерти может ожить

В 1906 г. один из американских золотоискателей обнаружил в пустыне Мохаве богатейшие залежи меди. Хотя эта местность одна из самых засушливых на Земле и недаром называется Долиной Смерти, сюда немедленно слетелись любители быстрой наживы. В 1908 г. бум закончился: оказалось, что медь здесь очень низкого качества, да и проявляется лишь отдельными мелкими пятнами. Но сегодня этот район может принести реальную пользу — теперь уже для экологов.

Группа специалистов во главе с гидрологом Р.Уэббом (R.Webb; Геологическая служба США в Тусоне, штат Аризона) изучила динамику экосистемы в окрестностях восьми городов, оставленных людьми в начале XX в. (Science. 2000. V.290. №5489. P.35. США). Главной целью ученых было выяснить, как

восстанавливается почва после хищнических горнодобывающих работ. Интерес тут не только теоретический: по пустыне проходят линии газопровода, здесь расположены шесть военных баз и четыре национальных парка, сохранение которых во многом зависит от деятельности человека.

Ранее считалось, что нарушенный почвенный слой пустыни полностью не восстанавливается. Например, в центре Мохаве, где во время второй мировой войны был танковый полигон, до сих пор видны глубокие следы гусениц. Однако на территории некоторых городов-призраков загубленная около 100 лет назад растительность возрождается (возвращаются характерные для этих мест стелющиеся кустарники, пустынная полынь и другие виды засухоустойчивых растений), в иных же местах зелень едва пробивается.

Исследователи полагают, что главная причина таких различий — возраст почвы. Так, эколог Дж.Белнап (J.Belnap) считает, что крупнозернистая молодая (несколько тысяч лет) почва с мелкими камешками и гравием поглощает и удерживает влагу лучше, чем мелкозернистая древняя (~100 тыс. лет), ставшая в процессе разрушения глинистой, вязкой, комковатой. Этот вывод подтверждается состоянием ландшафта вокруг плотины им.Гувера, построенной 50 лет назад на границе между Невадой и Аризоной, где распространены древние почвы: сейчас здесь трудно найти хоть одно растение. Во избежание побочных последствий следует для строительных работ выбирать по возможности более молодые почвы.

Вамейваскет

Эксперименты с искусственными осадками

Последние десятилетия большинство специалистов к проблеме искусственного воздействия на погоду относилось скептически: слишком часто такие попытки оказывались если не шарлатанством, то статистически весьма слабо эффективными. Новые надежды вселил доклад Р.Брюинтье (R.Bruintjes; Национальный центр атмосферных исследований в Боулдере, США) на XIII Международной конференции по проблемам облачности и осадков (август 2000 г., Рио, штат Невада).

Автор изложил результаты своих трехлетних экспериментов в засушливой области на севере Мексики (Science. 2000. V.289. №5488. P.2263. США). В их основу положена методика, разработанная южноафриканским метеорологом Г.Матером (G.Mather), который в свое время обнаружил, что над крупной бумажной фабрикой, выбрасывающей в атмосферу тонны твердых частиц, облачность разряжается ливнями намного чаще, чем в иных местностях¹. Видимо, эти органические частицы благодаря своим гигроскопическим свойствам способны концентрировать пары влаги (подобно поваренной соли в туманный день). Для проверки своей гипотезы Матер в сотрудничестве со специалистом из Метеослужбы ЮАР Д.Тербланшем (D.Terblanche) организовали в 90-х годах эксперименты, в ходе которых из установленных на плоскостях самолета-лаборатории факелов выбрасывались для создания искусственной туманной завесы частицы гигроскопических солей (главным образом хлористого калия); их средний диаметр около 0.5 мкм — в 20 раз меньше, чем в прежних опытах. Самолет совершал полеты в случайно выбранные периоды времени непосредственно под свежесобра-

зующимися облаками малой плотности, которые, поднимаясь, увлекали частицы вверх.

В восточных районах ЮАР в летние сезоны обычно изобилуют негигроскопичные частицы, типичные для континентальных воздушных масс; они создают ядра конденсации влаги, но затем она распределяется на огромное количество капель примерно одинаковых размеров. Их столкновение происходит редко, и лишь немногие достигают величины, необходимой для выпадения в виде дождя. Гигроскопичные же частицы позволяют осадкам образовываться быстрее и в большем количестве. Такие частицы конденсируют влагу, раньше начинают формировать капли разных размеров, мелкие объединяются в крупные и быстро падают. Вследствие этого за характерный для ЮАР получасовой период жизни дождевого облака количество достигающих земли осадков заметно увеличивается.

Хотя отчет Матера, опубликованный еще в 1997 г., и говорил о положительных результатах, Метеослужба ЮАР сочла тогда его выводы слабо подтвержденными статистикой. Позднее Брюинтье поставил проверочные эксперименты в иных, мексиканских условиях. К концу 2000 г. он убедился в эффективности примененной методики. На территории Северной Мексики случайным образом подобранные дождевые облака через 30 мин после начала их «засевания» порождали на 45% больше осадков, чем не обработанные. Это уже нельзя считать слабым в статистическом отношении результатом. Однако эксперименты были прекращены из-за финансовых трудностей.

Скептики отмечают, что ни в ЮАР, ни в Мексике измерение фактического количества осадков на земной поверхности не велось: о них судили лишь по отражению радиолокационно-

го луча от дождевых капель. Известно, что радар намного более чувствителен к размеру капли, чем к их количеству, и несколько очень крупных капель могут создать представление, будто «засевание» вызвало значительный дождь, хотя на самом деле он не достиг подстилающей поверхности. На такую возможность указал З.Левин (Z.Levin; Тель-Авивский университет, Израиль), выполнивший соответствующее компьютерное моделирование.

Понимание детального механизма данного процесса пока отсутствует, тем не менее многие крупные специалисты по физике атмосферы считают результаты работы Брюинтье и Тербланша весьма многообещающими и призывают к продолжению экспериментов.

Рекордное погружение аппарата «Victor-6000»

Небольшой по размерам подводный аппарат дистанционного управления «Victor-6000», принадлежащий французскому институту IFREMER (l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation des Mers) побил рекорды глубины погружения для аппаратов такого класса (Sciences et Avenir. 2001. №648. P.10. Франция). Он опустился 9 и 10 декабря 2000 г. на глубину более 500 м и перемещался на расстояние более 11 км. Общая продолжительность всей операции спуска, наблюдений, сбора образцов и подъема на поверхность составила 8 ч. Погружение аппарата выполнялось в глубоководной зоне Гвинейского залива (Атлантический океан). Анализ образцов пород, поднятых со дна подводной долины р.Конго, проводился на борту научно-исследовательского судна «L'Atalante» — флагмана научно-флота института.

¹ См. также: Искусственные осадки: новый метод // Природа. 1997. №7. С.118.

Испытание новой буровой техники

(179-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук

*Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Москва*

На протяжении всех лет осуществления Проекта глубоководного бурения и затем Программы океанского бурения буровая техника непрерывно совершенствовалась [1]. Благодаря разработке различных инструментов и технологий в настоящее время удается получать практически непрерывные разрезы осадочных формаций, которые позволяют с большой степенью детальности и достоверности восстанавливать историю формирования осадочного чехла, изменения в океанской циркуляции, климатические флуктуации и эволюцию биоты. Вместе с тем до сих пор не преодолены до конца трудности, связанные с проникновением в фундамент. Они особенно велики при бурении в тех районах, где его твердые породы выходят на поверхность дна океана, например в осевых частях срединно-океанских хребтов. Не решены также вопросы стабилизации ствола скважины, исключительно важные при повторном вхождении в нее. Имеются, правда, примеры успешного проникновения в фундамент на достаточно большую глубину (например, скв. 504В в Тихом океане и 735В в Индийском), когда скважины в нескольких рейсах

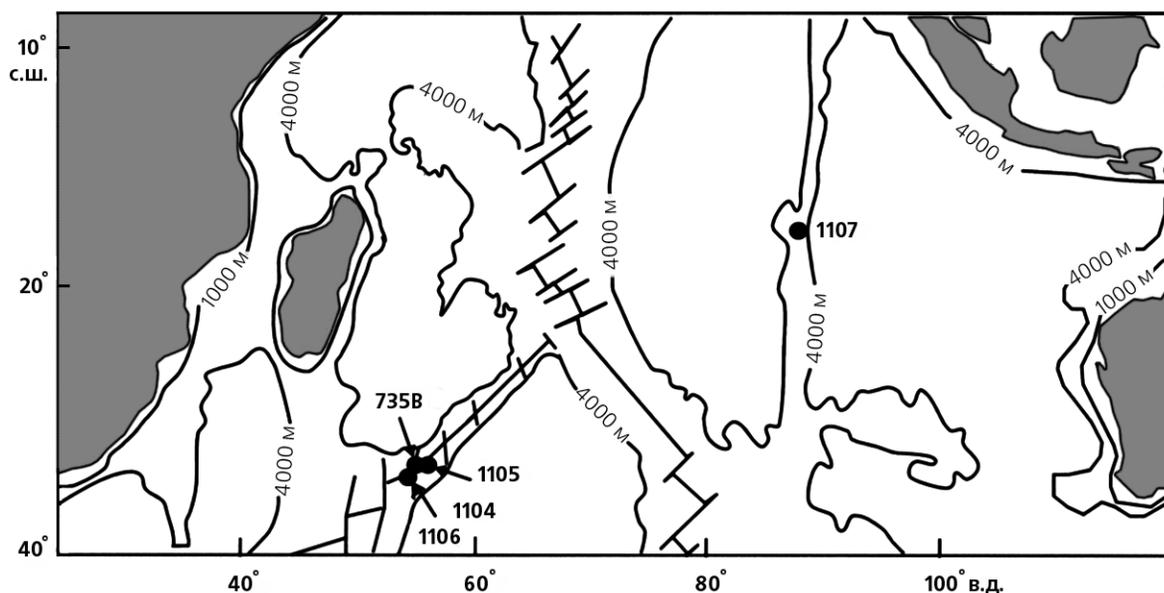
бурились с применением такой технологии. Однако мечта геологов достичь границы земной коры и мантии остается пока неосуществимой. Кроме того, современная техника не обеспечивает высокого выхода керна при бурении в породах фундамента.

Инженеры Программы океанского бурения разработали новую буровую технологию (Hammer drill-in casing system), которая способна приблизиться к решению всех этих проблем. В твердые породы проникают с помощью инструмента, работающего по принципу отбойного молотка. Поскольку бурение ведется на больших глубинах, где пневматическую систему приведения инструмента в действие применить нельзя, используют силу гидравлического удара. После бурения в скважину опускается обсадная труба, предохраняющая ствол от обрушения стенок скважины (ее диаметр позволяет вынимать инструмент), а затем конус повторного вхождения.

Испытание этой новой технологии бурения было одной из двух главных целей 179-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн», второй основной задачей рейса стало бурение скважины и подготовка к установке в ней в будущем долговременной сейсмической станции, которая должна

войти в систему подобных станций, развертывающуюся в настоящее время в Мировом океане. Руководителями рейса были Т.Петтигрю (Программа океанского бурения), ответственный за испытания новой буровой технологии, и Дж.Кейси, отвечавший за научную программу рейса (Хьюстонский университет, США). Представителем Программы океанского бурения был Дж. Миллер [2].

Работы по новой буровой технологии проводились в пределах Западно-Индийского хребта в районе трансформного разлома Атлантис-II. Здесь, в двух точках с практически одинаковыми координатами 32°43.32'ю.ш., 57°15.85'в.д., на глубине 731 м (скв.1104 и 1106), было предпринято в общей сложности десять попыток бурения с помощью различных модификаций нового оборудования. В точке 1104 в четырех попытках из пяти удалось пройти через твердые породы на глубину 1.5–2 м со средней скоростью 1 м/ч. Все попытки сопровождались неполадками в работе или же поломками оборудования. В точке 1106 испытания были продолжены спустя несколько суток, после того как на борт были доставлены новые комплекты бурового инструмента. В результате в одной из пяти попыток



Скважины (залитые кружочки с номерами), пробуренные в 179-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн».

удалось пройти через твердые породы на глубину 8 м со скоростью 4 м/ч. Когда во время пятой попытки обнаружилось, что нижняя часть буровой колонны вместе с буровым инструментом утеряна, испытания были остановлены.

В промежутке между испытаниями проводилось бурение скв.1105 в точке, расположенной вблизи трансформного разлома Атлантис-II, на расстоянии 1.3 км от одной из упомянутых выше скважин (735В), которая была заложена в 118-м рейсе и добуривалась в 176-м рейсе. В результате был вскрыт разрез мощностью 158 м, сложенный преимущественно различными разновидностями габбро. Полученные материалы свидетельствуют, что выделенные в разрезе скв.735В петрографические единицы устанавливаются и в этом разрезе. Это открывает возможности для их корреляции.

Вторая задача рейса решалась в центральной части Восточно-Индийского хребта. Здесь, на вершине хребта, на глубине 1650 м, была пробурена скв.1107 в точке с координатами 17°01.42' ю.ш., 88°10.85' в.д. Судя по изменению скорости бурения, скважина достигла фундамента на глубине около 404 м и затем была продолжена дальше до глубины 493.8 м ниже дна океана. По мнению участников рейса, для установки в будущем сейсмической станции более всего подходит самая нижняя часть скважины глубиной 72 м. Для стабилизации ствола в его верхней части до глубины 414.4 м была установлена обсадная труба с конусом для повторного вхождения в устье скважины. Основная цель, которая преследовалась при бурении этой скважины, была достигнута, поскольку ее большая глубина — гарантия защиты приемников сейсмической станции от посторонних шумов, отмечавшихся на других станциях, а обсадная труба, продолжающаяся на глубину несколько десятков метров в фундаменте, обеспечивает надежную стабилизацию ствола.

Первую фазу рейса, когда проводилось испытание новой технологии бурения, также считают достаточно успешной, несмотря на сбои в работе оборудования и его поломки, а также потерю инструмента. Инженеры, разрабатывающие буровую технику, приобрели опыт, который несомненно поможет дальнейшему совершенствованию существующего и созданию нового оборудования. ■

Литература

Литература

1. Басов И.А. «ДЖОИДЕС Резолюшн»: рейсы продолжаются // Природа. 2001. №6. С.18—23.
2. Pettigrew T.L., Casey J.F., Miller D.J. et al. // Proceeding of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 1999.V.179.

Кто такая лонгисквама?

В.Р.Алифанов,
кандидат биологических наук
Е.Н.Курочкин,
доктор биологических наук
Палеонтологический институт РАН
Москва

В начале 70-х годов палеоэнтомолог А.Г.Шаров (Палеонтологический институт АН СССР) обнаружил на территории Ферганской долины (Киргизстан), в отложениях позднего триаса урочища Мадыген, переднюю часть скелета с черепом миниатюрной ископаемой рептилии. На поверхности плитки из твердой глины, в которую заключены ее костные остатки, сохранились отчетливые отпечатки наружного покрова: в горловой области и по заднему краю плеча и предплечья хорошо заметны удлиненные и налегающие друг на друга чешуйки. Особенно замечательными оказались спинные чешуи рептилии — это длинные (до 10—12 см) и расширенные на конце пероподобные образования.

В опубликованных данных о своей находке Шаров назвал ископаемое существо *Longisquama insignis* (длинночешуйник необыкновенный) [1]. По его мнению, лонгисквама обитала на деревьях и могла передвигаться в воздухе, используя в качестве своеобразных парашютиков придатки, располагавшиеся предположительно в один ряд. Он считал, что эта триасовая рептилия принадлежит к какой-то ветви архозав-

ров (подкласс рептилий, включающий текодонтов, динозавров, крокодилов и летающих ящеров), родством связанной с птицами. К последнему выводу подводило наличие у лонгисквамы предорбитального отверстия, ключиц, напоминающих характерную для птиц вилочку, и строение спинных придатков, которое, по мнению ученого, не противоречит ожидаемому у предков птиц.

В последующее время о лонгискваме вспоминали редко. Заметной стала только научная статья, опубликованная в 1987 г. западноевропейскими палеонтологами [2]. В ней указывалось на аэродинамическую форму спинных придатков и их двурядное расположение. На этом основании предполагалось, что лонгисквама скорее планировала с дерева на дерево, как это делает, например, современная белка-летяга или ящерица-дракончик. С этого момента живописные реконструкции лонгисквамы стали публиковаться во многих научно-популярных изданиях.

Интерес к лонгискваме в последние годы возродился в связи с активизацией дискуссии по проблеме происхождения птиц. В ее ходе возросло число сторонников гипотезы происхождения птиц от динозавров, на что особенно повлияла вер-

ница открытий в Китае раннемеловых хищных динозавров с остатками натуральных перьев или с отпечатками кожных образований, очень похожих на перьевой покров. И вот здесь вспомнили о проблематичной лонгискваме.

В 1999 г. в Канзасском университете (США) авторы данной статьи совместно с группой американских палеонтологов и зоологов (Дж.Рубен, Л.Мартин, А.Федуччия и др.), используя современную оптику, а также возможности цифровой фотосъемки, попытались подробно рассмотреть морфологические структуры лонгисквамы. Ожидалось, что эта триасовая рептилия сможет подтвердить мнение ряда авторитетных ученых, которые допускают происхождение птиц от каких-то нединозавровых архозавров.

Итогом совместной работы стала публикация [3] статьи под названием «Нептичьи перья у поздне триасового архозавра», в которой доказывается, что спинные придатки лонгисквамы обладают опахалом и полым осевым стержнем, базальная часть которого сужена и закруглена. Все эти признаки указывают на сходство спинного придатка с пером, которое, в отличие от чешуи, формируется из погруженного участка кожи — фолликулярного сосочка. Таким образом, можно заключить, что

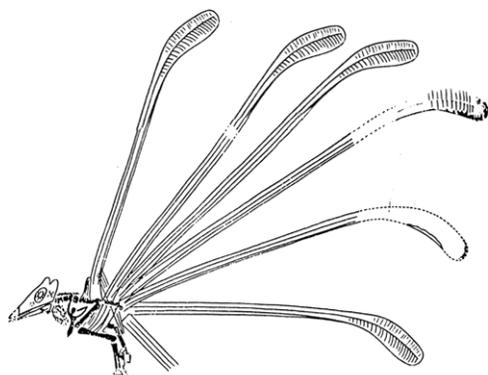
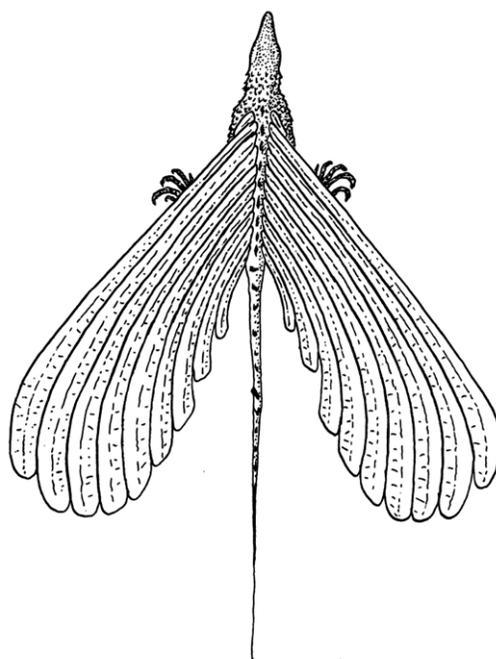


Рисунок лонгисквамы, представленный в первоописании А.Г.Шаровым.

Реконструкция внешнего вида лонгисквамы, выполненная авторами этого сообщения.



перообразные структуры появились на 75–80 млн лет раньше, чем у археоптерикса — древнейшей птицы, жившей 150 млн лет назад, в конце юрского периода. В устных высказываниях некоторых американских авторов названной статьи утверждалось, что лонгисквама не принадлежит к динозаврам и что птицы вряд ли связаны родством с последними.

Статья вызвала широкий общественный интерес и поток комментариев в крупных зарубежных периодических изданиях. Велик был и спектр мнений специалистов. Кто-то из них был готов согласиться со всем сказанным, а кто-то был категорически против. Одни признавали перообразность спинных придатков лонгисквамы, но их не устраивала интерпретация ряда морфологических деталей (у авторов статьи тоже были споры на эту тему), другие, не выдвигая

принципиальных возражений, не видели причин отказаться от идеи родства птиц и динозавров. В многочисленных высказываниях довольно часто выражалось удивление по поводу того, что в статье не рассматриваются структуры скелета и не анализируются родственные связи лонгисквамы, которые для большинства специалистов остаются не вполне ясными. К сожалению, за границами полемики в зарубежной печати остались нюансы позиции российских авторов статьи, которая состоит в поддержке аргументов в пользу перообразности строения спинных придатков. Оснований подвергать сомнению вывод Шарова о систематической принадлежности и родстве лонгисквамы у нас, как и у всех наших соавторов, к моменту выхода статьи в «Science» не было.

Недавно в стенах Палеонтологического института РАН бы-

ло проведено тонкое дополнительное препарирование шейных позвонков и плечевого пояса лонгисквамы. Кроме того, были внимательно рассмотрены некоторые детали строения черепа ископаемого животного с помощью бинокулярного микроскопа высокой разрешающей способности — мы старались выявить маскируемые многочисленными трещинами швы между отдельными костями раздавленного черепа. В итоге оказалось, что картина строения скелета лонгисквамы, продемонстрированная в первоописании, может быть существенно дополнена (подробно новые данные предполагается представить позднее). Пока же допустимо полагать, что триасовая лонгисквама — представитель динозавров. Подобную гипотезу высказал в печати и американский палеонтолог-любитель Дж.Ольшевский [4]. ■

Литература

1. Шаров А.Г. // Палеонтол. журн. 1970. №1. С.127—130.
2. Hatbold H., Buffetaut E. // C. R. Acad. Sci. Paris. 1987. V.305. P.65—70.
3. Jones. T. et al. // Science. 2000. V.288. №5474. P.2202—2205.
4. Olshevsky J. // An Annotated Checklist of Dinosaur Species by Continent. Sun Diego, 2000.

Волшебное озеро Ламола-цо

К.ван Орден, Н.В.Паклина

Путешествуя по Тибету, мы узнали от местных жителей о существовании необычного озера Ламола-цо, расположенного в восточной части Трансгималаев, и загорелись желанием побывать в священном месте. Согласно поверьям тибетцев, озеро это обладает волшебной способностью предсказывать будущее и указывать людям верный путь. Сюда за советом приходят и простые люди, и монахи, и даже самые высокопоставленные служители культа. Когда умирает далай-лама (титул первосвященника ламаистской церкви в Тибете), ламы идут к Ламола-цо с вопросом: «Где искать перевоплощение умершего?» После исполнения ритуала — нескольких часов молитв и сжигания дзамбы (пережаренной ячменной муки), веток рододендрона и можжевельника — озеро должно трижды измениться в цвете. Вслед за этим возникает видение, появляющееся в определенном месте. Так, например, был найден и последний, 14-й Далай-Лама, как перевоплощение его предшественника.

Наступил уже ноябрь, когда мы вернулись в Лхасу (столицу Тибета) из экспедиции по Юго-Западному Тибету и стали инте-



Кристиан ван Орден, доктор философии, сотрудник департамента охраны природы провинции Южная Голландия (Нидерланды). Область научных интересов — философия, этнография, экология, охрана природы, орнитология.



Наталья Владимировна Паклина, младший научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН. Занимается изучением поведения и экологии лошадей, реинтродукцией животных.

ресоваться о возможности поездки к священному озеру. Во всех туристических агентствах нас пытались отговорить от путешествия в это время года; говорили, что в горах уже выпал снег, дороги перекрыты, и до озера просто не добраться. Мы начинали уже терять надежду, когда вдруг одно небольшое агентство согласилось выделить машину, правда, предварительно взяв с нас слово, что мы не

будем предъявлять претензий, если не достигнем цели.

Водителем джипа оказался бывший монах Церин, изгнанный из монастыря из-за своего строптивого характера. Однако это событие не поколебало его веры, и он поехал к священному озеру, где бывал уже не раз, с большой радостью. Приготовления к отъезду затянулись до полудня, поэтому к вечеру мы добрались только до городка

© К.ван Орден, Н.В.Паклина



Вид на снежные вершины Трансгималаев с перевала Потранг Ла.

Здесь и далее фото авторов

с названием Цетанг, расположенного в 150 км от столицы. Цетанг известен тем, что недалеко от него, на вершине горы, возвышается знаменитый Ямбу Лаганг — первый дворец, построенный в Тибете.

Утром следующего дня за окном джипа, в клубах дорожной пыли (ох уж эта вездесущая тибетская пыль!) мелькал, ставший привычным для нас горно-пустынный пейзаж Тибетского нагорья, где преобладали серые и бурые тона осени. В начале пути его еще немного оживляла синяя лента р.Брахмапутры, но после того, как дорога свернула в горы, фотоаппараты можно было убирать подальше. Мы ехали вдоль большого карьера, где велись работы по добыче железа. В развороченном чреве гор сновали грузовики, тут и там виднелись уродливые временные постройки, люди собирали куски железной руды в мешки и корзины. Неужели это и есть дорога, ведущая к од-

ному из самых священных озер Тибета?

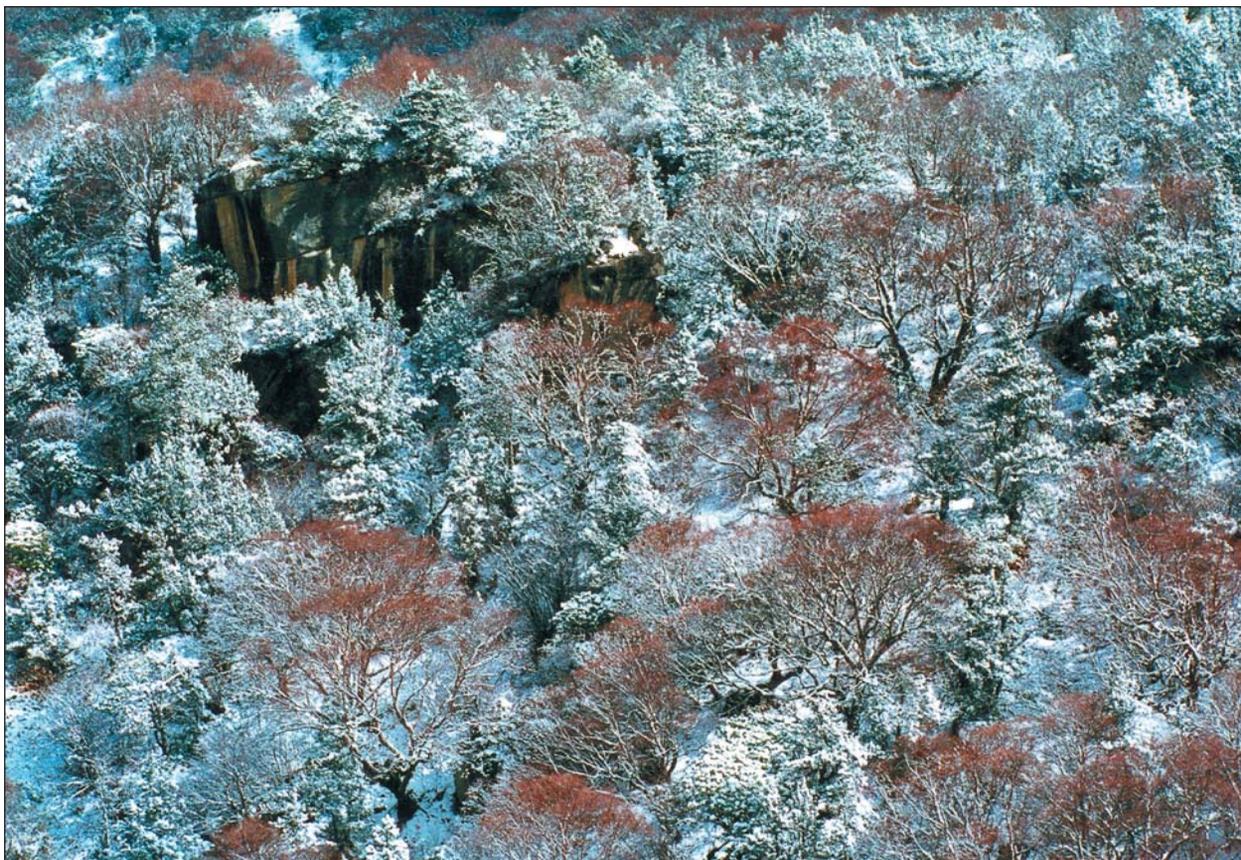
Дорога то уходила вверх, то спускалась в долины, тем не менее мы поднимались все выше в горы. Становилось все холоднее, к тому же близилось время обеда. Церин пообещал, что скоро прибудем в поселок, где можно остановиться и пообедать. Мысль о пиале горячего чая нас согревала. Но время шло, а поселка все не было видно. Через два часа шофер признался, что по ошибке свернул не на ту дорогу, поэтому и об отдыхе, и о чае можно забыть.

Около четырех часов вечера мы достигли перевала Потранг Ла, расположенного на высоте 4950 м над ур.м. Остановились на вершине, с которой, как награда за долгое ожидание, открылся удивительный, дух захватывающий, вид на снежные вершины. Мы с радостью покинули джип, чтобы запечатлеть на пленку увиденное и немного размять затекшие ноги. Но уже

через минуту бушевавший на вершине ледяной ветер загнал нас обратно в машину.

И вот мы за перевалом. В одно мгновение окружающий мир изменился до неузнаваемости: склоны гор покрыты густой древесной и кустарниковой растительностью, на дне долины белеют дома, окруженные садами, которые придают им приветливый и уютный вид. Неужели это тоже Тибет? Оказывается, преодолев перевал, мы пересекли границу между Центральным и Восточным Тибетом. Подобно Гималайскому хребту, отделяющему Индию от Тибета, Потранг Ла разделяет как климатические, так и растительные зоны.

Мы спустились в долину и проехали по ней до пос. Гиатце Сиан. Здесь на закате дня мы наконец-то смогли согреться и поужинать в полутемном заведении, которое громко именовалось «рестораном». Несмотря на то, что ехали мы целый день



Зимняя сказка долины Гаял Метоктанг.



Альпийская завирушка.



Бородач-ягнятник.



Большая чечевица.

почти без остановок, проделанный путь составил меньше 200 км. До монастыря Чокоргуй, где дорога заканчивалась и откуда дальше предстояло идти пешком, оставалось всего 60 км. Однако за окнами уже было темно, и Церин отказался ехать дальше. Пришлось заночевать в более чем скромной, не отапливаемой гостинице.

Рано утром мы отправились дальше. За поселком дорога свернула на север, в долину Гаял Метоктанг, где примостилась другая деревушка — Гиатсе Кю. Более живописного местечка нам не приходилось видеть в Тибете: по улицам текут прозрачные горные ручьи, между домами разбиты сады, в которых растут яблони, абрикосы, персики, миндаль, грецкие орехи и многое другое. Здесь хотелось остаться навсегда.

Дома тибетцы строят, как правило, из подручного материала, и, наверно, поэтому они так гармонично вписываются в окружающую природу. Если рядом много камней, дома возводят из камня, если нет камней — из самодельных, высушенных на солнце, кирпичей. Обмазанные глиной шершавые стены чаще всего небрежно побелены (вместо кисти используются ячи хвосты), окна обведены черной краской. Плоские крыши складываются из толстых веток, обмазываются глиной и украшаются разноцветными молитвенными флажками. На крышах можно хранить запасы сена и топлива. Со стороны строительство дома представляется скорее детской забавой, не требующей специальных знаний, чем серьезным делом: лепи себе кирпичики, суши их на солнце, а потом складывай из них стенки, какие тебе заблагорассудится. Тибетцы строят не спеша, как бы растягивая удовольствие, перебрасываясь шутками. Так же прокладывают они и дороги: ворочая и разбивая тяжелые камни, в грязи, в пыли — в любую непогоду — они улыбаются и при-

ветливо машут руками проезжающим мимо машинам. Видели вы у нас нечто подобное?

За Гиатсе Кю дорога стала не просто плохой — почти непроезжей. Две колеи, из-за выпавшего ночью снега, были едва заметны на каменистой почве. Их то и дело пересекали горные ручьи. Перед каждым из них нам приходилось выходить из машины и перебираться по жердочкам или камням, чтобы облегчить джипу преодоление водных преград. Теперь нам стали понятны и опасения сотрудников туристических агентств, и вчерашний отказ Церина ехать по этой дороге в темноте! Иногда идти приходилось довольно долго, и это медленное продвижение позволило лучше рассмотреть долину. Она удивительна! Теперь не было сомнений, что дорога приведет нас к волшебному озеру. Казалось, что мы попали в зимнюю сказку. Густая растительность склонов покрыта снегом, из-под которого проглядывала зелень сосен и можжевельника, желтые листья берез, красные ягоды кизильника и барбариса, голые ветки ольхи и ильма.

Долина Гаял Метоктанг началась на высоте примерно 2400 м над ур.м. и медленно поднималась вверх до 4000 м, т.е. до высоты центральной части Тибетского плато. Перепад высот отразился на присутствии климатических и растительных зон. Одни растения постепенно сменялись другими. Их количество и разнообразие уменьшалось с увеличением высоты. В начале долины встречалось много растений, характерных для южных склонов Гималаев. На ветках деревьев вместе с мхами и папоротниками росли разные виды орхидей-сапрофитов. До ледникового периода орхидеи произрастали намного южнее, а теперь они постепенно продвигаются все дальше и дальше на север. В Сиккиме встречается 453 вида этих великолепных растений, в Непале — 314, в восточном Тибете — 122.

В Гаял Метоктанг мы обнаружили рододендроны по крайней мере трех видов. В начале долины — древовидный рододендрон (*Rhododendron arboreum*), который необыкновенно красив весной, когда сплошь покрыт большими красными цветами. В середине долины деревья сменяются густыми зарослями низкорослых рододендронов — *Rh.anthopogon* и *Rh.nivale*. Первый из них используется во всем Тибете в качестве благовония: его сжигают в храмах и монастырях, около чхортенов и на других священных местах. Поэтому везде, где произрастает *Rh.anthopogon*, люди заготавливают его в больших количествах, срезая как траву, под корень. К счастью, это ему совершенно не вредит: на следующий год растение вырастает снова.

В отличие от орхидей многим рододендронам южная сторона Гималаев стала последним прибежищем, хотя до оледенения они встречались намного севернее. В Непале в настоящее время насчитывается не менее 32 видов рододендрона, а в Восточном Тибете только восемь.

В XIX — начале XX в. в Европе появилась новая «профессия» — охотники за растениями. Этим занялись такие известные ботанические эксперты как Уилсон (Wilson), Дж.Форрест (G.Forrest), Ф.Киндон-Уорд (F.Kingdon-Ward), сэр Дж.Д.Хукер (Sir J.D.Hooker). В районе Гималаев особенно активными оказались англичане, благодаря которым были описаны и завезены в Европу сотни видов растений для изучения и разведения в ботанических садах, откуда позднее они перекочевали и в частные сады. На первых порах ботаники и садоводы столкнулись с большими трудностями при попытках размножения гималайских видов растений. Огромным разочарованием стало для них, например, то, что семена многих растений оставались всхожими только в течение очень ограниченного времени. Размножение гималайских ви-

дов рододендрона до сих пор остается нерешенной проблемой. Почему-то рододендрон *Rh. catawbiense*, привезенный из Северной Америки в Шотландию и Ирландию, размножался так легко, что вскоре стал обычным видом, словно какой-нибудь сорняк, а гималайские виды до сих пор размножаются с трудом, да и то под присмотром специалистов. Гибриды гималайских видов с американскими садоводы, наконец-то, научились сохранять и разводить в несколько большем масштабе.

В долине Гаял Метоктанг глаз радует обилие всех этих трудно-разводимых растений. До самого снега здесь цветут фиолетовым цветом аконит (*Aconitum bookeri*) и ярко-голубым — горечавка (*Gentiana depressa*). В олиготрофных водоемах растет примула (*Primula sikkimensis*) с небольшими желтыми цветками на тонких длинных ножках. На безлесных склонах, будто сбегал из сада, маленький дельфиниум (*Delfinium brunonianum*) живет рядом с высоким, двухметровым соседом — борцом (*Aconitum spicatum*).

Так почему же эти растения столь сложно выращивать в непривычных для них условиях? Долина Гаял Метоктанг — смесь мини-биотопов, каждый из которых с особым температурным режимом, почвой и системой водоснабжения. Все эти тонкие различия едва ли можно скопировать не только в обычном, но и в ботаническом саду. Древоидный рододендрон, например, часто растет в таких узких расщелинах голых скал, что трудно понять, как ему удается удерживаться, не говоря уже о том, откуда он получает необходимое количество питания и воды.

Долина Гаял Метоктанг интересна не только ботаникам, но и любителям птиц, поскольку типично тибетские птицы, как и растения, здесь соседствуют с птицами, более характерными для южных склонов Гима-

лаев. Одни из них гнездятся в долине, другие только делают кратковременные остановки во время миграций — перед или после «прыжка» через Гималаи. Мы видели краснобрюхих горихвосток (*Phoenicurus erythrogaster*), мелькающих в ветках кустарников, обвитых ломоносом (*Clematis barbellata*). Слышали, как шуршали прекрасные сибии (*Heterophasia pulchella nigroaurita*), выискивая корм под засохшими стеблями пионов (*Peonia aemodi*). В небе кружился балобан (*Falco cherrug*). А бородач-ягнятник (*Gypaetus barbatus*) пролетел так низко, что мы без бинокля смогли разглядеть его «усы». На небольшом ячменном поле маленькой деревушки Цеджу, в середине долины, кормилась группа белогрудых голубей (*Columba leucocota*).

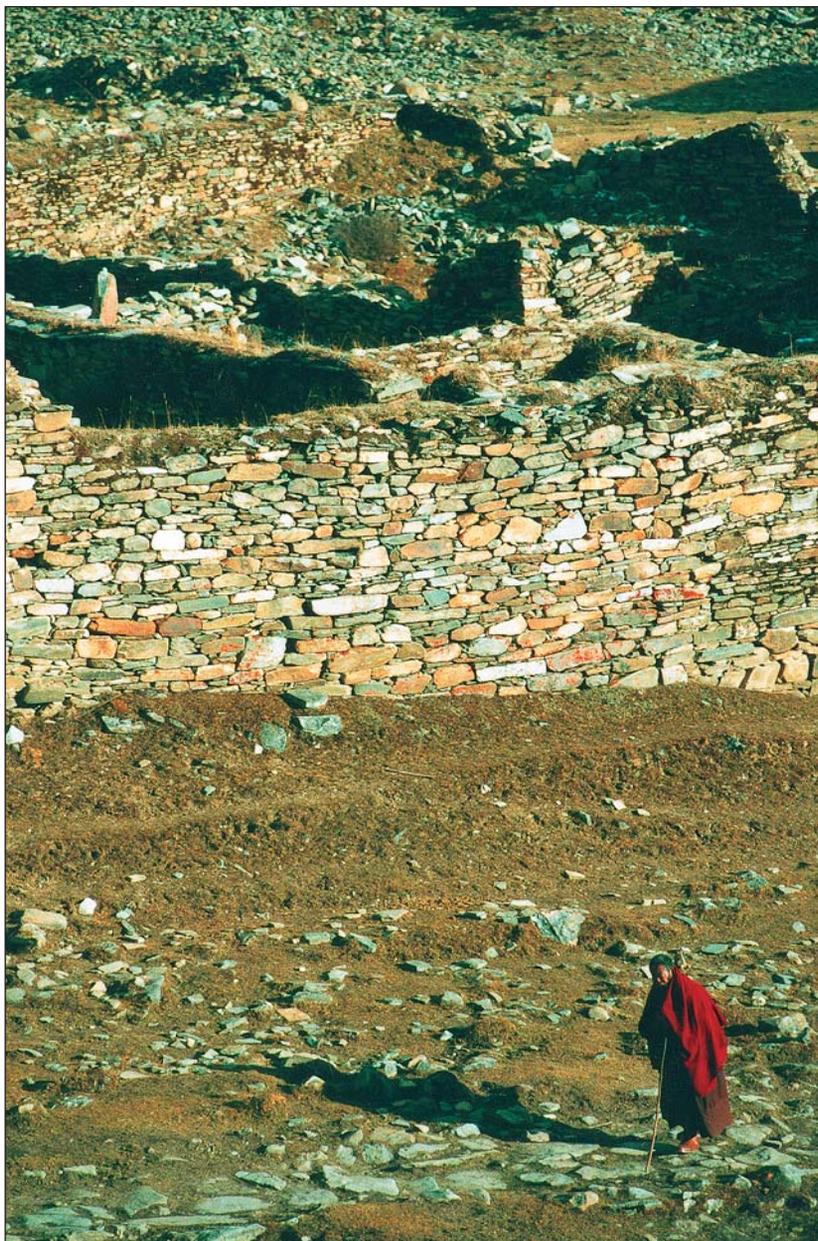
Но поистине сказочным видением был монал (*Lophophorus impejanus*). Переливаясь всеми цветами радуги, он сидел среди ярко-красной листвы кашмирской рябины (*Sorbus cashmiriana*) и склевывал ее белые ягоды. Ну, прямо жар-птица на волшебном дереве! Моналы принадлежат к числу самых красивых и самых редких представителей куриных в Гималаях. К сожалению, великолепное оперение сыграло роковую роль в их судьбе. Длинные перья, украшающие голову самцов, считаются символом хороших охотников в Кашмире и на севере Пакистана (Карокарум). Охота за перьями привела к почти полному исчезновению монала в этих районах.

В других районах, где главенствуют буддистская и индуистская религии, монал считается священной птицей, и охота на него запрещена. Но и там его численность сокращается с каждым годом. Оказывается, монал, как и другие гималайские фазаны, крайне чувствителен к беспокоевству в период размножения: стоит спугнуть птицу с гнезда, и она туда больше никогда не вернется. Период гнез-

дования приходится на сезон дождей, когда в лесу много различных насекомых, необходимых для выкармливания птенцов. Но в это же время, с апреля до середины июля, с каждым годом все больше и больше людей приезжает в Гималаи из южных районов Индии, когда становится невыносимо жарко. Некоторые заповедники запретили туристам посещать свои территории во время гнездования фазанов. Но от местных сборщиков грибов защитить птиц гораздо труднее.

Медленно, но верно поднимаясь по дороге, мы, наконец, оказались у руин монастыря Чокоргуй, где долина Гаял Метоктанг заканчивается. Построен он несколько веков назад по указанию 2-го Далай-Ламы. В прошлом это был один из крупнейших монастырей Тибета, где проживало более 500 монахов. Недалеко от него, на склоне горы, специально для приезжавших сюда далай-лам и других высокопоставленных лиц был построен дворец. Но во время культурной революции и монастырь, и дворец были превращены в руины, и до сих пор они выглядят так, будто разрушены вчера. Сейчас в монастыре меньше десятка монахов, которые смогли восстановить только часть главного храма.

В развалинах нашлась пустая комната. Нас провели в это темное, пропитанное влагой и пронизанное холодом помещение с несколькими железными кроватями вдоль стен, на которых лежали набитые травой и покрытые плесенью матрасы. Здесь предстояло провести ночь и с рассветом отправиться пешком к озеру. Рядом с «гостевой» находилась еще одна пригодная для жилья комната, в которой располагалась семья тибетцев. Там, на земляном полу, для тепла и приготовления пищи был разожжен костер, дым от которого наполнял жилище. С непривычки в этом разъедающем глаза дыму невозможно было пробыть и пяти минут.



Развалины монастыря Чокоргуй.

Вечером монастырская «гостиница» пополнилась тремя тибетскими монахами. Они возвратились с озера Ламола-цо. Разговор завязался легко, монахи были рады поделиться своими впечатлениями, а мы — послушать их рассказы. Хотите — верьте, хотите — нет, но каждый из них получил от озера «знак»: один совершенно отчетливо видел главный дворец Тибета — Поталу, другой — недавно умер-

шего отца, который успел дать ему несколько советов, а третий — разрушенную ступу (чхортен), которую восстанавливали люди. Каждый из них истолковывал увиденное по-своему, пытаюсь понять, как ему следует жить дальше.

Всю ночь шел снег. Он замел тропу, ведущую к озеру. Но Церин прекрасно знал дорогу и уверенно шел впереди нас. Палатки кочевников стали встре-

чаться почти сразу за руинами монастыря. Рядом с палатками на земле спали запорошенные снегом яки. Кочевники-скотоводы, частично следующие буддистским законам, не считающие за грех охоту на диких животных, за гроши продающие их шкуры редким проезжим, легко уживаются рядом с монахами, всецело посвятившими свои жизни вере. Более того, они даже, кажется, нуждаются друг в друге. Скотоводы снабжают монахов молочными продуктами и мясом, а монахи молятся, помогая в случае болезни, совершая обряд очищения их душ после смерти.

Хорошо, что номадов-охотников здесь немного, иначе плохо пришлось бы диким козлам и баранам, снежным барсам и другим животным. Но на птиц кочевники не охотятся. Поэтому даже такие редкие птицы, как серпоклювы, гнездятся прямо у руин монастыря и между палатками кочевников, а хищные — свободно парят в небе и спускаются вниз, чтобы подобрать остатки выброшенного людьми мяса. Большая чечевица (*Carpodacus rubicilla*), вьюрки — гималайский и жемчужный (*Leucosticte brandti*, *L.nemoricola*) и завирушки (*Prunella rubeculoides*, *P.fulvescens*) ведут себя около палаток не более осторожно, чем наши воробьи или синицы.

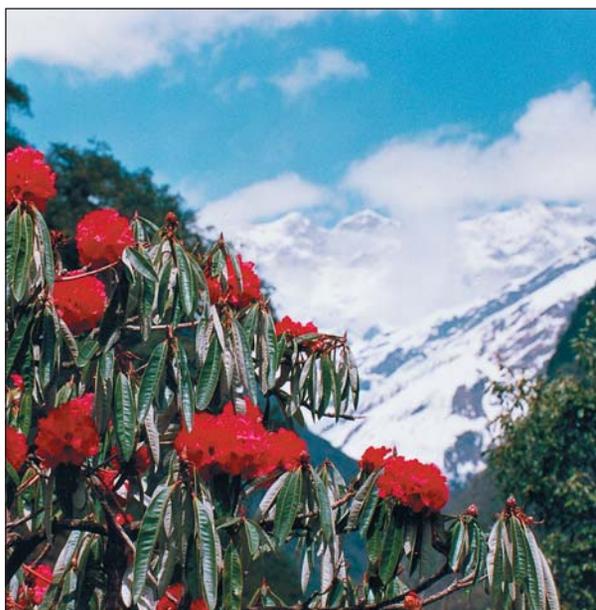
Путь к озеру по скользкой каменистой тропинке занял семь часов. Часто приходилось останавливаться, чтобы восстановить дыхание. Дышать холодным разреженным воздухом было чрезвычайно трудно. Тропа медленно поднималась вверх и закончилась перед последним, коротким, но очень крутым подъемом, взбираться по большим валунам которого было нелегко. Мы подошли к озеру с юга. До последнего момента, пока мы не оказались на вершине, не было видно и краешка озера. Оно открылось неожиданно, и все — сразу. Мы стояли на вершине горы, а внизу, окру-



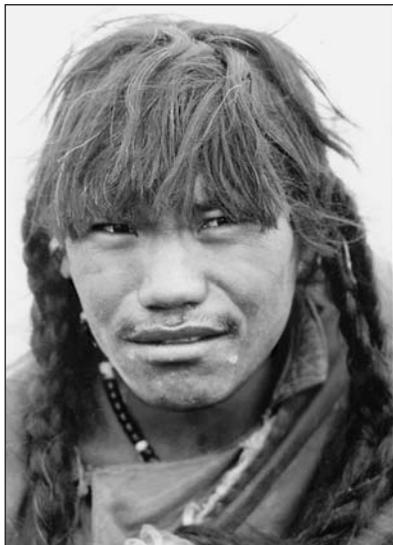
Синяя лента р.Брахмапутры на фоне пустынного пейзажа Центрального Тибета.



Горечавка.



Древовидный рододендрон.



Тибетский кочевник-скотовод.

женное со всех сторон горами, как на дне кратера, лежало оз.Ламола-цо. Мы, не знавшие молитв и волшебных заклинаний, не надеялись получить «знак», но тем не менее внимательно вглядывались в воды загадочного озера. Цвет воды, действительно, был изменчивым: то голубым, то зеленым, а то вдруг становился почти черным. Но для нас это было

только игрой света, зависящей от движения облаков.

Тут же, недалеко от нас, находился гигантский трон для Далай-Ламы. Трон сложен из огромных камней и украшен множеством молитвенных флажков. Рядом с ним обычно и появляется видение. Здесь же редкие посетители, главным образом тибетцы, оставляют подношения богам. Маленькие птички и вороны хорошо знают это место и часто его посещают.

Зачарованные открывшимся с вершины видом, мы не сразу заметили примостившуюся недалеко от трона палатку и сидевшего рядом с ней немолодого монаха. «Увиденное здесь по своему совершенству не может сравниться ни с какими достижениями научно-технического прогресса», — сказали мы, стараясь выразить в словах свое восхищение. «Вы верите в научно-технический прогресс?» — спросил он и засмеялся. Для него вера в технический прогресс была синонимом бедности духа. Он жил в небольшой старой палатке уже более трех недель, имея только небольшой запас дзампы и несколько бутылей

воды. А температура воздуха ночью регулярно опускалась до -20°C , часто шел снег, и холодные ветры безжалостно трепали его ненадежное укрытие. «Вам тут одному не одиноко?» — задали мы вопрос, опять вызвавший у него улыбку. «Я здесь не один, со мной Будда и мои друзья», — ответил монах, показывая при этом рукой на ручного ворона и нескольких альпийских завирушек. И вдруг к нам пришло понимание: этот обычный на первый взгляд монах знал волшебный язык — язык чувств, заставляющий разум отступать на задний план. На этом языке он разговаривал с природой, и душа его сливалась с окружающим миром в полной гармонии и парила на недоступной для нас высоте, даря чувство свободы и абсолютного счастья. И нам он рассказал об этом на своем волшебном языке, без слов.

Но пора было возвращаться, и мы расстались. А вечером, вернувшись к руинам монастыря, мы уже не могли точно сказать: видели мы монаха на самом деле или он только привиделся нам. ■

В национальном парке «Пиланесберг» (Южная Африка) в результате «сумасбродства» 17 разгулявшихся молодых слонов-сирот погиб 40-летний белый носорог. Чтобы предотвратить подобные случаи, к «юнцам» подселили шестерых взрослых слонов из другого резервата. После этого в «Пиланесберге» воцарилось спокойствие. Поведение этих животных далеко не всегда понятно, но уже очевидно, что присутствие взрослых особей действует на молодых отрезвляюще и не допускает их безрассудства.

Sciences et Avenir. 2001. №647. P.20 (Франция).

18 тыс. лет назад основная часть северных территорий Земли была покрыта мощными ледниками. Свободными от них оставались лишь отдельные области Восточной Сибири, Аляски и Северо-Западной Канады. Возникает вопрос: не стали ли эти территории в период оледенения «островками спасения» для арктической флоры? Биолог Р.Эбботт (R.Abbott; Университет св.Эндрюса, Шотландия) и его коллеги отвечают на него утвердительно. Они исследовали ДНК современных пурпурных камнеломок (род *Saxifraga*), растущих на Аляске и Баффиновой Земле (Канадский Арктичес-

кий архипелаг). Оказалось, что генетическое разнообразие у первых очень высокое, а у вторых — низкое. Значит, камнеломки заселили огромный остров после того, как он освободился ото льда, и их ДНК еще мало изменилась. В противоположность этому в геномных растениях с Аляски, существующих там со времен доледниковья, накопилось множество различий.

National Geographic. 2001. V.199. №3. P.17 (США).

Башенные горы Гуйлиня

Г.Ф.Уфимцев,

доктор геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
Иркутск

Для геологов и геоморфологов, привыкших к видам сибирского ландшафта или альпийскому рельефу Алтая и Кавказа, изображения гор на картинах китайских художников кажутся нереальными. Но действительность оказывается еще более невероятной, когда попадаешь в окрестности г.Гуйлинь в южнокитайской провинции Гуанси (Гуанси-Чжуанский автономный район КНР), где мне удалось побывать благодаря научному сотрудничеству с геологами Китайского университета наук о Земле и Технического университета Гуйлиня.

Уже на подъезде с севера к городу появляются странные и дотоле невиданные горы в форме башен, крутых конусов, куполов, изолированных друг от друга. Линия горизонта обретает странную конфигурацию, и начинаешь понимать справедливость китайской поговорки: «Горы и реки Гуйлиня — самые прекрасные в мире». Поражает чрезвычайная реалистичность изображений их на акварелях китайских художников: высокие скальные башни, стоящие на плоской равнине, по которой течет спокойная река, а над водой нависают цветущие деревья и куртины бамбука.

© Г.Ф.Уфимцев

В отличие от обычных гор, в формировании которых главное значение имеют молодые тектонические поднятия, сопровождаемые речной эрозией и деятельностью долинных ледников, странные массивы Гуйлиня — продукт карстовых процессов (растворения карбонатных пород и выноса растворенного материала). Они — яркий пример так называемого открытого (поверхностного) тропического карста, распространенного в данном случае на девонских и каменноугольных известняках деформированного чехла Южно-Китайской платформы. Слабое его подобие — Ленские столбы и живописные скалистые борта долин Алдана, Оленека и других рек на Сибирской платформе. Но там наружный карст проявляется лишь в узкой полосе на бортах долин, а в Гуанси, на юге Китая, он охватывает полностью междуречные пространства, и потому скалистые башенные горы безусловно доминируют в ландшафте.

В отечественной литературе наружный тропический карст Гуанси упоминается лишь эпизодически. Даже в обзоре Н.А.Гвоздецкого по карсту Земли сведения о нем ограничиваются одной фотографией и указанием, что эти горы останцовые [1]. Почему останцовые? Если рельефо-

образование происходит при решающей роли карстовых процессов, то ландшафт далек от привычного нам вида.

Горы Гуанси содержат много крупных карстовых пещер, среди которых есть удивительные по красоте и разнообразию форм. Наше знакомство с ландшафтами Гуйлиня началось с пещеры Луди, представляющей собой комплекс подземных залов с высокими сводчатыми потолками. В натечных образованиях одного из таких залов при некотором воображении можно увидеть нагромождение личин в духе «Капричос» Франсиско Гойи. Выделяются два вида сталагмитов: плоские пероподобные, образующие каменные или карнизы вдоль трещин, и сталагмиты, составляющие группы с общим основанием в виде перевернутой и подвешенной к потолку тарелки — сложного каменного абажура.

Но вернемся к горам. Они здесь везде: в центре, над берегами р.Ли (р.Гуйцзян на отечественных географических картах), пересекающей Гуйлинь. Пронизывая окраины и окружая город, они создают характерную зубчатую линию горизонта. Обращают на себя внимание скальные башни высотой более 100 м с практически вертикальными стенками. Одна из них



За прибрежными зарослями бамбука поднимаются горы-башни. Здесь и далее фото автора



Горы обрываются к руслу Ли высокими вертикальными стенками.



Каверзные известняки на правом берегу Ли.

поднимается в центре города прямо над берегом Ли. Широко распространены конические горы с округленными вершинами и с увеличивающейся крутизной склонов к подножиям, группы из двух-трех вершин, разделенных глубокими седловинами. Такие небольшие горные массивы нередко сопровождаются скальными колоннами высотой до 50 м. В подножиях и на склонах гор обычны гроты, арки и широкие входы в пещеры.

Особую разновидность карстовых гор в городской черте составляют моноклиальные формы, группирующиеся в цепи. Они фиксируют в рельефе крылья антиклиналей в палеозойском чехле Южно-Китайской платформы. Один из склонов таких гор — выпуклый с крутизной 35—40°, он как бы скользит по поверхности напластования. Все другие склоны — крутые, скальные и часто вертикальные. В южной части города две гряды моноклиальных гор располагаются параллельно и обращены друг к другу крутыми стенками. Ядро антиклинали здесь полностью уничтожено, вернее, растворено.

Экскурсия вниз по р.Ли дает возможность ознакомиться со всем разнообразием ландшафта открытого тропического карста Гуанси, включая, казалось бы, и незначительные его детали.

Главный и самый привлекательный элемент такого ландшафта — башенные горы высотой 350—400 м, которые представляют собой сочетания призм, цилиндров, вершинных пирамид. Они опираются на более пологие склоны, своего рода пьедесталы, образующие первый геоморфологический уровень. В состав последнего скорее всего входит и высокая (40—45 м) надпойменная терраса Ли, а также короткие и крутые долины с висячими устьями. Верховья долин упираются в глубокие седловины с вогнутыми днищами, разделяющими отдельные башенные горы. Своими поперечными профилями

такие седловины удивительно напоминают ледниковые трюги, что говорит об их не эрозионном происхождении.

Второй геоморфологический уровень включает главным образом низкую пойменную долину Ли и ее притоков. В него также входят крутые пьедесталы гор, опирающиеся на современное днище долины и, возможно, низкие надпойменные террасы.

На финальных стадиях своего развития башенные горы, видимо, превращаются в скальные колонны высотой до 100 м, возвышающиеся над крутыми пьедесталами. Только такие образования можно считать остаточными формами.

К руслу реки горы обрываются вертикальными скальными стенками высотой 150–200 м. Их основания уходят под воду или прикрыты обвальными осыпными массами. Ниже по течению Ли открывается протяженная система скальных стенок Пять летучих мышей с небольшими карнизами из висячих сталактитов длиной 1.0–1.3 м. Скалы имеют обратные (отрицательные) уклоны, а в основаниях, погруженных в реку, обычны протяженные ниши высотой до 3 м, проникающие в горный массив на глубину до 5 м. Потолки ниш часто ребристые, образуются своего рода карры*, обращенные вниз (антикарры?!).

Известняки, слагающие береговые скалы, часто пронизаны кавернами. Живописные блоки таких пористых пород украшают скверы и сады Гуйлина. По степени кавернозности известняки береговых скал меняются от практически массивных до сотовых. Они как бы демонстрируют начальные моменты разделения исходного рельефа на массивные горы-башни и понижения между ними в местах повышенной трещиноватости и соответственно быстрого растворения коренной породы.

* Карры – система гребешков и выступов, разделенных бороздками, возникающими на поверхности растворимых пород.



Характерные формы открытого тропического карста: башенные и конические горы, глубокие седловины.



Ребристый потолок прирусловой ниши – своеобразная форма карров.



Вход в пещеру на левом берегу Ли.



Флотилия экскурсионных судов начинает свое плавание по р. Ли.

Следует заметить, что описание открытого тропического карста в учебнике по общей геоморфологии И.С.Шукина наиболее созвучно виденному нами на севере провинции Гуанси [2].

Необычно формирование ландшафта башенных гор. В стандартной ситуации эрозионный ландшафт образуется и функционирует по следующей схеме: выветривание скальных пород и возникновение чехла рыхлых отложений, перемещение их на склонах, вынос обломочного материала во взвешенном и влекомом состояниях речными потоками. В Гуанси все эти процессы — дополнительные. Главный же — растворение известняков и вынос продуктов разрушения в растворенном состоянии. Хи-

мический сток здесь решительно преобладает. Вот почему Ли разительно отличается от других рек Китая: воды ее чисты и прозрачны, хорошо просматривается дно. Никак не сравнишь ее с Хуанхэ, которая представляет собой скорее поток ила при минимальном участии воды.

В силу особенностей формирования, развития и морфологии горы Гуйлиня кажутся остаточными образованиями. Но это не так. Несомненно, при их подробном изучении можно обнаружить некий порядок, нормальные связи между составными элементами, что свойственно активно развивающемуся рельефу.

И башенные горы Гуйлиня, и заключенные в них пещеры —

привлекательнейшие места индустрии туризма. Пропускная способность пещеры Луди — 20 тыс. посетителей в день! На пристани Ли можно было наблюдать более 30 экскурсионных судов, хотя сама река, по российским понятиям вроде бы и не судоходна... К этому надо добавить километровые ряды сувенирных лавок и толпы «вольных» купцов.

Но вот наше судно прибывает в г.Яншо, конечный пункт экскурсии, а его жители предпочитают поговорку: «Горы и реки Яншо прекраснее гор и рек Гуйлиня...» ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Проект 99-05-65638.

Литература.

1. Гвоздецкий Н.А. Карст. М., 1981.
2. Шукин И.С. Общая геоморфология. Т.2. М., 1964.

Птица рябчик

В.И.Булавинцев,

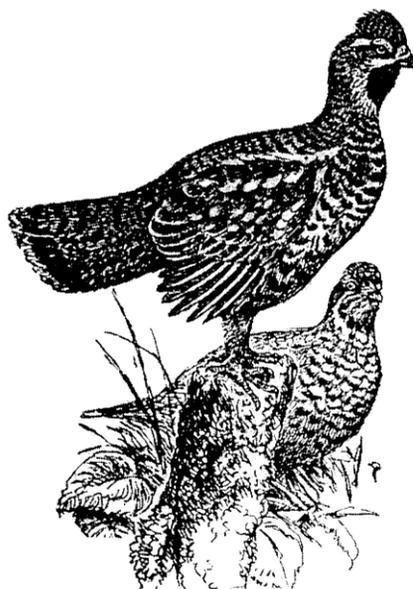
кандидат биологических наук

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

Яиц было девять, но одно сожрала, медленно, с трудом напялившись на него, шальная гадюка, которая случайно наткнулась на гнездо теплым майским днем, недели за две до выклева цыплят. Остальным повезло, они уцелели. Двадцать три дня лежат в ямке, выстланной травой и листьями, шесть—десять пестрых, светло-коричневых яиц. Мало ли что может случиться за это время с рябчиковыми кладками где-нибудь у комля дерева, на кочке в заболоченном хвойном лесу.

Трудно паре лесных курочек отбить свою кладку у лисы, маленькой, но жестокой ласки, енотовидной собаки, увальня барсука или у той же гадюки. Гибнут кладки в зубах собак, разоряют гнезда черные разбойники вороны.

Законы природы нешуточны. Страх и любовь правят миром. Страх хорошо был знаком им еще до появления на свет. Они понимали тревожные крики матери задолго до освобождения из яиц. Узнавали ее тихий, осторожный голос, когда она возвращалась к гнезду после недолгих отлучек. По ее понуждающему зову старательно выбирались из плена, упорно ломая изнутри скорлупу яиц.



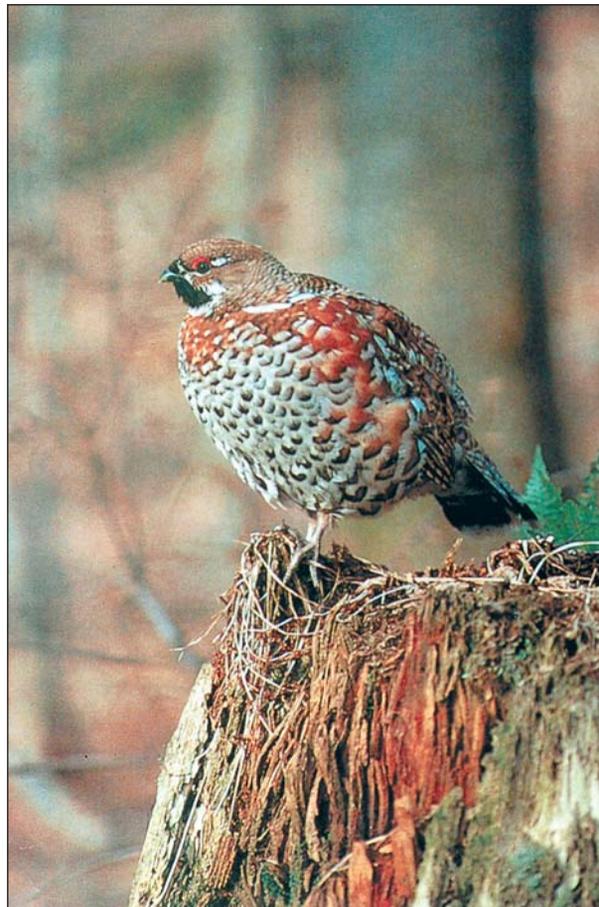
Семейная пара рябчиков и пуховой птенец.

Рис. Н.Н.Кондакова





Гнездо рябчиков в сыром лесу.
Здесь и далее фото автора



Молодой рябчик.



Гусиный лук, в апреле появившийся на прогретых участках ельника.

О любви узнали позже, родившись второй раз, теперь уже под солнцем, увидев свою мать, — как и у нас, единственную, нежную и безрассудно преданную своим детям.

Через несколько часов, обсохнув и согревшись под крыльями рябчихи, цыплята шустро бегали, мелькая в траве лесной поляны живыми рыжевато-коричневыми шариками. Старательно подражая родителям, птенцы еще неуклюже склевывали паучков, комаров и мошек.

Через месяц, к началу июля, их было не узнать. Подросшие, в пестром детском перье, неутомные и любопытные, как все дети на свете, рябчата уже умели летать и ловко ловили разных насекомых — листоедов, жуелиц, наездников. Склевывали молодые побеги и листья лесных трав, ощипывали ранние

ягоды. При малейшей опасности ловко затаивались на земле или в ветвях деревьев.

В сентябре рябчата перелиняли во взрослое перо, почти неотличимое от наряда родителей. В их опеке птенцы больше не нуждались, но все же охотно откликались на зов матери.

Тогда, в середине осени, на манящий свист откликнулись трое, он и две его сестры. Лесная поляна, поросшая по краям густыми елями, хранила молчание. Где-то здесь только что отзывалась мать, а при их появлении затихла. Обычно она не пряталась. Он был самым осторожным и вылетел не прямо на голос, а в стороне. Прижавшись к темному стволу елки и став совершенно неразличимым в густых ветвях, рябчик выжидал.

Его он увидел за мгновение до вспышки пламени и грохота,

снесших с еловой лапы одну из сестер. Вторую смертельно обожгло дробью в угон. Стрелявший знал свое дело, она упала рыхлым окровавленным комом перьев, пролетев последние 15 метров своей жизни.

Сорвавшись с елки вслед первому выстрелу, в страхе и ужасе уносясь прочь от губельной поляны, он намертво запомнил фальшивые звуки — подражание голосу его матери. То был голос смерти. Позже он не раз слышал его и научился отличать сипловатый свист манка от чистого перелива рябчиного зова, плывущего серебряной нитью в сумерке сырых ельников или по берегам заросших ольхой речек.

Вскоре после страшных событий на лесной поляне пара взрослых и полдюжины оставшихся в живых молодых рябчиков перебрались в долину безымянной лесной речушки, коих в России не счесть. В них находят приют юркие пескари, черные склизские вьюны и серебристые верхоплавки. Там где глуше, еще живут норки, а в обрывистых берегах гнездятся редкие теперь в наших краях зимородки.

Еще до первого снега он нашел себе пару, молодую рябью курочку, недавно перелетевшую на зимнее жилье в сырой приречный ольшаник с дальней растающей вырубкой. Они не расставались до середины зимы, но в январе подруги не стало.

Накануне случилась оттепель, а ночью подморозило. Снег покрылся твердым, как броня, конным настом, тем, что сани держит. Заночуй они в такую пору в снегу, наутро к солнцу не выбраться. Станет теплая снежная постель холодной могилы для неосторожных птиц.

Они не рискнули спать в снегу. Устроились на ночлег невысоко над землей и тесно прижались друг к другу, совершенно слившись в ранних зимних сумерках со стволом и темными ветвями приютившей их замшелой ели.



Гадюка — одна из многих животных, которые не прочь полакомиться яйцами из рябчиной кладки.



Листоеды. Их и разных других насекомых ловко склеивают птенцы, уже научившиеся летать, но еще одетые в детское перо.

Иглы зубов желтогрудого бандита, кота-куницы, вонзились ей с легким сухим хрустом чуть ниже затылка. Мгновением позже все было кончено. Урча и чавкая, удачливый охотник жадно вгрызлся в еще содрагаемую ознобом смерти горячую плоть. Гибель одной жизни дает продолжение другой, таков непреложный закон дикого леса.

Теплая многоснежная зима кончалась трудно, затягиваясь февральской непогодой, метелями и промозглыми оттепелями. На вырубках, в просевшем насте, обнажились обмокшие черные пни. Сиротливо-голые деревья сыпали бисером застрявшей в ветвях влаги. Только елки, что сбились зелеными стайками на краю леса, понуро

стынувшего вокруг заснеженно-го клюквенного болота, выделялись яркой свежей зеленью, напоминая о близкой весне. Голодно стало в лесу. Ломкие кусты калины и гладкие рябинки уже не горят рубинами замороженных ягод, оббитых птицами еще в середине зимы. Лишь кое-где уцелели изрядно общипанные гроздья. Почерневшие и пожухшие, теперь они только добавляют сиротства поникшему под серым ненастным небом унылому лесу. Остатки клюквы и брусники, еще укрытые порядочными снегами, не всем доступны в это время года. Проще всего добираться до ягод на больших моховых кочках, где белое покрывало потоньше, а ягод погуще. Он знал об этом. В самую глухую зимнюю пору, когда сошли ягоды рябины и опали плоды шиповника, рябчик кормился в березняках и ольшанике, с вечера набивая зоб сережками и почками. Ближе к весне он все чаще вылетал на край болота и лакомился там перезимовавшей ягодой или склевывал со снега семена, выпавшие из еловых шишек.

К концу зимы в бывшем выводке осталось меньше половины. Места им хватало.

В недавнем прошлом люди не скупясь сыпали на лес яды. Так они боролись с вредителями деревьев. Стало ли меньше неугодных им жуков и бабочек — трудно сказать, а лесная живность определенно страдала. В числе прочих тварей гибли и рябчики. Тех, что не дотравили, повыбили охотники. Но со временем у людей что-то не заладилось. Неурядицы человеческие, проистекающие от глупости и жадности, приводящие к бедности государственной, когда не хватает денег на дорогие ядохимикаты, обернулись

благом для лесных жителей. В старом захламленном лесу, исеченном лощинками, с густой порослью березняков и ольшаников, вольготней стало не только рябчикам. В конце зимы у них появилась опасная соседка — молодая самка тетеревины. Соседство это вскоре обернулось безвременной гибелью двух его братьев.

Ненастье кончилось только в середине марта, изрядно подъев снега на открытых местах — полянах и вырубках. Ночные заморозки еще покрывали лужи на пестрых от проталин дорогах хрусталем льда, серебрили рыжие космы прошлогодних осок по берегам заснеженных речек, но горячее весеннее солнце легко, словно шутя, рушило содеянные за ночь хрустали и серебро, играло солнечными бликами в талых ручьях.

С первыми проталинами, в начале весны, изрядно поредевшее семейство рябчиков перебралось из ольшаника в хвойный лес. Близилось время любви...

Причины беспокойства он не знал, но с каждым погожим днем ощущал его все сильнее. Затихший, безголосый с января лес оживал чистым звоном синичьих песен, посвистом и трелями рябцов и нервной барабанной дробью вертлявых дятлов.

На голоса сородичей своих отвечал он нетерпеливо, с вызовом. Шумно, не таясь, вылетал в запальчивом порыве молодой плоти. Нетерпимость к присутствию других петушков занимала все его существо. Он защищал свою территорию и был готов драться с любым, посягнувшим на его право продолжения рода.

Обычно рябчики находят подруг в первую осень своей жизни, после не расставаясь с ними

надолго. Его подруга погибла, он искал другую. Новая супруга появилась в его жизни только в начале апреля, когда, окончательно расправившись со снегами на полях, весна ступила полноправной хозяйкой под пологом леса. Посеревшие остатки сугробов затаились в страхе солнца в густых зарослях елок. На опушках и полянах, по серой отмокшей ветоши лесных осок, дружно занялись проростки трав. На теплых пригревах открылись желтые цветки гусиного лука. Вспучив прошлогодний опад, вылупились из земли каштановые шапочки курчавых строчков, зарделись блинчики грибов-алеврий.

Весеннее напряжение, поиски вождельной подруги, нежное и страстное ухаживание, частые восторги близости и наконец устройство гнезда — все это не прошло для него даром. Заметно похудевший, но изрядно успокоенный петушок, постоянно голодный и озабоченный поиском корма, восстанавливал щедро растраченные силы, держась неподалеку от гнезда.

В первых числах мая, под утро, его рябчиха снесла последнее, восьмое яйцо и теперь старательно насиживала кладку. В такой же весенний день, всего лишь год назад, он согревался теплом материнского тела, подарившего ему жизнь. Круг великого таинства обновления жизни замкнулся. Манящая и пугающая и от того еще более прекрасная, она лежала перед ним зелеными коврами трав, звенела на все лады птичьими голосами, пьянила бездонной нежностью голубого неба.

Полный сил и безрассудства молодости, он не понимал глубины и важности творящихся вокруг него перемен. Он просто жил в этом мире как неотделимая его часть. ■

Змея — существо благородное

Н.С.Соколова

Амударьинский заповедник
Туркменистан

Всматриваюсь вдаль, стараясь разглядеть что-нибудь необычное на сером монотонном полотне шоссе, стремительно уходящем под колеса машины, и вскоре замечаю тонкий длинный шнурок, лежащий поперек дороги. Неужели опять змея — третья за получасовой путь?! На этот раз под колесами погибла стрела-змея.

Змеи, обычно стремительные и ловкие, в холодное время года становятся вялыми, малоподвижными. День выдался необычайно теплым для осенней поры, и темный асфальт нагрелся сильнее песка. Сюда-то и выползли погреться рептилии перед зимней спячкой. Всего за полтора часа езды мы подобрали шесть змей: помимо стрелы, двух поперечнополосатых и трех пятнистых полозов. И это только за один-единственный день на небольшом участке дороги. А сколько их гибнет под колесами автомобилей в стране? А сколько погибает от рук человека?

Нередко люди с гордостью рассказывают, что убили змею так, будто сразились с огнедышащим драконом. Почему же, встретив змею, человек сразу хватается за камень, палку или лопату? Что это — инстинктивный страх (известно, что обезьяны панически боятся змей) или обыкновенное невежество? Негативное отношение к рептилиям люди обычно объясняют осторожностью: «А вдруг она ядовитая, опасная для человека?» Однако, по данным статистики, в дорожно-транспортных происшествиях погибает в тысячу раз больше людей, чем от укуса ядовитой змеи. Тем не менее ни один здравомыслящий человек не бросается на проходящий транспорт с камнями, не бьет палками по колесам машин. Мы просто соблюдаем осторожность.

Замечу, что вероятность встречи с ядовитой змеей очень мала. На территории Амударьинского заповедника обитают ядовитые змеи всего трех видов: среднеазиатская кобра (*Naja oxiana*), песчаная эфа (*Echis carinatus*) и гюрза (*Vipera lebetina*). Встреча с ними даже для нас — специалистов-биологов, часто выезжающих на полевые работы, — большая редкость. Кобра сейчас столь малочисленна, что угодила на страницы Красных книг. Увидеть эфу тоже трудно, так как в песчаной пустыне она ведет ночной образ жизни и днем появляется лишь весной, чтобы погреться у норы или под камнем в первых теплых лучах солнца. При малейшей опасности она стремится скрыться в убежище,

но если ей преградить путь к отступлению, сворачивается в кольца и издает отпугивающий шуршащий звук, который возникает в результате трения расположенных вдоль тела чешуек. Узнать ее легко по своеобразному рисунку на голове в форме креста или летящей птицы и необычному способу передвижения — боком, а не вперед головой, как ползают другие змеи. Гюрзу тоже трудно с кем-нибудь спутать. Это — довольно крупная змея (полуметровая особь может быть толщиной с руку человека) серовато-песочного или коричнево-красного цвета с вытянутыми поперек бурыми или оранжевыми пятнами. Обитает гюрза в сухих предгорьях, по обрывам и долинам рек, может заползти и в виноградник или сад. Численность ее в Средней Азии сильно сократилась. Кому все же выпадет случай столкнуться с ядовитой змеей, полезно помнить, что без причины она бросаться не станет, скорее постарается уползти с дороги. Но даже если и будет вынуждена укусить, то не всегда пускает в ход ядовитые зубы, необходимые ей для охоты на грызунов, ящериц или мелких птиц, которыми она питается.

Чаще всего человек сталкивается с безобидными для него змеями, которые не опаснее



Стрела-змея.

Фото автора

ящерицы или жабы. Наиболее многочисленна в пустыне стрела (*Psammophis lineolatus*) — длинная (до 90 см) изящная змейка оливково-серого цвета с четырьмя продольными темными полосами на спине. У нее красивые глаза с радужной оболочкой и вертикальным зрачком. Змея эта легко и быстро передвигается в кустах по веткам, может даже стремительным броском перебраться на соседний куст. Двигаясь по песку, стрела-змея часто поднимает переднюю часть тела, осматривая окрестности. У стрелы есть пара мелких ядовитых зубов, но так как они расположены в глубине пасти и ее яд предназначен только для мелких животных, для человека она абсолютно не опасна.

На берегу арыков, каналов и просто небольших луж часто отдыхают ужи. Водяной уж (*Natrix tessellata*) хорошо плавает, охотясь на мелкую рыбешку, лягушек, головастика. Зи-

мует он на суше, где не так быстр и ловок. Очень много гибнет ужей в период сбора хлопка, когда люди, отдыхая у поливного арыка, могут на них наткнуться. К сожалению, такие встречи, как правило, заканчиваются трагически для этой безобидной змеи.

Случается, ядовитым считают пятнистого, или диадемого, полоза (*Spalerosophis diadema*). По окраске он напоминает эфу, кроме того, форма его головы, как у ядовитых змей, — с широкими скулами. При встрече с человеком или крупным животным полоз довольно агрессивен: сворачивается кольцами, шипит, нападает. Такое поведение естественно вызывает страх, однако если животные предпочитают не связываться с этой змеей и убегают, то человек обычно хватается за палку и убивает безобидную рептилию, считая ее ядовитой. А ведь отличить пятнистого полоза от эфы нетрудно: шипит он по-

стоящему, а не шуршит чешуями, которые, кстати, у него гладкие и блестящие. На голове полоза нет рисунка в виде креста, между глазами проходит темная полоса, зрачки круглые, а не вертикальные. Нередко за ядовитую гремучую змею принимают также и другого полоза — узорчатого (*Elaphe dione*), который, защищаясь, старается испугать противника, делая выпад в его сторону и трясая кончиком хвоста.

Любое животное, если совершать над ним насилие, будет защищаться когтями, зубами, клювом... Однако нелепо думать, что вы станете убивать щенка или котенка, хотя их укус может привести к тяжким последствиям. При встрече с змеей обойдите ее или просто замрите. Не надо ее трогать, тем более дразнить или ловить. Как ядовитые, так и неядовитые змеи стараются скрыться при встрече с человеком, и если кого-то все же укусили, то, уверяю вас, виноват только пострадавший. Укус неядовитой змеи не очень болезнен и быстро проходит, как при уколе острым предметом. Если же укусила ядовитая змея, возникает сильная боль, след от ее зубов кровоточит, появляется быстро растущий отек. Нужно немедленно, не теряя ни секунды, отсосать яд. Попавший в рот и даже в желудок яд не опасен — он разрушается. Никаких жгутов, разрезов, прижиганий! Укушенному необходимо пить как можно больше воды, чая, соков, очень полезна в это время аскорбиновая кислота.

Убивать змей нельзя даже вблизи жилья — они могут быть полезны человеку, поскольку охотятся на грызунов не хуже кошек. При встрече проявите к ним хоть немного милосердия, уступите им место в природе — они этого заслужили. ■

Запуск реактора задерживается

Осенью 2001 г. должен был вступить в строй исследовательский ядерный реактор FRM-II, сооружающийся в Гархинге (земля Бавария, Германия). Однако в феврале 2001 г. правительство обязало заменить источник ядерного топлива уже почти готовой установки, чтобы избежать обвинений в нарушении международных договоров о нераспространении ядерного оружия. Предполагалось, что реактор будет работать на высокообогащенном урановом топливе, а ныне предписывается перевести его в течение пяти лет на среднеобогащенный уран (такое топливо, основанное на ураново-молибденовом сплаве, уже используется в некоторых российских реакторах). Кроме того, финансирование строительства хранилища для отработанного ядерного топлива должны взять на себя власти Баварии, а не федеральное правительство. Создание же хранилища может обойтись дороже, чем сам реактор, на который ассигновано 500 млн долл. США (Science. 2001. V.291. №5513. P.2527. США).

Предложенные федеральным правительством сроки конверсии реактора (1 января 2006 г.) оказались для Баварии неприемлемыми, так как специалисты еще не нашли путей использования обедненного топлива.

За время строительства многочисленные коллективы физиков, специалистов по материаловедению и структурной биологии потратили немалые средства на оснащение реактора приборами для своих экспериментов. В их числе нейтрон-резонансный спин-эксоспектрометр «Reseda», спектрометр с холодными нейтронами высокой разрешающей способности, узкоугольный рассеивающий дифрактометр, прибор для изучения длинно-

волновых нейтронов, ускоритель фрагментов атомного распада, который предназначен для дробления богатых нейтронами ядер, что позволило бы создавать сверхтяжелые элементы с атомными числами более 126 и значительными сроками жизни. Задержки с запуском FRM-II встречены учеными с большим огорчением. В случае если компромисс будет достигнут и разрешение получено, первый топливный элемент, хранимый ныне во Франции, может быть загружен в реактор в месячные сроки.

Пернатый динозавр каудиптерикс

Многолетняя дискуссия относительно происхождения птиц не обошла и V Международную конференцию палеонтологов (июнь 2000 г., Пекин). Особый интерес привлек доклад Жоу Жонгхи (Zhou Zhonghe; Институт палеонтологии позвоночных и палеоантропологии АН КНР), описавшего находку его коллег в провинции Ляонин (Северо-Восточный Китай). Здесь в 1998 г. в районе известного крупного «кладбища» древней фауны, возникшего около 125 млн лет назад, вероятно, вследствие мощного извержения вулкана, были обнаружены ископаемые остатки странного существа, названного каудиптериксом (*Caudipteryx*). Большинство специалистов отнесли его тогда к хищным динозаврам. Однако, в отличие от иных известных динозавров, у этого на хвосте и коротеньких передних лапах были видны отпечатки перьев. Предположили, что каудиптерикс унаследовал частичный перьевой покров от некоего общего предка динозавров и птиц. Только сам он, видимо, летать не умел: на это указывают строение недоразвитых крыльев и отсутствие полного

комплекта оперения. Примерно о том же свидетельствуют и остатки другого каудиптерикса, найденные позже.

И вот теперь «заговорил» каудиптерикс-III, сохранившийся лучше первых двух (Science. 2000. V.288. №5472. P.915. США). Дело не только в том, что его перья оставили весьма отчетливые отпечатки. Важнее — великолепно сохранившийся скелет (правда, без головы). В его строении заметны многие признаки, присущие птицам, но обычно отсутствующие у динозавров. В том числе и некое подобие большого пальца, полезного животному при посадке на ветви. В то же время у каудиптерикса есть целых 16 признаков, более сближающих его с динозаврами, чем с древними птицами; таковы, например, пропорции костей ступни, форма и ориентация костей таза и др. Учитывая все эти особенности, находку сочли представителем нового вида и дали ему название каудиптерикс донги (*C.dongi*) — в честь выдающегося китайского палеонтолога Дон Чжимаина (Dong Zhiming).

Многие участники конференции считают, что резкого эволюционного скачка, четкой границы между динозаврами и птицами не существовало и переход от одних к другим был весьма плавным. Однако некоторые специалисты все еще оспаривают эти выводы. Например, видный палеоорнитолог С.Олсон (S.Olson; Смитсоновский институт, Вашингтон) указывает, что перья каудиптерикса менее развиты, чем у археоптерикса, а ведь нынешняя ляонинская находка примерно на 25 млн лет моложе и, значит, должна быть более «совершенной». Олсон возражает Жоу, который подчеркивает, что птичьи черты каудиптерикса — следствие параллельной эволюции птиц и динозавров.

Движение ВОДЫ В ПОЧВЕ

Е. В. Шейн

Каждый из нас наблюдал, как вода впитывается в почву. Казалось бы, все просто: осадки выпадают на поверхность, и вода заполняет имеющиеся в почве пустоты. Но в верхнем слое почва способна удержать своими капиллярными силами лишь некоторую часть влаги. Это количество воды называют наименьшей влагоемкостью. Все, что свыше, под действием гравитационных сил стекает в нижележащий слой. Когда и он наполнится свыше влагоемкости, избыток воды перетечет в следующий слой. И так до тех пор, пока вода не впитается в достаточно сухой слой почвы, влажность которого окажется ниже его наименьшей влагоемкости, или избыток воды поступит в грунтовые воды, находящиеся в нижней части почвенного профиля. Получается, что каждый почвенный слой подобен некоторой емкости, которая заполняется водой, а количество влаги, превышающее эту емкость, перетекает в нижнюю. И так все ниже и ниже, почти как в Бахчисарайском фонтане.

На основании представления о последовательном насыщении слоев влагой сформировался так называемый балансый метод расчета движения воды в почве. Однако расчеты, сде-



Евгений Викторович Шейн, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — экология, математическое моделирование почвенных процессов.

ланные с его помощью, неизменно занижали глубину, на которую проникали вода и растворенные в ней вещества, по сравнению с тем, что наблюдалось в действительности [1, 2]. Так, распространенный в Европе пестицид атразин не должен был попадать даже в глубь корнеобитаемого слоя (20–25 см), а на самом деле в 1989 г. в Баварии 250 колодцев было загрязнено этим сильно токсичным веществом [3]. То же самое нередко происходило с нефтью и нефтепродуктами.

Поскольку практические запросы требовали точного зна-

ния движения воды в почве, необходимо было сформулировать физическую основу процесса, описать его математически и построить прогнозную модель, с помощью которой можно было бы проводить расчеты, необходимые для предотвращения природных ситуаций такого рода.

Особенности миграции воды

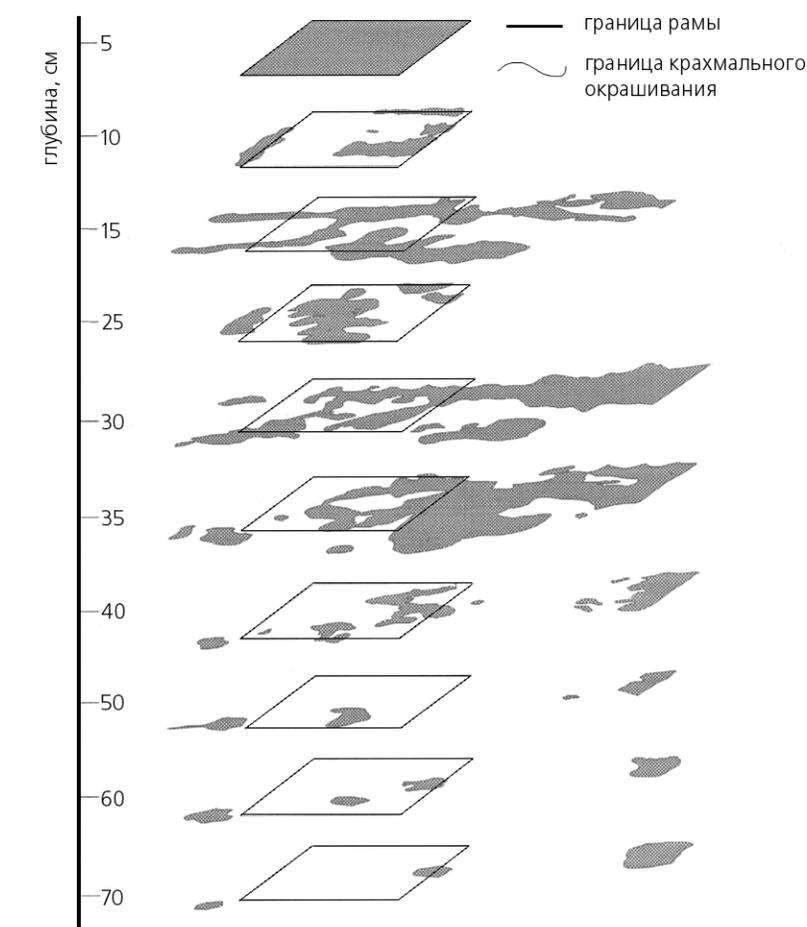
При описании процессов движения воды и растворенных веществ в почве обычно полага-

ют, что почва — это капиллярно-пористое тело, подобное керамическому изделию. Вода в почве должна перемещаться равномерно и постепенно, т.е. при достижении насыщения будет двигаться от слоя к слою по всем капиллярам. Так ли это на самом деле?

Проведем такой эксперимент. На поверхность предварительно насыщенную влагой почвы установим металлическую квадратную раму со стороной в 50 см, открытую сверху и снизу. Стенки квадрата будут предохранять вещество от растекания по поверхности почвы. Зальем в раму слабый раствор водорастворимого крахмала, который движется в почве так же, как и чистая вода. После того как раствор впитается, последовательно выкопаем горизонтальные почвенные срезы «площадки» под рамой через каждые 5 см и будем обрызгивать эти площадки раствором йода. Там, где фильтровался крахмал, появится синее пятно, которое можно зарисовать или сфотографировать. Углубляясь таким образом, мы обнаружим основные пути фильтрации раствора в почве. Этот метод исследований был предложен в 1970-х годах известным почвоведом Е.А.Дмитриевым [3].

С помощью такого эксперимента была получена картина миграции раствора крахмала в серой лесной почве во Владимирском Ополье, недалеко от г.Суздаля. В этой обычной пахотной почве нет ярко выраженных и различающихся по свойствам слоев (почвенно-генетических горизонтов), образовавшихся в процессе формирования, кроме собственно пахотного, глубиной до 25 см. Раствор заметно растекался за границы рамы уже на глубине 15 см, удаляясь на 50 см и более от ее границ на поверхности. Нередко уже на глубине 30 см все крахмальные пятна оказывались вне площади рамы.

Итак, результаты опытов показывают, что влага в почве, да-



Пятна окрашивания по крахмальной метке на различных глубинах, показывающие весьма неоднородное распределение влаги в объеме почвы. Серая лесная почва Владимирского Ополья.

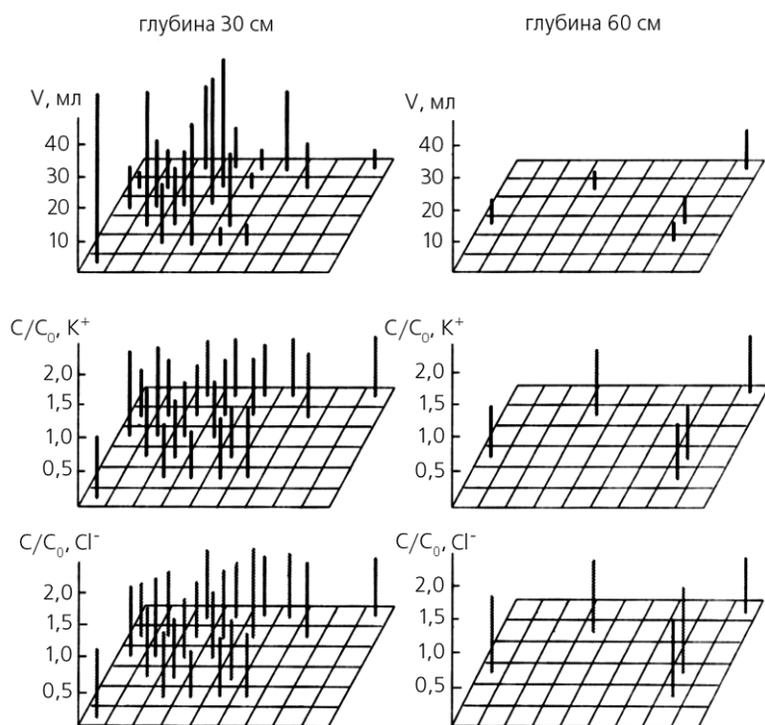
же в процессе впитывания, движется весьма неравномерно. Почвенные поры оказываются далеко не простыми цилиндрическими капиллярами, а образованиями сложной формы. Через одни вода фильтруется быстро, в другие проникает постепенно, рассасываясь из крупных капилляров, а в некоторые, тупиковые, вообще не попадает. Значит, чтобы описать такую сложную миграцию влаги, необходимо ввести понятия о крупных макропорах и трещинах, по которым быстро и неравномерно движется влага и растворенные в ней вещества, и тонких порах, в которых вода движется медленно, долго сохраняясь.

Кроме того, необходимо понять, что же происходит при

движении в почве растворенных веществ, которые могут сорбироваться или не сорбироваться ее твердой фазой? Достаточно ли адекватны наши традиционные представления о сорбции и десорбции ионов естественным процессам сохранения и передвижения растворенных веществ в почве?

Лизиметрический эксперимент

Проведем эксперимент, в целом похожий на предыдущий. На поверхность почвы поместим раму, только зальем в нее не раствор крахмала, а слабый раствор хлористого калия и попытаемся «поймать»



Результаты полевого эксперимента с лизиметрами.

Столбики — объемы профильтровавшегося раствора (V , мл) и концентрации в нем ионов калия и хлора для глубин 30 и 60 см. Концентрация представлена в виде относительной величины — отношения содержания иона в поровом растворе (C) к его содержанию в исходном растворе (C_0), подаваемом на поверхность.

ионы калия и хлора на глубинах 30 и 60 см с помощью специальных поддонов, в дне которых имеются отдельные ячейки для сбора воды, — так называемых лизиметров. После этого поддоны вытаскиваем из почвы и определим количество в них раствора и концентрации K^+ и Cl^- в каждой из ячеек. Этот опыт мы проводили в Подмосковье на дерново-подзолистых почвах.

Что же наблюдалось в ячейках лизиметра? Прежде всего некоторые оказались пусты, в них раствор вообще не поступил, а его количество в других очень сильно варьировало. Это не было неожиданностью, так как из предыдущего опыта мы выяснили, что почвенная влага проникает по проводящим каналам. Ион хлора обнаруживался в растворах в той же концен-

трации, что в растворе, вводимом в почву, что тоже вполне понятно: почвенные минеральные частицы несут, как правило, отрицательный заряд на поверхности, и анионы не сорбируются (или сорбируются слабо) их поверхностью. Однако и концентрация катиона K^+ в растворах на глубинах 30 и 60 см оказалась равна его содержанию в растворе на поверхности почвы, т.е. никакой сорбции этого иона не происходило, хотя она должна быть весьма интенсивной.

Здесь мы столкнулись со специфическим почвенным явлением: быстрым передвижением ионов по крупным почвенным каналам — макропорам и трещинам. В этом процессе почвенные частицы не захватывали ионы калия, и их концентрация оставалась неизменной. При та-

кого рода переносе почва не проявляет своих сорбционных свойств, закономерно приписываемых ей как дисперсному телу, и поэтому традиционные физико-химические подходы дают ошибки, нередко значительные.

Они могут иметь крайне неприятные последствия, если, например, дело касается прогноза распространения токсичных загрязняющих веществ. Именно из-за быстрого переноса радионуклиды, пестициды и другие соединения попадают на значительно большие глубины, чем по расчетам балансовым способом.

Так возникла необходимость научиться оценивать величину проводящего порового пространства почвы (макропор и трещин), по которому вода движется быстро, а вещества практически не сорбируются поверхностью почвенных частиц.

Подходы к оценке порового пространства почв

Макропоры — стабильные образования, через которые влага движется, как по крупным капиллярам, трещины же — образования динамические — появляются в тот момент, когда почва иссушается, а пространство между всегда существующими в почве агрегатами (комочками) увеличивается за счет усадки.

Почвенные трещины не измеришь микрометром или штангенциркулем, они незаметны, извилисты, то появляются, то исчезают. Не сделаешь и слепок трещин: они так тонки, что залить в них гипсовый раствор не удастся. Но поскольку трещины возникают между почвенными комочками — агрегатами, можно попытаться вычленить последние, и по разнице между общим объемом почвы и объемом этих отдельных стабильных почвенных образований определить объем трещин.



Почвенный разрез с отдельной трещиной. Масштаб почвенного бура — 10 см. Здесь и далее фото А.К.Губера



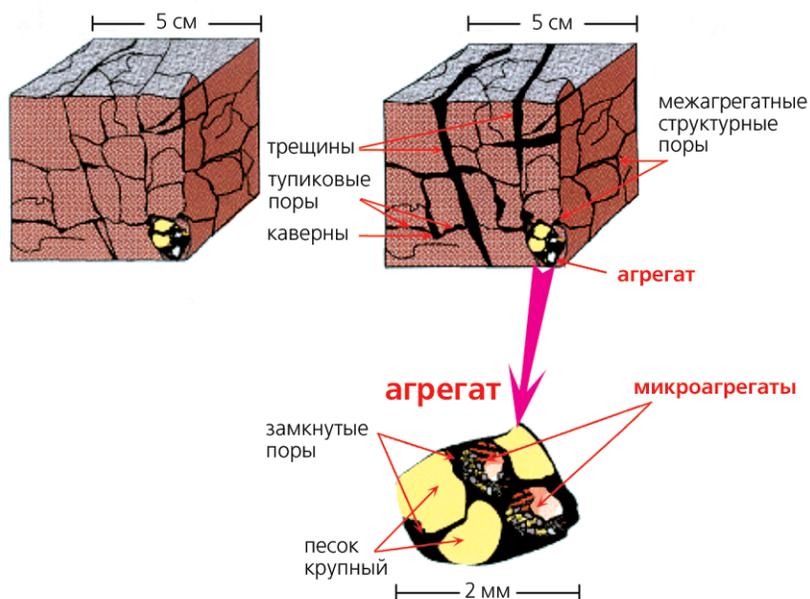
Крупная трещина, по поверхности которой видны темные потеки органического вещества.



Крупная почвенная пора, заполненная карбонатом кальция.

Здесь, видимо, уместно сказать несколько слов о почвенных агрегатах, удивительном создании природы. Именно благодаря им почва обладает способностью сохранять питательные вещества и воду для растений, создает «жилища» для почвенной биоты. Более того, структурная (по определению Н.А.Качинского), а значит, агрегированная почва — основной источник биоразнообразия. Сами почвенные агрегаты устроены достаточно сложно и в свою очередь состоят из более мелких частиц и микроагрегатов, скрепленных разнообразными почвенными «клеями», главную роль среди которых играет почвенный гумус.

Объем агрегата изменяется в зависимости от влажности. Чтобы установить эту зависимость, мы извлекали эти комочки из почвенного кубика объемом 125 см³, покрывали их влагопроницаемой пленкой и измеряли объем агрегатов, опу-



Поровое пространство почвы и структура агрегата. Поры, каверны и трещины, едва заметные (на рисунке слева) в кубике влажной почвы, за счет усадки при высыхании увеличиваются, а при увлажнении сухой почвы (справа) за счет набухания уменьшаются. Агрегаты, хотя и стабильные образования, также подвержены усадке и набуханию.

кая их в воду и пользуясь законом Архимеда. Затем агрегаты подсушивали, взвешивали и снова определяли объем. Проведя опыт несколько раз, удалось найти зависимость объема агрегата от влажности. Вычитая из объема исходного кубика суммарный объем агрегатов, находили объем межагрегатных трещин.

Итак, в поровом пространстве почвы существует агрегатное сохраняющее пространство (его функция — запас веществ), а также межагрегатное — проводящее, — по которому переносятся вещества. В то же время идет обмен между «сохраняющими» и «проточными» зонами порового пространства почвы.

Процесс же движения влаги и других веществ выглядит следующим образом. Если на поверхность иссушенной почвы, в незаполненное водой межагрегатное пространство (наиболее крупные трещины и макропоры) поступила вода (раствор), она практически мгновенно заполняет трещины, проникая в глубь почвы. Далее влага перераспределяется между заполненными трещинами и внутриагрегатным пространством. Агрегаты начинают увеличиваться в объеме за счет на-

бухания, а трещины постепенно уменьшаются. Так продолжается до установления равновесия между агрегатной и межагрегатной жидкостью, т.е. раствор распределяется между «проводящей» и «сохраняющей» частями порового пространства. Таким образом, почва — не застывшее пористое тело, как, например, керамическое изделие. Ее поровое пространство — динамичное образование, проводимость которого зависит от содержания влаги, а пористость постоянно изменяется за счет набухания и усадки почвенных агрегатов.

Надо сказать, что ненабухающих почв в природе практически не существует. Даже песчаные почвы с плохо развитой агрегатной структурой проявляют свойства набухания и усадки. У большинства суглинистых и глинистых почв это явление выражено весьма заметно, поэтому для них характерны быстрые потоки по межагрегатному пространству с последующим перераспределением влаги и веществ по агрегатному пространству. Это и было доказано при изучении тяжелосуглинистых почв Владимирской области и опесчаненных почв Подмоскovie в приведенных выше примерах.

* * *

Итак, движение влаги — далеко не простой процесс постепенного заполнения почвенных слоев и перетекания влаги из слоя в слой. В почве практически всегда представлены быстрые, «сквозные» потоки по макропорам и трещинам. Именно по этим путям переносятся, практически не сорбируясь, различные (в том числе и загрязняющие) вещества, попадая в грунтовые воды. Понимание этого процесса возможно, если рассматривать поровое пространство как систему агрегатного и межагрегатного пространств, систему «транспортных» и «сохраняющих» пор.

Вместе с тем при использовании и этого подхода возникает немало вопросов. Например, как развиваются и растут трещины? Всегда ли они возникают в одном и том же месте? За счет чего образуются устойчивые агрегаты? Почему они свойственны только почве? И многие, многие другие, на которые еще предстоит ответить. ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Проект 98-04-48365.

Литература

1. Дмитриев Е.А. // Биол. науки. 1971. №5. С.125—127.
2. Окружающая среда: Энциклопедический словарь-справочник. М., 1993.
3. Шейн Е.В. // Почвоведение. 1996. №3. С.320—323.
4. Шейн Е.В. // Почвоведение. 1999. №1. С.49—53.



Физика неравновесного газа

А.И.Осипов, А.В.Уваров

Взгляд в историю

Физика газов, как и вся современная европейская наука, начала развиваться с XVII в. Слово «газ» (аналог латинского *spiritus*) было введено в физику в 1640 г. голландским химиком, врачом и фармацевтом Ж.Б.ван Гельмонтом (1580—1644). Более чем трехсотлетняя история выявила основную особенность этой области науки — она всегда тесно взаимодействовала с техникой и сейчас остается ее теоретической основой, а запросы техники в свою очередь стимулировали развитие физики газов.

Поясним это на примерах. Изобретение насосов, первых механизмов, работающих с воздухом, вызвали к жизни исследования по пневматике. Началось систематическое изучение механических свойств воздуха и других газов (XVII в.), на основе которого впоследствии возникла физика атмосферы, а в более общем плане — гидростатика и гидродинамика. Величайшее техническое изобретение XVIII в. — паровая машина — использовало уже тепловые свойства газов.

Изучение этих свойств легло в фундамент термодинамики. Во второй половине XIX в. по-



Алексей Иосифович Осипов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры молекулярной физики и физических измерений физического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — физическая кинетика, гидродинамика.



Александр Викторович Уваров, кандидат физико-математических наук, доцент той же кафедры. Занимается изучением процессов релаксации и гидродинамической неустойчивости.

явился двигатель внутреннего сгорания. Техника поставила на службу химические процессы, происходящие в газах, что привлекло внимание к химической кинетике. Создание МГД-генераторов в недалеком прошлом означало вовлечение электрических процессов в газах (низкотемпературная плазма) в сферу технических приложений.

Наконец, лазерная революция открыла дорогу использованию в технике неравновесных свойств газов. Именно о них и пойдет разговор.

Неравновесный газ заинтересовал физиков в конце позапрошлого столетия, т.е. с момента возникновения кинетической теории газов. Датой ее рождения, как мы понимаем сегодня,

следует считать 1859 г. Именно тогда Дж.Максвелл на заседании Британской ассоциации содействия развитию науки прочитал свой доклад, в котором впервые предложил статистический подход к проблеме. Первоначально интерес к статистической механике газов носил академический характер. Л.Больцман и Х.Лоренц создали формальные основы кинетической теории неоднородных газов, и далее неравновесным состоянием газа занимался довольно узкий круг ученых, которые специализировались на явлениях переноса, связанных с вязкостью, теплопроводностью и диффузией. Была разработана теория переноса в одноатомных газах, а начиная с 40-х годов XX в. стала развиваться кинетическая теория многоатомных газов.

Начало становления физики неравновесных газов следует, пожалуй, отнести к 30-м годам. К тому времени стало ясно, что аномальные дисперсия и поглощение ультразвука в многоатомных газах, наблюдавшиеся физиками неоднократно, объясняются нарушением равновесия между поступательными и внутренними степенями свободы молекул при прохождении звуковой волны. Раньше считали: неравновесные состояния присущи только неоднородным газам с градиентами температуры, скорости и концентрации. А они оказались существенными и в другой группе явлений, относящихся к молекулярной акустике. Развитие ультразвуковых исследований в дальнейшем сформировалось в новое научное направление — акустическую спектроскопию.

В 40—50-х годах усовершенствование ракетной техники потребовало изучения структуры ударных волн. Было установлено, что ударная волна имеет конечную ширину, от которой во многом зависят сопротивление и теплообмен при движении летательных аппаратов со сверхзвуковой скоростью. В свою очередь ширина удар-

ной волны определяется процессами установления равновесия по внутренним степеням свободы молекул. Из этих исследований выросла физическая газодинамика.

В 60-е годы физика лазеров заставила взглянуть на неравновесный газ по-новому. Один из основных итогов лазерной революции, помимо создания и внедрения в практику уникальных лазерных технологий, как раз и заключается в привлечении внимания к неравновесным средам, и в частности к неравновесным газам. Неравновесный газ — это не только активная среда газовых лазеров, первых из подобных устройств. Это еще и верхняя атмосфера, межзвездная среда, в том числе межзвездные облака, разрядная плазма и т.д. С точки зрения физики неравновесный молекулярный газ представляет собой такое состояние вещества, в котором запас внутренней энергии и ее распределение по степеням свободы молекул могут изменяться в определенных пределах, что и обеспечивает своеобразие его свойств. Изучение неравновесных газов позволило вскрыть новый пласт явлений. Отчетливое осознание этого факта произошло в 80-е годы, и работа в данной области пошла интенсивнее.

Как возникают неравновесные процессы в газах

Закон о равном распределении энергии по степеням свободы молекул гласит: на каждую классическую степень свободы (точнее, на каждый аддитивный квадратичный член в выражении для энергии) в состоянии статистического равновесия при температуре T приходится энергия, равная $kT/2$ (k — постоянная Больцмана). Любая бесструктурная частица имеет три степени свободы, называемые поступательными, которые соответствуют трем независи-

мым движениям вдоль координат x , y и z . Многоатомная молекула, состоящая из N атомов, имеет уже $3N$ степеней свободы. Из них три обусловлены движением центра тяжести, т.е. движением молекулы как целого, три — вращением молекулы как целого (в случае линейных молекул число вращательных степеней равно двум). Остальные $3N - 6$ (или $3N - 5$) степеней свободы описывают колебательное движение атомов в молекуле, когда атомы движутся друг относительно друга. Вращательные и колебательные степени свободы часто еще называются *внутренними*. К ним же относятся возбуждения в электронной и ядерной системах атомов и молекул, но при обычных температурах эти внутренние степени свободы «заморожены» и в рассматриваемых ниже процессах не играют роли.

В состоянии равновесия, повторим, на каждую степень свободы приходится вполне определенная энергия. В итоге внутренняя энергия классического газа, состоящего из n молекул, складывается из трех составляющих: по $(3/2)nkT$ для вращательного движения и $(3N - 6)kTn$ для колебательного*. Образно говоря, запас энергии молекулярного газа в состоянии равновесия распределен по трем энергетическим «резервуарам», которые соответствуют поступательным, вращательным и колебательным степеням свободы. Эти резервуары сообщаются, и энергия сравнительно свободно может «переливаться» из одного резервуара в другой (обмен энергией между различными степенями свободы происходит при молекулярных столкновениях). Предположим теперь, что мы изме-

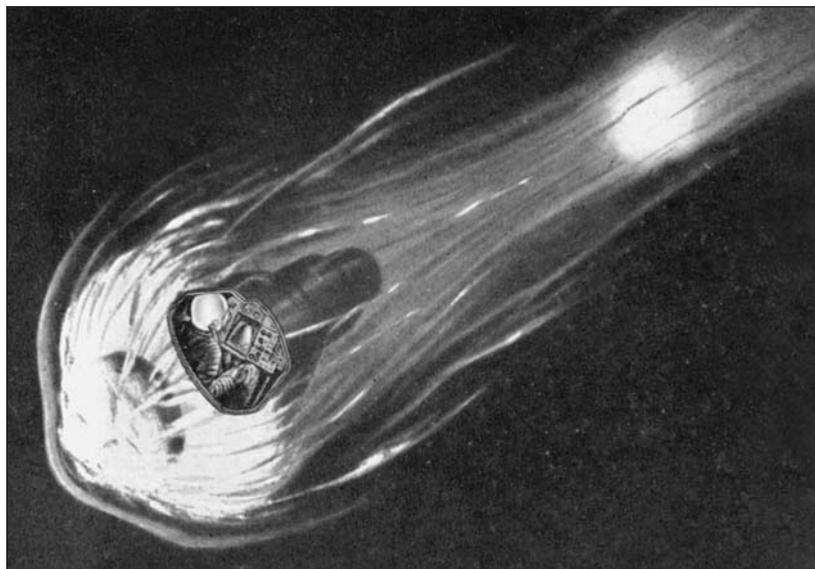
* На каждую колебательную степень свободы молекул приходится энергия kT , поскольку при колебаниях средние кинетическая и потенциальная энергии обе равны $kT/2$. Квантовые эффекты уменьшают запас энергии. Это обстоятельство позволило А.Зоммерфельду еще в 1911 г. высказать свое знаменитое утверждение, что «степени свободы следует взвешивать, а не считать».

нили (например, увеличили) запас энергии в одном из резервуаров. Ясно, что избыточная энергия начнет тотчас же переливаться в соседние. Так возникает представление о неравновесных (необратимых) процессах, которые идут в газах за счет обмена энергией при молекулярных столкновениях. Эти процессы, приводящие к установлению в системе статистического равновесия (или некоторого квазистационарного состояния, которое отвечает неполному статистическому равновесию), называют также релаксационными.

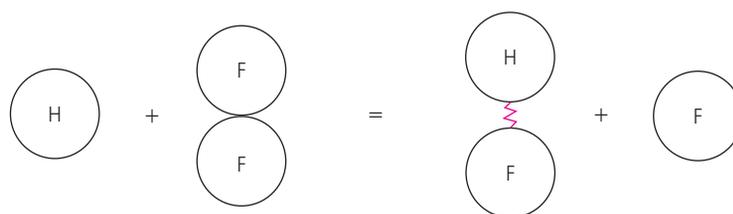
В типичных условиях неравновесность в газе возникает, если газовая система подвергается внешнему воздействию. Приведем несколько примеров.

Известно, что верхние слои атмосферы планет (Земли, Венеры, Марса и т.д.) — разреженные газы, которые подвергаются воздействию корпускулярного и электромагнитного излучений Солнца. Солнечные потоки нарушают равновесное распределение энергии и равновесный химический состав верхней атмосферы. Это, в частности, сказывается на характеристиках излучения (например, инфракрасного при колебательно-вращательных переходах в молекулах).

Распространение сильной ударной волны в газах сопровождается интенсивным нагревом. Вспомним разогрев спускаемых летательных аппаратов при входе в плотные слои атмосферы или сгорание метеоритов. Однако нагревание газа за ударной волной происходит в несколько стадий. Сначала непосредственно за фронтом ударной волны «разогреваются» поступательные степени свободы. В дальнейшем этот «переполненный» резервуар снабжает энергией вращательные и колебательные степени свободы, поэтому за фронтом ударной волны существует достаточно протяженная релаксационная зона, в которой возбуждаются



Возвращение из космоса. Рисунок сделан по описанию первого американского космонавта Джона Гленна, совершившего свой полет 20 февраля 1962 г. Видно, что вся кабина спускаемой капсулы объята факелом огня. Перед этим факелом светится головная ударная волна, искривленная прикрепленной к теплозащитной оболочке тормозной двигательной установкой.



Пример возбуждения колебательных степеней свободы. В газофазной реакции взаимодействия H_2 и F_2 на стадии $H + F_2 = HF + F$ возникают колебательно-возбужденные молекулы HF, занимающие состояния вплоть до девятого уровня колебательной энергии.

внутренние степени свободы молекул.

Поглощение лазерного излучения в газах, а также тлеющий разряд в молекулярном газе приводят к возникновению сильно неравновесного состояния. Когда идет разряд в молекулярном газе, непосредственно в тепло (в поступательные степени свободы) преобразуется малая доля вводимой электрической энергии, основная же часть расходуется на колебательное возбуждение молекул.

Химические реакции (например, в химических лазерах)

обычно сопровождаются появлением «горячих» частиц, имеющих неравновесное распределение энергии по поступательным и внутренним степеням свободы. Число приведенных примеров можно легко увеличить.

Процесс установления равновесия в первую очередь характеризуется временем релаксации энергии на данной степени свободы молекул. Оно определяется как время достижения такого значения энергии, которое отличается от равновесного на $1/10$ или на $1/e$ своей величины. Эта характеристика ре-

лаксационного процесса задает масштаб времени (или пространственный масштаб) существования неравновесности. Если исследуемое явление рассматривается в промежутке времени, много большем времени релаксации, то можно считать, что релаксационные процессы в основном уже закончились и установилось состояние локального равновесия. Если же интересующее нас время порядка времени релаксации, то неравновесность оказывается существенной.

Обратимся теперь к конкретным «сферам влияния» неравновесных эффектов в газах.

Ударные волны, спускаемые аппараты и неравновесность

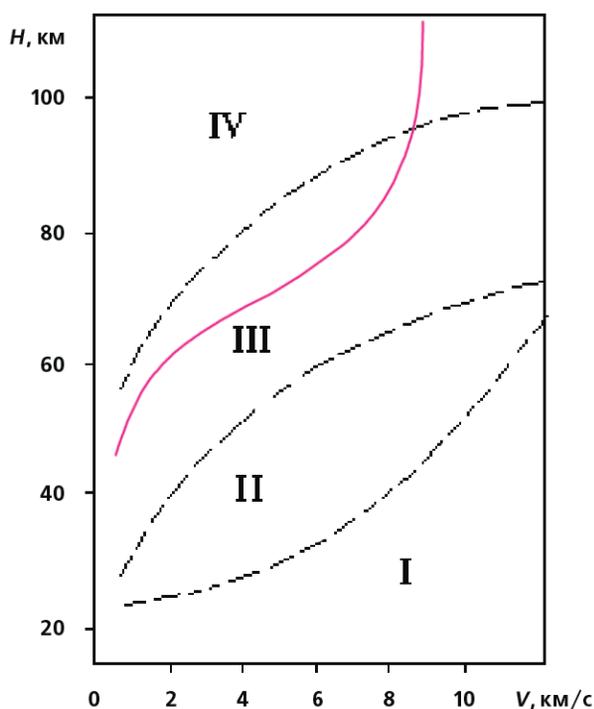
Одна из основных проблем при конструировании спускаемых летательных аппаратов — как при разумном весе аппарата обеспечить достаточную тепловую защиту. Спускаемые аппараты входят в атмосферу Земли на

высоте около 100 км со скоростью примерно 7.8 км/с, что во много раз превосходит скорость звука. Поэтому перед летящим телом возникает сильная ударная волна, которая движется с той же скоростью, что и спускаемый аппарат. Интенсивность ударной волны характеризуется числом Маха M , равным отношению скорости волны к скорости звука в той точке, через которую она проходит (при входе в атмосферу $M \approx 30$). Действие ударной волны сводится к нагреванию газа, а также к повышению его давления и плотности. Температура непосредственно за фронтом ударной волны составляет несколько десятков тысяч градусов, а давление меняется от 10^{-4} — 10^{-3} атм при входе в атмосферу до сотен атм в нижних слоях. Таким образом, спускаемый аппарат движется в атмосфере горячего воздуха.

Температура воздуха, от которой зависит тепловая нагрузка на тело, определяется тем, успел ли газ прийти в состояние равновесия. Как видно из

рисунка, в наиболее напряженной части траектории на высотах 70—40 км, где аппарат быстро сбрасывает свою скорость, он движется сквозь атмосферу неравновесного газа. Таким образом, тепловую защиту аппарата нужно конструировать с учетом свойств конкретного неравновесного газа, обтекающего тело, а также каталитических свойств поверхности. Как именно неравновесный газ взаимодействует с поверхностью — один из основных нерешенных вопросов, стоящих еще перед молекулярной физикой.

Ударные волны возникают не только при движении быстролетящих тел в атмосфере. Они появляются при любом взрыве и часто приводят к большим разрушениям. Ослабить сильную ударную волну очень трудно, хотя и заманчиво — решение этой задачи открыло бы большие перспективы. В нашей лаборатории экспериментально найдены такие режимы распространения сильных ударных волн, при которых происходит ее самопро-

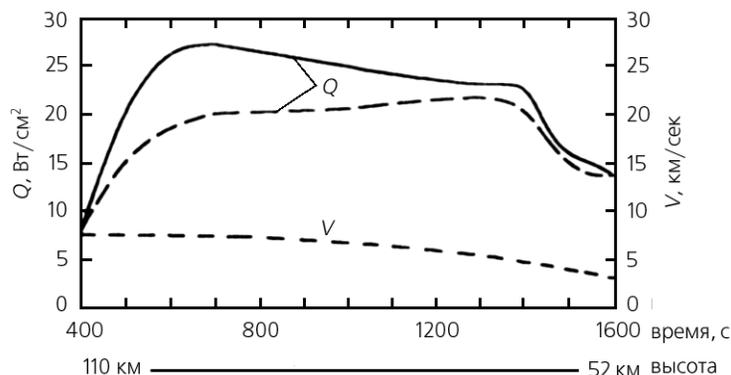


Траектория спускаемых аппаратов «Шаттл» и «Буран» в координатах высота над Землей — скорость полета (сплошная кривая). Прерывистые линии разделяют области, где атмосферный газ, обтекающий аппарат, находится в разных состояниях: I — область равновесного потока, II — область неравновесных химических реакций, III — область неравновесного газа с возбужденными в молекулах электронными и колебательными степенями свободы, IV — область потока с возбужденными поступательными и вращательными степенями свободы.

извольный распад. Например, в ксеноне при начальном давлении 8 Торр структурная перестройка ударной волны наблюдается при числах $M \geq 17$. Физическая причина распада ударной волны заключается в воздействии мощного излучения газа, нагретого ею, которое ее же и «ломает». Но строгую теорию этого явления создать еще предстоит [1].

Как повлиять на химическую кинетику?

Химические реакции, которые протекают в газовой системе, нарушают равновесное максвелл-больцмановское распределение. Действительно, в химическую реакцию вступают, как правило, частицы, обладающие более высокой энергией. Это приводит к уменьшению числа таких частиц, их концентрация становится меньше равновесной — происходит нарушение равновесия. Одновременно в результате химической реакции в системе появляются новые частицы, энергия которых может превышать равновесную. Спектр энергии частиц все время меняется, возмущая статистическое равновесие в системе. С первого взгляда кажется, что этот эффект хотя и интересен, но не имеет практического значения. Однако это впечатление ошибочно. Химическая реакция приводит не только к нарушению статистического равновесия в системе, но и сама испытывает влияние этой неравновесности. Прежде всего это сказывается на ее скорости. Скорость реакции определяется в самом общем случае произведением числа реагирующих частиц на вероятность реакции. В условиях равновесия число реагирующих частиц задается равновесной функцией распределения. Однако в реальности химическая реакция приводит к уменьшению числа исходных



Результаты моделирования скорости V летательного аппарата «Буран» и тепловых потоков к носовой части Q как функции времени на стадии спуска. Сплошная кривая соответствует обтеканию неравновесным потоком, штриховая — равновесным. Химические реакции на поверхности аппарата не происходят.

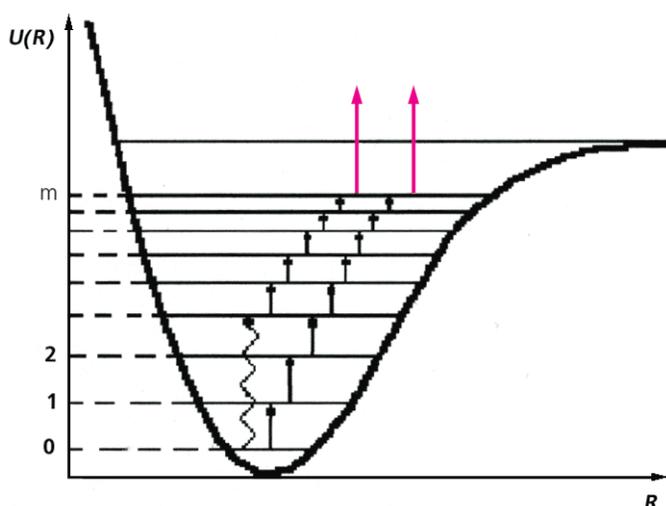
частиц по сравнению с равновесными значениями, что, естественно, снижает и скорость реакции. Это уменьшение может быть весьма значительным.

Нарушение равновесия по колебательным степеням свободы наиболее отчетливо проявляется в одной из самых простых химических реакций — термической диссоциации двухатомных молекул. Она протекает в основном за счет колебательного возбуждения. Под действием столкновений атомы в молекуле начинают колебаться. Когда энергия колебаний достигает энергии диссоциации, происходит разрыв связи — молекула разваливается.

На языке квантовой механики этот процесс описывается следующим образом. При столкновениях молекула совершает одноквантовые переходы между дискретными колебательными уровнями энергии, вплоть до некоторого уровня m , с которого осуществляется переход уже в непрерывный спектр колебательных состояний (это и есть сам акт диссоциации). Как правило, последний переход происходит с высокой вероятностью, поэтому поток молекул с нижних уровней на уровень m не успевает компенсировать опустошение m -го уровня след-

ствие диссоциации. Таким образом, заселенность m -го и близких к нему уровней в процессе диссоциации становится меньше равновесной. Этот результат оказывается достаточно общим и справедлив для любого процесса, сопровождаемого уносом колебательной энергии.

Нарушение равновесного распределения энергии в процессе диссоциации наводит на мысль: нельзя ли создать условия, при которых существовала бы избыточная заселенность на колебательных степенях свободы? Это открыло бы широкие перспективы для химической кинетики, поскольку можно было бы управлять ходом химических реакций. В долазерный период об этом оставалось только мечтать. Тогда не было подходящих по длине волны источников инфракрасного излучения, которые обладали бы достаточной интенсивностью, чтобы возбужденные частицы генерировались быстрее, чем происходила их колебательная релаксация. А действие малоинтенсивных источников, не удовлетворяющих этому требованию, приводит лишь к равновесному нагреву. Появление мощных инфракрасных лазеров (например, CO_2 -лазеров) решило проблему источ-



Потенциальная энергия U двухатомной молекулы как функция межатомного расстояния R . Сплошные стрелки соответствуют переходам между колебательными уровнями в результате столкновений, волнистая стрелка — переходам при оптической накачке. Две верхние цветные стрелки отвечают процессу диссоциации молекулы.

ников в диапазоне, перекрывающем область колебательных переходов.

Действие лазерного излучения на скорость химической реакции проще пояснить на том же примере диссоциации молекул. Поглощение излучения переводит молекулы с нижних уровней на верхние. Если лазерное излучение действует достаточно долго, то на верхних уровнях создается избыточная заселенность. За счет процессов столкновения эта избыточная заселенность распространяется на еще более высокие колебательные уровни, включая уровень m , с которого происходит диссоциация. Заселенность m -го уровня становится выше, и скорость диссоциации увеличивается.

Естественно возникает вопрос, сколько колебательной энергии можно закачать в молекулу и, следовательно, во всю систему в целом? Процессу накопления колебательной энергии препятствуют процессы ее перехода в тепло (в поступательные степени свободы) или в энергию гидродинамического движения.

Мы обнаружили, что в зависимости от мощности накачки энергии в колебательные степени свободы молекул возможны разные режимы нагрева. При малой мощности накачки система начинает медленно нагреваться. Нагрев остается пока незначительным, поскольку тепло успевает отводиться за счет теплообмена с окружающей средой. С увеличением закачиваемой энергии температура, характеризующая колебательные степени свободы, начинает отрываться от температуры газа. По достижении некоторого критического значения мощности накачки система перестает успевать отводить запасенную энергию в тепло и скачком переходит в новое состояние. Происходит тепловой взрыв — газовая температура резко повышается, что приводит к увеличению теплообмена с окружающей средой, а разрыв между колебательной и газовой температурами столь же резко сокращается. При дальнейшем повышении мощности накачки система продолжает нагреваться, но уже почти в равновесном состоянии. Таким образом,

двухтемпературный режим, представляющий наибольший интерес для физико-химической кинетики, возможен лишь до определенного значения избыточной колебательной энергии в системе.

Однако тепловой взрыв не единственный источник неустойчивости системы. При определенных условиях в системе может возникнуть конвективная неустойчивость. Физический механизм возникновения конвекции таков. В газе всегда возможны флуктуации температуры. Локальное повышение температуры вызывает локальное же понижение плотности — образуется более легкий нагретый объем. За счет архимедовой силы он начинает подниматься вверх, но движению препятствует сила вязкости, да и сам этот объем охлаждается за счет теплообмена с окружающей средой. В случае достаточного запаса колебательной энергии энергообмен между колебательными и поступательными степенями свободы молекул обеспечивает дополнительный разогрев пузырька, что и поддерживает конвекцию. Таким образом, существует еще одно предельное значение колебательной энергии, которое отделяет область конвективной неустойчивости от области устойчивых состояний. В зависимости от параметров задачи тепловой взрыв может предшествовать возникновению конвекции или реализовываться на ее фоне. Варьированием физических условий можно инициировать сначала либо тепловой взрыв, либо конвекцию. Выбор типа неустойчивости определяется потребностями конкретной задачи. Например, для поддержания низкой температуры (что существенно в лазерах и газовых разрядах) необходимо обеспечить условия, при которых с увеличением мощности накачки сначала возникает конвекция.

Помимо теплового взрыва и конвекции в неравновесном газе возможно появление акустической неустойчивости.

Флуктуации гидродинамических величин могут вызвать акустические волны, газ начнет «звучать». Свою задачу на будущее мы видим в совместном анализе неустойчивостей всех трех типов и поиске области параметров, где преобладает тот или иной из них [2–5].

Волны горения и релаксация

Горение — одно из наиболее ярких проявлений химических реакций и один из важнейших для природы и человека процессов. Если горение происходит в неподвижной среде, оно распространяется в виде достаточно узкого фронта пламени, отделяющего не реагирующее вещество от продуктов горения. Эта зона, в которой происходит реакция, имеет определенную ширину, называемую шириной волны горения. Во многих задачах теории горения, однако, фронт пламени представляется в виде поверхности разрыва, при переходе через которую химический состав и гидродинамические величины системы (плотность, скорость, температура) меняются скачком. Возникает естественный вопрос: насколько устойчив фронт пламени, т.е. обладает ли он способностью восстанавливать свой первоначальный вид после того, как в газе возникают случайные возмущения?

Фундаментальный результат теории горения заключается в том, что плоский тонкий фронт абсолютно неустойчив по отношению к пространственным искривлениям любого размера. Более того, скорость роста этих искривлений зависит от перепада давлений и не зависит от коэффициентов теплопроводности, вязкости и диффузии. Этот результат известен как парадокс Ландау—Даррье, поскольку эксперименты показывают, что плоский фронт пламени устойчив в достаточно

широком интервале скоростей. Попытки разрешить этот парадокс многочисленны.

Одна из них исходит из факта, что в эксперименте неустойчивость появляется прежде всего при возмущениях фронта с длиной волны порядка ширины волны горения. Теория же Ландау—Даррье описывает только длинноволновые возмущения, когда длина волны много больше ширины волны горения. Для адекватного описания развития возмущений в нашем случае коротковолновых возмущений проще всего воспользоваться полуэмпирическим подходом Маркштейна. В нем предполагается, что при искривлении фронта пламени за счет возмущений скорость распространения пламени в выступах (обращенных к несгоревшему газу) будет уменьшаться, если коэффициент температуропроводности больше коэффициента диффузии. Этот процесс выравнивает малые отклонения, обеспечивая устойчивость фронта. В теории Маркштейна не рассматривается конкретная кинетическая схема реакции горения. Предполагается, что все реакции идут во фронте пламени и протекают мгновенно. Кроме того, постулируется, что скорость пламени зависит от кривизны фронта по определенному закону. В этом как раз и состоит полуэмпирический характер этой теории. Она дополняет решение Ландау—Даррье, позволяя рассмотреть случай произвольных длин волн возмущений, но не дает физического объяснения существенно влиянию коэффициентов переноса на устойчивость.

В наших расчетах мы исходили из того факта, что для волны горения важны два характерных размера. Один масштаб диктуется процессами теплопроводности, и именно он определяет ширину волны. Другой — связан со скоростями химических реакций, и этот масштаб либо того же порядка, либо много меньше предыдущего.

Это приближение широко используется в физике горения, использовалось оно и в теории устойчивости для расчета поправок к решению Ландау—Даррье, которые возникают при учете вязкости и диффузии. Конечно, при такой постановке задачи мы найдем только поправки, в то время как эксперимент указывает на существенное влияние вязкости и диффузии.

Строгое рассмотрение задачи об устойчивости затруднено сложностью каждой конкретной кинетической схемы реакции горения. Избежать эти трудности позволяет анализ простейшей волны, которая разделяет области неравновесного колебательно-возбужденного газа и газа, находящегося в состоянии термодинамического равновесия. Такие волны релаксации могут возникать в больших объемах колебательно возбужденного газа, если где-то внутри создать локальный очаг дезактивации. Роль химической реакции в волнах релаксации играет процесс колебательной дезактивации. Иными словами, во фронте волны релаксации происходит переход избыточной колебательной энергии молекул в поступательные степени свободы, т.е. в тепло. Такая простая кинетическая схема позволяет рассмотреть структуру и устойчивость волны релаксации, не прибегая к представлениям о фронте волны как поверхности разрыва. Результаты расчета зависят от соотношения вкладов диффузии и теплопроводности, которое характеризуется числом Льюиса. Когда это число равно единице, профили температуры и концентрации вещества (колебательной температуры в нашем случае) одинаковы, и решение совпадает с результатом Ландау—Даррье. В реальных условиях число Льюиса, конечно, не равно единице, что приводит к усложнению релаксации, вызванному выравниванием температур в зоне реакции. В итоге критические возмущения, вле-

кущие за собой неустойчивость, имеют иную зависимость критической частоты от волнового вектора, чем предсказывается теориями Ландау—Даррье и Маркштейна. Расчет показывает, что решение в этом случае зависит от всех процессов переноса. Этот факт полностью подтверждается экспериментальными результатами.

Итак, устойчивость фронта пламени нельзя определить без учета конечной ширины волны горения. Задача будущего — изучение реальных волн горения.

Что еще предстоит?

Среди всех аспектов физики неравновесного газа исследование его гидродинамического поведения — одна из важнейших задач. В ее решении заинтересована прежде всего газовая

динамика, анализирующая спуск космических аппаратов в атмосфере Земли и других планет. В развитии гидродинамики неравновесного газа нуждаются лазерная физика и физика горения. Помимо совершенствования газодинамических и химических лазеров здесь существует много других проблем, и в первую очередь — взаимодействия лазерного излучения с веществом (каналирование лазерного излучения через атмосферу, лазерная резка и т.д.) и сильных взрывов.

Фундаментальные проблемы гидродинамики неравновесных газов все еще включают два уровня решения. Во-первых — само выявление тех физико-химических процессов, в которых неравновесные эффекты играют существенную роль. И во-вторых — количественное описание этих процес-

сов, которое требует, помимо формулировки уравнений физико-химической гидродинамики, знания или расчета кинетических коэффициентов, входящих в релаксационные уравнения. В особенности это относится к константам скоростей химических реакций, протекающих в неравновесных условиях.

Сейчас трудно оценить в полной мере результаты будущих исследований по гидродинамике релаксирующего газа. Однако успехи уже существующего сейчас теоретического обеспечения потребностей техники открывают для этой области науки большие перспективы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 2000-01-00180.

Литература

1. Гласс И.И. Ударные волны и человек / Пер. с англ. под ред. А.П.Шатинова. М., 1977.
2. Оравский А.Н. Химические лазеры // Соросовский образоват. журн. 1999. №4. С.96.
3. Оситов А.И., Уваров А.В. Кинетические и газодинамические процессы в неравновесной молекулярной физике // Успехи физ. наук. 1992. Т.162. №11. С.1—42.
4. Оситов А.И., Уваров А.В. Неравновесный газ: проблемы устойчивости // Успехи физ. наук. 1996. Т.166. №6. С.639—650.
5. Capitelli M., Ferreira C.M., Gordiets B.F., Osipov A.I. Plasma Kinetics in Atmospheric Gases. Heidelberg, 2000.

«Потерянный город» в глубинах Атлантического океана

Глазам американских исследователей, спустившихся в подводном обитаемом аппарате «Алвин» на срединно-океанический хребет Атлантического океана в районе 30°с.ш., открылась фантастическая картина: целый лес дымящихся труб высотой 50 м; из них вырывались дымы и затем рассеивались в абиссальных водах (Sciences

et Avenir. 2001. №648. P.30. Франция).

Это место, названное «Lost City» («Потерянный город»), представляет собой обширное поле гидротермальных источников. В отличие от курильщиков других гидротермальных полей, открытых в других океанах и построенных в основном из сульфидов железа, меди и цинка, дымовые трубы «Потерянного города» сложены карбонатами и силикатами.

Уникален не только химический состав этих курильщиков, но и их высота: ранее исследователи не встречали в абиссали Мирового океана столь высоких построек. Возраст океанической коры, на которой расположен «Потерянный город», один миллион лет. Этот город мертв, в нем не живут даже самые мелкие креветки.

Аварийная сигнализация в живом организме

С.В.Ревенко

Человек живет в постоянном контакте с внешней средой, получая информацию об окружающем мире с помощью специализированных сенсорных систем, воспринимающих механические, термические, акустические, электромагнитные (световые) и химические сигналы. Благодаря работе этих систем мы можем, например, любоваться светом звезд, наслаждаться пением птиц, ароматом цветов и т.д. Однако всем наверняка приходилось испытывать и другое, вовсе неприятное, ощущение — боль, возникающую в результате какого-либо вредного для организма воздействия. Ответственна за это так называемая ноцицептивная система (от лат. *nocere* — вредить). И хотя боль дает мало сведений об окружающем нас мире, тем не менее она столь же необходима человеку для нормальной жизни, как осознание или обоняние, так как предупреждает о внешних или внутренних опасностях, грозящих нашему телу. Несмотря на то, что боль во многом сравнима с другими чувствами, она все же обладает характерными особенностями. Чтобы помочь страдающему от боли человеку, надо хорошо понимать ее специфические черты.

© С.В.Ревенко

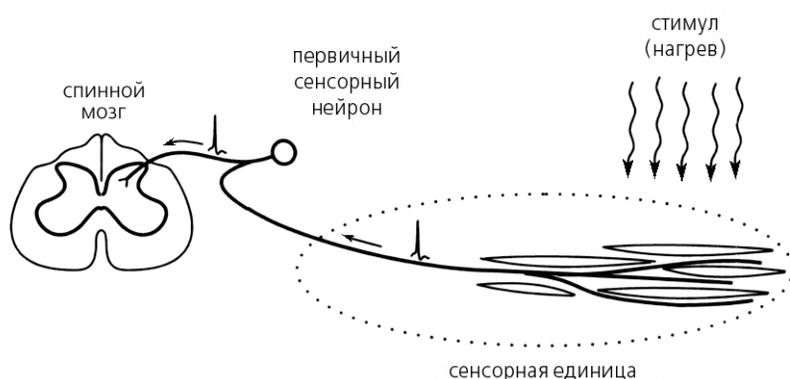


Сергей Владимирович Ревенко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института экспериментальной кардиологии Российского кардиологического научно-производственного комплекса МЗ РФ. Область научных интересов — нейрофизиология боли, механизмы местного обезболивания и нервная регуляция сосудов.

В отличие от избирательных сенсорных систем для ноцицепции не существует специализированного *болевого* стимула (боль возникает при ушибе, ожоге, укусе пчелы, и т.д.). Нет и особого, анатомически выделенного органа, подобного, например, органу слуха или зрения. Наконец, болевое ощущение может быть вызвано на любом участке тела, соответственно в организме нет каких-либо специфических *болевых* нервов, подобных зрительному или обонятельному. Это — своеобразная аварийная сигнализация живого организма, которая включается в критической ситуации. И организм (еще до того как мы осознаем случившееся и примем решение) немедленно реагирует — срабатывает защитный рефлекс, выражающийся

в многокомпонентной оборонительной реакции. Достаточно вспомнить, как человек отдергивает обожженную руку или меняет позу при боли в позвоночнике (моторный компонент), что нередко сопровождается криком или агрессией (поведенческий компонент). При этом обычно изменяются кровяное давление и ритм дыхания, учащается пульс, расширяются зрачки (реакции вегетативной нервной системы) и т.д.

Таким образом, живой организм может распознать внешние воздействия (стимулы), способные причинить ему вред. Порог обнаружения таких воздействий весьма близок к той силе стимула, при которой действительно происходит повреждение ткани, на что впервые обратил внимание знаменитый



Путь болевого сигнала в живом организме.

английский физиолог Ч.С.Шеррингтон [1]. Казалось бы, любые вредящие стимулы должны вызывать защитный рефлекс, но, к сожалению, наш организм еще недостаточно совершен. Существуют вредные воздействия, которые не выявляются нервной системой (например, радиация), а некоторые безвредные стимулы (электрический ток или ультразвук умеренной интенсивности), напротив, вызывают боль. Учитывая это, в физиологии принято называть ноцицептивными только те стимулы, которые вызывают защитный рефлекс. Защитный рефлекс, ноцицептивная система и вредящие стимулы — ключевые понятия теории боли.

Ноцицептивная система оказалась существенно сложнее для изучения, чем избирательные сенсорные системы. Отсутствие специфического *болевого* стимула, специальных *болевых* нервов и специализированного органа *болевой* чувствительности объясняет значительное отставание в исследовании механизмов работы этой системы по сравнению с другими. Раскрытие основных принципов и структурных элементов ноцицептивной системы — итог более чем столетних исследований. Оказалось, что в восприятии и обработке информации о вредящих воздействиях участвуют различные отделы нервной системы — от первичных сен-

сорных нейронов до определенных структур головного мозга. Мы рассмотрим только начальное, периферическое звено ноцицептивной системы, но сначала еще несколько слов о терминах и основных понятиях.

Ноцицептивные сигналы возникают в окончаниях первичных сенсорных нейронов и поступают в спинной мозг сначала по периферической, а затем центральной ветвям их аксонов. Теоретически биполярная структура первичного сенсорного нейрона допускает преобразование импульсных последовательностей на этом пути. Учитывая это, физиологи ввели понятие «сенсорная единица» (специфический рецептор в избирательной сенсорной системе и ноцицептор — в ноцицептивной), которое объединяет периферическую ветвь аксона первичного сенсорного нейрона (афферентное волокно), ее тканевое окончание (терминаль) и возможные претерминальные клетки-сателлиты, функционально связанные с терминалью. Сенсорную единицу можно представить как некий функциональный модуль, для которого входной сигнал — внешний стимул, а выходной — последовательность нервных импульсов в периферической ветви аксона первичного сенсорного нейрона.

Периферическая ноциология начала развиваться в XIX в.,

когда уровень техники был еще недостаточен для решения ее задач. В 1838 г. немецкий физиолог И.П.Мюллер предположил, что каждому ощущению, включая боль, соответствуют определенные специфические нервные волокна (в современных терминах — первичные сенсорные нейроны и ноцицепторы). В конце XIX в. гистолог М.Бликс обнаружил специализированные точки кожи для определенных видов стимулов, физиолог М.Фрей установил различную чувствительность малых участков кожи к точечным механическим стимулам [2, 3]. Эти работы привели к представлению о сенсорной гетерогенности кожи и послужили основой для формулирования теории специфичности боли. Согласно этой теории, существуют специализированные кожные нервные волокна, чувствительные окончания (ноцицепторы) которых возбуждаются только вредящими стимулами.

В XIX в. появилась и другая, альтернативная, теория боли — теория интенсивности, согласно которой защитный рефлекс и боль возникают при чрезмерном раздражении любого нерва. Сформулировал ее в 1895 г. немецкий врач А.Гольдшайдер, заметивший, что при некоторых заболеваниях происходит пространственное и временное суммирование ноцицептивных стимулов [4]. Теория интенсивности предполагает, что все сенсорные единицы выполняют двойную роль как специфических рецепторов (например, тепловых), так и ноцицепторов.

В XX в. обе конкурирующие теории были экспериментально проверены с помощью развитых к тому времени гистологических методов и новых электронных приборов. Английские гистологи школы Г.Уэдделла не выявили связи между структурой и функцией нервных окончаний кожи человека [5]. Оказалось, что все разнообразие кожных ощущений передается нервными окончаниями

всего двух типов — инкапсулированными и свободными. Диссонанс между гаммой кожных ощущений и скудным набором структурных типов сенсорных терминалей особо заметен в волосистой коже, где инкапсулированных терминалей почти нет. Гистологи заметили и другой важный факт: большинство микроскопических участков кожи снабжено свободными нервными окончаниями различных аксонов. Это означает, что даже строго локализованный стимул одновременно возбуждает различные сенсорные единицы.

Результаты гистологических исследований послужили основанием как для критики теории специфичности, так и для развития теории интенсивности, что привело к созданию теории паттерна (нейроимпульсного узора) Дж.Нейфа [6]. Согласно этой теории, ноцицептивному (как и любому другому) стимулу соответствуют определенные импульсные последовательности (паттерны) в группах нервных волокон. Как и теория интенсивности, теория паттерна не предполагает существования специализированных ноцицепторов для распознавания повреждающих стимулов. Считается, что одно и то же волокно выступает в разных ипостасях, внося вклад в суммарный импульсный узор, приводящий к тому или иному ощущению.

К сожалению, структурную однородность нервных окончаний гистологи без каких-либо оснований распространили и на их функциональную однотипность, поэтому критика теории специфичности оказалась некорректной. В действительности же внешне одинаковые нервные окончания могут резко отличаться по реакции на различные воздействия. Однако выяснилось это, лишь когда удалось зарегистрировать сигналы в нервных волокнах.

Изобретение осциллографа совершило революцию в нейрофизиологии. В 1921 г. с его помощью американские исследо-

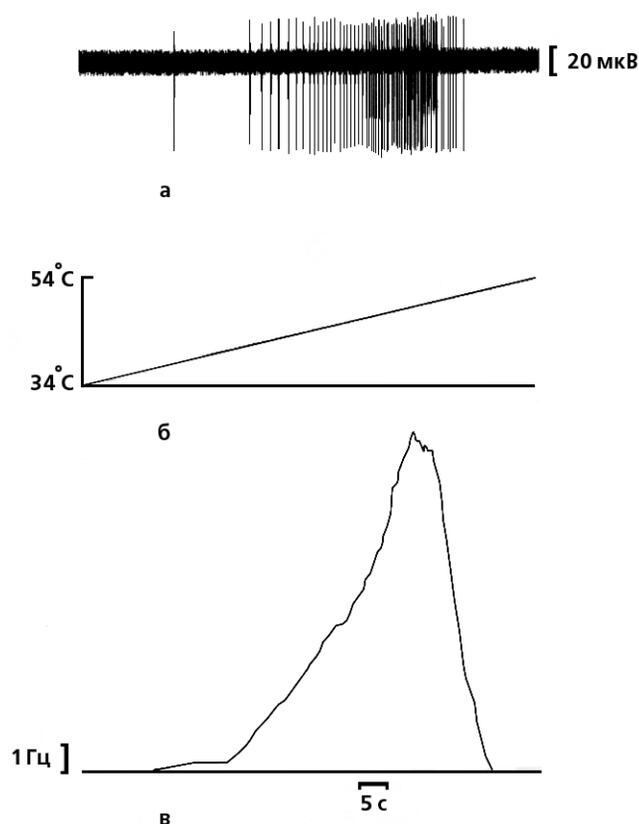
ватели, физиолог Г.Гассер и физик Г.Ньюкомер, впервые «увидели» нервные импульсы [7]. Оказалось, что нерв состоит из волокон, значительно (более чем в 100 раз) отличающихся по скорости проведения нервных импульсов. Наибольшую скорость проведения имели толстые миелиновые A_α -нервные волокна диаметром до 20 мкм, а самую малую — тонкие миелиновые A_δ -волокна и безмиелиновые (безмякотные) C-волокна диаметром около 1 мкм. Применение осциллографа позволило зарегистрировать суммарные сигналы отдельных групп нервных волокон и выявить роль этих групп в передаче ноцицептивных сообщений.

В 1926 г. англичанин Э.Эдриан и швед Ю.Цоттерман впервые получили записи сигналов в одиночных толстых миелиновых афферентах скелетной мышцы кошки [8]. Был установлен принципиальный факт: «чрезмерное раздражение» A_α -афферентов кожи, вызывающее разряд импульсов с максимальной для этих волокон частотой, не стимулирует возникновение защитного рефлекса. Так на примере толстых миелиновых волокон была доказана несостоятельность теории интенсивности. Что касается тонких C-волокон, то, как оказалось, они играют особую роль в передаче ноцицептивных сигналов. Эдриан и Цоттерман выяснили, что импульсы в группе C-афферентов кожи возбуждаются при травмирующих механических, химических и температурных воздействиях [9, 10]. Д.Кларк, Дж.Хьюз и Г.Гассер установили, что при силе электрического стимула, достаточной для возбуждения C-афферентов, возникал защитный рефлекс, причем он развивался и при блокаде толстых миелиновых A_α -афферентов [11].

Таким образом, в первой половине XX в. физиологи выяснили, что ноцицептивные сигналы передаются по наиболее тонким афферентным волокнам группы C. Несколько позже ока-

залось, что этот вывод справедлив и для самых тонких из миелиновых волокон (группы A_δ). Означало ли это, что тонкие афференты (волокна групп C и A_δ) те же специализированные проводники ноцицептивных сигналов, существование которых предполагает теория специфичности? В 1957 г. У.Дуглас и Дж.Ритчи разработали метод встречных импульсов, с помощью которого обнаружили выраженное возбуждение группы C-афферентов не только ноцицептивными, но и слабыми механическими стимулами [12]. В связи с этим представление о том, что тонкие афференты передают информацию только о ноцицептивных стимулах, оказалось ошибочным. В результате противоборство двух классических теорий сохранилось, однако область их противостояния сузилась и стала относиться теперь только к тонким афферентам. Следующий шаг в споре двух теорий мог быть сделан только на основе опытов с регистрацией сигналов индивидуальных C-афферентов. Сложность подобных опытов связана с исключительно малым диаметром этих нервных волокон (около 1 мкм) и их слабыми электрическими сигналами. Методические проблемы были решены в 30–50-х годах благодаря развитию микрохирургии нервов, а также совершенствованию техники регистрации электрических сигналов от микропучков нервных волокон. Значительный вклад в решение этих проблем внесли европейские (Эдриан и Цоттерман), японские (Дж.Като и И.Тасаки) и индийские (школа А.Пайнтала) нейрофизиологи. В 1955 г. британский физиолог А.Игго получил устойчивые записи сигналов индивидуальных C-афферентов, применив для изоляции микропучков нервов жидкий диэлектрик (вазелиновое масло) вместо воздуха [13].

В 1969 г. американские физиологи П.Бессу и Э.Перл зарегистрировали сигналы таких инди-



Типичная запись разрядов кожного ноцицептора (а) кошки при линейно-нарастающем нагреве (б), полученная в наших опытах [15]. Кривая (в) показывает среднюю частоту разрядов и отражает характерные особенности ноцицептивных сигналов индивидуальных С-ноцицепторов, которые представляют собой ограниченную последовательность из нескольких десятков нервных импульсов, следующих с частотой, не превышающей 20 Гц.

видуальных кожных С-афферентов кошки, чувствительные окончания которых возбуждались различными, но исключительно ноцицептивными (механическими, термическими и химическими) стимулами [14]. Полиmodalность этих сенсоров и их избирательная чувствительность к ноцицептивным стимулам идеально соответствовали предполагаемым свойствам ноцицепторов. Открытие ноцицепторов подвело итог длительному этапу в развитии ноциологии, и теория специфичности одержала убедительную победу.

Выяснение характеристик ноцицептивных сигналов имеет исключительно важное значение для медицины, поскольку именно эти сигналы должны подавляться при обезболивании. Кажется бы, нейрограммы помогают ответить на этот вопрос, однако различные виды вредящих стимулов вызывают в ноцицептивных афферентах разные паттерны разрядов. Так, разряды в ноцицепторах, вызываемые давлением на кожу, продолжаются всего 1–3 с, в то время как тепловые или химические стимулы (например, ацетилхолин или гистамин) вызывают разряды, для-

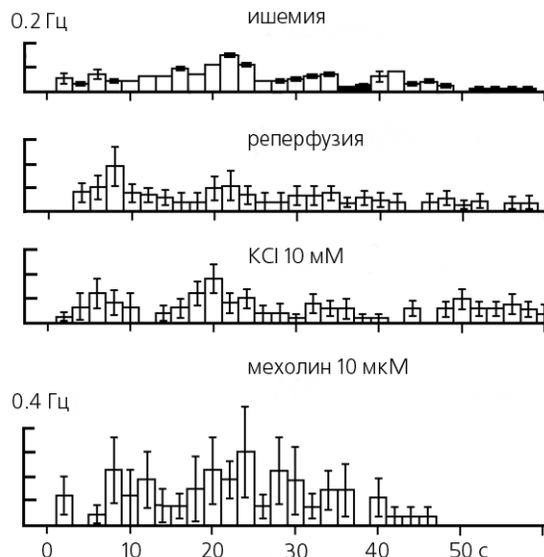
щиеся около минуты. Означает ли такое разнообразие ответов, что любой разряд в ноцицептивных афферентах — болевой сигнал? Если так, местное обезбоживание может быть достигнуто только при полной блокаде сигналов практически во всем нервном стволе, поскольку существующие местные анестетики «не отличают» С-волокна ноцицепторов от волокон других сенсорных единиц. Такой вид местного обезбоживания действительно применяется при хирургических операциях. Однако полная блокада требует весьма высоких концентраций анестетика, что недопустимо, например, при длительном обезболивании. Можно ли осуществить местное обезбоживание без тотального блокирования нервных проводников? Если допустить, что любой разряд импульсов в ноцицептивных афферентах — болевой сигнал, тогда для обезбоживания нужны были бы анестетики, способные избирательно и полностью блокировать ноцицепторы, что пока практически невыполнимо. Напротив, если в ноцицептивных афферентах возможна импульсная активность, не ведущая к боли, то обезбоживания можно было бы достичь частичным угнетением ноцицептивных нейронов (соответственно применяя анестетик в меньших концентрациях). При этом проводимость сигналов в других сенсорных единицах была бы также частично угнетена — однако не подавлена полностью, что очень важно. Дело в том, что во многих случаях сохранение связи пораженного органа с центральной нервной системой имеет принципиальное значение для лечения.

Сравнительно недавно нам удалось, пока еще в эксперименте, решить эту проблему. Принципиальную возможность возбуждения ноцицепторов заведомо неносцицептивными воздействиями нельзя выяснить с помощью тепловых или механических стимулов, поскольку они возбуждают ноцицепторы лишь

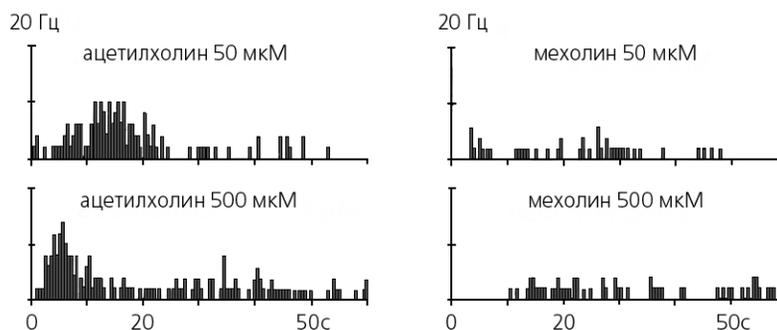
при такой силе, когда их трудно отличить от ноцицептивных. Исходя из этого, мы выбрали химические воздействия, о которых было заведомо известно, что они ненотицептивные: например, внутриартериальное введение калия в малой концентрации и мехолина — агониста М-холинорецепторов. Согласно теории специфичности, подобные вещества не должны возбуждать ноцицепторы. Однако в результате эксперимента выяснилось, что не только эти, но и некоторые другие неболевые раздражители, например остановка кровотока в подкожной артерии (ишемия) и его возобновление (реперфузия), способны возбудить кожные С-ноцицепторы кошки. Любопытно, что ноцицептивные химические стимулы (например, высокие концентрации ацетилхолина — агониста N-холинорецепторов) вызывали в тех же сенсорных единицах более интенсивные разряды, чем неболевые агенты (например, мехолин в любых концентрациях).

Таким образом, стала понятна природа ноцицептивного сигнала: им оказалось высокочастотное возбуждение (вплоть до 20 Гц) ноцицепторов. Примерная частотная граница, отделяющая ноцицептивные разряды от субноцицептивных, составляет 2 Гц.

Итак, теория специфичности одержала лишь промежуточную победу, и исторический спор двух теорий приостановлен лишь на время. Если будет установлена физиологическая роль низкочастотных (неболевых) разрядов ноцицепторов и, возможно, определено ощущение, вызываемое этими разрядами, то в этом случае придется вернуться к теории интенсивности, теперь уже только для многофункциональных сенсорных единиц. В качестве кандидатов на роль специфических (неболевых) стимулов для полимодальных афферентов могут выступать тканевые метаболиты (в соответствии с теорией тканевых



Усредненные гистограммы ответов кожных С-ноцицепторов, вызванных ненотицептивными стимулами: остановкой кровотока в подкожной артерии (ишемия), возобновлением кровотока (реперфузия), а также внутриартериальным введением калия (в малой концентрации) и мехолина.

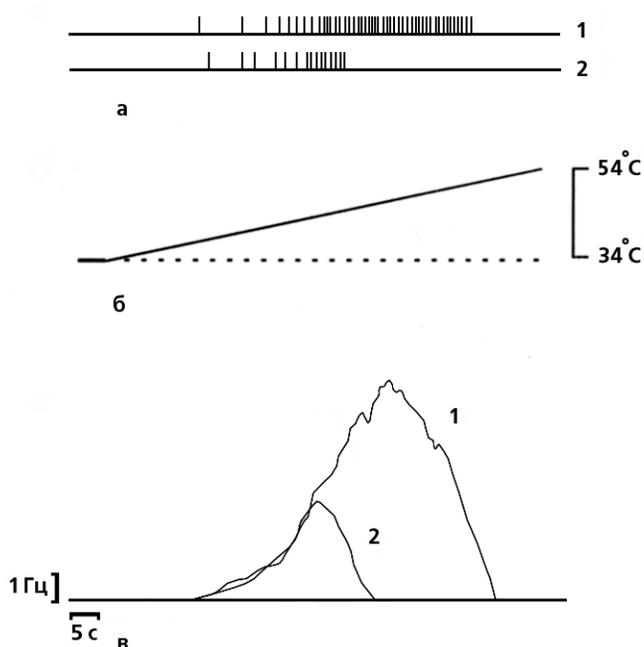


Ответы кожных С-ноцицепторов, вызванные болевым (в данном случае: «болевыми» концентрациями ацетилхолина, слева) и неболевым (мехолином даже при увеличении его концентрации до 500 мкМ) химическими стимулами. Ноцицептивные стимулы всегда вызывают высокочастотные разряды (выше 2 Гц).

интероцепторов знаменитого российского физиолога В.Н.Черниговского [16]). Ощущения, вызываемые субноцицептивными разрядами тканевых интероцепторов, могли оказаться зудом или мышечной усталостью. «Чрезмерное» (высокочастотное) возбуждение тканевых интероцепторов являлось бы ноцицептивным сигналом. Подобное развитие ноциологии стало бы триумфом теории интенсивности.

В то же время возможен и менее увлекательный сценарий дальнейшего развития теории боли: субноцицептивные разряды ноцицепторов могут оказаться всего лишь низкочастотным информационным шумом, не играющим никакой сенсорной роли. В этом случае вновь «победит» теория специфичности.

Для практической медицины наши выводы не менее важны. Существование низкочастот-



Избирательное блокирование N-пропилаймалином (0.01%) высокочастотных разрядов кожного С-ноцицептора при тепловом раздражении. Вверху (а) показаны гистограммы разрядов до (1) и после (2) подкожного введения препарата. Ниже — температура рецепторного поля (б) и соответствующие кривые средней частоты разрядов (в).

ных (неболевого) разрядов в ноцицепторах позволяет добиться идеального местного обезболивания без полного уг-

нетения импульсной активности в нерве [17]. И вот как можно реализовать эту возможность. В наших опытах лекарственный

препарат N-пропилаймалин, введенный подкожно, «срезал» высокочастотную составляющую в ответе кожного С-ноцицептора на болевой нагрев. Эта своеобразная низкочастотная фильтрация сигналов ноцицепторов может быть прообразом такого способа местного обезболивания, при котором подавляется боль, но сохраняется связь пораженного органа с центральной нервной системой, что исключительно важно для лечения.

Мы рассказали лишь о некоторых проблемах современной ноциологии. Только новые достижения в технике помогут, как и сто лет назад, ответить на очередные вопросы, поставленные открытием ноцицепторов и обнаружением их возбудимости неболевыми стимулами. Главные успехи ноциологии впереди: они будут основаны на возможности одновременной регистрации индивидуальной импульсной активности практически всех волокон достаточно крупного нерва у бодрствующего человека. Сегодня это лишь фантазия — но не бóльшая, чем рассуждения о природе «животного электричества» во времена Луиджи Гальвани. ■

Литература

1. Шеррингтон Ч. Интегративная деятельность нервной системы. Л., 1969.
2. Blix M. // Z. Biol. 1884. Bd.20. S.141—156.
3. Frey M. // Berichte Verhandl. Gesellsch. Wissensch. 1894. Bd.46. S.185—196.
4. Гольдшайдер А. О боли с физиологической и клинической точки зрения. М., 1895.
5. Weddell G. // Ann. Rev. Psychol. 1955. V.6. P.119—136.
6. Nafe J.P. // Am. J. Psychol. 1927. V.39. P.367—389.
7. Gasser H.S., Newcomer H.S. // Am. J. Physiol. 1921. V.57. P.1—26.
8. Adrian E.D., Zotterman Y. // J. Physiol. 1926. V.61. P.151—171.
9. Adrian E.D. // Proc. Roy. Soc. Lond. 1931. V.109. P.1—18.
10. Zotterman Y. // J. Physiol. 1939. V.95. P.1—28.
11. Clark D., Hughes J., Gasser H.S. // Am. J. Physiol. 1935. V.114. P.69—76.
12. Douglas W.W., Ritchie J.M. // J. Physiol. 1957. V.139. P.385—399.
13. Iggo A. // J. Physiol. 1955. V.128. P.593—607.
14. Bessou P., Perl E.R. // J. Neurophysiol. 1969. V.32. P.1025—1043.
15. Ревенко С.В., Байдакова Л.В., Ермишкин В.В., Мангушева Н.А., Селектор Л.Я. // Нейрофизиология. 1992. Т.24. №5. С.517—529.
16. Черниговский В.Н. Интероцепция. Л., 1985.
17. Боровикова Л.В., Боровиков Д.В., Ермишкин В.В., Ревенко С.В. // Сенс. системы. 1997. Т.11. №2. С.107—117.

Наводнения конца XX в.

А.Б.Авакян,
доктор географических наук
М.Н.Истомина
Институт водных проблем РАН
Москва

Наводнения сопутствуют человеческому обществу с древнейших времен. До наших дней дошли сведения о катастрофических разливах Хуанхэ в 2297 г. до н.э. и на Ниле примерно 3 тыс. лет назад. Но если ранее эти стихийные бедствия были чрезвычайно редкими, то за последние столетия, и в особенности в наше время, частота и размеры причиняемого ими ущерба стремительно растут. Так, до нашей эры наводнения в наиболее паводкоопасной стране — Китае — происходили раз в 50 лет, а теперь в течение года здесь нередко случается несколько таких катастроф. В наиболее «урожайные» годы наводнения на земном шаре происходят с интервалом в два-три дня, поэтому сообщения о них по радио и телевидению можно слышать постоянно.

Однако целостной картины распространения этих грозных стихийных бедствий за прошлые годы в масштабе земного шара до недавнего времени не было ни в одном литературном источнике. Как правило, данные о них достаточно фрагментарны и хаотичны [1].

Начиная с 1996 г. сотрудники Дартмутской обсерватории при Ханноверском колледже

Характеристика наводнений 1998–2000 гг.*

Годы	Количество наводнений	Жертвы, чел.	Временно эвакуированные, тыс. чел.	Ущерб, млн амер. долл.	Площадь затопления, тыс. га
В абсолютных значениях					
1998	186	155979	116782	228819	168924
1999	102	43913	28780	28014	16550
2000	102	9551	29853	12809	116947
Итого	390	209443	175415	269642	302421
В процентах					
1998	47.6	74.5	66.6	84.9	55.8
1999	26.2	21.0	16.4	10.4	5.5
2000	26.2	4.5	17.0	4.7	38.7
Итого	100	100	100	100	100

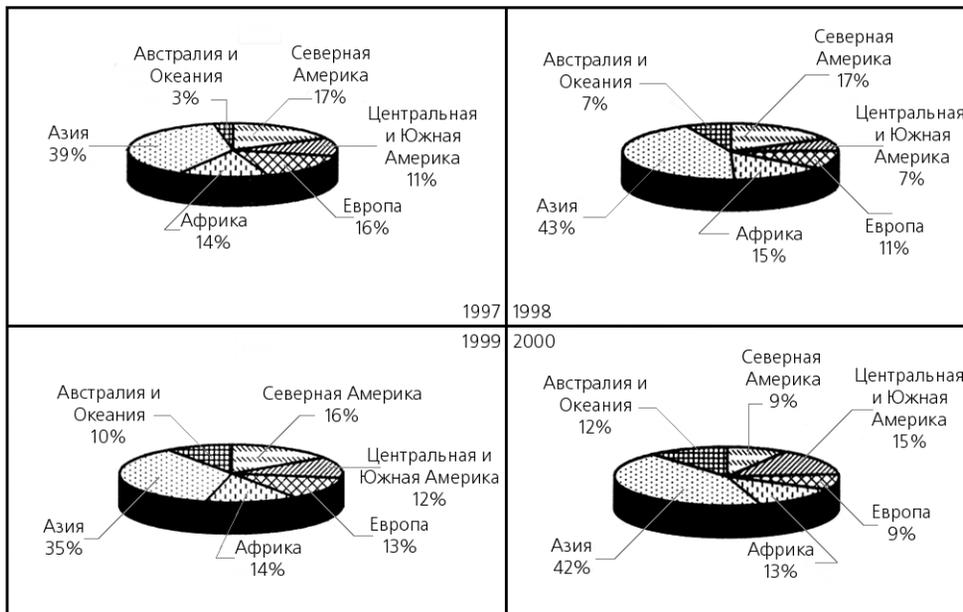
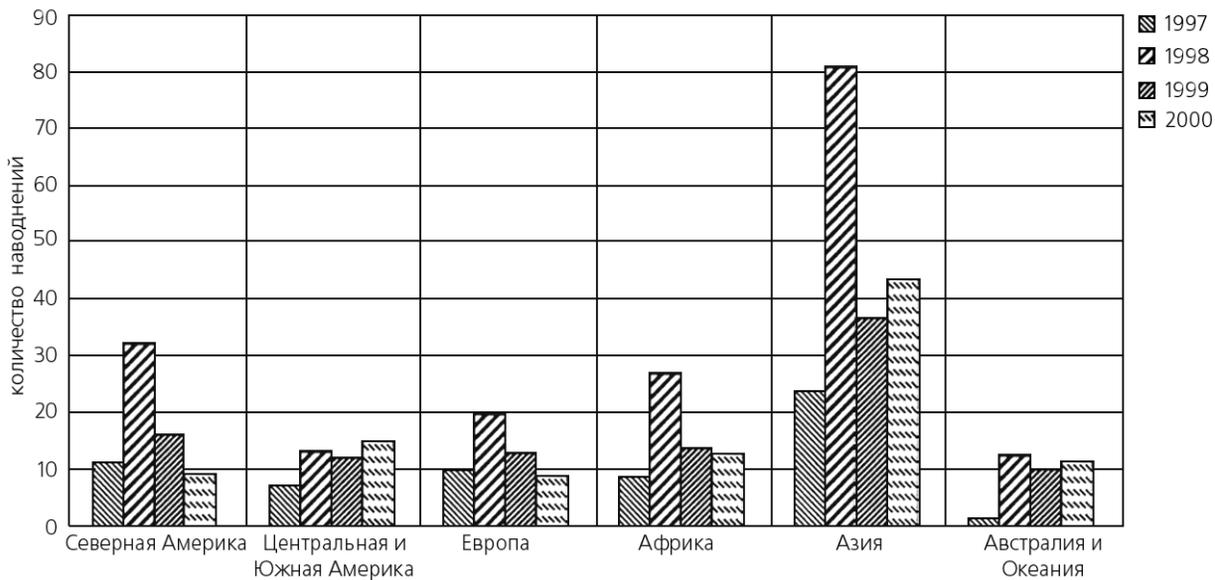
* В таблицу не включены данные за 1997 г., поскольку они не полны в части определения ущерба.

в США имеют свой сайт в Интернете, где собирают материалы о наводнениях, используя официальные правительственные сообщения, данные метеорологических служб, теле- и радионовости, газеты и журналы [2].

Мы провели анализ этих материалов за 1997–2000 г., результаты которого представлены на диаграммах и в таблице. По числу наводнений первое место все годы стабильно занимает Азия, идущая со значительным отрывом от других континентов. При этом из стран лидирует Китай, в котором за четыре рассматриваемых года произошло 58 наводнений, на втором месте США (52).

В Бангладеш, Вьетнаме, Индии, Индонезии, Корее, Таиланде, Филиппинах, Мексике, Бразилии, Австралии, Сомали, России и Румынии случилось более 10 в каждой. Но из всех стран мира более всего страдает от наводнений Бангладеш, где равнинные территории, затопляемые Гангом, Брахмапутрой, Мегхной и небольшими реками, составляют примерно 2/3 всей площади страны.

На всех континентах наводнения происходят во все месяцы года. Наибольшее их число случается в апреле, мае и июне, во время таяния снега в Северном полушарии, наименьшее — в декабре, январе, феврале, когда большинство рек сковано



Распределение наводнений по континентам в абсолютных значениях (вверху) и процентах.

льдом. Подавляющее число наводнений имеет продолжительность не более трех дней, несколько меньшее — четыре—семь дней. За 1997—1999 гг. 20 наводнений длилось более 30 дней.

Во всем мире, включая Россию, наблюдается тенденция значительного роста ущербов от наводнений, вызванная нерациональным ведением хозяйства в долинах рек, усиленным освоением паводкоопас-

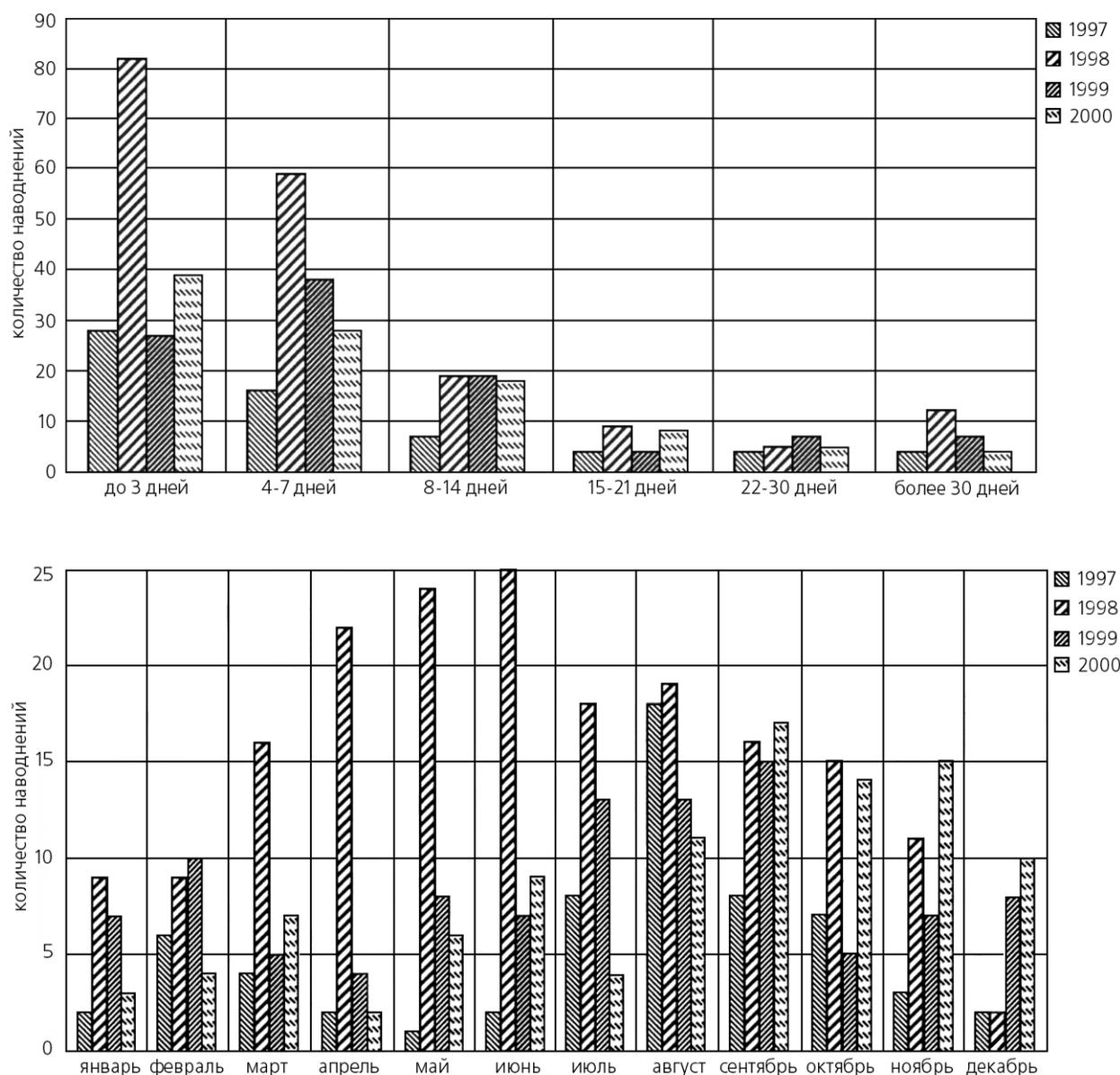
ных территорий и потеплением климата.

Заметна связь повышения температуры с частотой и размерами наводнений. Так, ущерб от них за 1998 г. — самый теплый год минувшего века, когда среднегодовая температура в Северном полушарии составила 16.6°C, — существенно превысил суммарный ущерб за 1997, 1999 и 2000 гг.

Нужно, впрочем, отметить, что разнохарактерность мате-

риала, полученного по отдельным странам из разных источников, а также неполнота данных не позволяют считать полученную картину полностью адекватной действительности.

Наиболее достоверными можно считать сведения о числе погибших в период наводнений, поскольку их обычно приводят многие средства массовой информации; менее надежны данные о временно эвакуированных и площадях затопления,



Распределение наводнений по продолжительности (вверху) и месяцам.

обычно характеризующие лишь пахотные угодья, на которых погиб урожай [3].

Что же касается подсчетов ущерба, то к этим данным мы относимся с осторожностью, так как методика их получения в разных странах неодинакова. Чаще всего они определяются затратами на восстановление хозяйства или текущей рыночной стоимостью разрушенных объектов — построек и имущества, находящегося в них, мостов, автомо-

билных и железных дорог, линий связи и электропередачи, газо- и нефтепроводов и т.п. [4].

В сельском хозяйстве ущерб обычно определяется стоимостью потерянной продукции, затратами на восстановление плодородия почв, выплатами страховых сумм, выдачей единовременных пособий, а также стоимостью спасательных мероприятий (эвакуации населения, вывоза материально-технических ценностей, строительства вре-

менных защитных сооружений и т.д.).

Косвенный же ущерб, вызванный нарушением хозяйственных связей, спадом производства, торговых и банковских операций и прочими обстоятельствами и который сказывается в течение многих лет после наводнения, вообще не учитывается. Поэтому приводимые цифры общего ущерба можно считать скорее заниженными, чем завышенными.

Между тем наметить необходимые противопаводковые мероприятия можно только при достоверных данных о масштабах урона. Это относится как к созданию инженерно-технических сооружений, так и к ведению хозяйства в паводковых зонах таким образом, чтобы в случае стихийного бедствия свести ущерб к минимуму [5].

На территориях, подверженных периодическим затоплениям, должно быть ограничено или полностью запрещено сведение лесов, более того, — проводиться их восстановление. В земледелии обязательны такие агротехнические приемы обработки почвы, при которых сток с полей был бы в два-три раза меньше, чем со стерни или с залежи. Кроме того, в зонах возможного затопления неприемлемо размещение капиталоемких производств и ценных объектов. Если строительство защитных сооружений связано с огромными затратами, а катастрофические паводки неминуемы,

возможно превращение этих зон в заповедные.

Наилучшим инструментом регулирования землепользования на паводкоопасных территориях может быть гибкая программа страхования (сочетающая обязательный и добровольный принципы), суть которой в том, что при рациональном (с позиций защиты) использовании территории страхователю выплачивается гораздо большая сумма, чем в случае игнорирования им соответствующих рекомендаций.

По нашим расчетам, площадь территорий, подверженных наводнениям, составляет в настоящее время около 3 млн км², на них проживает до 1 млрд человек. Во второй половине XX в. выросло как само число наводнений и природного, и антропогенного характера, так и их разрушительная сила.

По числу жертв и ущербу, причиняемому обществу, они занимают первое место среди стихийных бедствий, вместе с тем, как это ни парадоксально,

единой общепринятой концепции защиты от наводнений паводкоопасных территорий пока нет нигде. Ее разработка должна стать одной из приоритетных задач в нашей стране. О необходимости такой концепции и ее принятия на государственном уровне еще раз напомнила трагедия, произошедшая в мае — июне 2001 г. в долине р.Лены, где почти полностью были затоплены два крупных города — Ленск и Якутск. Десятки тысяч людей лишились крова, многие тысячи домов были разрушены или сильно повреждены. В течение двух-трех недель полностью была парализована жизнь населения обширного региона. К спасательным работам были привлечены МЧС, воинские части. В результате предварительный ущерб оценивается, по разным источникам, от 2 до 7.5 млрд руб. События на Лене еще раз подтвердили известную истину, что предотвращение стихий требует несопоставимо меньших средств, нежели ликвидация их последствий. ■

Литература

1. Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы / Под ред. С.Б.Лаврова, Л.Г.Никифорова. М., 1978.
2. <http://www.dartmouth.edu/artsci/geog/floods/>
3. Авакян А.Б., Поллошкин А.А. // Вод. ресурсы. 1991. №4. С.114—125.
4. Авакян А.Б., Истомина М.Н. // Вод. ресурсы. 2000. Т.27. №5. С.517—523.
5. Авакян А.Б. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. №5. С.40—46.

Цикличность погодных изменений на востоке Пацифики

Характер колебаний температуры поверхностных вод в Тихом океане указывает на существование примерно десятилетней цикличности, получившей наименование PDO (Pacific Decadal Oscillation). Несомненно, эти колебания существенно влияют на климат Северной Америки и, по всей вероятности, связаны с явлением Эль-Ниньо—Южная осцилляция, при котором происходит резкое потепление эква-

ториальных вод Тихого океана и атмосферы над ними.

Однако инструментальные наблюдения за PDO охватывают лишь период примерно с 1900 г. Этот ряд данных слишком короток, чтобы понять, насколько такое явление регулярно в своей цикличности. Кое-что прояснилось после работы американских климатологов и дендрологов, которые изучали годовичные кольца старых деревьев на юге штата Калифорния и в мексиканском штате Нижняя Калифорния (Journal of Climatology.

2001. V.14. P.5; Science. 2001. V.291. №5504. P.555. США) и смогли сделать выводы об изменениях климата восточной субтропической акватории Тихого океана за последние 350 лет. Оказалось, размеры годового прироста деревьев тесно связаны с индексом PDO по крайней мере в последние 75 лет. Согласно реконструкции, наибольшие погодные возмущения случались здесь около 1750, 1905 и 1947 гг.

Новости науки

Астрофизика

Новый тип звезд

Коричневыми карликами астрономы называют сконденсировавшиеся из межзвездного газа объекты, масса которых слишком мала (приблизительно до 0.08 массы Солнца), чтобы инициировать термоядерные реакции и стать звездами. Однако, как обнаружили американские астрономы, субзвездный, т.е. «не дотягивающий» до звезды объект вовсе не обязательно таким рождается — превратиться с течением времени в некое подобие коричневого карлика может и обычная звезда, правда, не одиночная, а входящая в состав тесной двойной системы.

Практически все необычные свойства тесных двойных систем объясняются тем, что их компоненты эволюционируют не отдельно, независимо друг от друга, а напротив, активно обмениваясь веществом. О том, что потеря вещества может превратить обычную звезду в коричневый карлик, астрономы догадывались уже давно. Первые доказательства реальности этого процесса нашли С.Хоуэлл (S.Howell; Институт планетных наук в Тусоне, Аризона) и Д.Киарди (D.Ceardi; Флоридский университет) в инфракрасных спектрах двух переменных звезд — LL Андромеды и EF Эрида-на. Наблюдения проводились с помощью инфракрасного телескопа UKIRT (Великобритания), установленного на Гавайских о-вах (США).

Обе системы являются тесными двойными, в которых массивный компактный объект — белый карлик — своим тяготением «стягивает» вещество с компаньона. Система LL Андромеды относится

к классу неправильных переменных звезд, называемых карликовыми новыми. В ней вещество, перетекающее со звезды-донора на белый карлик, образует аккреционный диск, в котором время от времени (раз в несколько лет) происходят вспышки. Система EF Эрида-на относится к классу полярных. В ней сильное магнитное поле белого карлика препятствует образованию аккреционного диска. Вещество донора течет вдоль магнитных силовых линий и падает на магнитные полюса белого карлика.

В отличие от настоящих коричневых карликов обе звезды-донора в начале своей жизни были обычными звездами. Но активная потеря вещества, инициированная массивным соседом, привела к тому, что за несколько миллиардов лет их масса упала ниже предельно малого значения, и термоядерные реакции в этих звездах угасли. Помимо влияния звезды-компаньона свою роль в потере массы сыграли, считает Хоуэлл, быстрое вращение и нетипичный химический состав этих звезд.

В спектре звезды-донора LL Андромеды обнаружены линии метана. Наличие таких молекул в атмосфере говорит о ее относительно низкой температуре и служит одним из основным критериев, по которым объект относят к коричневым карликам. Температура атмосферы донора в системе Андромеды приблизительно равна 1300 К. Субзвездный объект в системе EF Эрида-на оказался горячее — около 1650 К (поверхностные температуры коричневых карликов не превышают 3500 К). Массы обоих объектов всего лишь в несколько десятков раз превосходят массу Юпитера.

Конечно, отнести объекты-доноры в LL Андромеды и EF Эрида-на к коричневым карликам можно лишь условно. На их принадлежность к этому классу указывают только низкие масса и поверхностная температура. Насколько их химический состав и структура сходны с аналогичными параметрами настоящих коричневых карликов, пока неизвестно.

Astrophysical Journal Letters. 2001. V.550. L57–L59 (США).

Археология. Астрономия

Египетские пирамиды ориентированы по звездам

Пирамиды в Гизе, которым около 4500 лет, — одно из семи чудес древнего мира: их стороны имеют географическую ориентацию. В древних текстах нет указаний на то, что египтяне при сооружении пирамид использовали астрономические знания, но анализ ночного неба на эпоху 2500 г. до н.э., по-видимому, может объяснить, как строители узнали точное направление на север и когда именно это было.

Существующие в археологии методы до сих пор позволяли датировать строительство пирамид в лучшем случае с точностью до 100 лет. Египтолог Кейт Спенс предлагает более точный метод датировки, основанный на ориентации граней пирамиды по сторонам света¹. С XIX в. известно, что восточная и западная грани пирамиды Хеопса отклонены от направления на истинный север очень незначительно — всего на 3'. Это — угол, под которым видна

¹ Spence K. // Nature. 2000. V.408. №6810. P.297–298, 320–324.

десятая часть диаметра полной Луны, и он лишь немногим превышает точность, достигнутую знаменитым астрономом Тихо Браге. Как известно, Тихо был величайшим наблюдателем дотелескопной эпохи, но и он, пытаясь в 1577 г. сориентировать свою обсерваторию Ураниенбург по сторонам света, ошибся на 18'. Как же с этой сложной задачей справились строители древних пирамид?

Совершенно ясно, что такая точная привязка пирамид возможна только астрономическими методами, но в древних текстах об этом ничего не говорится. Один из альтернативных методов предполагает строительство некоего вспомогательного сооружения, обеспечивающего проведение визирной линии от наблюдателя к звезде, находящейся в Полюсе мира. Но в данном случае этот метод не работает, поскольку в эпоху строительства пирамид вблизи полюса не было достаточно яркой звезды. Располагаясь над полюсами Земли, небесные полюса мира представляют собой точки, вокруг которых происходит кажущееся вращение ночного неба. В наше время Северный полюс мира находится близ Полярной звезды. Но поскольку ось вращения Земли не закреплена жестко, а совершает медленное конусообразное движение, называемое прецессией, то положение небесных полюсов медленно смещается по отношению к звездам. Полный цикл такого смещения происходит примерно за 26 тыс. лет.

И вот тут-то и начинается работать идея Спенс. Хотя во времена Древнего Египта близ Полюса мира не было удобной звезды для ориентации на север, однако в той области находились два довольно ярких объекта, между которыми в 2467 г. до н.э. располагался полюс — строго на середине соединяющего эти звезды отрезка. Одна из них — Кохаб — в Ковше Малой Медведицы, вторая — Мицар — в ручке Ковша Большой Медведицы. В 2467 г. до н.э. египетские астрономы могли в течение ночи дожидаться момента, когда небо повернется вокруг воображаемого

полюса на такой угол, чтобы обе звезды выстроились вертикально; при этом одна из них станет выше полюса, вторая — ниже. Прямая линия, проведенная по земле к точке горизонта, в которой его пересекает проходящая через звезды вертикаль, как раз и давала направление на север.

Таким образом, предположение специалиста по Древнему Египту Спенс выглядит вполне обоснованным и весьма остроумным. Но необходимо разрешить и вторую неразгаданную до сих пор тайну. Как указывает Спенс, из всех пирамид Гизы именно пирамида Хеопса наиболее точно ориентирована на север и имеет очень малое отклонение к западу. Пирамида Микерина, правившего после Хеопса, отклонена примерно на 13' в другую сторону; а три пирамиды предшественника Хеопса, фараона Снофру, отклоняются к западу тем сильнее, чем они старше. Другие пирамиды, построенные между 2600-м и 2300 г. до н.э., подтверждают эту закономерность: график ориентации — время представляет собой прямую линию.

Можно ли прецессией земной оси объяснить и эту загадку? Во всяком случае Северный полюс мира находился посередине между Кохабом и Мицаром только в 2467 г., поэтому, если дело в прецессии, то отклонения в ориентации более ранних и более поздних пирамид должны в точности отражать медленное смещение этих звезд по отношению к полюсу. Отклонение полюса от вертикали Кохаб—Мицар нетрудно вычислить для любой даты, значит, можно определить, какому году соответствует отклонение каждой пирамиды. Такой подход позволил Спенс найти даты их строительства с точностью примерно в пять лет, что гораздо лучше, чем 100-летняя неопределенность, принятая в исторической хронологии.

Могут ли египтологи отыскать соответствующие упоминания в древних текстах? Они стали бы решающими для окончательного признания остроумной гипотезы

Спенс, но, к сожалению, письменных свидетельств, относящихся к строительству древних пирамид, не существует. Вообще сведений о древней египетской астрономии очень мало, и даже созвездия, изображенные на потолках храмов, остаются неотожествленными с объектами ночного неба. Например, найден текст о двух острых когтях, сцепившихся вокруг полюса. Может ли это быть «эхом» легенд о Кохабе и Мицаре, совершающих круги у полюса? Египтологи, будьте внимательны к этим туманным намекам!

© В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук
Москва

Физика. Организация науки

Премия Киото за 2001 год

Фонд Инамори (организован по инициативе Казуо Инамори в 1984 г.) объявил лауреатов Премии Киото 2001 г. Эта премия присуждается ежегодно выдающимся деятелям науки, культуры и искусства. В 2001 г. отмечаются достижения в области передовых технологий в электронике.

Премии удостоены: Жорес Алфёров, физик, директор Физико-технического института им.А.Ф.Иоффе, вице-президент РАН, лауреат Нобелевской премии по физике 2000 г.; Изуо Хаяси (Izuo Hayashi), физик, член Японской инженерной академии; Мортон Паниш (Morton Panish), физико-химик, член Национальной академии наук США. Своими пионерными исследованиями полупроводниковых лазеров они внесли неоценимый вклад в современную оптоэлектронику. Применения полупроводниковых лазеров в телекоммуникациях фактически определили революционные пути развития информационных технологий во всем мире.

Впервые полупроводниковый лазер заработал в 1962 г. при температуре жидкого азота. Однако необходимая для генерации излу-

чения плотность тока накачки была очень большой, и эти лазеры могли функционировать только в импульсном режиме. В 1970 г. Алфёров, Хаяси и Паниш, применив новую конструкцию полупроводникового лазера, продемонстрировали его работу в непрерывном режиме при комнатной температуре, при этом использовалась двойная гетероструктура: материал активной зоны лазера GaAs помещался между двумя слоями AlGaAs.

Совершенствование технологии сделало полупроводниковые лазеры пригодными для практики. Их потребительские характеристики — низкая цена, малые размеры, высокая эффективность — определили бурное развитие оптоэлектроники. Сегодня полупроводниковые лазеры применяются в проигрывателях видео- и компакт-дисков, в печатающих устройствах, в медицине и в волоконно-оптических линиях связи, обеспечивая работу телефонии и Интернета.

Церемония награждения лауреатов состоится в ноябре 2001 г. в Киото; им будут вручены дипломы, памятные медали и денежный приз — 50 млн японских иен (около 400 тыс. амер. долл.).

Пресс-релиз Физико-технического института им.А.Ф.Иоффе. 16 июня 2001; www.ioffe.ru

Физика. Техника

Германий-кремниевые фотоприемники на квантовых точках

Сотрудники Института физики полупроводников СО РАН А.И.Якимов, А.В.Двуреченский, А.И.Никифоров, Ю.Ю.Проскураков изготовили инфракрасный фотодетектор на основе самоорганизующихся германиевых квантовых точек в слое кремния.

До сих пор большинство работ было нацелено на создание фотоприемников на основе материалов $A_{III}B_V$ (InAs/GaAs). Структуры с квантовыми точками на основе Ge/Si считались менее перспективными.

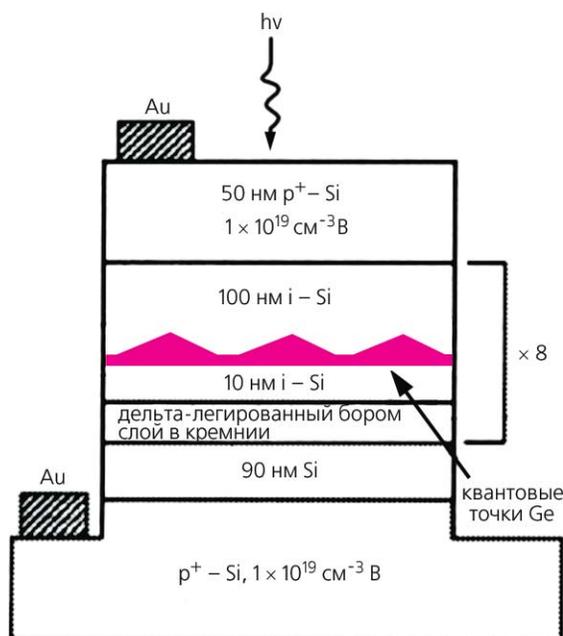


Схема фотоприемника на основе квантовых точек Ge (показаны цветом) в слое Si. Центральная трехслойная часть структуры повторяется восемь раз.

Сибирским исследователям удалось добиться высокой чувствительности детектора: в главном максимуме фотопроводимости, приходящемся на длину волны излучения ≈ 20 мкм, обнаружительная способность достигает $1.7 \cdot 10^8 \text{ см} \cdot \text{Гц}^{1/2} / \text{Вт}$. Очень важно, что прибор работает при комнатной температуре и нормальном давлении. Хороший результат на фоне мировых достижений!

Положение пиков фоточувствительности сильно зависит от приложенного напряжения. Увеличение последнего сдвигает их в красную сторону спектра. Поэтому, работая в области более коротковолнового максимума, можно создать прекрасный модулятор излучения CO_2 -лазера с длиной волны 10.6 мкм. Пики спектральной чувствительности фотодетектора соответствуют переходам дырок между уровнями пространственного квантования в точках. Красное смещение энергии переходов авторы связывают с подавлением коллективного эффекта деполяризации, возникающего

в плотном массиве взаимодействующих квантовых точек.

Journal of Applied Physics. 2001. V.89. P.5676–5681 (США); <http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/p112/index.html>

Физика

Нанотрубки в имоголите открыты заново

Нанотрубки в имоголите были известны задолго до сенсационного открытия в 90-х годах углеродных нанотрубок. Подтвердилась простая истина: новое — это хорошо забытое старое. Специалисты давно знают о природных слоистых силикатах, образующих трубчатые структуры нанометровых размеров, в частности — хризотил и имоголит. Свойства природного минерала имоголита¹ были установлены еще в 1962 г., но до сих пор он не привлекал внимания физиков и материаловедов. Л.А.Бюрсил с коллегами² ре-

¹ Soil Sci. Plant Nutr. 1962. V.8. P.22.

² Bursill L.A. et al. // Phil. Mag. A. 2000. V.80. №1. P.105–117.

шили сопоставить строение имоголита и углеродных нанотрубок.

Имоголит — водный алюмосиликатный минерал с уникальной волокнистой структурой, которая состоит из пучков длинных тонких одностенных трубок диаметром 2 нм. Структура имоголита имеет эмпирическую формулу $(\text{HO})_3\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiOH}$, отражающую последовательность расположения атомов от внешней поверхности волокна внутрь. Стенки трубок состоят из непрерывных монослоев гиббсита $\text{Al}(\text{OH})_3$, на внутренней поверхности которых группы OH замещены группами O_3SiOH (каждая такая группа замещает три OH-группы). Параллельные пучки трубок плотно упакованы, расстояние между центрами 2,7 нм. Вместе с имоголитом обычно встречается минерал аллофан — тоже водный силикат алюминия, но состоящий из полых сферических частиц диаметром 3,5–5 нм. Синтетический имоголит, родственник минералу, имеет трубчатую структуру с внешним диаметром трубок 2,4 нм и внутренним — 0,9 нм.

В отличие от углеродных нанотрубок, которые бывают однослойными, многослойными и с большим разбросом по диаметру³, структура имоголита строго однозначна, поэтому материал легко воспроизводится в технологических процессах.

В зависимости от условий получения одностенные имоголитовые трубки с хорошо определенной цилиндрической структурой могут быть выращены с разнообразными текстурами (от случайно ориентированных единичных трубок до плотно упакованных, почти сплошных массивов). Химическим путем можно вводить различные добавки внутрь трубок и в их стенки. Волокнистые пленки нанотрубчатого имоголита с металлическими наночастицами внутри уже синтезированы. Впереди — исследования их свойств.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/p110/index.html>

³ Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки — материалы XXI века // Природа. 2000. №11. С.23–30.

Охрана природы

Каково будущее Амазонии?

Около 40% влажных тропических лесов Земли сосредоточено в Бразильской Амазонии. Они играют огромную роль в гидрологии континента, сохранении биоразнообразия, поглощении атмосферного углерода. Между тем интенсивность их уничтожения достигает 2 млн га/год. Причин тому несколько: это и рост численности населения региона с 1960-х годов примерно в 10 раз, и промышленная вырубка лесов, и бурное развитие горнодобывающих производств. Причем если раньше вырубка и выжигание шли в основном по границе с плотно заселенными восточными и южными районами бассейна Амазонки, то теперь они охватили и его центральную область.

Разработана и уже выполняется Международная программа сохранения бразильских влажных лесов. На нее ассигновано 340 млн амер. долл., которые выделили Великобритания, Германия, Италия, Канада, США, Франция и Япония, а также дополнительно Европейский Союз. На эти деньги создаются заповедники и резервации для индейских племен, коридоры для миграции животных, участки, где сохраняются традиционные промыслы — сбор смолы каучуконосных растений, бразильского ореха и т.п. Но теперь всем этим начинаниям угрожает правительственная программа «Бразилия, вперед!». В ее рамках на ближайшие семь лет выделено 40 млрд амер. долл., на которые будут строиться новые шоссе, железные дороги, гидроэлектростанции, линии электропередачи, каналы и т.д. Причем Министерство охраны природной среды Бразилии от участия в этом проекте отстранено.

Группа ученых во главе с У.Ф.Лорансом (W.F.Laurance; Смитсоновский институт тропических исследований, Бальбоа, Панама) построила математические модели, учитывающие самые

разные факторы — как существующие, так и ожидаемые в будущем. В обоих крайних вариантах — оптимистическом и пессимистическом — модели сходятся в том, что через 20 лет облик региона полностью изменится. Наибольшие потери понесет природа его южной и восточной частей, но и в других местах леса значительно деградируют. Причем, по пессимистическому сценарию, сохранится лишь несколько девственных участков вблизи западной части Амазонии. По мнению авторов, усилия экологов следует нацелить на коррекцию правительственной программы, что значительно легче, чем контролировать такие полустихийные процессы, как ускоренное заселение и самовольное выжигание растительности.

К сожалению, в Бразилии многие правительственные проекты утверждаются задолго до их экологической оценки. К тому же Министерство иностранных дел Бразилии возражает против того, чтобы получение международных средств на сдерживание выбросов CO_2 было связано с борьбой против сведения лесов. Это вызывает беспокойство Министерства охраны природной среды и многих бразильских ученых: ведь на карту поставлено будущее не только Южной Америки, но и значительной степени — и всего остального мира.

Science. 2001. V.291. №5503. P.438 (США).

Геофизика

Предсказания пароксизмов Геклы

Попытки прогнозировать вулканическую активность сопровождаются как успехом, так и неудачами. Например, извержение Пинатубо на о.Минданао (Филиппинские о-ва) в 1991 г. было предсказано достаточно точно, что и позволило избежать жертв и сократить убытки. С другой стороны, за последние 10 лет на своем посту погибли 14 вулканологов, недооценивших грозящую опасность. Надежные в любых об-

стоятельствах предвестники извержения до сих пор так и не обнаружены.

Тем с большим интересом на конференции Американского геофизического союза, состоявшейся в Сан-Франциско, было заслушано сообщение исландских геофизиков К.Агустсона (K.Agustsson; Метеорологическая служба в Рейкьявике) и П.Эйнарсона (P.Einarsson; Исландский университет) о результатах прогноза активности Геклы, расположенной в 120 км к востоку от столицы страны.

Этот вулкан (1491 м над ур.м.) известен неуравновешенным нравом; он извергается в среднем раз в 10 лет, но более точному прогнозу его неожиданные пробуждения пока не поддаются. Однако за год до пароксизма 1991 г. в окрестностях Геклы был зарегистрирован всплеск слабых подземных толчков. После предварительной обработки сейсмограмм, через 29 мин после регистрации толчков, ученые, заметив их нарастание, сообщили властям о неизбежном извержении. Продолжая снимать показания приборов в скважине, находящейся в 15 км от горы, специалисты установили чрезвычайно высокую величину напряжения в земной коре. По-видимому, в это время магма из камеры на глубине 4 км стала активно пролагать себе путь к поверхности. До извержения оставалось всего полчаса, когда сейсмологи опубликовали очередное предупреждение: «Извержение с полной уверенностью можно ожидать в ближайшие 20 мин». Через 24 мин прогноз оправдался.

Успех исландских геофизиков неслучаен. В их стране несколько лет назад была обозначена так называемая Южноисландская сейсмическая зона — полоса, протянувшаяся на 70 км вдоль юго-западного побережья острова, между Геклой и Рейкьявиком; в пределах этой зоны находятся около 10 параллельных разломов земной коры, вытянутых с севера на юг. Здесь происходят сильные (магнитудой 6 и 7 по шкале Рихтера) землетрясения, очаги которых по-

степенно смещаются с востока на запад, по мере «распарывания» разлома и передачи напряжения от одного разлома, к другому, соседнему.

По историческим данным, два узких сегмента в данной зоне не испытывали толчков вот уже 300 лет. Поэтому еще в 1980-е годы исследователи сошлись во мнении, что узкие участки и должны стать местом важных сейсмических событий. Такой долгосрочный прогноз подтвердился 17 июня 2000 г., когда в пределах восточного сегмента случилось землетрясение магнитудой 6.6, однако более краткосрочный прогноз, основанный на показаниях сети приборов, установленных в зоне, не оправдался.

Тогда все внимание геофизики обратили на западный сегмент, расположенный в 15 км от восточного. Через трое суток стало ясно, что слабые толчки, возбужденные здесь главным событием, свидетельствуют не об истощении подземных сил, а скорее о продолжении процесса. Сотрудники Исландской метеослужбы уведомили органы гражданской обороны о возможности в близком времени нового землетрясения сходной силы. Через 24 ч оно состоялось. Жертв и разрушений не было, население своевременно подготовилось, укрепив мебель, домашнюю утварь и т.п.

Science. 2001. V.291. №5504. P.583 (США).

Сейсмология

Сейсмичность Аляски

Жители Аляски никогда не забудут день Страстной Пятницы 1964 г.: магнитуда произошедшего тогда толчка достигла 9.2 по шкале Рихтера. Через несколько секунд в развалинах лежала значительная часть Анкориджа — самого крупного города штата: погибло около 100 человек. Только низкая плотность населения в приполярном районе не привела к большим жертвам.

Прошедшие с тех пор годы были для американских сейсмологов временем тщательного изучения

причин и следствий этого события и попыток оценить вероятность повторения катастрофы. Важную роль здесь сыграла группа сотрудников Геофизического института при Университете штата Аляска в Фэрбенксе во главе с Дж.Фреймюллером (J.Freymuller), опубликовавшая основные итоги своих исследований.

В работе был использован крупный массив данных, полученных от наземных сейсмостанций и с принадлежащих ВВС США 24 искусственных спутников Земли, входящих в Систему глобального позиционирования (GPS), сигналы которой позволяют регистрировать движения земной поверхности с точностью до 2 мм.

Район землетрясения Страстной Пятницы (это официальное его название) расположен на границе Тихоокеанской и Северо-Американской плит. Здесь Тихоокеанская плита погружается под Северо-Американскую. Линия разлома между ними проходит с северо-востока на юго-запад, от залива Принс-Вильям до о.Кодьяк. Возникающее в коре мощное напряжение время от времени разряжается толчками, что делает Аляску наиболее сейсмичным регионом всего материка.

Располагая прецизионными данными GPS, исследователи установили, что западная часть п-ова Кенай, где расположен, в частности, г.Хомер, смещается со скоростью 2 см/год на юго-юго-восток, одновременно восточная часть полуострова с г.Сьюард смещается на северо-северо-запад со скоростью около 3.5 см/год. Ученые полагают, что нынешнее движение земной поверхности в западной части полуострова, не повторяющее движение Тихоокеанской плиты, есть затянувшийся во времени отклик на событие Страстной Пятницы. Это вполне вероятно, так как на глубинах 25 км и больше породы размягчены вследствие очень высокой температуры и обладают заметной текучестью. В таких условиях массив нельзя считать движущимся как целое.

Сравнительный анализ показал, что смещения п-ова Кенай во многом напоминают те, что происходили в Калифорнии, вблизи пос.Ландерс, спустя год после мощного (7.3 по Рихтеру) подземного толчка. Таким образом, для сейсмических событий подобного рода характерно остаточное движение поверхности.

Изучение событий Страстной Пятницы еще не завершено. Сеть наземных пунктов GPS на Аляске значительно расширена; ее приборы установлены на противоположном от Хомера берегу залива Качемак и в других точках п-ова Кенай, а также на западной стороне залива Кука. Исследователи надеются превратить комплект данных о землетрясениях Страстной Пятницы и его последствиях в наиболее полное описание похожих событий.

Обследование показало также, что во время землетрясения Страстной Пятницы различные части Анкориджа реагировали на толчки по-разному. Сотрясения в центре, где грунт образован слоями песка и глины, были в 2—3 раза сильнее, чем на его восточных окраинах.

Физическую сторону этого явления изучали сотрудники Геофизического института Н.Бисуоз, А.Мартirosян и У.Датта (N.Biswas, A.Martirosyan, U.Datta). Еще в 1955 г. они соорудили вокруг Анкориджа сеть из 22 сейсмостанций, которые регистрируют любые толчки с $M > 3.5$. За последние четыре года их здесь зафиксировано 70. Сопоставив характер толчков, записанных на каждой из станций, сейсмологи получили представление о том, как влияют на силу толчка геологические и топографические особенности местности. По мнению ученых, для Анкориджа при строительных работах следует применять три различных стандарта, подготовленных совместно геофизиками, гидрологами и геологами.

Работы американских сейсмологов привлекли внимание японских коллег: Анкоридж и Токио по своей топографии во многом сходны. Американские специалисты приглашены в Токио для обсуж-

дения возможных планов совместных исследований в районе японской столицы.

Geophysical Institute Quarterly. 2000. V.16. №4. P.1—2 (США).

Вулканонология

Попокатепетль салюует новому тысячелетию

Всего в 70 км от многомиллионного Мехико возвышается покрытая вечными снегами вершина действующего вулкана Попокатепетль, опасный нрав которого был известен еще древним ацтекам: труднопроизносимое для нас название на их языке означало «курящая гора»¹.

В 2000 г. вплоть до сентября Попокатепетль вел себя относительно спокойно. Но затем подземные толчки, очаг которых находился под самым кратером, пробудили вулкан: вершина его сотряслась от взрывов. На инфракрасных снимках с американского спутника GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) отчетливо видно, что из кратера исходит мощный поток тепловой энергии.

2 декабря над горой в течение полутора часов поднимались тучи пепла, а через несколько дней начались серии сравнительно слабых (магнитудой не более 2.4 по шкале Рихтера) землетрясений. Число взрывных выбросов пепла за сутки 12 декабря достигло 200, причем во время некоторых мелкие частицы поднимались над вершиной на высоту 5—6 км. На крышах и улицах ближайших поселков отложился тонкий слой пепла.

В середине месяца подземные толчки практически стали непрерывными; приборы фиксировали их даже в 150 км от места события, а отзвук этих землетрясений слышался на расстоянии до 14 км. Вероятно, в это время из жерла выделялась лава.

15 декабря было принято решение о немедленной эвакуации более 41 тыс. жителей близлежа-

¹ См.: Грозный Попокатепетль не успокаивается // Природа. 1997. №4. С.116; Попокатепетль разъярился // Там же. 1998. №8. С.116.

щих поселков. Окрестности вулкана в радиусе 13 км от вершины были объявлены запретной зоной.

16 декабря активность Попокатепетля внезапно резко снизилась, но через 16 ч возобновилась с новой силой, так что приборы местных сейсмостанций «зашкало». Аэрофотоснимки показали, что в периоды сильных толчков купол внутри кратера увеличивался в объеме со скоростью 200 м³/с — примерно в 100 раз больше, чем в любое иное время наблюдений.

Чередование периодов высокоамплитудных толчков и относительного затишья согласуется с моделью Симадзак—Нагата (Shimazaki—Nagata), предложенной японскими сейсмологами в 1980 г. На ее основании мексиканские ученые составили прогноз мощного извержения и определили его дату — 18 декабря. Прогноз в основном подтвердился. На следующий день вулкан успокоился.

В дальнейшем извержение перешло во взрывную (в основном без излияния лавы) фазу. Это позволило властям сузить запретную зону, и многие жители смогли к Рождеству вернуться домой. Но 22 января 2001 г. восточный склон вулкана содрогнулся от землетрясения магнитудой 2.8. Вскоре снова раздались взрывы, и потоки лавы понеслись в долину. От соприкосновения с раскаленными продуктами часть ледника растаяла. В феврале вулкан еще не успокоился.

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2001. V.25. №.12. P.2 (США).

Климатология

Климат на юге и севере изменялся в противофазе

Анализ колонок льда из Гренландии указывает на неоднократные резкие климатические изменения в течение последней ледниковой эпохи¹ — всего за деся-

¹ Краткосрочные потепления на фоне длительного похолодания // Природа. 2000. №8. С.76; Резкое потепление в конце ледникового периода // Там же. №11. С.66.

тителетия среднегодовая температура воздуха могла измениться на 10°C. Группа английских палеоклиматографов во главе с Н.Дж.Шеклтоном (N.J.Shackleton; Кембриджский университет), изучив колонки донного грунта из Северной Атлантики, выяснила, что в этом регионе колебания температуры происходили синхронно с ее вариациями на гренландских ледниках.

Гляциологические данные, полученные в Гренландии, охватывают лишь один цикл оледенения, образуя сравнительно короткий хронологический ряд. Результаты же недавнего бурения в Антарктиде позволяют судить о нескольких таких циклах. Сопоставление информации по обоим полушариям помогло бы установить, происходили температурные колебания в тысячелетнем масштабе синхронно или же представляли собой своеобразные «качели». Новый свет на эти проблемы проливают работы Т.Блюнье (T.Blunier; Бернский университет, Швейцария) и Э.Дж.Брука (E.J.Voook; Университет штата Вашингтон, Ванкувер, США). О колебаниях температуры на земном шаре исследователи судили по изменениям изотопного состава метана в пузырьках воздуха в ледовых кернах из пункта Саммит (Центральная Гренландия), американской станции «Бэрд» (Западная Антарктида), а также российской станции «Восток» (Восточная Антарктида), причем ряд данных охватывал период вплоть до времени, отстоящего от нас на 90 тыс. лет.

Авторы пришли к выводу, что в течение всей последней ледниковой эпохи во время похолоданий в Гренландии происходили потепления в Антарктиде, и наоборот. Причем характерно, что на севере переход от похолодания к потеплению занимал одно-два десятилетия, а соответствующий ему рост оледенения на Южном континенте происходил гораздо медленнее.

Science. 2001. V.291. №5501. P.9, 58, 109 (США).

Климатология

Погода на планете в 2000 году

Всемирная метеорологическая организация опубликовала обзор глобальных данных, собранных в ходе выполнения международной программы «Climate Change Detection» («Обнаружение климатических изменений»).

Констатируется, что в 2000 г. климат продолжал теплеть: глобальная среднегодовая температура земной поверхности была на 0.29°C выше, чем в среднем за три десятилетия (1961—1990). Это, правда, на 0.04° холоднее, чем в 1999 г.; по жаре 2000-й занял седьмое место за 140-летний период, использованный для сопоставлений. К началу нового столетия температура поверхности Земли была примерно на 0.6°C выше, чем в начале XX в. Вообще потепление по планете было распределено весьма неравномерно: в Северном полушарии, выше 30°с.ш., рост температуры составил 0.65°C, а в тропиках и почти во всем Южном полушарии не превысил 0.15 и 0.19°C соответственно. Южное полушарие к югу от тропиков испытало даже небольшое (на 0.1°C) похолодание по сравнению с 1999 г. Здесь с середины 1998 г. сильно сказывается воздействие явления Ла-Нинья.

Январь и февраль 2000 г. на значительной части территории Китая и Монголии ознаменовались сильными холодами и мощными снегопадами; экономические убытки превышают 30 млн долл. США. В Индии относительное похолодание привело к гибели более 300 человек. На западе европейской территории России в мае отмечались сильные морозы — температура опускалась на 4—5°C ниже средних значений. В зимний для Южного полушария период июня—июля зафиксирована самая низкая температура в Парагвае за всю историю здешних метеонаблюдений.

Для Англии 2000 г. оказался 15-м теплейшим за минувшие 342 года надежной регистрации по-

годных явлений. Франция истекший год считает самым жарким с 1948 г. (наряду с 1994-м), а Нидерланды — с 1900 г. В Норвегии наземные измерения температуры начались в 1866 г., и с тех пор 2000 г. стал третьим по жаре. На о.Медвежьем в Баренцевом море 5 октября был поставлен для данного месяца рекорд — плюс 11°C.

Для США весь период с января по октябрь стал самым теплым за всю историю метеонаблюдений, но ноябрь—декабрь — самым холодным двухмесячным периодом за то же время.

В Японии, где наземные измерения ведутся 103 года, 2000-й был пятым по жаре, а на территории Канады — седьмым в таком ряду с 1948 г.

В Австралии после первых шести месяцев сравнительно низких температур необычно высокие показания отмечались с июля. В сентябре в Сиднее, где тогда проводились Олимпийские игры, температуры на 4—5°C превысили среднестатистические; это явление распространилось на Центральную и Восточную Австралию. Несмотря на это, средняя годовая температура континента впервые с 1984 г. оказалась ниже среднего уровня за 1961—1990 гг. Новую Зеландию в начале 2000 г. охватили относительные холода, но зимний период (июнь—август) был теплее, чем любой другой за последние 140 лет.

Измерения радиозондов, запущенных с 400 метеостанций на всех континентах, согласовались со спутниковыми, свидетельствуя, что усредненные глобальные температуры нижней и средней тропосферы (на высотах до 7 тыс. м) в 2000 и 1999 гг. были сходными.

После длительных дебатов Межправительственная комиссия Программы ООН по окружающей среде пришла к выводу: большая часть потепления за последние 50 лет — следствие деятельности человека.

WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2000. WMO №920. Geneva, 2001. P.3 (Швейцария).

Рецензии

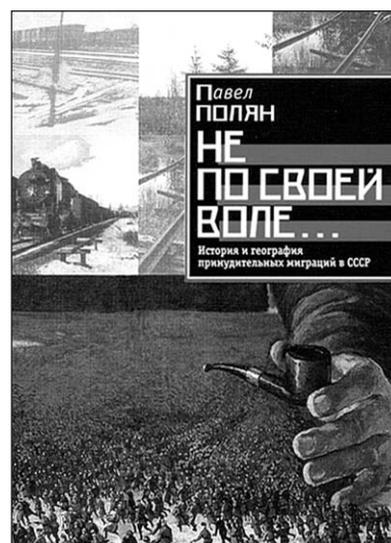
Миграция как форма принуждения

Ю.Л.Пивоваров,
доктор географических наук
Московский городской педагогический университет

В тысячелетней истории формирования государственной территории России (освоения и заселения) миграция и принуждение очень часто шли рядом. Огромные неосвоенные, немереные просторы на востоке, а также ограниченные ресурсы (материальные, финансовые, демографические, культурные и др.), концентрировавшиеся на западе, — это противоречие на столетия определило восточный вектор и жесткие условия территориальной экспансии, особенно усилившейся во второй половине XIX — начале XX в. Колонизация восточных районов России всегда была достаточно жесткой и порой даже жестокой. (Среди огромной литературы по истории и методам этой колонизации интересен уникальный труд академика М.К.Любавского, опубликованный впервые в 1909 г. [1].) Но то, что произошло при советской власти, пожалуй, заметно превзошло по многим параметрам все предшествующее. В целом же массовые принудительные миграции населения в СССР вписались в эту вековую традицию и стали работать на нее, разумеется, с той эффективностью, на которую обречен рабский труд в XX в. Нельзя не увидеть и извест-

ную преемственность в советской «миграционной политике». Это касается плано-добровольных переселений, с паспортами у одних (с 1932 г.) и отсутствием у других, с ограничениями на прописку, с закрытыми городами, с выездными визами и т.д. Тащить или не пущать — вот и вся ее пришибевская премудрость.

На таком средневековом фоне, увы, не вполне исчезнувшем и сейчас, автор рецензируемой книги исследует трагедию миллионов советских людей, которые стали жертвами маниакального пристрастия «отца народов» к очередному социальному перевороту, столь свойственному тоталитарным режимам. В центре внимания — одна из самых табуированных до начала перестройки тем советской действительности — принудительные миграции населения. Советская власть тут не Колумб, но она держит печальное первенство по массовости, правовой безоглядности и отчасти по применению «высоких технологий» для перемещения огромных и обезличенных масс не только внутри СССР, но и на территории сопредельных стран. Поражают приводимые в книге цифры. Количество депортированных внутри СССР в 1920—1952 гг. составило 6 млн 15 тыс. человек, объем междуна-



П.М.Полян. НЕ ПО СВОЕЙ ВОЛЕ... История и география принудительных миграций в СССР.

М.: ОГИ—Мемориал, 2001. 328 с.

родных принудительных миграций в 1941—1952 г. 8 млн 960 тыс. (с.239—240). Таким образом насильственным переселениям подверглись 15 млн, что равно всему населению Голландии и в полтора раза превышает депортацию рабов-негров из Африки в страны Западной Европы на протяжении четырех столетий (XVI—XIX вв.).

Труд Поляна прежде всего глубокое и оригинальное историко-географическое исследование, в котором подробно рассматриваются особенности принудительных миграций в СССР, их закономерности и итоговая картина, а также воздействие этих миграций на хозяйство и население районов переселения. По существу это первый (в таком детальном и многоплановом освещении) опыт единого подхода, хронологического и пространственного, к изучаемому явлению. Благодаря ему в книге убедительно обрисовано «географическое лицо» репрессий, дан их адресный «географический результат», а также отчетливо показано, как болезненно все эти события ощущаются и сегодня во многих районах страны.

Вот почему рецензируемая книга, восстанавливая богатейший исторический «опыт» СССР, одной из ведущих тоталитарных стран XX в., раскрывая ее репрессивную систему и сами механизмы принуждения, представляет собой, увы, весьма актуальное исследование. Имеются в виду те районы, где процесс реабилитации депортированного населения все еще не завершен и создает немало проблем. Несомненно, актуальность книге прибавляет и высокая «популярность» идеи разрешения этнических конфликтов путем депортаций и иных способов «чисток» территорий (события последних лет в Африке, на Балканах и, как это ни прискорбно, в бывшем СССР).

Книга состоит из введения, двух больших разделов и заключения. В рамках расширенного

введения, помимо обычных сведений, говорится о предыстории и классификации принудительных миграций (с.23—50). Среди многих полезных материалов надо отметить базовую таблицу этой классификации в СССР (с.47). В ней курсивом выделены виды миграций, специально рассмотренные в книге, т.е. сам объект исследования.

В первом разделе обстоятельно охарактеризованы внутрисоюзные принудительные миграции (с.53—190), связанные с наиболее массовыми репрессиями по социальному и этническому признакам: раскулачивание, «кулацкая ссылка» в 1930—1934 гг. и тотальная депортация так называемых наказанных народов в годы второй мировой войны. Репрессии негативно повлияли на развитие страны, они способствовали подрыву ее сельского хозяйства и обострению межэтнических конфликтов в долговременной перспективе (ведь именно там берут начало современные события в Чечне, Северной Осетии, в Крыму и т.д.).

Второй раздел книги посвящен международным принудительным миграциям (с.191—238). Прежде всего это насильственный угон немецкими оккупантами огромного числа советских граждан (3,2 млн человек) на принудительные работы в Германию и репатриации еще большего числа (почти 5,5 млн) за счет военнопленных и беженцев из Третьего рейха, главным образом летом 1945 г. [2].

Самостоятельную ценность имеют обширные приложения, содержащие систематизированные автором данные о всех принудительных миграциях в СССР за 1920—1952 гг. (список открывают 45 тыс. терских казаков, отправленных в апреле 1920 г. на Север, и затем пассажиры печально известных пароходов в 1922 г.). Интересна подборка официальных советских документов разных лет по тематике рецензируемой книги, а также список литературы, указатели

имен и географических названий (с.245—327). Вся эта информация занимает четверть объема книги, удачно дополняя ее основное содержание и отражая исключительно высокую культуру издания.

Методология исследования держится на «трех китах»: тщательном и кропотливом изучении достоверных фактов, приведении их в систему, глубокой интерпретации принудительных миграций как историко-географического феномена.

Панорамное видение сложной картины внутренних принудительных миграций в СССР (еще более рельефной из-за проработки автором множества весьма важных и показательных деталей) построено на обобщении обширных литературных данных, обнародованных главным образом за последние 10—15 лет. Используются и некоторые более ранние работы. Среди последних выделим исследование А.М.Некрича, работу, в которой этнические депортации в СССР впервые рассматриваются как целостная, малоизученная и, подчеркнем, научная проблема. В ее решении были сделаны первые и потому особенно трудные шаги [3]. Международные принудительные миграции исследуются прежде всего на основе привлечения архивных материалов, главным образом из фондов Главного управления по делам военных и интернированных НКВД (МВД) и Российского государственного военного архива.

Заслуживает похвалы сама форма организации и подачи автором материала. Книга написана на редкость четко, ясно и живым языком, поэтому легко читается. Справочно-библиографический аппарат в той или иной мере присутствует почти на каждой странице, обеспечивая строгую документированность данных. Работа прекрасно издана и со вкусом оформлена.

Используя огромные и разнообразные материалы, нередко поражающие читателя жесто-

костью властей и внушающие настоящий ужас, автор показал пронзительную правду о трагедии миллионов советских людей, против которых многие годы велась настоящая война. Здесь, пожалуй, следует отметить главное достоинство труда Поляна: будучи строго и глубоко научным исследованием на стыке географии, истории, демографии, оно одновременно несет большой нравственный заряд, исключительно важный для развития самосознания нашего общества. Книга заставляет не только окончательно изменить отношение к отверженным (особенно в охваченных этническими конфликтами районах) и несправедливо униженным советским строем, но еще раз убедительно показывает всю опасность идеологии фашизма (неважно, национал-социализма или коммунофашизма) с его циничным отношением к личности и свободе, когда цена человеческой жизни стремительно падает.

Конкретизируя высокую оценку книги Поляна, отметим по крайней мере четыре важных достоинства.

Первое — хорошо систематизированный фактический материал, придающий книге дополнительную ценность справочника по проблемам принудительных миграций (следует выделить ряд текстовых таблиц, картосхем и особенно сводную таблицу в Приложении I). Критически переработав огромный массив опубликованной и архивной информации, Полян

предлагает читателю набор сведений, без которых не обойтись ни одному исследователю советской истории.

Второе — интерпретация фактов дана на столь же высоком уровне, что и их систематизация, и в контексте объективной реальности тех лет. Гражданское возмущение, несомненно испытываемое автором, остается в книге все же на втором плане. Главное внимание он уделяет осмыслению той логики, которой явно или неявно руководствовалась власть в борьбе с собственным народом.

Третье — убедительно и многосторонне Полян сделал еще один трагический вывод: вся эта игра государства с человеческими жизнями (для самих депортированных в лучшем случае катастрофа) была затеей убыточной, а потому с любой точки зрения вредной и аморальной. Это вызвало спад промышленности и сельского хозяйства, запустение земель, затраты на переезд, вторичное обустройство и т.д. У государства возникли серьезнейшие трудности в годы Великой Отечественной войны в мобилизационном плане (они и поныне весьма ощутимы).

Четвертое — удачный синтез двух подходов в процессе изучения СССР первой половины XX в. позволил автору показать «историческую глубину» (обусловленность) многих острых географических проблем современной России. Они связаны с решением «вечных» вопросов. Почему страна с самой большой в мире территорией на протя-

жении столетий тщательно, но тщетно пытается ее освоить? Откуда тянутся корни кровопролитных этнических конфликтов? Почему депопуляция приняла такие размеры? Чем вызваны острый кризис городов (урбанизация по-советски) и неэффективность промышленного производства (индустриализация с тачками и лопатами)? Таким вопросам нет конца.

Российское общество постепенно начинает выбираться из того времени, когда в исторической и географической науке часто использовалась фигура умолчания, в почете были мифы и легенды, а не факты. Сегодня все большее число исследователей, анализируя прошлое, выбирает правду, как бы горька она ни была. Если к тому же автор обладает концептуальным видением предмета, умеет работать с архивными материалами, стремится проникнуть в суть явлений, которыми занимается, и, наконец, понимает всю важность нравственных оценок прошлого, каким бы неприглядным оно ни было, ему обеспечен успех.

Книгу Поляна можно в равной мере рекомендовать как географам, историкам, демографам, этнографам, так и всем читателям, которым небезразличны судьбы родины, не говоря уже об участниках еще одной трагической страницы в ее истории. Весь материал книги вопиет и не оставляет равнодушными даже тех счастливых, которых миновал гнев «кавказского горца». ■

Литература

1. Любавский М.К. Историческая география России в связи с колонизацией. СПб., 2000.
2. Полян П.М. Жертвы двух диктатур. М., 1996.
3. Некрич А. Наказанные народы. Нью-Йорк, 1978.

Гидрогеология

В.И.Дюнин. ГИДРОГЕОДИНАМИКА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ. М.: Научный мир, 2000. 472 с.

В 1985 г. вышла книга под названием «Методика изучения глубокого подземного стока». На кафедре гидрогеологии МГУ этой темой занимался ныне покойный Б.И.Куделин.

Настоящее издание существенно переработано и дополнено. В нем обобщен накопившийся материал о гидрогеодинамике глубоких горизонтов (питании, движении, разгрузке) нефтегазовых артезианских бассейнов, предложены новая теория формирования глубоких флюидов и методы их изучения. Основными объектами исследований стали четыре артезианских бассейна: Западно-Сибирский, Восточно-Предкавказский, Печорский и Бухаро-Каршинский. Все они существенно отличаются друг от друга временем образования, структурно-тектоническими, геологическими и гидрогеологическими условиями, составом водовмещающих пород и другими особенностями.

Рассматривается несостоятельность инфильтрационной и элизионной теорий возникновения аномально высоких пластовых давлений. Автор доказывает, что независимо от литологического состава нефтегазовые коллекторы имеют трещинную емкость и проницаемость (включая глинистые породы), изменяющиеся в масштабе геологического времени. Объясняются особенности тепло- и массопереноса и различные аномалии (барические, температурные, гидрогеохимические, минералогические) в глубоких горизонтах платформ. С гидрогеодинамических позиций предложена теория происхождения нефти и месторождений углеводородов.

Геотектоника

А.Д.Чехов. ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ (ОКРАИННО-МОРСКАЯ МОДЕЛЬ). М.: Научный мир, 2000. 204 с.

Северо-Восточный регион нашей страны общей площадью около 3 млн км² уникален во многих отношениях. Он расположен на восточной окраине Евразийского континента, в его сочленении с Северо-Американским и разделяет два разнотипных океанических бассейна — Арктический и Тихий.

В книге обобщен региональный геологический материал. Дана характеристика строения и история развития основных тектонических элементов Северо-Восточной Азии: Сибирской платформы, Верхояно-Чукотской мезозойской и Корьяско-Камчатской кайнозойской складчатых областей. С использованием методов структурно-формационного и сравнительно-тектонического анализов устанавливаются основные закономерности формирования земной коры рассматриваемого региона в рифей-фанерозойское время. Текст иллюстрирован разнообразной графикой, включая серию палеотектонических схем.

Помимо двух хорошо известных типов земной коры — океанического и континентального — автор выделяет третий, вполне самостоятельный и равноправный, — окраинно-морской.

История науки

НАСЛЕДИЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ. Исследования, охрана природы и международное сотрудничество. Международный научный симпозиум по охране Арктики. Сост. Б.С.Эббинж и др. М: Экопрос, 2000. 640 с.

Выдающийся голландский исследователь Арктики Виллем Баренц родился около 1550 г. на од-

ном из Фризских о-вов Северного моря. В 1594—1597 г. он руководил тремя экспедициями, задачей которых были поиски Северо-Восточного прохода из Европы и Северной Атлантики в Тихий океан. Однако ни ему, ни последующим экспедициям, не имевшим в своем распоряжении ледокольных кораблей, это так и не удалось. Он обследовал Шпицберген, открыл ряд островов и составил карты берегов Новой Земли.

К 400-летней годовщине арктических походов Баренца, в марте 1998 г., в Москве по инициативе ученых России и Нидерландов был проведен симпозиум, на котором обсуждались вопросы истории освоения Арктического бассейна, а также охраны природы и международного сотрудничества. В нем участвовало около 150 представителей из 14 стран (от Скандинавии до Южной Африки). Материалы 64 докладов и выступлений вошли в книгу.

Ю.Я.Соловьев, З.А.Бессуднова, Л.Т.Преждецкая. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ И ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК XVIII—XX вв. Геология и горные науки. М.: Научный мир, 2000. 548с.

Впервые на основе ранее опубликованных данных, рукописных и архивных материалов вышла книга, в которой собраны очерки о жизни и творчестве 127 отечественных специалистов в разных областях геологии и горного дела, избранных действительными и почетными членами Российской академии наук за прошедшие три столетия.

Перечень имен академиков дан в хронологической последовательности, соответственно датам избрания. Внутри одного и того же года имена располагаются в алфавитном порядке. Даты жизни ученых, деятельность которых началась в России и проходила в дореволюционное вре-

мя, приводятся по старому (юлианскому) календарю, а начиная с 14 февраля 1918 г. — по новому (григорианскому).

Все названия академических институтов, подразделений Президиума академии наук приводятся в первоначальном варианте.

Имена ученых, упоминаемых в книге, увековечены на шести памятных мраморных досках в актовом зале Государственного геологического музея им. В.И.Вернадского РАН в знак глубокой признательности за благородные деяния по развитию отечественной науки.

История науки

К.Э.ЦИОЛКОВСКИЙ: КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛОСОФИЯ. Под ред. акад. В.С.Авдеевского. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 480 с.

Имя Константина Эдуардовича Циолковского (1857–1935) общеизвестно, вклад его в сокровищницу знаний человечества очевиден. Он признанный основоположник современной космонавтики, теории дирижаблей и самолетостроения, изобретатель в области аэро- и ракетодинамики.

Новый сборник содержит философские и мировоззренческие работы ученого, без учета и знания которых невозможно оценить его естественно-технические идеи и проекты. Значительная часть включенных трудов ранее не публиковалась. Работа над изданием шла около четырех лет. Сведенные в двух частях 36 текстов впервые не только охватывают период с 1903 по 1935 г., но и позволяют проследить развитие учения, которое сам Циолковский называл «Космическая философия».

Первая часть названа «Мысли о лучшем общественном устройстве». В нее вошли философские произведения, в большинстве своем неизвестные массовому читателю. Во второй собраны со-

чинения, раскрывающие философские основания его этической концепции и проекта «идеального общественного устройства».

«Я учился, творя», — писал Константин Эдуардович.

В.Гейзенберг. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. Пер. с нем. Ю.А.Данилова и А.А.Сазыкина. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 616 с. (Классики науки)

Собрание научных работ выдающегося физика-теоретика Вернера Гейзенберга (1901–1976) — плод многолетних усилий по отбору, переводу и редактированию его трудов. Среди проблем, в решении которых вклад Гейзенберга определяющий, — гидродинамическая устойчивость и турбулентность, строение атома и молекул, космические лучи, ферромагнетизм. Общеизвестен принципиальный вклад ученого в создание квантовой механики и в поиске путей к построению квантовой теории поля. Его интуиция и научная дерзость поражали даже тех, кто его хорошо знал, работая с ним бок о бок. Перо ученого коснулось и вопросов философского содержания физики («Физика и философия», «Революция в современной физике» и др.), а также собственного места в мире науки (духовная автобиография «Часть и целое»).

В издание включены статьи Гейзенберга по квантовой механике, квантовой теории поля, теории ферромагнетизма, турбулентности, ядра и космических ливней, что позволяет составить представление о его таланте и масштабах научной деятельности.

В работе над книгой активное участие принимал профессор Я.А.Сморodinский (1917–1992). По предварительной договоренности он должен был стать научным редактором. К сожалению, его безвременная кончина нарушила эти планы, и издание этой

интересной книги завершилось только сейчас.

РОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ ЭМИГРАЦИЯ: Двадцать портретов. Под ред. Г.М.Бонгарда-Левина и В.Е.Захарова. Сост.: А.В.Бялко, Н.В.Успенская. М.: Эдиториал УРСС, 2001, 368 с.

Наука отличается от некоторых других видов культурной деятельности (например, от литературы) тем, что она формулирует высказывания на универсальном языке и плохо признает государственные границы.

Русская эмиграция первого поколения дала много примеров выдающегося вклада наших эмигрантов в общественную жизнь Запада. В этой книге собраны истории жизни и творчества 20 самых ярких представителей российской науки, по разным обстоятельствам уехавших из России после революции 1917 г. Только один из них (В.В.Леонтьев) стал нобелевским лауреатом, но достижения остальных (например, создание телевидения В.К.Зворыкинским или изобретение вертолета И.И.Сикорским) безусловно того же уровня. Со многими из героев книги можно познакомиться на страницах нашего журнала за 2000–2001 гг.

Всем известно, сколь определяющую роль в советской науке сыграли такие ученые, как П.Л.Капица, Л.Д.Ландау, И.В.Курчатов, А.А.Несмеянов, С.П.Королев. Однако люди отнюдь не меньшего масштаба ушли в эмиграцию, став там признанными лидерами, основателями новых научных направлений. Они покинули свою страну из-за неприятия нового общественного порядка, страха перед репрессиями, из желания иметь нормальные условия для работы.

Набор персоналий далеко не полон и мог бы быть значительно увеличен. Авторы статей — известные российские ученые.

Иннокентий Михайлович Сибиряков

Б.А.Соловьева,
кандидат искусствоведения
Санкт-Петербург

В истории России было много людей, чьи дела на пользу Отечества давали основания утверждать, что их имена будут достоянием потомков. Но в большинстве своем они теперь забыты. Один из них — Иннокентий Михайлович Сибиряков, который, по словам его современника, «имеет полное право на зачисление в разряд выдающихся людей, память о которых должна сохраняться при смене поколений. Не будучи ни ученым, ни писателем или художником, не будучи даже просто энергичным промышленным или общественным деятелем, а лишь просвещенным благотворителем, Сибиряков по своим личным качествам и целям, которые преследовала его благотворительность, представляет редкого человека, выдающегося над обычным ординаром людей его материального положения» [1].

В этом году исполнилось сто лет со дня его смерти. Сейчас Иннокентия Михайловича вспоминают только в связи с Биологической лабораторией П.Ф.Лесгафта, созданной на его средства. Изредка имя Сибирякова упоминается в трудах, посвященных изучению Якутии. Но ни одной работы, дающей полное представление об этом человеке, нет.

Иннокентий Михайлович Сибиряков родился 30 октября



И.М.Сибиряков.

© Б.А.Соловьева

1860 г. в Иркутске. В их роду, одном из самых древних и влиятельных в Сибири, были и богатейшие промышленники, и первый городской голова Иркутска, и обедневшие купцы. Отец, Михаил Александрович, сначала значился в мещанах, но благодаря своей энергии, активной и удачливой предпринимательской деятельности стал купцом 1-й гильдии, совладельцем винокуренных заводов, богатых золотых приисков, Бодайбинской железной дороги и пароходства, потомственным почетным гражданином. Под конец жизни его состояние оценивалось более чем в 4 млн руб.; наследниками были три сына [2] и три дочери.

Иннокентий был младшим из сыновей. Он учился в Иркутской реальной прогимназии, в конце его обучения преобразованной в техническое училище. Продолжил образование в Петербурге, в частной гимназии Ф.Ф.Бычкова, которую окончил в 1880 г. В его аттестате зрелости записано: «...любопытность обнаруживал в занятиях историей и русской словесностью» [3].

После окончания гимназии Сибиряков поступил в Санкт-Петербургский университет на естественное отделение физико-математического факультета, но, не закончив первого курса, ушел по болезни. В 1884 г. вновь поступил в университет, но уже на юридический факультет, а через год перешел в вольнослушатели.

Интерес к истории и естествознанию связал Сибирякова с двумя исключительными людьми, сыгравшими самую большую роль в его жизни — во всяком случае до середины 1890-х годов, — с В.И.Семевским и П.Ф.Лесгафтом. Первый читал в университете курс по истории русского крестьянства. В самом начале 1886 г. Василий Иванович, убежденный народник, был отстранен от преподавания «за вредное направление» и много лет занимался со студентами у себя дома. Сибиряков слушал лекции Семевского в университете и дома, бывал у него на вечерах, встречался с ним на «четвергах» у Н.М.Ядринцева, извест-

ного сибирского публициста, общественного деятеля и ученого. Как писал Г.Н.Потанин, Иннокентий Михайлович «сделался поклонником Василия Ивановича до самой своей смерти» [4].

П.Ф.Лесгафт также помимо преподавания в университете читал лекции и проводил практические занятия у себя дома. Сибиряков в течение трех лет слушал курс анатомии человека, не пропустив ни одной лекции, присутствовал при вскрытиях, изучал ткани животных под микроскопом. Он даже оборудовал дома небольшой кабинет для работы. Кроме того, прослушал курс по истории педагогики. Своим образованием Сибиряков стремился расширить и во время путешествий по Европе.

Однако это не означало, что Иннокентий Михайлович готовился посвятить себя науке. Он не обладал ни каким-либо талантом, ни сильным характером, волей; не имел необходимости и даже способности трудиться. Но зато он был наделен иными, редкими — особенно в его среде — качествами: стремлением к добру, истине, совершенствованию и большой совестью. Обострению этих качеств, несомненно, способствовали идеи народничества, захватившие в то время общество и питавшие творчество многих поэтов и писателей. О симпатиях Сибирякова этим идеям говорит то, что все, с кем он был связан, кто был для него авторитетом, кому он помогал, кого издавал, — все в той или иной степени разделяли эти идеи или прямо их исповедовали. Для Иннокентия Михайловича стремление принести пользу народу и Отечеству стало главным в жизни, этому он отдал все свое огромное состояние.

Началом благотворительной деятельности Сибирякова была помощь учащимся, среди которых многие находились в бедственном положении. В 1884 г. было создано Общество содействия учащимся в С.-Петербурге сибирякам, и Иннокентий Михайлович вместе со своей сестрой Анной Михайловной стали его активными членами. Их существенная

поддержка, особенно в критические моменты, способствовала успешной работе Общества.

Большую помощь оказали Сибиряковы Высшим женским (Бестужевским) курсам в С.-Петербурге, существовавшим в основном на частные пожертвования. На строительство здания курсов Иннокентий Михайлович выделил 10 тыс. руб., и в речи на торжественном открытии профессор А.Н.Бекетов первым среди жертвователей назвал Сибирякова. В дальнейшем для общежития слушательниц был выстроен дом и куплен второй; для этих целей Анна Михайловна и Иннокентий Михайлович пожертвовали 74 тыс. руб.

Сибиряковы были почетными членами Общества для доставления средств Высшим женским курсам. В 1894 г. им поднесли адрес, покрытый сотнями подписей, в котором говорилось: «Все, до сих пор сделанное Обществом, могло быть исполнено только благодаря щедрой и непрерывавшейся помощи горячих ревнителей просвещения русской женщины. Во главе этих достойных вечной благодарности лиц стоите Вы, глубокоуважаемые Анна Михайловна и Иннокентий Михайлович» [5]. Комитет Общества постановил поместить в здании Курсов портреты А.Н.Бекетова, Ю.А.Воронцовой-Вельяминовой, А.М. и И.М.Сибиряковых.

Почетным членом этого Общества был и их брат Константин Михайлович. Он пожертвовал 10 тыс. руб. для бесплатного образования слушательниц. Из 30 существовавших на Бестужевских курсах стипендий десять были имени А.М., К.М., И.М.Сибиряковых и А.М.Кладищевой, их младшей сестры, умершей двадцатилетней. Стипендию ее имени в 1886 г. Иннокентий Михайлович учредил и в Томском университете.

Он же поддержал — и весьма существенно — создание единственного в России Женского медицинского института. Когда в 1887 г. Женские врачебные курсы в Петербурге были окончательно закрыты, он пожертвовал 50 тыс. руб. для организации института, который был открыт в 1897 г.

Помимо оказания помощи через общества Сибиряков имел большое число своих личных стипендиатов, которые получали образование в России и в Европе; известно, что в 1886 г. их было около 70. Человек очень скромный и застенчивый, Иннокентий Михайлович часто помогал анонимно.

Много внимания уделял Сибиряков изданию книг. Его интересовали прежде всего труды о Сибири, ее истории, о населяющих ее народах. Он собрал библиотеку из книг и периодических изданий, в которой имелись весьма редкие сочинения. Книги, которые он издал на свои средства, вряд ли увидели бы свет без его помощи: «Сибирская библиография» в трех томах В.И.Межова (1891—1892) и его же «Русская историческая библиография» за 1800—1854 гг. в трех томах (1892—1893), «Библиографический указатель <...> по вопросу о золотопромышленности Сибири» Д.М.Головачева (1890), «Сибирские инородцы, их быт и современное положение» Н.М.Ядринцева (1891) и его же «Сибирь как колония...» (1892), «Историческое обозрение Сибири» в двух томах П.А.Словцова (1886), «Верхоянский сборник. Якутские сказки, песни, загадки...», записанные И.А.Худяковым (1890); участвовал он и в издании сборника работ первого бурятского ученого Доржи Банзарова «Черная вера» (1891).

В 1886 г. Иннокентий Михайлович издал сборник стихотворений «Сибирские мотивы» в пользу семьи поэта и писателя И.В.Омулевского (Федорова), умершего в нищете. В том же году он купил у вдовы С.С.Шашкова, известного сибирского историка и общественного деятеля, его личную библиотеку и передал ее в дар Иркутской публичной библиотеке. Он приобрел права на сочинения Г.И.Успенского и Ф.М.Решетникова, благодаря чему были изданы первые дешевые собрания сочинений этих писателей. После смерти Успенского Сибиряков отказался от прав собственности в пользу наследников.

Ценил книгу, понимая на собственном опыте ее значение в развитии личности, Иннокентий Ми-



Минусинский музей.



Участники Сибиряковской экспедиции. 1894—1896 гг.

хайлович помогал библиотекам в различных городах Сибири: в Томске — 4 тыс. руб. (1886), Ишиме — 2 тыс. руб. (1887), Ачинске — 1 тыс. руб. (1887), Барнауле — 1 тыс. 800 руб. На его средства была устроена библиотека на Успенском золотом прииске, где находилось главное управление компании Сибиряковых, Базановых и Немчинова.

Поддерживал Иннокентий Михайлович и сибирские музеи. Осо-

бенно большую роль он сыграл в судьбе Минусинского музея, основанного в этом провинциальном городе в 1877 г. трудами удивительного человека — натуралиста, краеведа и провизора Н.М.Мартьянова. Сибиряков никогда не был в Минусинске, не знал Мартьянова лично, но с 1884 г. начал оказывать этому музею регулярную и весьма существенную помощь, что позволило превратить отдельные собранные



Св.-Андреевский скит на Афоне. В центре скита – собор, достроенный на средства И.М.Сибирякова.

Фото А.А.Кутаева, 1996 г.

предметы в систематически составленные коллекции. В 1885 г. Иннокентий Михайлович получил звание почетного члена Комитета Минусинского публичного музея и библиотеки. Когда начался сбор средств для строительства здания, он сделал самое крупное пожертвование — 9 тыс. руб.; библиотеке он подарил много дорогих книг, альбомов и две картины.

Обществу попечения о начальном образовании в Томске в 1891 г. Сибиряков передал 3 тыс. руб. на постройку здания для Музея прикладных знаний; такому же Обществу в Барнауле в 1894 г. — 5 тыс. руб. на устройство Народного дома. В Иркутске здание Музея Восточно-Сибирского отдела Русского географического общества, построенное в 1883 г. взамен сгоревшего во время небывалых пожаров 1879 г., скоро стало недостаточным для его коллекций, библиотеки и других нужд. Была сделана пристройка из двух залов. Средства на один из них дал Сибиряков (6 тыс. руб.).

Позднее, в 1890 г., в Иркутске сгорело деревянное здание теат-

ра, построенное на средства компаньонов-золотопрмышленников А.Я.Немчинова, М.А.Сибирякова и И.И.Базанова. Строительство нового каменного здания по проекту петербургского архитектора В.А.Шретера потребовало больших средств. Наиболее крупные пожертвования — по 30 тыс. руб. — сделали И.М.Сибиряков и Я.А.Немчинов.

В 1891 г. Иннокентий Михайлович стал членом-соревнователем Русского географического общества (членом Восточно-Сибирского отдела РГО был с 1889 г.). Он выделил из своих средств, в дополнение к государственным, 10 тыс. руб. на экспедицию в Сычуанскую провинцию Китая и на восточную окраину Тибета; в ней участвовали Г.Н. и А.В.Потанины, зоолог М.М.Березовский и геолог В.А.Обручев. В «Истории полувекковой деятельности Императорского Русского географического общества. 1845—1895» П.П.Семенова-Тян-Шанского это пожертвование отмечено как крупнейшее за последнее десятилетие деятельности РГО.

Но не только нужды и проблемы, связанные с образованием, литературой и наукой, тревожили Сибирякова, вызывали его душевный и действенный отклик. По его инициативе было проведено первое в России крупное исследование положения рабочих на золотых приисках. Он предложил своему учителю В.И.Семевскому заняться этим вопросом, и тот, ознакомившись с архивами и литературой в Петербурге, в 1891 г. отправился на средства Сибирякова в большое путешествие по Сибири. За шесть с половиной месяцев Семевский проехал от Томска до Бодайбо, изучил архивы, осмотрел прииски и заводы, спускался в шахты. Результатом стал двухтомный труд «Рабочие на сибирских золотых промыслах», изданный Сибиряковым в 1898 г.; за этот труд Семевский получил Самаринскую премию. Но этим Иннокентий Михайлович не ограничился: он пожертвовал капитал в 420 тыс. руб. имени своего отца М.А.Сибирякова для выдачи пособий рабочим, получившим увечья на приисках Якутской области,

и семьям, потерявшим кормильцев на золотых промыслах. Положение о капитале было утверждено в 1894 г.

Помогал Сибиряков и местным крестьянам, и переселенцам. Когда неурожай 1891 г. вызвал голод в центральных областях России, он выделил для Нижегородской губернии средства, на которые было закуплено полторы тысячи пудов хлеба. Этот хлеб поступил в распоряжение В.Г.Короленко, занимавшегося организацией столовых в самом бедствующем уезде — Лукояновском; кроме того, Сибиряков выслал Короленко около 1 тыс. руб. на устройство столовых и покупку лошадей.

Неурожай и голод во внутренних губерниях России значительно увеличили поток переселенцев в Сибирь. Административная помощь в пути и при устройстве на местах всегда была налажена плохо. Для содействия правительству в этом вопросе в Петербурге в 1890 г. было создано Общество для вспомоществования нуждающимся переселенцам. В числе его учредителей были И.М. и К.М. Сибиряковы, в числе почетных членов — А.М. Сибирякова.

1892-й год принес настоящее бедствие. Переселенцы, число которых выросло почти до 100 тыс., страдали от голода, тифа, дизентерии, холеры. Катастрофически не хватало медикаментов, еды, барачников для размещения людей. В Тюмени, главном пункте переселенческого движения, умерло около тысячи человек. Для помощи переселенцам из Петербурга был отправлен отряд студентов-медиков под руководством Н.М. Ядринцева, снаряженный на средства И.М. Сибирякова. Он финансировал и небольшой медицинский отряд, работавший в Казанской губернии. На пожертвования Анны Михайловны и Иннокентия Михайловича в Тобольской губернии соорудились бараки и больницы, устраивались хлебопекарни и столовые. К.М. Сибиряков издал на свои средства научно-художественный сборник «Путь-дорога», доход от продажи которого пошел на покупку земли для переселенцев.

В своей широкой благотворительной деятельности Иннокентий Михайлович не только поддерживал существовавшие учебные заведения, библиотеки, музеи, но и сам был зачинателем ряда важных дел. По предложению и на средства И.М. Сибирякова была организована экспедиция с целью изучения народов, населяющих Якутию. Ее участниками в 1894—1896 гг. был собран богатый материал по антропологии и языку, экономике и общественному строю, материальной и духовной культуре якутов, а также чукчей, юкагиров, эвенков (тунгусов), эвенов (ламатов), русских. По своим масштабам эта экспедиция, получившая название Сибиряковской, стала выдающимся явлением в этнографическом изучении Якутии — но с печальным финалом. Собранные материалы предполагалось издать в 13 томах, на что требовалось 28 тыс. руб. Однако Иннокентий Михайлович уже не мог этим заниматься. Отдельные работы были изданы Восточно-Сибирским отделом РГО, некоторые напечатаны в различных изданиях, но большая их часть, не утратившая своего значения, до сих пор ждет публикации.

Прежде чем рассказать еще об одной — и очень плодотворной — инициативе Сибирякова, необходимо дать представление о том, в каком положении находился Иннокентий Михайлович, благотворительность которого была широко известна. Он ежедневно получал огромные кипы писем с просьбами о материальной помощи, с такими же просьбами к нему приходили толпы людей — иногда до 400 человек в день. Мягкий, добрый и отзывчивый, он стремился помочь всем, но при этом часто сталкивался с алчностью, корыстью, обманом. Душу его отравляло сознание, что почти все, за редким исключением, смотрят на него как на золотой мешок, ценят в нем богатство, а не личность.

Вот в таком состоянии — измученный своим положением, потерявший доверие к людям — Сибиряков встретился с Лесгафтом. И здесь, на его лекциях, Иннокентий Михайлович, может быть,



Схимонах Иннокентий.

«впервые почувствовал себя равным с другими, почувствовал, что ему, как и каждому другому слушателю, здесь хотят “дать”, но ничего не хотят от него “взять”» [6].

Лекции Лесгафт читал, как мы знаем, и в своей маленькой квартирке, которая была заполнена множеством препаратов и книг. Иннокентий Михайлович, который «прильнул всей душой к Петру Францевичу, поверил ему» [6; С.258], захотел дать своему учителю возможность улучшить условия жизни, развернуть должным образом работу с учениками, расширить научную деятельность. В 1893 г. Сибиряков передал Лесгафту 200 тыс. руб. и подарил принадлежавший ему дом стоимостью в 150 тыс. руб. Благодаря этому ученый смог создать Биологическую лабораторию с великолепно оборудованным музеем и печатным органом; домашние курсы были преобразованы в «Курсы слушательниц и руководительниц физического образования», из которых впоследствии выросла Академия физической культуры им. П.Ф. Лесгафта.

Петр Францевич высоко ценил то, что он обрел благодаря пожертвованию Сибирякова, и не раз говорил: «Редко кто находится в таких счастливых условиях, как я; у меня под руками такой богатый музей, равному которому нет; у меня есть все, что я могу только пожелать для работы» [6; С.261—262].

Но самому Иннокентию Михайловичу благотворительность не принесла настоящего удовлетворения. Он не мог не видеть, что даже самые щедрые пожертвования — это лишь «малая капля и ничуть не содействуют хотя бы частичному разрешению великого мирового вопроса об имущественном неравенстве. Есть основания думать, что вопрос этот сильно беспокоил Иннокентия Михайловича и он не мог найти выхода из тяжелого положения», — писал А.М.Головачев [1; С.1].

Спасение Иннокентий Михайлович надеялся найти в религии. Как вспоминал Лесгафт, Сибиряков писал ему, «что жизнь человека должна состоять только в стремлении к личному его со-

вершенствованию и образованию; научный путь к этому не всем доступен, и поэтому он избирает путь веры и надеется найти удовлетворение в религии» [7].

Иннокентий Михайлович стал часто беседовать с монахами и монашками, уклоняясь от общения с прежними друзьями. В 1894 г. он пожертвовал около 150 тыс. руб. Угличскому Богоявленскому женскому монастырю и 25 тыс. руб. на основание монастыря на крайнем востоке Сибири. Первое пожертвование привело к тому, что некоторые заинтересованные в капиталах лица возбудили дело о назначении над Сибиряковым опеки как над расточителем и ненормальным человеком. Сибиряков был признан

нормальным, но две процедуры освидетельствования тяжело подействовали на него. Он еще больше погрузился в религию, переселился в петербургское афонское подворье, а в 1896 г. уехал на Афон.

Там Иннокентий Михайлович поступил в Св.-Андреевский скит, принял монашество и посвящение в схиму. На его средства (500 тыс. руб.) был достроен заложенный еще в 1867 г. собор во имя святого апостола Андрея Первозванного, самый величественный на Афоне. Кроме того, он выстроил в скиту две церкви, больницу и небольшое здание для себя, тоже с церковью. Скончался Сибиряков 6 ноября 1901 г. в возрасте 41 года. ■

Литература

1. Головачев А. Иннокентий Михайлович Сибиряков // Сиб. жизнь, Илл. прилож. к №115. 1903. С.1.
2. Соловьева Б.А. Александр Михайлович Сибиряков // Природа. 2000. №9. С.92—96.
3. ЦГИА СПб. Ф.171. Оп.1. Д.5. Л.47.
4. Потанин Г. Памяти Василия Ивановича Семевского // Голос минувшего. 1917. №1. С.224.
5. Общество для доставления средств Высшим женским курсам: Отчет за 1893—1894 гг. СПб., 1895. С.18—19.
6. Познер С. Из воспоминаний о Петре Францевиче Лесгафте // Памяти Петра Францевича Лесгафта. СПб., 1912. С.257.
7. Лесгафт П. Иннокентий Михайлович Сибиряков. Некролог // Изв. С.-Петербург. биол. лаб. СПб., 1901. Т.5. Вып.3. С.11.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

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
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное и
книготорговое объединение
«Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 17.09.2001
Формат 60×88 1/8

Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 2559

Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6

Налоговая льгота — общероссийский
классификатор продукции ОК-005-
93, том 2; 952000 — журналы