

ПРИРОДА

2000 7



Главный редактор академик **А.Ф.АНДРЕЕВ**

Первый заместитель главного редактора
доктор физико-математических наук **А.В.БЯЛКО**

Заместители главного редактора:
доктор физико-математических наук **А.А.КОМАР** (физика),
доктор биологических наук **А.К.СКВОРЦОВ** (биология),
доктор геолого-минералогических наук **А.А.ЯРОШЕВСКИЙ** (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доктор геолого-минералогических наук **С.В.АПЛОНОВ** (геофизика),
О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), доктор геолого-
минералогических наук **А.Т.БАЗИЛЕВСКИЙ** (планетология), доктор геолого-
минералогических наук **И.А.БАСОВ** (геология), кандидат химических наук
Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), кандидат технических
наук **В.П.БОРИСОВ** (история науки), член-корреспондент РАН
В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), доктор физико-математических наук
А.Н.ВАСИЛЬЕВ (физика), доктор географических наук **А.А.ВЕЛИЧКО**
(география), академик **М.Е.ВИНОГРАДОВ** (биоокеанология), академик РАН
А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), член-корреспондент РАН **С.С.ГЕРШТЕЙН**
(физика), доктор биологических наук **А.М.ГИЛЯРОВ** (экология), академик
Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), кандидат физико-математических наук
Ю.К.ДЖИКАЕВ (ответственный секретарь), академик **Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ**
(почвоведение), академик **А.М.ДЫХНЕ** (физика), академик **Г.А.ЗАВАРЗИН**
(микробиология), академик **Ю.А.ЗОЛОТОВ** (химия), **М.Ю.ЗУБРЕВА** (редактор
отдела географии и океанологии), академик РАН **В.И.ИВАНОВ** (генетика),
академик **В.Т.ИВАНОВ** (биоорганическая химия), академик **В.А.КАБАНОВ**
(химия), доктор физико-математических наук **М.В.КОВАЛЬЧУК** (физика),
Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик
Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент РАН **В.В.МАЛАХОВ** (зоология),
доктор биологических наук **К.Н.НЕСИС** (биология), член-корреспондент РАН
Л.В.РОЗЕНШТРАУХ (физиология), **Н.Е.РУБИНИН** (история науки), член-
корреспондент РАН **А.Н.САХАРОВ** (история), академик **В.П.СКУЛАЧЕВ**
(биохимия), кандидат физико-математических наук **К.Л.СОРОКИНА** (редактор
отдела физики и математики), член-корреспондент РАН **Н.П.ТАРАСОВА**
(физическая химия), **Н.В.УЛЬЯНОВА** (редактор отдела геологии, геофизики и
геохимии), **Н.В.УСПЕНСКАЯ** (редактор отдела истории естествознания и
публицистики), академик **Л.Д.ФАДДЕЕВ** (математика), член-корреспондент РАН
М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук **С.Э.ШНОЛЬ**
(биофизика), **О.И.ШУТОВА** (редактор отдела охраны природы), член-
корреспондент РАН **А.М.ЧЕРЕПАШУК** (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ.

Фрагмент картины К.Брюллова «Последний день Помпеи».

См. в номере: **Никонов А.А.** «Последний день Помпеи» и последние дни Помпей.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ.

Ледник Де лос Трес в Аргентине. Вдали гора Фицрой,
на переднем плане — оз.Лагуна де лос Трес.

См. в номере: **Поповнин В.В.** Ледники Патагоний.

Фото автора



В НОМЕРЕ:

3 Залетаев Д.В.

Двадцать вторая хромосома прочитана. Что дальше?

5 Селезнев В.Д., Мелких А.В., Александров О.Е., Косов В.Н.

Аномальная неустойчивость при смешении газов в вертикальном канале

Гравитационная конвекция в смеси двух газов возможна только тогда, когда более тяжелый компонент находится сверху. В трехкомпонентной системе такая конвекция может возникнуть даже при обратном распределении плотности.

13 Бейер Т.В.

Клетка в клетке, или «Бомба» замедленного действия

Нередко при снижении иммунной защиты человек страдает от условно-патогенных инфекций (а при СПИДе — даже умирает), возбудители которых могут паразитировать в его клетках, никак не проявляя себя. И только иммунодефицитное состояние хозяина способствует активному развитию ранее спящего паразита.

20 Сурдин В.Г.

Каталог экзопланет

22 Чвалун С.Н.

Полимерные нанокompозиты

Способы получения этих материалов, обладающих многими уникальными свойствами, еще продолжают совершенствоваться, однако уже ясно, что нанокompозиты могут применяться для самых разных целей. Современная же надмолекулярная химия создает еще более совершенные композиты — молекулярные.

Заметки и наблюдения

31 Несис К.Н.

Правая и левая любовь улиток

Тимофеев С.Ф.

Щетинкочелюстные без головы (33)

35 Аплонов С.В., Келлер М.Б., Лебедев Б.А.

Сколько нефти осталось в российских недрах?

Прогнозные ресурсы нефти и газа в России еще очень велики. Однако основная часть этих полезных ископаемых заключена в нетрадиционных резервуарах, которые достаточно трудно искать и разрабатывать.

Связь времен

43 Никонов А.А.

«Последний день Помпеи» и последние дни Помпей

В год празднования 200-летия Карла Брюллова пора поразмыслить о соотношении изображенной им природной катастрофы с действительными геологическими событиями.

Вести из экспедиций

51 Поповнин В.В.

Ледники Патагонии

Возвращение

61 Анникин А.В.

Василий Леонтьев, или Экономика на шахматной доске

Нобелевский лауреат, американец Василий Леонтьев пытался понять, какую экономику мы хотим построить на руинах коммунизма. Порой ему казалось, что мы намерены двигаться к капитализму, которого уже нет на Западе...

71 Жеребцов И.Л.

Тысячелетие народа коми: время, климат, человек

Новости науки

76

№7 Каллисто: новый взгляд (76). — «Lunar Prospector» прекратил свое существование (77). — Поступление метана в атмосферу замедлилось (77). — 50 лет Школьной биологической олимпиаде МГУ. Виноградов Г.М. (77). — Передача информации по растению (78). — Право видеть (79). — Мертвая зона в Мексиканском заливе (79). — Роль суперплюмов в глобальной тектонике (80). — Газогидраты и конец ледникового периода (80). — Химический бюджет океана (81). — Эффективность сейсмостойкости в Кыргызстане под угрозой (81). — Каменные «пузыри» поднимаются со дна (82). — «Божья гора» не успокаивается (82). — Сокращение объема гидрологического наблюдений (83). — Многолетние метеонаблюдения на северо-западе России. Померанец К.С. (84). — Как поведут себя циклоны? (84). — Динозавр не предок птиц: новые свидетельства (84). — Палеолит в среднем плейстоцене Англии (85). — В канадском леднике найдена мумия индейца-охотника (85).
Коротко (12).

Рецензии

86 Мальков В.Л.

Атомный проект СССР языком документов

Новые книги

90

Встречи с забытым

93 Баскина В.А.

Первая женщина в Геологическом комитете России

CONTENS:

3 Zaletaev D.V.
22nd Chromosome Has Been Read. What's Next?

5 Seleznev V.D., Melkikh A.V., Aleksandrov O.E., and Kosov V.N.
Anomalous Instability during Mixing of Gases in a Vertical Channel
Gravitational convection in a mixture of two gases is possible only when the heavier component is above. In a three-component system, such convection can be initiated even when the density distribution is inverse.

13 Beyer T.V.
A Cell within a Cell, or a Time «Bomb»
Obviously, immunocompromised humans may suffer from opportunistic infections and many AID-patients even die. Normally the agents of these infections may survive within a host cells without manifesting themselves. And only the host immunodeficiency may trigger the severe proliferation of the previously sleeping intracellular parasite.

20 Surdin V.G.
Catalog of Exoplanets

22 Chvalun S.N.
Polymeric Nanocomposites
The methods for obtaining these materials, which have many unique properties, continue to be improved, but is already clear that nanocomposites can be used for a wide range of purposes. The modern supramolecular chemistry creates even more perfect materials: molecular composites.

Notes and Observations

31 Nesis K.N.
Right and Left Love of Snails
Timofeev S.F.
Arrow-Worms without Heads (33)

35 Aponov S.V., Keller M.B., and Lebedev B.A.
How Much Oil Is Left in Russian Deposits?
The predicted oil and gas resources in Russia are still very large. Most of them, however, are enclosed in unconventional reservoirs, which are fairly difficult to explore and develop.

43 Nikonov A.A.
«The Last Day of Pompeii» and the Last Days of Pompeii
In the year marking the 200th anniversary of the birth of Karl Bryullov, it is quite appropriate to think over the relationship between the natural disaster that he depicted in his painting and the real geological events.

News from Expeditions

51 Popovnin V.V.
The Glaciers of Patagonia

Comeback

61 Anikin A.V.
Wassily Leontief, or Economics on a Chessboard
Wassily Leontief, Nobel Prize winner from the USA, was trying to understand what kind of economy we want to build on the ruins of communism. Occasionally, it seemed to him that we intend to move toward capitalism, which has long been nonexistent in the West.

71 Zherebtsov I.L.
The Millennium of the Komi People: Time, Climate, and Man

Science News

76
 Nb Callisto: A New View — (76). — «Lunar Prospector» Has Ceased to Exist (77). — Methane Emissions into the Atmosphere Has Slowed down (77). — 50 Years of the Schoolchildren's Biology Olympiad at Moscow State University. Vinogradov G.M. (77). — Transmission of Information through a Plant (78). — The Right to See (79). — A Dead Zone in the Gulf of Mexico (79). — The Role of Superplumes in Global Tectonics (80). — Gas Hydrates and the End of the Glaciation Period (80). — The Chemical Budget of the Ocean (81). — The Efficiency of the Seismic Network in Kyrgyzstane Is under Threat (81). — Stone Bubbles Rising from the Bottom (82). — No Peace on God's Mountain (82). — A Drop in the Number of Hydrological Observations (83). — Many Years of Meteorological Observations in Northwestern Russia. Pomeranets K.S. (84). — How Will Cyclones Behave? (84). — The Dinosaur Is not an Ancestor of Birds: New Evidence (84). — The Paleolith in the Middle Pleistocene of England (85). — A Mummy of a Red Indian Hunter Found in a Canadian Glacier (85).
 In Brief (12)

Book Reviews

86 Malkov V.L.
The USSR Nuclear Project in Documents

New Books

90
Encounters with the Forgotten
93 Baskina V.A.
The First Woman in the Russian Geological Committee

Двадцать вторая хромосома прочитана. Что дальше?

Д.В.Залетаев,

доктор биологических наук

Медико-генетический научный центр РАМН

Одна из задач международной программы «Геном человека» — определить последовательность 3.3×10^9 нуклеотидов ДНК всего генома человека, представленного 22 аутосомами и двумя половыми хромосомами: X и Y. Программа должна завершиться к 2005 г., хотя предполагается, что сроки будут сокращены на два года. Методический аспект проблемы отлично отработан и сегодня представляет собой заводскую технологию — дорогостоящую, очень тонкую, но технологию. То, что же мы получим в результате решения этой задачи, можно продемонстрировать на примере хромосомы 22, у которой полностью расшифрована вся нуклеотидная последовательность¹.

Это самая маленькая хромосома, составляющая 1.6–1.8% всего генома человека. Несмотря на свои небольшие размеры, ее патология установлена при некоторых генетических и онкологических заболеваниях. Так, трисомия хромосомы 22 вызывает синдром «кошачьего глаза» (колобома радужной оболочки), атрезию ануса, другие пороки развития и умственную

отсталость. Выпадение (делеция) района длинного плеча 22q11.2 приводит либо к синдрому Ди Джорджи, который сопровождается аплазией тимуса, пороками сердца и аномалиями развития, несовместимыми с жизнью; либо, если делеция меньших размеров, к вело-кардио-фациальному синдрому с характерными пороками сердца и крупных сосудов. При лейкозах и лимфомах выявлены анеусомии — трисомии и моносомии, обмена участками (транслокации) различных хромосом и хромосомы 22. Самый известный пример — филадельфийская хромосома, образованная в результате транслокации хромосом 9 и 22. В солидных опухолях достаточно часто обнаруживают различные транслокации с вовлечением хромосомы 22.

В результате проделанной работы удалось определить последовательность 33 464 тыс. пар нуклеотидов (п.н.). Это не полная последовательность, а только 97%, так как 11 фрагментов ДНК прочитать не удалось. Качество секвенирования достаточно высокое и предполагает в среднем наличие только одного ошибочно определенно нуклеотида на протяжении более 50 тыс. нуклеотидов.

Каково же содержание этих

33.5 млн пар нуклеотидов? С помощью компьютерных программ, которые могут предсказывать кодирующие последовательности генов, мотивы и районы, характерные для генов и их белковых продуктов (правда, с некоторыми ошибками), предположительно определено 679 генов. Среди них 247 известных генов; 150 гомологичных уже клонированным генам человека и других организмов; 148 содержащих клонированные ранее фрагменты, называемые экспрессирующимися секвенированными районами; 134 псевдогена, т.е. по нуклеотидной последовательности похожих на ген, но не кодирующих белок, так как имеют поврежденную стоп-кодонами открытую рамку считывания.

Все эти генные последовательности вместе с внутригенными некодирующими районами (интронами) составляют всего 13 млн п.н., или 39% всей хромосомы. Среди известных генов удалось определить несколько генных семейств, представленных как генами, так и псевдогенами: иммуноглобулины, глутатион-S-трансферазы, форболины, BCR-подобные гены, аполипептопротеины, γ -глутамилтрансферазы и β -кристаллины. Средний размер гена — 19.2 тыс. п.н., хотя самый маленький состоит лишь из

¹Dunham I., Shimizu N., Roe B.A. et al. // Nature. 1999. V.402. P.489–495.

1 тыс. п.н, а самый большой — из 583 тыс. п.н. Несколько генов представлены только одним экзоном — кодирующей областью гена, а один имеет 54 экзона. Величина экзонов варьирует от 8 до 7.6 тыс. п.н. Установлено, что два известных гена локализованы в протяженных интронах двух других генов. Предсказано всего 482 белковые последовательности с функционально важными районами (доменами), т.е. это скорее всего белки с определенной функцией.

На долю псевдогенов приходится всего 204 тыс. п.н. (19% всей хромосомы), причем большинство — это проциссированные псевдогены, т.е. у них отсутствуют интроны. Установлено, что псевдогены в основном относятся к семействам иммуноглобулинов, кристаллинов, цитохромов и др. Произошли такие семейства в результате внутрихромосомных удвоений (дупликаций) и достаточно равномерно распределены по хромосоме. Обнаружен только один кластер, состоящий из 26 псевдогенов рядом с центромерной областью хромосомы.

Однако математическая обработка полученных данных показала, что определены не все гены и псевдогены. Видимо, в хромосоме 22 имеется еще около 300 генов, не обнаруженных компьютерными программами.

В то же время некодирующие последовательности, которые повторяются часто или редко, составляют 41.9% хромосомы. Среди часто встречающихся последовательностей основное место занимают так называемые Alu-повторы, которые обычно располагаются в участках, обедненных цитозином и гуанином. Но в хромосоме 22 Alu-повторы формируют блоки в районе центромеры и почти в центре длинного плеча. В распределении низкокопийных рассеянных повторов в 22 хромосоме ничего необычного не обнаружено.

Итак, помимо почти полной нуклеотидной последовательности ДНК хромосомы 22 известна и предположительная локализация генов, псевдогенов и повторяющихся последовательностей. Эта достаточно ценная информация (она представлена в Интернете: сайты [http://www/sanger.ac.uk/HGP/Chr22](http://www.sanger.ac.uk/HGP/Chr22) и <http://www.genome.ou.edu/Chr22.html>) необходима молекулярным биологам, которые занимаются картированием и клонированием генов, в том числе и ответственных за наследственные заболевания человека. По-своему, это большое достижение, равнозначное детальной физической географической карте для мореплавателя, геолога, путешественника, военного и др. Безусловно, знание нуклеотидной последовательности всех хромосом равноценно созданию глобуса и облегчит работу в области биомедицины. Однако не все так просто. Можно расшифровать нуклеотидную последовательность конкретного гена, его экзон-интронную структуру и даже определить в нем мутации, которые вызывают то или иное заболевание. Но основная задача — понять закономерности работы этого гена, его роль в геноме человека и взаимосвязи с другими генами — дело ближайшего будущего.

Молекулярно-генетические исследования последних лет показывают, что один ген не всегда определяет один признак. Молекулярная патология нескольких генов фенотипически может выражаться как одно заболевание. Обусловлено это не генетической гетерогенностью заболевания, а тем, что гены взаимосвязаны, регулируют экспрессию друг друга и определяют некий порядок биохимических реакций. Мутация любого из них приводит к фенотипически однотипной патологии. В то же время изменения одного гена могут давать фенотипически разные проявления, так как мутации в различных его районах приводят к аномальным белкам и, со-

ответственно, к сбою в биохимических цепочках.

В последнее время показано, что экспрессия гена регулируется на разных уровнях. Отсутствие белкового продукта не всегда обусловлено мутацией. Ген может выключаться в результате аномального метилирования его промоторной области, без структурной мутации. Механизмы метилирования в настоящее время только начинают изучать. Ген отказывается работать, если изменена структура хроматина в месте его локализации. Показано, что компактизация хроматина, или гетерохроматинизация, или определенное состояние хроматина инактивирует все гены, расположенные в нем. Изучение закономерностей и молекулярных механизмов конденсации—деконденсации хроматина находится на начальных этапах.

Экспрессия гена может регулироваться и на уровне РНК. Хорошо известно, что один и тот же ген в разных тканях организма кодирует различные по величине белки. Однако механизмы регуляции этого процесса не всегда ясны. В последнее время установлено, что некоторые гены транскрибируются, т.е. дают мРНК, но она не транслируется в белок. Возможно, эти мРНК играют регуляторную роль. Установлено также, что некоторые гены считаются не только со смысловой цепи ДНК, но и с антисмысловой цепи. В этом случае образуются антисмысловые мРНК, которые не транслируются, а скорее всего выполняют неизвестные пока регуляторные функции.

Таким образом, информация о нуклеотидной последовательности какой-либо хромосомы достаточно важна и полезна, но она не отвечает на вопросы о закономерностях работы генома того или иного организма. Изучить эти механизмы в норме и при патологии — задача ближайших десятилетий, которую призвана решать функциональная геномика. ■



Аномальная неустойчивость при смешении газов в вертикальном канале

В.Д.Селезнев, А.В.Мелких, О.Е.Александров, В.Н.Косов

Если в сосуде разместить две жидкости (или два газа) так, что более плотная среда будет находиться сверху, то в такой системе механическое равновесие, как правило будет неустойчивым. В ней может возникнуть гравитационная конвекция, при которой тяжелая жидкость будет опускаться, а более легкая — подниматься. Причины такого поведения легко понять: для капли тяжелой жидкости, находящейся в менее плотной среде, выталкивающая сила Архимеда меньше силы тяжести. В результате капля будет опускаться вниз. После того как менее плотная жидкость займет верхнее положение, в системе установится уже устойчивое механическое равновесие.

Трехкомпонентные смеси спутывают карты

Однако в опытах по смешению *трехкомпонентной* смеси газов было обнаружено явление, противоречащее привычным представлениям¹. Авторы измеряли скорости



Владимир Дмитриевич Селезнев, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой молекулярной физики Уральского государственного технического университета. Область научных интересов — неравновесная статистическая термодинамика, процессы взаимодействия на границе газ—твердое тело.



Алексей Вениаминович Мелких, кандидат физико-математических наук, доцент той же кафедры. Занимается проблемами неустойчивости процессов переноса в различных средах.



Олег Евгеньевич Александров, кандидат физико-математических наук, доцент той же кафедры. Занимается механикой сплошных сред и взаимодействием газа с поверхностью.



Владимир Николаевич Косов, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики Алма-Атинского государственного университета (Казахстан). Область научных интересов — диффузия в многокомпонентных смесях, диффузионная неустойчивость.

© В.Д.Селезнев, А.В.Мелких, О.Е.Александров, В.Н.Косов

¹ Miller L., Mason E.A. // Phys. Fluids. 1966. V.9. №4. P.711—721; Miller L., Spurling T.H., Mason E.A. // Ibid. 1967. V.10. №8. P.1806—1811; Ивакин Б.А., Суетин П.Е., Харин Г.С. // Тр. УПИ. 1969. №172. С.154—156.

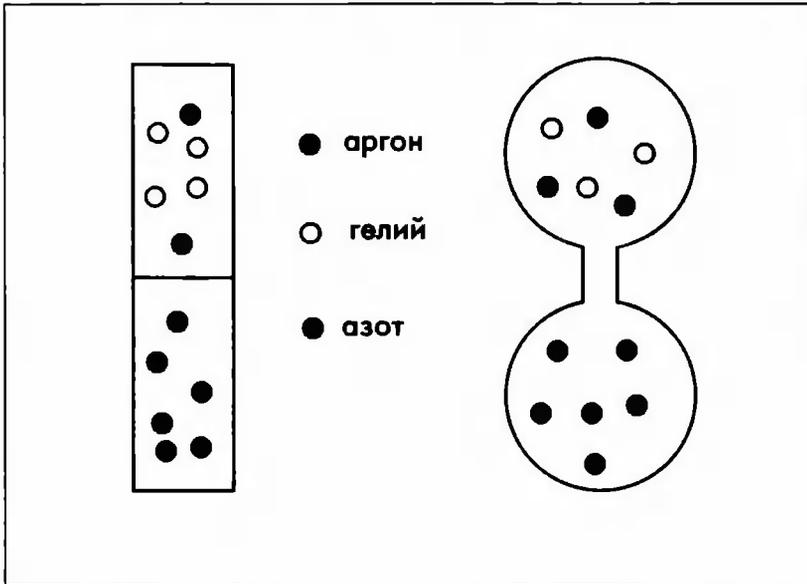


Рис.1. Трубка Лешмидта и система колб, соединенных капилляром.

диффузионного выравнивания концентраций в вертикальной цилиндрической трубке с расположенной в центре диафрагмой, которая разделяет смешиваемые компоненты до начала диффузии (трубка Лешмидта, рис.1).

Чтобы избежать гравитационной конвекции, верхнюю часть трубки заполняли самым легким газом, нижнюю — газом средней плотности, а самый тяжелый компонент равномерно распределяли по всей системе. После того как диафрагму раздвигали, газы из верхней и нижней частей трубки начинали смешиваться. Именно в этих условиях, устойчивых по градиенту плотности, было зафиксировано возникновение конвекции.

Срыв диффузионного режима смешения заметили по неожиданному возникновению колебаний температуры газа. Последующая визуализация массопереноса² в анало-

гичных условиях позволила зафиксировать конвективные потоки. В ходе дальнейшего изучения выяснилось:

- аномальная неустойчивость возникает только при наличии третьего компонента, в бинарных смесях эффект отсутствует;

- для срыва механического равновесия необходимо, чтобы в верхней части трубки присутствовал тяжелый компонент;

- наиболее ярко эффект проявляется в смесях с большими различиями в значениях коэффициентов диффузии и молекулярных масс компонентов.

При интерпретации обнаруженных закономерностей перед исследователями встали вопросы: каким образом возникает механическое движение при устойчивой стратификации плотности? Какие параметры определяют условие возникновения аномальной конвекции? Как протекает возникшее конвективное движение?

Рассмотрим более подробно эти и другие вопросы, связанные с наблюдаемой ано-

мальной неустойчивостью трехкомпонентных газовых смесей. Для начала разберем причины возникновения традиционной гравитационной конвекции. Представим себе ситуацию, когда тяжелый газ находится сверху, а граница раздела — плоская и горизонтальная (рис.2а). Случайные гидродинамические возмущения могут привести к искажению плоской границы и появлению выступа, скажем, полусферического, радиуса r , заполненного тяжелым газом. С одной стороны, это возмущение должно рассасываться за счет поперечной диффузии, а с другой стороны — расти. Действительно, из-за нарушения равенства сил Архимеда и тяжести может начаться формирование полной «капли», которая затем будет падать вниз со скоростью, определяемой вязкостью среды. Какая из двух конкурирующих тенденций победит — покажет сравнение характерных времен указанных процессов.

Время диффузионного рассасывания τ_D капли с характерным размером r легко оценить, считая молекулы тяжелого газа броуновскими частицами. Среднее время, которое требуется им для смещения на расстояние r ,

$$\tau_D = r^2/2D \quad (1)$$

(D — коэффициент диффузии броуновской частицы), и дает искомую оценку.

Чтобы найти характерное время организации тяжелой капли и ее смещения на расстояние r , будем полагать, что начальное механическое равновесие смеси характеризуется градиентом плотности dp_0/dz . Тогда при гидродинамическом возмущении, подобном волнам на поверхности жидкости, состав образующейся капли соответствует невозмущенному уровню $z = 0$, и плотность капли равна $\rho_1 = \rho_0(z = 0)$. Средняя же плот-

² Трубку со смесью освещали светом, на пути луча за трубкой ставили нож и наблюдали за его тенью на экране — тень размывалась из-за неоднородного преломления в среде с конвекцией.

ность окружающей каплю среды иная: $\rho_2 = \rho_0(z = -r)$ (рис.2б).

Сформировавшись, капля отрывается и далее движется равномерно под действием сил Архимеда, тяжести и трения. Из условия уравновешивания этих сил следует:

$$(\rho_1 - \rho_2)gV = 6\pi\eta ru, \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения, V — объем капли, η — вязкость, u — скорость движения капли.

Учитывая малое различие в величинах ρ_1 и ρ_2 , их разность можно выразить через градиент невозмущенной плотности

$$\rho_1 - \rho_2 = r(d\rho_0/dz). \quad (3)$$

Тогда из (2) и (3) найдем характерное время смещения капли на величину ее радиуса

$$\tau_n = r/u = \frac{6\pi\eta r}{gV(d\rho_0/dz)}. \quad (4)$$

Формирование капли и последующее ее движение будет возможным, если за время перемещения на расстояние r она не успеет рассосаться благодаря диффузии, т.е. если $\tau_D \gg \tau_n$, или

$$\tau_D/\tau_n = \frac{gr^4(d\rho_0/dz)}{9\eta D} \gg 1. \quad (5)$$

Более строгое решение методами линейной теории возмущений показывает, что в рассматриваемой задаче поведение системы действительно характеризуется безразмерным параметром (5) — известным числом Релля $R = (gr^4 d\rho_0/dz)/\eta D$. Если устойчивое механическое равновесие срывается, значит, это число превышает некоторое критическое (положительное) значение $R_{кр}$. Для бесконечного плоского вертикального канала $R_{кр} = \pi^4$, для бесконечного цилиндрического — $R_{кр} = 68$.

Таким образом, для появления неустойчивости необхо-

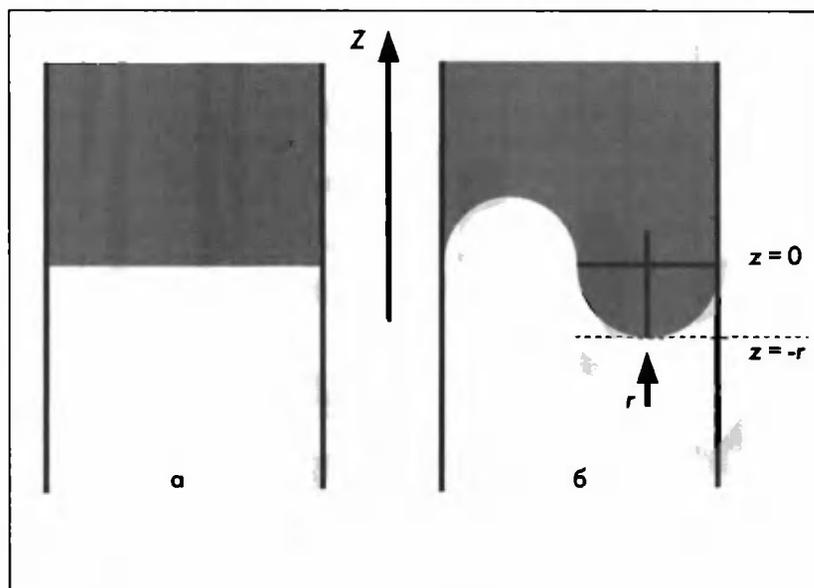


Рис.2. Образование капли в бинарной системе.

димо не только, чтобы плотность вверху была больше, чем внизу, т.е. производная $d\rho_0/dz$ была положительна, но и чтобы эта производная была достаточно велика:

$$d\rho_0/dz > \eta DR_{кр}/gr^4. \quad (6)$$

Парадоксальность опытов с трехкомпонентными смесями состоит в том, что неустойчивость возникает не только при нарушении последнего условия, но даже и при отрицательных значениях производных плотности по высоте ($d\rho_0/dz < 0$).

Все новые загадки

В начале 80-х аномальной неустойчивостью заинтересовалась группа исследователей под руководством Ю.И.Жаврина³. Измерялась скорость смещения в трехкомпонентных газовых системах. Опыт проводился в двух колбах, соеди-

ненных вертикальным капилляром (рис.1). Как правило, в верхней колбе размещали бинарную смесь самого легкого и самого тяжелого компонентов, а газ средней плотности находился в нижней колбе. Подбором концентраций в бинарной смеси всегда добивались меньшей плотности в верхней колбе. В отличие от трубки Лошмидта, в таких системах устойчивая диффузия протекает квазистационарно: сравнительно быстро устанавливается определенное распределение концентраций вдоль канала, которое затем очень медленно меняется по мере выравнивания концентраций компонентов в колбах.

Жаврин с сотрудниками обнаружили, что и в таких, квазистационарных, условиях тоже имеет место аномальная неустойчивость. Чтобы визуально наблюдать возникающую конвекцию, применили метод теней Теплера. В этом методе прямоугольный в сечении канал с прозрачными стенками освещается пучком света, лучи по-разному преломляются в конвектирующих слоях, что дает на экране поза-

³ Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Белов С.М., Тарасов С.Б. // ЖТФ. 1984. Т.54. №5. С.943–947.

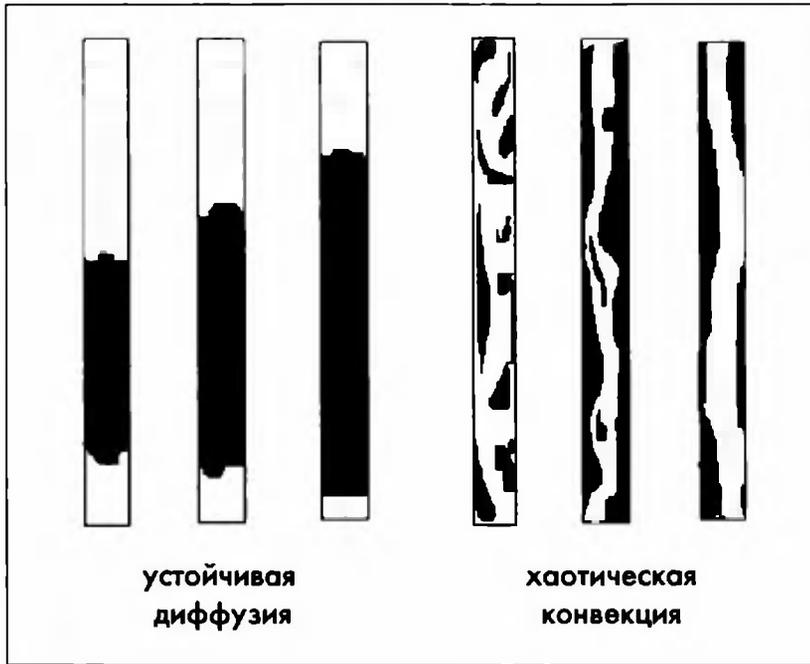


Рис.3. Различные режимы конвекции (снимки теней на экране за каналом).

ди канала неоднородную освещенность, изменяющуюся во времени.

В режиме устойчивой диффузии наблюдается однородная в перпендикулярном к оси канала направлении картина освещенности. По мере роста числа Релея сначала возникают ста-

ционарные конвективные потоки (освещенность неоднородная, но не меняется во времени). Затем характер течения становится периодическим в пространстве и времени. И наконец, при достаточно больших значениях числа Релея он приобретает хаотический вид, кар-

тина на экране напоминает бушующий океан. Характерные теневые снимки, отражающие динамику процессов устойчивой и неустойчивой диффузии, приведены на рис.3.

Аналогичную смену режимов конвекции зарегистрировали также малоинерционные датчики — катарометры, которые определяют локальную теплопроводность газа. Теплопроводность смеси зависит от концентраций компонентов, что и дает возможность следить за их изменением во времени. Запись показаний катарометра позволила определить все характерные периоды происходящих процессов (рис.4).

Большую часть опытов проводили по классической схеме: верхнюю и нижнюю колбы заполняли смесями газов, добываясь меньшей плотности в верхней колбе, а давление и температуру в колбах поддерживали одинаковыми. Затем капилляр открывали и время от времени регистрировали состав смеси в колбах с помощью хроматографа. По найденным концентрациям и времени с начала смешения вычисляли парциальные расходы каждого компонента (их удобно нормировать на

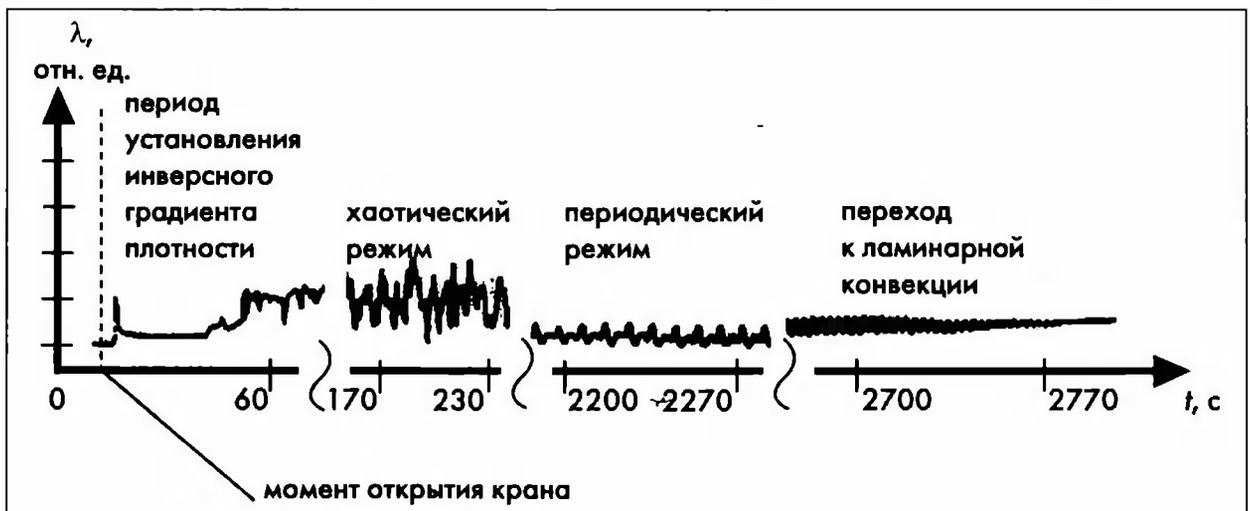


Рис.4. Изменение теплопроводности смеси во времени, иллюстрирующее смену режимов конвекции.

величину расхода в условиях устойчивой диффузии при тех же давлении и температуре). Типичные зависимости рассчитанных таким образом относительных величин α_i от давления приведены на рис.5.

Удивительно то, что эффект существует в сравнительно узком диапазоне давлений. В отличие от классической неустойчивости, развивающейся в случае, когда более плотный газ находится вверху, здесь высокое давление приводит к подавлению аномальной конвекции. При варьировании диаметра канала и его наклона по отношению к вертикали на ряде смесей наблюдались совсем загадочные кривые $\alpha_i(P)$ — с двумя максимумами. Следует отметить, что в ряде случаев максимальные значения α_i достигали 500, показывая возрастание массообмена благодаря возникающей конвекции в сотни раз по отношению к устойчивой диффузии.

Не вписывается в классические представления и такой зарегистрированный факт: конвекция возбуждается в одной и той же системе как при одном положении колб, так и при перевернутом.

В условиях смешения, когда два газа, самый легкий и самый тяжелый, в одинаковом количестве помещали в верхнюю колбу, а третий газ — в нижнюю, было обнаружено еще одно загадочное явление — эффект аномального разделения. Парциальный расход самого тяжелого газа через капилляр оказался в несколько раз больше расхода легкого газа. В условиях устойчивой диффузии через канал, наоборот, преимущественно проникает легкий компонент благодаря большей тепловой скорости молекул.

Когда стали проводить измерения состава не только на первом этапе перемешивания, но проследили за процессом почти до полного выравнива-

ния концентраций в колбах, для ряда смесей зарегистрировали совсем уж трудно объяснимую многократную смену режимов — несколько переходов от конвекции к устойчивой диффузии и обратно.

Анализ опытных данных по квазистационарному смешению в системе двух колб показал, что, как и в нестационарных условиях, наиболее ярко все перечисленные эффекты проявляются на смесях, в которых коэффициенты диффузии и массы молекул у разных компонентов сильно различаются. Если концентрация третьего компонента в системе становится исчезающе малой, перечисленные аномалии исчезают.

Объясняет линейная теория

Несмотря на кажущуюся парадоксальность вышеописанных эффектов, их все же можно объяснить⁴. Прежде

⁴ Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. // Журн. техн. физики. 1997. Т.67. №10. С.139–140; Они же // Там же. 1998. Т.68. №5. С.14–17.

всего надо учесть, что в трехкомпонентных системах мы имеем уже две независимые термодинамические силы (перепады концентраций между колбами) вместо одной для бинарной смеси.

Применение линейной теории возмущений к системе уравнений механики сплошных сред трехкомпонентного состава показало, что причиной парадокса устойчивости действительно может служить дополнительная степень свободы («лишний» перепад концентрации). Физический механизм аномальной неустойчивости можно понять на примере смеси аргона с гелием в верхней колбе и азота в нижней. Гидродинамическое возмущение плоской границы раздела (см. рис.2) приводит к образованию выступа, в котором концентрации He и Ar окажутся выше, чем в других местах соответствующего горизонтального слоя. Возникнет диффузия атомов в поперечных направлениях, причем атомы He, как более подвижные, будут покидать выступ быстрее, чем атомы Ar, поэтому плотность выступа

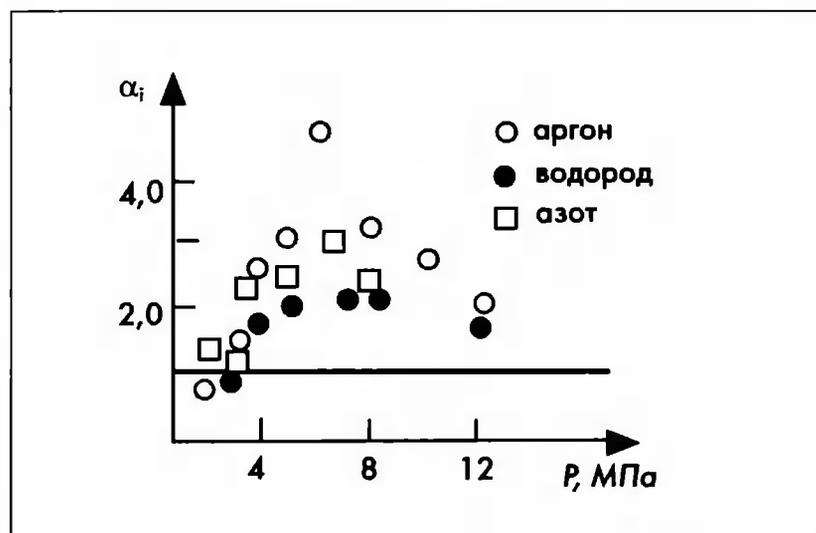


Рис.5. Значения расходов для различных компонентов смеси α_i , нормированные на расчетный расход в условиях равновесия, при изменении давления. Когда α_i превышает единицу, механическое равновесие нарушается.

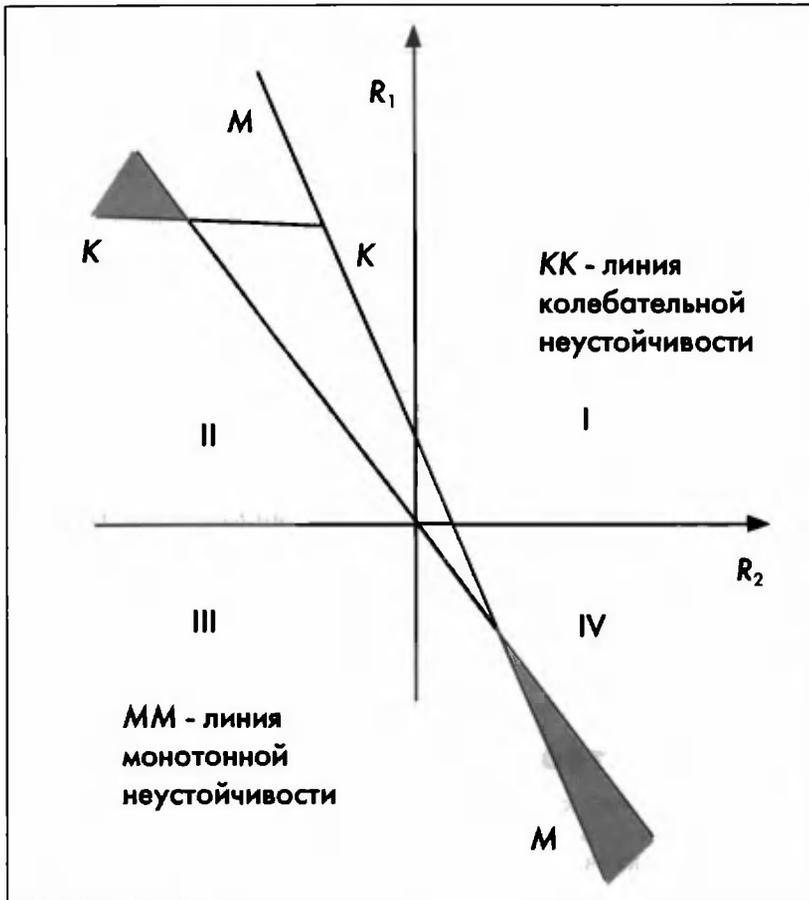


Рис.6. Диаграмма устойчивости трехкомпонентной системы на плоскости парциальных чисел Рейли R_1, R_2 . Выше линии MM конвективный поток в системе стационарный; выше полубесконечной линии KK режим конвекции периодический. Прямая, проходящая через начало координат, делит плоскость на области с отрицательным (ниже прямой) и положительным градиентом плотности $d\rho/dz$. Заштрихованные участки отвечают условиям аномальной конвекции.

может превысить плотность окружения. В таком случае образуется капля, которая начнет опускаться. Как и упоминалось, одним из решающих факторов возникновения аномальной неустойчивости оказывается большое различие в значениях коэффициентов диффузии компонентов, это же отмечено и в опытах.

На языке математического описания трехкомпонентной диффузии и конвекции система характеризуется не одним, а двумя числами Рейли, которые пропорциональны двум

независимым градиентам концентрации компонентов:

$$R_1 = \frac{gr^n(m_1 - m_3)}{\eta D_{11}} (dc_1/dz),$$

$$R_2 = \frac{gr^n(m_2 - m_3)}{\eta D_{22}} (dc_2/dz),$$
(7)

где m_i — масса молекул, D_{ii} — эффективные коэффициенты диффузии компонентов и n — числовая плотность смеси (общее число атомов или молекул смеси в единице объема).

Если для бинарной смеси область устойчивости систе-

мы представлена левой частью оси значений R , где $R \leq R_{кр}$, то для трехкомпонентной смеси область устойчивости нужно искать на двумерной плоскости парциальных чисел Рейли. Условие критичности задаст линия $f(R_1, R_2) = 0$. Оказалось, что линии монотонной (MM) и колебательной (KK) неустойчивостей (в линейном приближении это прямые) расположены на плоскости (R_1, R_2) , как изображено на рис.6. Ниже обеих этих линий механическое равновесие устойчиво, выше — неустойчиво.

Поскольку плотность связана с концентрациями компонентов c_i очевидными соотношениями

$$\rho = n \cdot (c_1 m_1 + c_2 m_2 + c_3 m_3) =$$

$$= n \cdot (c_1(m_1 - m_3) + c_2(m_2 - m_3) + m_3) =$$

$$= n \cdot (c_1 \Delta m_1 + c_2 \Delta m_2 + m_3),$$

легко найти условие обращения в нуль градиента полной плотности смеси

$$d\rho/dz = n (\Delta m_1 (dc_1/dz) + \Delta m_2 (dc_2/dz)) = 0.$$

В координатах (R_1, R_2) это условие с учетом (7) определяет прямую линию, проходящую через начало координат (рис.6). Ниже этой линии градиент плотности отрицателен.

Анализируя рис.6, легко обнаружить области с отрицательным градиентом плотности, но лежащие выше линий неустойчивости MM или KK . На рис.6 эти области заштрихованы. Если условия эксперимента подобрать так, что система окажется в данных областях, должна наблюдаться аномальная конвекция.

В частности, становится понятным опыт с переворачиванием двух колб. Переворот соответствует на плоскости (R_1, R_2) переходу системы из IV квадранта во II, в котором также существует область неустойчивости.

Двугорбый характер зависимости расхода α , от диаметра канала, по-видимому, связан с тем, что внутри него возможно одновременное существование не только двух встречных конвективных потоков, но и большего их числа (это также подтверждается теорией).

Не все так просто

Однако в ряде экспериментов, когда коэффициенты диффузии различались особенно сильно (например, в смеси гелия, фреона, аргона), опытные данные по положению границ устойчивости не согласовались с теоретическими предсказаниями. Наглядно это продемонстрировали эксперименты с балластным газом, в которых тяжелый газ размещался в колбах в одинаковом количестве, при этом dc_2/dz и, следовательно, R_2 были равны нулю. Точки, соответствующие условиям опыта, находящиеся на отрицательном участке оси R_1 . Линии неустойчивостей MM и KK по теории пересекают только положительную ветвь оси R_1 , а реально переход в неустойчивое состояние *может* происходить на ее отрицательной части.

Анализ этого противоречия выявил одну неточность в постановке задачи устойчивости трехкомпонентной смеси. Сделанное предположение о линейном распределении концентраций компонентов и плотности смеси вдоль канала в невозмущенной системе на самом деле неправомерно. После открытия капилляра за время $\sim L^2/D$ (L — длина канала) в нем устанавливается некоторое квазистационарное распределение концентраций по длине. В бинарной смеси это распределение действительно строго линейно, но в трехкомпонентной смеси с большим различием в значе-

ниях коэффициентов диффузии — может стать существенно нелинейным. Например, — из-за диффузионного бароэффекта, возникающего в замкнутой системе двух колб вследствие различной подвижности молекул смешиваемых компонентов. Более того, теоретический анализ характера квазистационарного распределения плотности по длине канала в трехкомпонентной системе при устойчивой диффузии показал, что может иметь место локальная инверсия градиента плотности³. Другими словами, хотя общий перепад плотностей вдоль канала *отрицателен*, в отдельных его областях градиент *положителен*. Именно эти области и критичны с точки зрения возникновения аномальной конвекции. Учет возможной инверсии градиента плотности позволил снять основные качественные расхождения теории и эксперимента по положению границ устойчивости.

Однако линейная теория устойчивости отвечает только на вопрос: будет расти случайное возмущение при заданных условиях опыта или угасать? Никаких сведений об эволюции неустойчивости или о характере уже развитой конвекции здесь получить нельзя. Чтобы понять, каким образом растущее возмущение превращается в конвективную структуру — монотонную, пульсирующую или хаотизированную — необходимо решить систему газодинамических уравнений для трехкомпонентной смеси без предположения о малости возмущений. В общем случае такая задача слишком сложна, и из-за этого остается невыясненным целый ряд вопросов. Как конвекция, возникшая в опасной области капилляра, где градиент

плотности положителен, распространяется на область, где этот градиент отрицателен? Почему и как происходит смена режимов конвекции — с монотонного на пульсирующий, с пульсирующего на хаотический? Каковы механизмы аномального разделения и неоднократного перехода от конвективной к устойчивой диффузии? Почему достаточно высокие давления подавляют конвекцию? На некоторые из этих вопросов можно попытаться ответить, опираясь на упрощенные модели стационарного переноса смесей.

Например, отвлекаясь от причин конвективного движения, можно представить себе, что в канале организовано *стационарное* встречное движение смеси (50%Ar+50%He) и однокомпонентного газа (N_2). Сравнительно простое аналитическое решение этой задачи показывает, что в таких условиях действительно происходит аномальное разделение смеси (Ar+He). Причина в низкой подвижности атомов Ar: они практически не проникают во встречный поток N_2 , в то время как атомы He проходят в него и возвращаются с конвективным потоком в ту колбу, в которой они находились первоначально.

Ориентируясь именно на такой механизм протекания аномальной конвекции, трудно понять, почему при наличии инверсии градиента плотности только в малой части канала конвекция может распространиться на всю его длину. Действительно, начало конвективного движения в верхней области канала, где положительный градиент плотности максимален, будет сопровождаться аномальным разделением, которое утяжеляет возникшую «каплю», удаляя из нее молекулы легкого компонента, и она будет продолжать падать вниз. Этот механизм «усиления» возникшей конвекции работает только

³ Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. // Теплофизика и аэромеханика. 1998. Т.5. №2. С.209 — 214.

в том случае, если за время прохождения канала со скоростью конвекции «капля» успевает освободиться от легких молекул. Очевидно также: повышая давление, можно настолько притормозить скорость поперечной диффузии, что «усиление» перестанет «работать» и аномальная конвекция начнет затухать, как и показывает эксперимент.

Тот факт, что процесс смешения бинарной смеси самого легкого и самого тяжелого компонентов с третьим газом промежуточной массы сопровождается аномальным разделением, помогает понять, хотя бы качественно, и эффект неоднократной смены режимов перемешивания. Действительно, на первом этапе в процессе аномального разделения в нижнюю колбу поступает преимущественно тяжелый компонент. Это снижает его содержание в верхней колбе

до уровня, при котором процесс перемешивания становится устойчивым. Но при устойчивой диффузии (отсутствие конвекции) в нижнюю колбу преимущественно проникает легкий компонент, и постепенное уменьшение его концентрации в верхней колбе восстанавливает перепад плотности смеси до значения, при котором конвекция может снова возникнуть.

Итак, насколько мы продвинулись в понимании закономерностей аномальной неустойчивости трехкомпонентных смесей газов? Линейная теория возмущений, учитывающая инверсию градиента плотности, вполне адекватно объясняет экспериментально наблюдаемые границы устойчивости механического равновесия на плоскости парциальных чисел Релея. Однако переход к разви-

той конвекции, как и сам ее характер, остается предметом дальнейших исследований. Не изучены пока ни экспериментально, ни теоретически условия смены режимов конвекции: монотонный → осциллирующий → хаотический. В настоящее время этап чисто экспериментального изучения явления плавно переходит в стадию, когда теория, отвечая на некоторые вопросы о механизмах конвекции, диктует план дальнейших целенаправленных опытов. В перспективе на примере описанного эффекта можно будет перейти к исследованию общих закономерностей переходов между конкурирующими режимами различных неравновесных неустойчивых процессов.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Грант 98-01-00879. ■

В докладе Международной консалтинговой компании по использованию энергии ветра (Wind Force 10: A Blueprint to Achieve 10% of the World's Electricity Wind Power by 2020) дается прогноз: к 2020 г. ветровые энергоустановки смогут удовлетворить 10% мировой потребности в электроэнергии. Это в свою очередь предотвратит выброс в атмосферу 10 млрд т парниковых газов. Об экономической выгоде свидетельствует опыт Дании, которая уже получает от подобных установок 10% потребляемой электроэнергии.

По расчетам авторов доклада, стоимость электроэнергии, вырабатываемой ветровыми энергоустановками, будет снижаться от 4,7 цента за один киловатт/час в настоящее время до 2,5 цента к 2020 г.

Environmental science and Technology. 2000. V.34. №1. P.17A (США).

Во время холодной войны ЦРУ США использовало спутники-шпионы для картографирования Антарктиды. В 1995 г. было принято решение рассекретить снимки, сделанные до 1972 г. Сопоставление этих исключительно интересных материалов с более поздними космическими снимками позволяет проследить эволюцию трещин в ледниковом щите материка и рассчитать скорость движения льдов. Вероятно, снимки, выполненные после 1972 г., тоже будут предоставлены гляциологам, что поможет оценить воздействие глобального потепления на ледниковый покров Антарктиды.

Science et Vie. 1999. №986. P.28 (Франция).

Необычное явление вызвал ураган Флойд, перемещавшийся вдоль Атлантического побережья США: в проливе у о.Пимлико океанские воды превратились во вспененную массу, лишенную кислорода. По мнению специа-

листов, причиной могли стать чрезвычайно обильные дожди: тонны пресной воды, содержащей какие-то загрязнения, попали в океан. Они-то и способствовали бурному развитию морских водорослей, поглотивших растворенный кислород.

Terre Sauvage. 1999. №145. P.26 (Франция).

Ледник Льюиса, расположенный на территории Кении, менее чем в 20 км от экватора, — крупнейший в Африке. Сегодня он занимает площадь 0,25 км². Постоянные с 1980 г. измерения баланса его массы показали, что она неуклонно сокращалась (за исключением 1989 г.). Например, в 1988 г. средняя толщина стаявшего льда составила примерно 2 м.

К сожалению, с 1997 г. политическая ситуация в Кении не позволяет гляциологам продолжать эти уникальные для Африки исследования.

Science et Vie. 1999. №986. P.124 (Франция).

Клетка в клетке, или «Бомба» замедленного действия



Т.В.Бейер

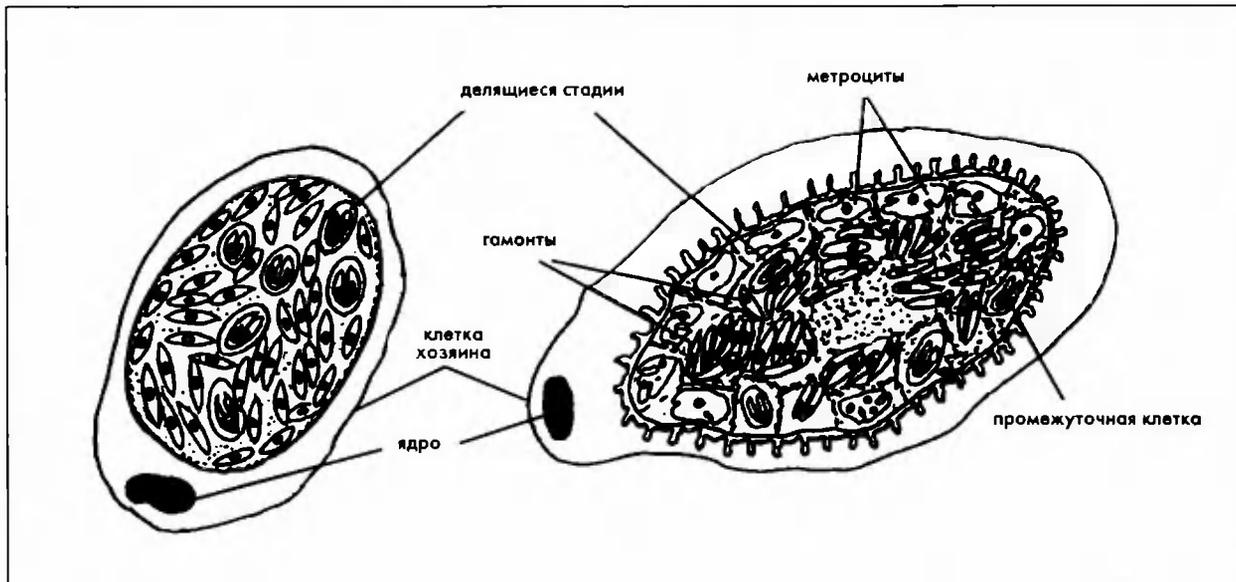
Когда в новой компании меня спрашивают, чем я занимаюсь, отвечаю, что я биолог-цитолог, а к упоминанию о паразитах стараюсь подходить постепенно и несколько издалека. И это донятно — в современный лексикон слово «паразит» вошло с весьма негативным смыслом. А потому есть разница в том, что сказать: «занимаюсь ядерной физикой» или «изучаю паразитов». И все же я рада, что всю свою жизнь в науке посвятила всестороннему изучению паразитов, от гельминтов (в студенческие годы в Ленинградском университете) до простейших (в Институте цитологии РАН), поскольку, раскрывая тайны этих существ и удивляясь их умению контактировать с заключающей их клеткой или тканью, я постигала одновременно и секреты общения между людьми в коллективе.

Паразитизм — широко распространенное биологическое явление, с которым все без исключения живые существа так или иначе сталкиваются в ходе эволюции. Паразитарные инфекции вызывают не только экзотические для нас, северян, болезни; возбудители многих из них суще-



Тамара Владимировна Бейер, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории цитологии одноклеточных организмов Института цитологии РАН. Область научных интересов — клеточная биология, внутриклеточный паразитизм, оппортунистические инфекции.

© Т.В.Бейер



Схематическое изображение тканевых цист *Toxoplasma gondii* (с л е в а) и *Sarcocystis* spp.

ствуют бок о бок с нами, и каждый может ими заразиться в любой момент, часто даже не заметив. В первую очередь это относится к наиболее специализированным внутриклеточным паразитам («клетка в клетке»): вирусам, бактериям, грибам, простейшим и даже гельминтам. Наша небольшая научная группа уже много лет занимается изучением паразитических простейших — кокцидий (*Coccidiida*) — ближайших родственников малярийных паразитов рода *Plasmodium*.

Как известно, при паразитизме один организм (хозяин) служит средой обитания для другого (паразита). Обитание внутри клетки ставит паразита в строгую экологическую и метаболическую зависимость от хозяина, хотя от такого союза в первую очередь страдает хозяин. В результате создается система паразита и хозяина, в которой вследствие отбора устанавливается более или менее устойчивое равновесие между партнера-

ми. Однако человеку в качестве хозяина в этом отношении повезло меньше, чем животным. Как справедливо отмечает С.А.Безр, человек, ввиду своей относительной эволюционной молодости, не успел еще образовать ни с одним из паразитических организмов равновесной системы, и все паразиты для него оказываются патогенными, хотя и в разной степени¹.

К сожалению, человеку очень не повезло еще раз, и это стало особенно очевидным в последние десятилетия XX в., с приходом на планету вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) и связанного с ним страшного недуга — синдрома приобретенного иммунодефицита (СПИД). Сегодня ВИЧ-инфекция по-прежнему считается абсолютно смертельной. Но было замечено, что больные умирают от СПИДа неодинаково, т.е. от разных вторичных инфек-

ций. Оказалось, что снижение иммунной защиты макроорганизма стимулирует реактивацию многих патогенных организмов, которые раньше, до наступления иммунодефицита, находились в организме человека в скрытом состоянии и внешне никак себя не проявляли. Такие инфекции называются условно-патогенными, или оппортунистическими (от англ. opportunity — возможность), и во многих случаях вызываются внутриклеточными паразитами. Справедливо отмечено, что до тех пор, пока не будет побежден вирус иммунодефицита человека, надежда на продление жизни больных со СПИДом будет зависеть в первую очередь от успехов медицины в борьбе с оппортунистическими болезнями². Вот и пришло время вирусологам, бактериологам и протозоологам объединить усилия в борьбе со СПИДом.

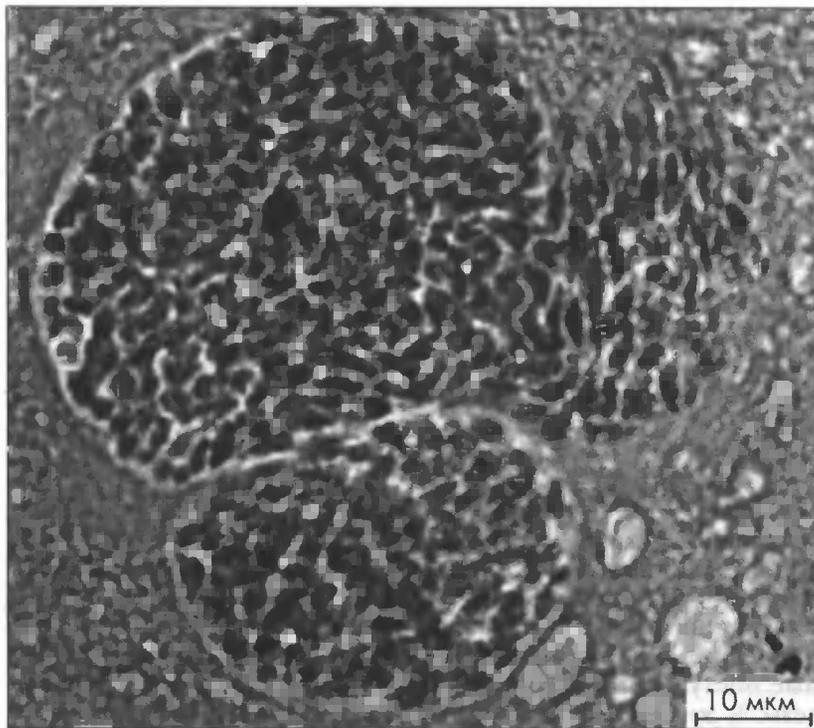
¹ Безр С.А. Паразитизм // Природа. 1996. №12. С.19—26.

² Mills J., Mazur H. // Scientific American. 1990. V.263. N2. P.50—57.

Более трех четвертей всех летальных исходов при СПИДе происходит по вине оппортунистических инфекций, некоторые из них квалифицируются даже как СПИД-маркерные болезни. Наибольшее значение среди возбудителей этих инфекций принадлежит протисту *Pneumocystis carinii* — аскомицетному грибу, вызывающему интерстициальную пневмонию со значительным числом летальных исходов. По сравнению с вирусными и бактериальными возбудителями паразитические простейшие в этом отношении изучены еще крайне мало.

Так что же такое оппортунистические инфекции? По общепринятому определению, это — инфекции, вызываемые условно-патогенными микробами, заражение которыми у здорового (иммунокомпетентного) субъекта не сопровождается патологическими явлениями, а при угнетении иммунной системы вызывает заболевание¹. Такую характеристику вряд ли можно назвать исчерпывающей, поскольку в ней не разъясняется специфика оппортунистического патогена. Еще в 1937 г. А.А.Филиппченко заметил², что нельзя определять один объект (паразита) по признаку, исключительно принадлежащему другому объекту (хозяину). В нашем же случае иммунодефицит проявляется как раз у хозяина, а не у паразита.

Этот постулат во многом стимулировал наш интерес к биологической сущности оппортунистических патогенов, а также к тем механизмам, с помощью которых одни из них могут воспользоваться иммунодефицитным состоянием хозяина, а другие — нет. Заметим, что поиск адекват-



Цисты *Toxoplasma gondii* на срезе головного мозга мыши. (Окраска на полисахариды.)

ного определения условно-патогенных и патогенных инфекций ведется уже давно и особенно активно медицинскими паразитологами³, с которыми мы все же расходимся в оценке категории «биологических свойств» возбудителей. Для наших медицинских коллег это — в первую очередь патогенность возбудителя, для нас — его жизненный цикл. Сравнив жизненные циклы кокцидий, мы были поражены тем, что из великого множества этих патогенов к категории оппортунистических (согласно определению) можно отнести лишь считанные единицы возбудителей —

Toxoplasma gondii, *Isospora belli*, *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora* sp.

Для разрешения всех вопросов нам нужны были как минимум две экспериментальные модели: оппортунистического и неоппортунистического патогенов. Однако нельзя было начинать работу, не имея собственной рабочей гипотезы. И в этом плане нам повезло, поскольку к началу исследований у коллектива был свой достаточно серьезный научный задел по изучению биологии кишечных кокцидий рода *Eimeria* (неоппортунистического патогена) и паразита органов и тканей позвоночных животных — токсоплазмы *T.gondii* (оппортунистического). Полная расшифровка циклов развития токсоплазмы, как, впрочем, и других цистообразующих

¹ Редфилд Р.Р., Берке Д.С. // Мир науки. 1988. №12. С.60—69.

² Филиппченко А.А. // Учен. зап. ЛГУ. Сер. Биол. 1937. Т.4. С.4—14.

³ Фролов А.Ф., Зарицкий А.М., Фельдман Ю.М. // Журн. микробиол. 1986. №9. С.93—97; Лысенко А.Я. // Мед. паразитол. и паразит. бол. 1994. №4. С.3—8.

кокцидий (*Sarcocystis*, *Frenkelia*), была сделана в начале 70-х годов текущего столетия⁶. В частности, было показано, что их жизненные циклы включают двух хозяев — промежуточного и окончательного. В те годы мне посчастливилось работать в Институте серологии в Копенгагене, где удалось получить дополнительные данные в пользу кокцидийной природы *T.gondii*. Впоследствии результаты этих работ и более ранних исследований по видам рода *Eimeria* были обобщены в монографии⁷.

Позднее, уже в 90-е годы, сопоставление данных по биологии разных родов эймериидных кокцидий позволило нам сформулировать основные постулаты рабочей гипотезы. В жизненном цикле оппортунистического патогена должны присутствовать персистирующие (покоящиеся) стадии, обладающие непрерывно бесполовыми потенциями. Такие стадии заключены внутри защитных образований (цист), позволяющих ему выживать в организме хозяина с нормальной иммунной системой в течение длительного времени. Обычно это происходит в иммунологически привилегированных органах и тканях (головном мозге, мышцах), куда почти не проникают антитела. В условиях же иммунодефицита, когда в крови хозяина количество лимфоцитов Т-4 снижается (до 200 в одном микролитре), только покоящиеся бесполое стадии паразита способны к неконтрольному размножению в организме зараженного хозяина.

Важно понимать, что заражение хозяина и приобретение им иммунодефицита — два разных события, разделенных во времени и пространстве. Так, человек может быть инфицирован *T.gondii* в детстве, а приобрести иммунодефицит — в зрелые годы, и именно тогда произойдет реактивация тех тканевых цист, которые долгие годы благополучно сохранялись в головном мозге и других органах. Получается, что человек, однажды заразившись оппортунистическим патогеном, фактически никогда с ним не расстается и всю жизнь как бы сидит на неразорвавшейся бомбе, роль которой играют латентные (скрытые) стадии патогена. Разрыв «бомбы» (реактивация спящего паразита) может произойти спустя многие годы, например при СПИДе, в результате чего у больного развивается обширный энцефалит, и мозговые нарушения обычно оказываются необратимыми.

Приступить к проверке нашей гипотезы мы смогли в 1995—1997 гг. На этот раз в качестве модели неоппортунистического патогена были взяты кокцидии рода *Sarcocystis*, которые подобно *T.gondii* также формируют цисты в промежуточном хозяине, но только не в мозге, а в мышечной ткани. В ходе сравнительного изучения ультраструктуры и метаболизма этих возбудителей нам удалось выявить принципиальные различия в персистировании внутри цист *T.gondii* и *Sarcocystis*⁸. Цисты токсоплазмы включают клетки только одного морфо-функционального типа, тогда как цистные стадии саркоспоридий представлены по крайней мере тремя разными типами

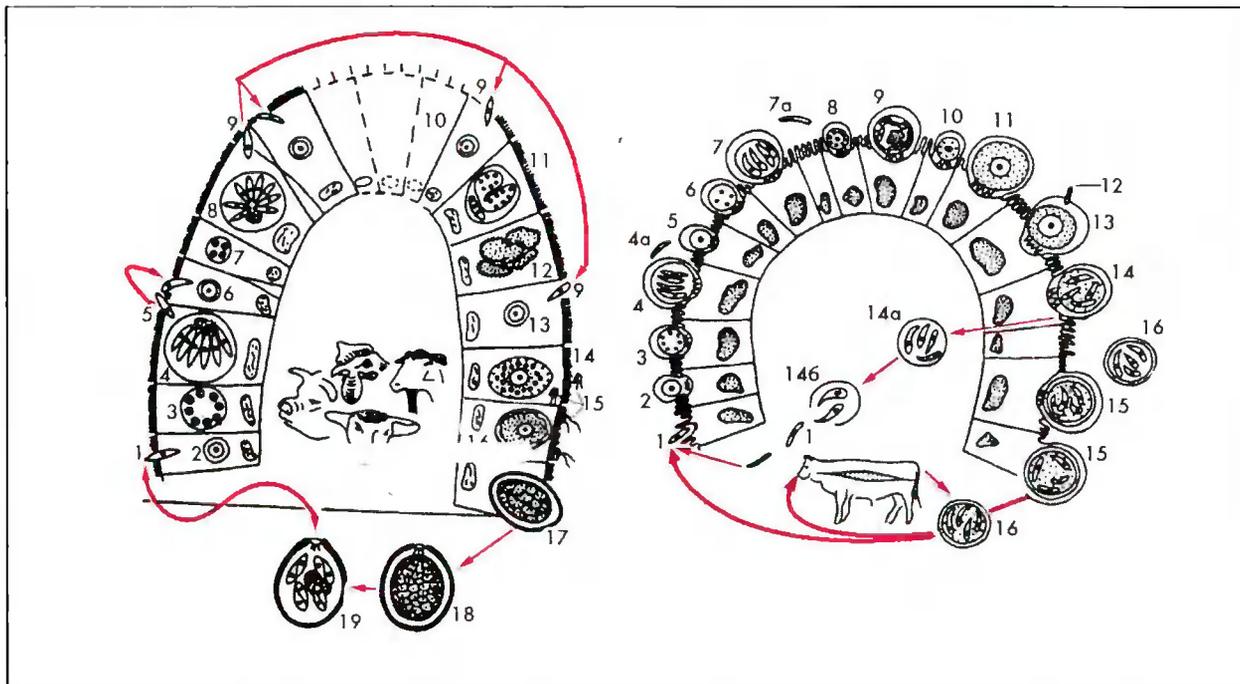
клеток. Но главное различие состоит не в количестве стадий, а в их качественном разнообразии.

Оценивая развитие изучаемых паразитов, мы пришли к заключению, что все цистные клетки *T.gondii* (брадизоиты) — бесполое, медленно развивающиеся (пролиферирующие) стадии. В условиях иммунодефицита тканевые цисты нередко разрушаются, при этом происходит обратное развитие (конверсия) брадизоитов в предцистные быстро пролиферирующие клетки (тахизоиты). По существу это и есть реактивация латентной инфекции. С этого момента развитие паразита больше не сдерживается клеточным иммунитетом, а развивающиеся тахизоиты не испытывают губительного воздействия цитокинов (γ -интерферона или фактора некроза опухолей). Бурное неконтрольное размножение паразитов приводит к обширному поражению головного мозга и органа зрения. В цистах *Sarcocystis* развитие паразита, напротив, идет необратимо и только в одном направлении: от бесполой, способной к пролиферации, метростомы и промежуточных клеток к высоко дифференцированным предполовым клеткам — гамонтам, утратившим способность к делению. Старые гамонты своевременно удаляются из популяции цист в результате естественной гибели клеток и тем самым исключаются из дальнейшего участия в половом процессе в окончательном хозяине. Этим можно объяснить наличие пустот в центре зрелых саркоцист, в которых гамонты составляют свыше 95% всех цистных клеток. В условиях иммунодефицита, даже в случае выхода из разрушенных саркоцист, гамонты *Sarcocystis*, в отличие от цистных стадий *T.gondii*, не смогут приступить к размножению в том же хозяине.

⁶ Hutchison W.M., Dunachie J.F., Siim J.Ch., Work K. // Brit. Med. J. 1970. V.1. P.142—144; Frenkel J.P., Dubey J.P., Miller N.L. // Science. 1970. V.164. P.893—896; Fayer R. // Science. 1972. V.175. P.65—67.

⁷ Бейер Т.В., Шибалова Т.А., Костенко Л.А. Цитология кокцидий. Л., 1978.

⁸ Beyer T.V., Radchenko A.I. // Protozool. Abstrs. 1995. V.19. №10. P.645—649; Radchenko A.I., Beyer T.V. // Ibid. P.651—657.



Схематическое изображение жизненных циклов кишечных кокцидий рода *Eimeria* (слева) и *Cryptosporidium*. Цветными стрелками показано направление развития.

Eimeria: 1 — спорозоит; 2—4 — мерогония 1-й генерации; 5 — мерозоит 1-й генерации; 6—8 — мерогония 2-й генерации; 9 — мерогония n-й генерации; 10—12 — микрогаметогенез; 13, 14 — макрогаметогенез; 15 — микрогаметы; 16—18 — неспорулированные ооцисты; 19 — спорулированные ооцисты во внешней среде.

Cryptosporidium: 1 — спорозоит; 2—4 — мерогония 1-й генерации; 4а — мерозоит 1-й генерации; 5—7 — мерогония 2-й генерации; 7а — мерозоит 2-й генерации; 8, 9 — микрогаметогенез; 10, 11 — макрогаметогенез; 12 — оплодотворение; 13 — образование зиготы; 14, 15 — спорулированные ооцисты внутри клетки; 14а, 14б — ооцисты, сохраняющиеся в организме хозяина; 16 — спорулированные ооцисты вне клетки и во внешней среде.

Главное различие в развитии токсоплазмы и саркоспоридий в фазе персистирования, по нашему мнению, позволяет понять и разницу в течении инфекционного процесса при токсоплазмозе и саркоцистозе в организме хозяина с ослабленным иммунитетом. Соотношение процессов пролиферации и дифференцировки в жизненных циклах патогенов и определяет способность токсоплазмы (или неспособность саркоспоридий) использовать в своем развитии возможность, предоставляемую иммунодефицитным состоянием хозяина.

В качестве модели оппортунистического патогена при кишечном паразитизме мы выбрали кокцидий рода *Cryptosporidium*, в жизненном цикле которых в отличие от *T.gondii* и *Sarcocystis* и подобно кишечным кокцидиям рода *Eimeria* участвует только один хозяин. Эти паразиты вызывают у больного изнурительную профузную диарею, которая сопровождается резким обезвоживанием организма и даже гибелью. От этой инфекции чаще всего погибают телята первых дней жизни, а для человека она опасна только при СПИДе.

Кроме того, поражает удивительная особенность

Cryptosporidium — способность локализоваться в энтероцитах кишечника хозяина экстрацитоплазматически, что затрудняет или даже исключает воздействие на паразита защитных механизмов клетки хозяина (лизосомального переваривания или окислительного взрыва). Со стороны просвета кишки паразит надежно защищен двумя мембранами паразитофорной вакуоли и тремя мембранами собственной пелликулы. Последнее обстоятельство отчасти объясняет исключительную устойчивость криптоспоридий к лекарствам (криптоспоридиоз пока не лечится!).

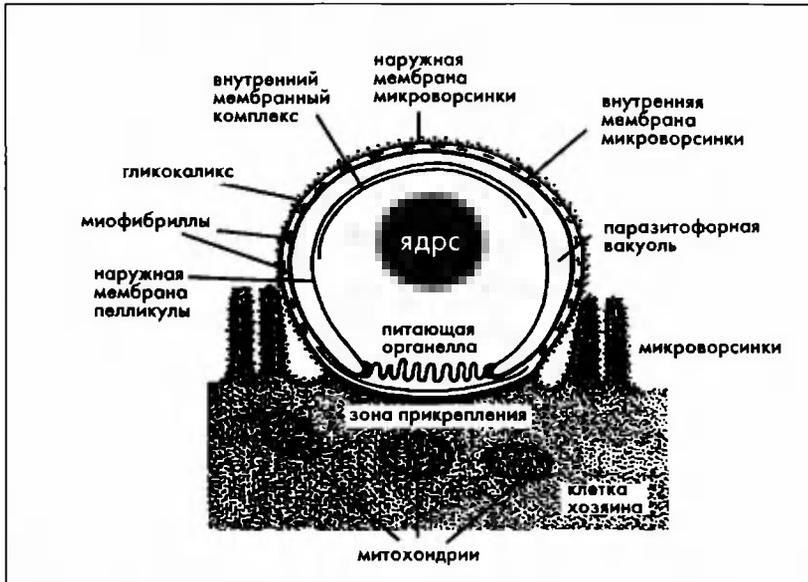
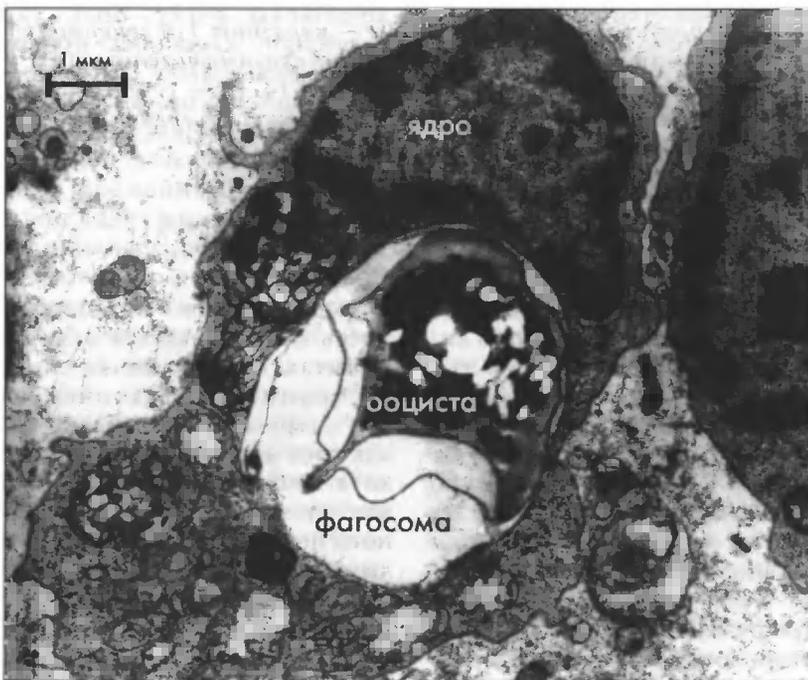


Схема экстрацитоплазматической локализации стадий развития *Cryptosporidium parvum* в энтероцитах кишечника мыши (Braendler, 1982).



Электронная микрофотография ооцисты *Cryptosporidium parvum* внутри фагосомы макрофага крысы (Свежова Н.В., 1997).

Перечисленные биологические особенности, конечно же, значительно отличают криптоспоридий от других кишечных кокцидий, но вряд ли объясняют оппортунистическую природу этого патогена, поскольку ни одна из них не ассоциируется с его возможным персистированием. И только благодаря более глубокому изучению полного жизненного цикла *C. parvum* у криптоспоридий удалось обнаружить наличие феномена персистирования, но особого рода. В отличие от большинства других кишечных кокцидий, ооцисты криптоспоридий полностью спорулируют и становятся инвазионными (способными заражать) не во внешней среде, а в организме хозяина. Часть ооцист не выделяется наружу, а остается в хозяине, но неизвестно, в каких именно органах и тканях. Ясно одно — местом сохранения ооцист не могут быть энтероциты кишечника.

По данным электронномикроскопических исследований Н.В.Свежовой, ооцисты *C. parvum* сохраняют структурную целостность даже внутри фагосом клеток иммунной системы зараженных крыс — макрофагов, лимфоцитов, эозинофилов, нейтрофилов⁹. Способность фагоцитов захватывать патоген в просвете кишечника продемонстрировала новую сторону отношений между паразитом и хозяином при криптоспоридиозе. Еще больший интерес представляет вызванное этим паразитом формирование на апикальной поверхности макрофагов характерной экстрацитоплазматической паразитофорной вакуоли, внутри которой протекают эндогенные стадии.

Наши исследования находятся еще на начальном этапе. Но уже и сейчас с определен-

⁹ Свежова Н. В. // Паразитология. 1997. Т.31. №4. С.328—333.

ной долей уверенности можно говорить о возможности длительного переживания (персистирования) криптоспоридий в организме хозяина, что происходит благодаря их способности развиваться не только в кишечнике, но и вне кишечника — в макрофагах, а может быть и в других клетках иммунной системы макроорганизма. При иммунодефиците бесполое эндогенное стадии паразита высвобождаются из таких клеток и немедленно приступают к бесконтрольному размножению в кишечнике. Это во многом облегчается благодаря известной способности 1-й генерации мерозоитов *Cryptosporidium* к рециклированию, приводящему к многократному умножению числа бесполой стадии той же генерации (сходный механизм рециклирования известен еще только у *T. gondii* в кишечнике кошки). Тем самым объясняется обширная паразитарная колонизация криптоспоридиями кишечника и других органов у хозяина с ослабленным иммунитетом.

* * *

Итак, при изучении внутриклеточных паразитов (кокцидий) нам удалось провести границу между оппортунистическими и неоппортунистическими патогенами на основании выявления различий в соотношении процессов пролиферации и дифференцировки в их жизненных циклах. Если стадии, способные к персистированию, сохраняют функции бесполой клеток, то при снятии иммунного надзора

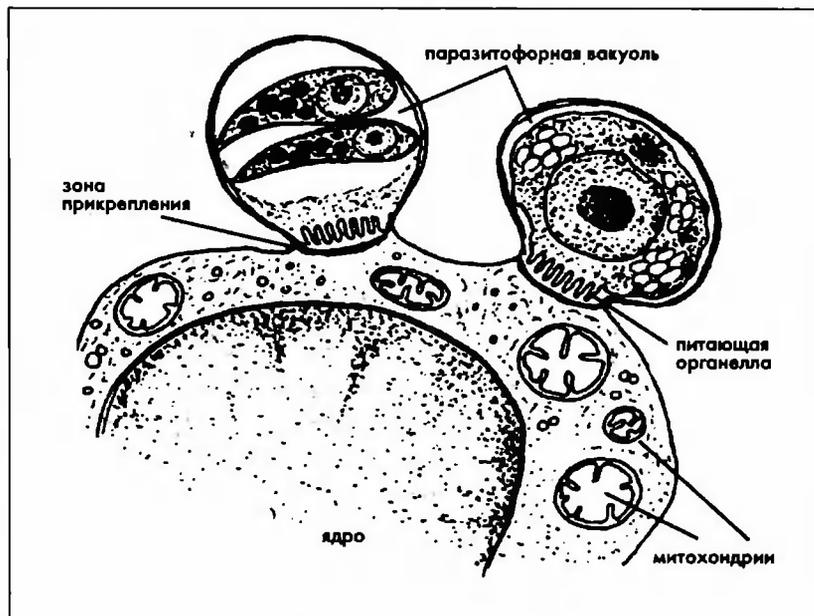


Схема экстрацитоплазматической локализации *Cryptosporidium parvum* в макрофаге крысы (Свежова Н.В., 1997).

они смогут приступить к бесконтрольному размножению в хозяине, в результате чего начнется развитие инфекционного процесса. Если латентными стадиями оказываются дифференцированные клетки, то они не способны к дальнейшей пролиферации в том же хозяине даже при СПИДе.

Мы остановились лишь на двух оппортунистических протозойных патогенах — *T.gondii* и *C.parvum*. Ясно, что проблема таких патогенов и вызываемых ими болезней значительно шире. По мнению А.Я.Лысенко, эта проблема заслуживает включения в приоритетную федеральную

научно-практическую программу, в которой должны участвовать специалисты разных профилей — паразитологи, цитологи, иммунологи, инфекционисты, патологи. На фоне все более и более устарающих сведений о размахе ВИЧ-инфицированности в нашей стране эти слова должны восприниматься не только как мудрое пожелание, но и как призыв к немедленному действию.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 95-04-11068. ■

Каталог экзопланет

В.Г.Сурдин,
кандидат физико-математических наук
Москва

Этот каталог включает все планетные системы, обнаруженные на конец ноября 1999 г. за пределом Солнечной. Поскольку в первую очередь обнаруживаются системы с очень массивными планетами-гигантами, само понятие «планета» потребовало уточнения. Принято считать, что звезду от планеты отличают протекающие в ее недрах термоядерные реакции. Расчеты показывают, что у объектов массой более 13 масс Юпитера ($M_{\text{Ю}}$) ядро в ходе эволюции разогревается до температуры горения дейтерия, а это уже атрибут звезды. Такие объекты обычно относят к маломассивным звездам — тусклым карликам (brown dwarf)¹. Поэтому в приведенном каталоге указаны лишь невидимые спутники звезд, имеющие массы не более 13 $M_{\text{Ю}}$. Именно их принято теперь называть внесолнечными планетами, или экзопланетами.

Поскольку все экзопланеты обнаружены пока лишь косвенно, по колебаниям звезд, вокруг которых они обращаются, значение масс этих пла-

Таблица 1

Каталог внесолнечных планетных систем

номер по каталогу	Звезда		Планета			
	расст., пк	спектр. класс	масса ($M_{\text{Ю}}$)	бол. полуось (а.е.)	период (сут)	эксцентриситет
HD 75289	29	G0 V	0.42	0.046	3.51	0.054
51 Peg	15	G2 IV	0.47	0.05	4.23	0.0
HD 187123	50	G5	0.52	0.042	3.097	0.0—0.06
HD 209458	47	G0 V	0.63	0.045	3.524	0.0
υ And	14	F8 V	0.71	0.059	4.617	0.0—0.2
			2.11	0.83	241	0.1—0.3
			4.61	2.50	1270	0.3—0.5
HD 192263	20	K2 V	0.76	0.15	24	0.03
55 Cnc	13	G8 V	0.84	0.11	14.648	0.05
HD 37124	33	G4 IV—V	1.04	0.585	155	0.19
HD 130322	30	K0 III	1.08	0.088	10.72	0.05
ρ CrB	17	G0 V	1.1	0.23	39.6	0.03
HD 177830	59	K0	1.28	1.00	391	0.43
HD 217107	20	G8 IV	1.28	0.07	7.11	0.14
HD 210277	21	G0	1.28	1.097	437	0.45
16 Cyg B	22	G1.5 V	1.5	1.70	804	0.67
HD 134987	25	G5 V	1.58	0.78	260	0.25
Gliese 876	4.7	M4 V	2.1	0.21	60.85	0.3
HR810	16	G0 V	2.3	0.9	320	0.2
47 UMa	14	G1 V	2.41	2.10	3.0 года	0.1
14 Her	18	K0 V	3.3	2.5	1620	0.4
HD 195019	37	G3 IV—V	3.43	0.14	18.3	0.05
Gliese 86	11	K1 V	4	0.11	15.78	0.046
τ Boo	16	F6 IV	3.87	0.0462	3.313	0.02
HD 168443	38	G5	5.04	0.277	57.9	0.54
HD 222582	42	G5	5.4	1.35	576	?
HD 10697	30	G5 IV	6.59	2.0	1083	0.12
70 Vir	18	G4 V	6.6	0.43	116.6	0.4
HD 114762	41	F9 V	11	0.3	84	0.3

¹ Подробнее см.: Сурдин В. Г. Коричневые карлики: не звезды и не планеты // Природа. 1999. № 7. С. 3—12.

Таблица 2

Планеты у радиопульсаров

обозначение	Пульсар		Планета			
	расстояние		масса (M_1)	полуось (а.е.)	период (сут)	эксцентриситет
PSR 1257+12	300 пк		0.02 ?	0.19	25.34	0.0
			3.4	0.36	66.54	0.0182
			2.8	0.47	98.22	0.0264
			-100	-40	-170 лет	-
PSR B1620-26	3.8 кпк		1.2–6.7 M_J	10–64	62–389 лет	0.0–0.5

нет не может быть вычислено точно. Амплитуду и период колебания звезды измеряют по доплеровскому смещению линий в ее спектре. Но эффект Доплера при обычных скоростях движения (малых по сравнению со световой) проявляется лишь в лучевой скорости звезды, т.е. в проекции полного вектора ее скорости на луч зрения наблюдателя. Поэтому скорость движения звезды, а значит, и масса планеты определяются с точностью до множителя $\cos\alpha$, где α — угол между плоскостью орбиты планеты и лучом зрения наблюдателя. Этот угол в большинстве случаев не известен, поэтому в таблице под массой планеты понимается величина $M \cdot \cos\alpha$. Таким образом, на самом деле эти планеты в среднем раза в полтора массивнее, чем указанные значения.

В каталоге² объекты расположены в порядке увеличения их массы. Пока надежно известна только одна многопланетная система — у звезды γ Андромеды. Но это не означает, что остальные системы «однопланетные» — просто пока обнаружены лишь их самые массивные члены. Близость планет к звездам тоже не должна смущать: чем дальше

планета от звезды, тем сложнее ее обнаружить (диапазон изменения скорости становится меньше, а период — больше).

В левой части табл.1 приведены данные о звездах: их общепринятое обозначение по астрономическому каталогу, расстояние от Солнца в парсеках (1 пк = 3.26 светового года) и спектральный класс, указывающий температуру звезды. Напомним, что у Солнца — класс G; звезды немного горячее Солнца относятся к классу F, а немного холоднее — к классу K. Цифра рядом с буквой (., F8, F9, G0, G1, G2,..) — это десятичное подразделение спектрального класса, а римская цифра — класс светимости звезды, т.е. ее размер и мощность излучения по отношению к нормальным звездам типа Солнца. Класс V — это звезды главной последовательности, или карлики; к ним относится и Солнце. Класс IV — субгиганты; III — слабые гиганты, которые в несколько раз превышают Солнце по размеру и мощности излучения.

Правая часть таблицы содержит данные о планетах. Приведены минимально возможные значения масс (в массах Юпитера, $1 M_J = 318 M_3 = 1.9 \cdot 10^{27}$ кг) и параметры орбит: большие полуоси (в астрономических единицах, 1 а.е. = 150 млн км), орбиталь-

ные периоды (в земных сутках и лишь для планеты у звезды 47 UMa — в земных годах) и эксцентриситеты орбит. Последние, напомним, указывают степень вытянутости орбиты: у круговой он равен нулю, а с ростом эллиптичности стремится к единице. (Для сравнения: у всех планет Солнечной системы эксцентриситеты орбит не превышают 0.1; лишь у Меркурия и Плутона они составляют 0.21 и 0.25.)

В табл.2 приведены данные о планетах, обнаруженных у радиопульсаров. Среди планет, обращающихся вокруг пульсара PSR 1257+12, две по своей массе близки к Земле (M_3), а одна — к Луне. Возможность обнаружения столь малых тел связана исключительно со стабильностью излучаемых пульсаром радиоимпульсов. Именно это позволяет заметить малейшие его движения, вызванные притяжением даже небольших планет. ■

² См.: Шнайдер Ж. (Медонская обсерватория, Франция) // <http://www.obspm.fr/encycl/encycl.html>

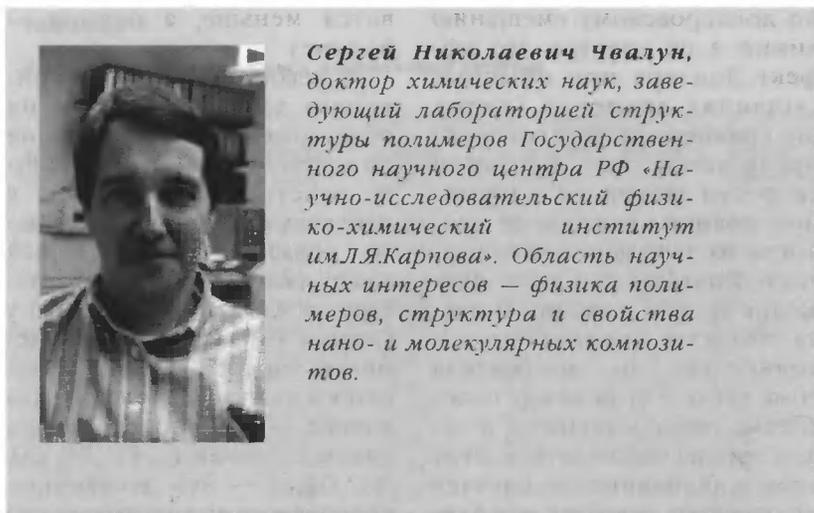
Полимерные нанокомпозиты



С.Н.Чвалун

Одно из интереснейших и перспективных направлений в науке о полимерах и материаловедении последних лет — разработка принципов получения полимерных нанокомпозитов. Что же представляют собой эти материалы нового класса? По определению, композиционными называют материалы, состоящие из двух или более фаз с четкой межфазной границей. На практике же это — системы, которые содержат усиливающие элементы (волокна, пластины) с различным отношением длины к сечению (что и создает усиливающий эффект), погруженные в полимерную матрицу. Удельные механические характеристики композитов (нормированные на плотность) заметно выше, чем у исходных компонентов. Именно благодаря усиливающему эффекту композиты отличаются от наполненных полимерных систем, в которых роль наполнителя сводится к удешевлению цены конечного продукта, но при этом заметно снижаются механические свойства материала.

Композиционные материалы различаются типом матри-

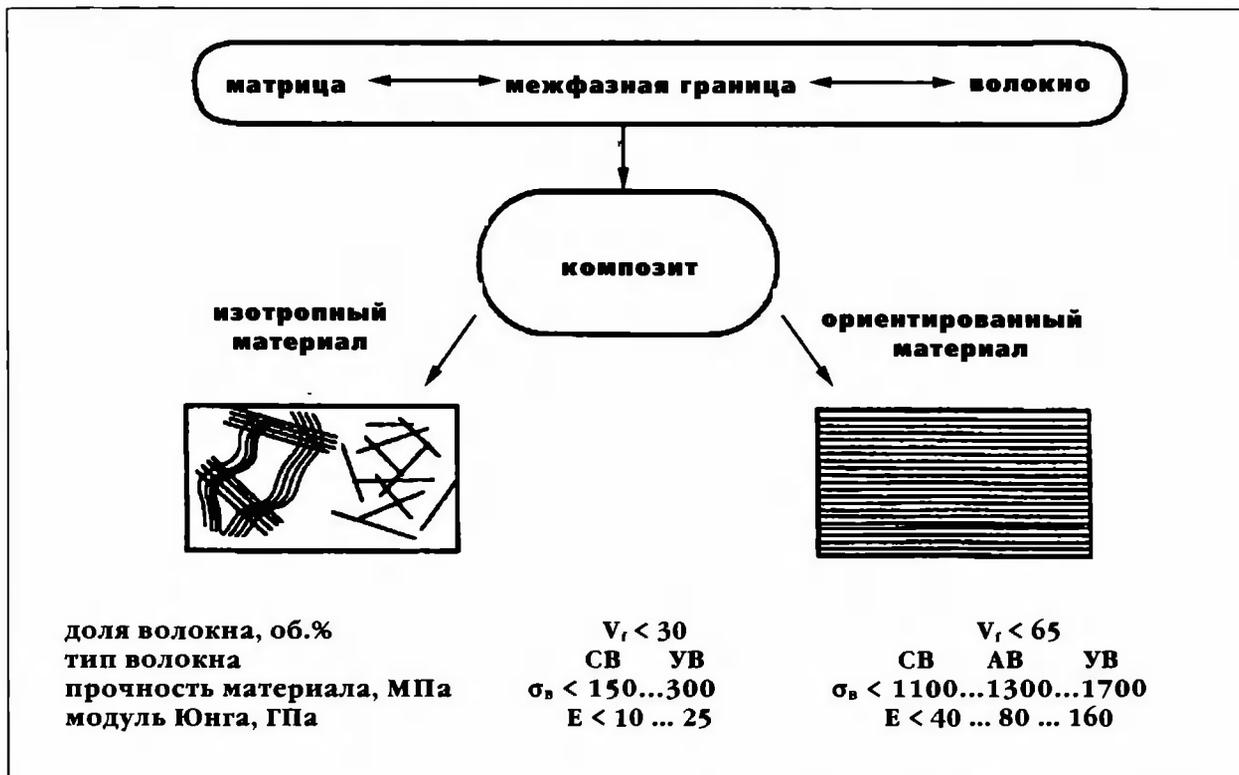


Сергей Николаевич Чвалун, доктор химических наук, заведующий лабораторией структуры полимеров Государственного научного центра РФ «Научно-исследовательский физико-химический институт им.Л.Я.Карпова». Область научных интересов — физика полимеров, структура и свойства нано- и молекулярных композитов.

цы (органическая, неорганическая), ее перерабатываемостью (термопласт, термосет), типом усиливающих элементов, их ориентацией (изотропная, одноосно ориентированная) и непрерывностью. Механические свойства композитов зависят от структуры и свойств межфазной границы. Так, сильное межфазное взаимодействие между матрицей и волокном-наполнителем обеспечивает высокую прочность материала, а значительно более слабое — ударную прочность. В обычных композиционных материалах фазы имеют микронные и субмикронные размеры. Наблюдаемая тенденция

к улучшению свойств наполнителя (усиливающего элемента) при уменьшении его размеров объясняется снижением его макроскопической дефектности. Однако в целом физические свойства конечного композита не могут превосходить свойств чистых компонентов. Другое дело нанокомпозиты — структурированные материалы со средним размером одной из фаз менее 100 нм. Заметим, в 80-х годах начали получать и молекулярные композиты, в которых сегменты из жестких цепей в принципе не могут образовывать отдельную фазу. О нано- и молекулярных композитах и пойдет речь.

© С.Н.Чвалун



Композиционные материалы — изотропный и ориентированный — и их характерные свойства при разных наполнителях: стекло- (СВ), углеродно- (УВ) и арамидноволокном (АВ).

Нанокompозиты из керамики и полимеров

Основные структурные параметры наночастиц — их форма и размер. Физические, электронные и фотофизические свойства наночастиц и кластеров, определяемые их чрезвычайно высокой удельной поверхностью (отношением поверхности к объему), значительно отличаются от свойств как блочного материала, так и индивидуальных атомов. Например, если размер кристалла золота уменьшается до 5 нм, температура плавления снижается на несколько сотен градусов¹. Свойства конечного нанокompозиционного материала за-

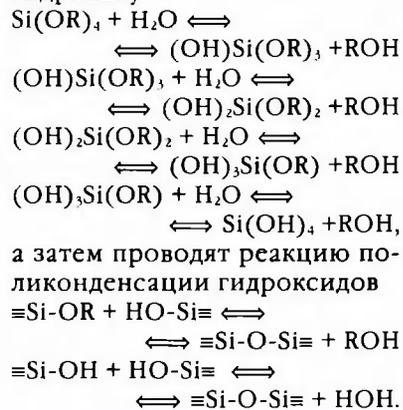
висят от природы взаимодействия между фазами и строения межфазных областей, объемная доля которых чрезвычайно велика.

Очень многие материалы — от металлов и керамики до биоминералов — состоят из неорганических наночастиц (оксидов, нитридов, карбидов, силикатов и т.д.). Они входят в состав и нанокompозитов на основе различной керамики и полимеров. Несовместимость этих неорганических и органических компонентов — основная проблема, которую приходится преодолевать при создании таких материалов. Чрезвычайно важно также контролировать в них степень микрофазного разделения.

Материалы с сетчатой структурой. Наибольшие успехи в получении этих нанокompозитов были достигнуты

золь-гель технологией, в которой исходными компонентами служат алкоколяты некоторых химических элементов и органические олигомеры².

Сначала алкоколяты кремния (титана, циркония, алюминия или бора) подвергают гидролизу



¹ Ichinose N. et al. Superfine Particle Technology. London, 1992.

² Brinker C.J., Scherer G. W. Sol-Gel Science. Boston, 1990.

В результате образуется керамика из неорганической трехмерной сетки. Поскольку золь-гель реакция, протекающая обычно в спиртовых растворах мономера и алкоголятов неорганического предшественника $M(OR)_n$, не требует высокой температуры, в реакционные схемы удается включать органические соединения как в виде активных олигомеров, так и готовых полимеров.

В качестве органического компонента используют многие соединения (полистирол, полиимид, полиамид, полибутилен и полиметилметакрилат) и в зависимости от условий реакции и содержания компонентов получают материалы с разной надмолекулярной организацией. Можно создать, скажем, высокодисперсные нанокомпозиты на основе полидиметилсилоксана и тетраэтоксисилана с включенными в неорганическую сетку олигомерами.

Вообще методов проведения золь-гель реакции несколько. Дж.Марк, например, предложил осуществлять гидролиз и конденсацию в набухшей полимерной матрице³. В ходе такой реакции образуются взаимопроникающие органическая и керамическая

сетки, что обеспечивает уникальные механические свойства конечного материала.

Существует также метод синтеза, в котором полимеризация и образование неорганического стекла протекают одновременно⁴. За счет этого расширяется класс используемых мономеров, кроме того, при сушке конечного продукта не происходит заметной усадки, как в способе Марка.

Нанокомпозиты на основе полимеров и керамик сочетают в себе качества составляющих компонентов: гибкость, упругость, перерабатываемость полимеров и характерные для стекол твердость, устойчивость к износу, высокий показатель светопреломления. Благодаря такому сочетанию улучшаются многие свойства материала по сравнению с исходными компонентами. Такие нанокомпозиты еще не приобрели коммерческой ценности. Однако очевидно, что в ближайшее время они найдут применение в качестве специальных твердых защитных покрытий и для неорганических, и для полимерных материалов, а также как световоды и оптические волокна, адгезивы, адсорбенты и, наконец, как новые конструкционные материалы.

Слоистые нанокомпозиты. Их тоже создают на основе керамики и полимеров, но с использованием природных слоистых неорганических структур, таких как монтмориллонит или вермикулит, которые встречаются, например, в глинах⁵. Слой монтмориллонита толщиной ~1 нм в ходе реакции ионного обмена насыщают мономерным предшественником с активной концевой группой (ϵ -капролактамом, бутадиеном, акрилонитрилом или эпоксидной смолой), а затем проводят полимеризацию.

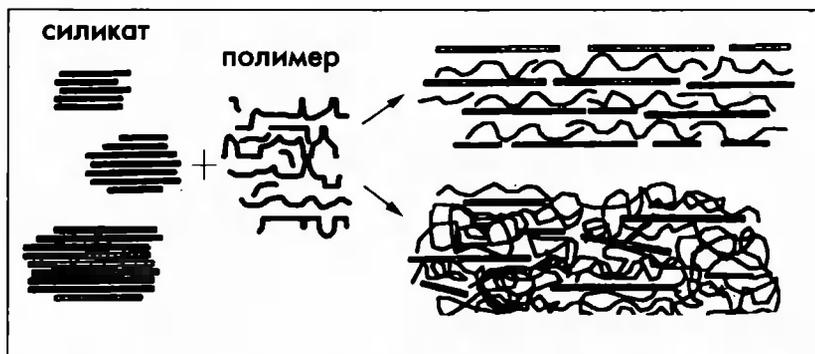
Так получают слоистые нанокомпозиты с высоким содержанием керамики. Эти материалы характеризуются высокими механическими свойствами, термической и химической стабильностью. Но даже и небольшое количество алюмосиликата значительно улучшает механические и барьерные свойства полимера. Так, по сравнению с чистым полиимидом влагопроницаемость полиимидного нанокомпозита, содержащего всего 2 мас.% силиката, снижается на 60%, а коэффициент термического расширения — на 25%. Отметим, основная проблема при создании слоистых нанокомпозитов на основе глины — обеспечить равномерное раскрытие слоистых структур и распределение мономера по материалу.

Нанокомпозиты, содержащие металлы или полупроводники

Эти материалы привлекают внимание прежде всего уникальными свойствами входящих в их состав кластеров, образованных разным количест-

³ Mark J.E. Frontiers of Macromolecular Science / Eds T.Saegusa, T.Higashimura, A.Abe. Oxford, 1989.

⁴ Novak B.M., Davis C. // Macromolecules. 1991. V.24. P.2481—2483.



Слоистые нанокомпозиты на основе алюмосиликата и полимера с низким его содержанием (справа вверху) и высоким.

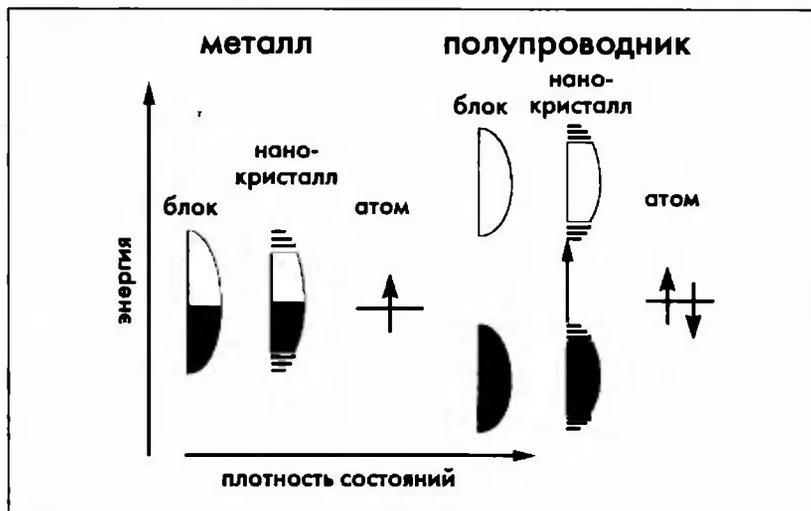
⁵ Kelly P., Akelah A., Moet A. // J. Mater. Sci. 1994. V.29. P.2274—2280.

вом атомов металла или полупроводника — от десяти до нескольких тысяч. Типичные размеры такого агрегата — от 1 до 10 нм, что соответствует огромной удельной поверхности. Подобные наночастицы отличаются по свойствам (ширине полосы поглощения, спектральным характеристикам, электронному переносу) как от блочного материала, так и индивидуального атома или молекулы, причем полупроводниковые особенно сильно, даже если размер частицы достигает сотен нанометров. Так, при переходе от нанокристалла CdS к макрокристаллу ширина запрещенной зоны уменьшается от 4.5 до 2.5 эВ, время жизни на нижнем возбужденном уровне увеличивается от пикосекунд до нескольких наносекунд, от 400 до 1600°C повышается температура плавления⁶. Нелинейные оптические свойства нанокластеров позволяют создавать на их основе управляемые квантовые светодиоды для применения в микроэлектронике и телекоммуникации.

Наночастицы проявляют также суперпарамагнетизм и каталитические свойства⁷. При использовании кластеров металлов в качестве катализаторов наночастицы стабилизируют, например, в растворе с помощью поверхностно-активных соединений или на подложке из полимерной пленки. Несмотря на сравнительно невысокую термическую стабильность, полимерные материалы довольно часто служат матрицей, фиксирующей нанокластеры. В зависимости от того, какие свойства хотят придать конечному продукту, используют либо прозрачный полимер, либо

⁶ Vossmeier T., Katsikas L., Giersig M., Popovic I. // J. Chem. Phys. 1994. V.98. P.7665–7673.

⁷ Barthelemy A., Fert A., Morel R., Steren L. // Phys. World. 1994. V.7. P.34–38; Satterfield C.N. Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice. 2nd ed. N.Y., 1991.



Заполнение электронных уровней в металле и полупроводнике. Энергетическая зона металла, независимо от размера его частиц, заполнена не вся, поэтому электроны могут переходить на более высокие уровни. У полупроводника же валентная зона заполнена целиком и отделена от зоны проводимости на 2–3 эВ. Из-за малых размеров полупроводниковых нанокристаллов эти зоны расщепляются, что приводит к эффективному увеличению ширины запрещенной зоны (до 4.5 эВ).

проницаемый, либо электропроводящий и легко перерабатываемый.

Металлические (и полупроводниковые) нанокластеры можно приготовить по-разному: испарением или распылением металлов, восстановлением их солей и другими способами. В одной из первых работ кластеры серебра, золота или палладия размером 1–15 нм были диспергированы в пленку полистирола (или полиметилметакрилата) в ходе полимеризации жидкого мономера, в который предварительно осаждался металл из паров⁸. Судя по структурным исследованиям, металлические кластеры при этом объединяются в агломераты разной величины — вплоть до нескольких десятков нанометров. Похожую структуру имеют композитные пленки, полученные од-

⁸ Klabunde K.J., Habdas J., Cardenas-Trivino G. // Chem. Mater. 1991. B.5. S.947–952.

новременным осаждением паров металла и плазменной полимеризацией бензола или гексаметилдисилазана⁹.

Мы синтезировали полимерные металлсодержащие наноконкомпозиты весьма технологичным способом — совместным осаждением паров металла и/или полупроводника и активного предшественника (пара-циклофана) за последующей его полимеризацией¹⁰.

Молекулы п-циклофана, проходя через пиролизную зону $T=600^{\circ}\text{C}$, превращаются в активный интермедиат, который осаждается на холодной подложке вместе с атомами металла или молекулами полупроводника. Затем в реак-

⁹ Heilmann A., Hamann C. // Progr. Colloid Polym. Sci. 1991. V.85. P.102–112.

¹⁰ Gerasimov G.N., Sochilin V.A., Chvalun S.N. et al. // Macromol. Chem. Phys. 1996. V.197. P.1387–1393; Hopf H., Gerasimov G.N., Chvalun S.N. et al. // Adv. Mater. 1997. V.3. P.197–201; Nikolaeva E.V., Ozerin S.A., Grigoriev E.I. et al. // Mat. Sci. Eng. C-Bio. 1999. V.8–9. P.215–223.

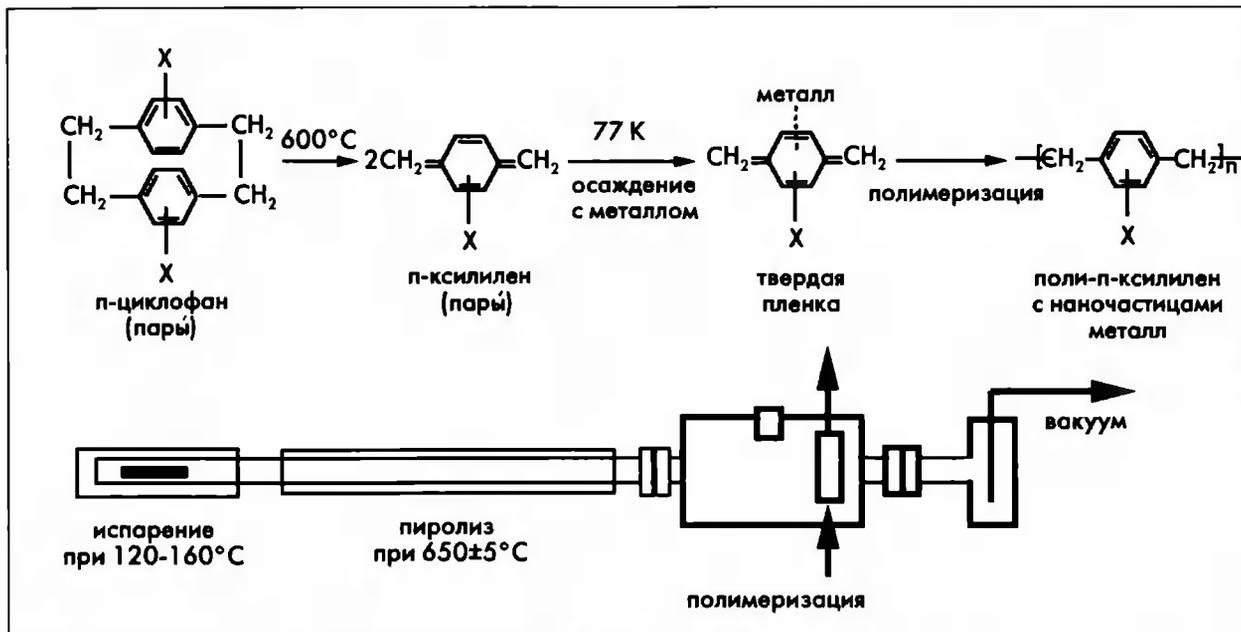


Схема получения нанокomпозиционных пленок (вверху) и установка для проведения этого процесса. X – разные заместители.

ции термической полимеризации или фотополимеризации образуется поли-п-ксилилен (или его производные), а в полимерной матрице возникают неорганические наночастицы или кластеры размером от 1 до 20 нм (в зависимости от химической структуры предшественника и условий полимеризации). Частицы, характеризующиеся довольно узким распределением по размерам, в основном локализованы в аморфных областях полимера и организованы в сверхрешетку. А это обуславливает многие чрезвычайно важные электрофизические свойства нанокomпозита.

Такой способ имеет целый ряд преимуществ по сравнению с другими: он позволяет получать тонкие пленки, содержащие атомы разных металлов и других веществ (например, фуллерен C_{60}); легко варьировать концентрацию компонентов; создавать нанокomпозиты высокой чистоты.

Оказалось, что синтезированные этим методом нанокomпозиты на основе разных металлов или полупроводников и поли-п-ксилилена обладают необычными фотофизическими, магнитными, каталитическими и сенсорными свойствами. Примечательно, что все они, как выяснилось, определяются концентрацией неорганической составляющей. При низком содержании металла наночастицы не взаимодействуют между собой, поскольку разделены матрицей. В этом случае электросопротивление исследуемых пленок максимально – $\sim 10^{12}$ Ом. Если концентрацию металла увеличить настолько, чтобы возникла перколяция – обмен зарядами между его наночастицами, сопротивление образцов может снизиться до 100 Ом.

Проведя не одну серию опытов, мы убедились, что металлсодержащие полимерные нанокomпозиты с такими крайними свойствами по-раз-

ному проявляют себя и в каталитических реакциях. В частности, при низком содержании палладия в композиционном материале в катализируемой этим металлом изомеризации 3,4-дихлорбутена *цис*-1,4-изомера образуется в 10 раз больше, чем *транс*-формы. (Заметим, такое же соотношение бывает в реакции, когда катализатором служит массивная пластинка палладия.) При высокой концентрации палладия выход *транс*-формы увеличивается втрое.

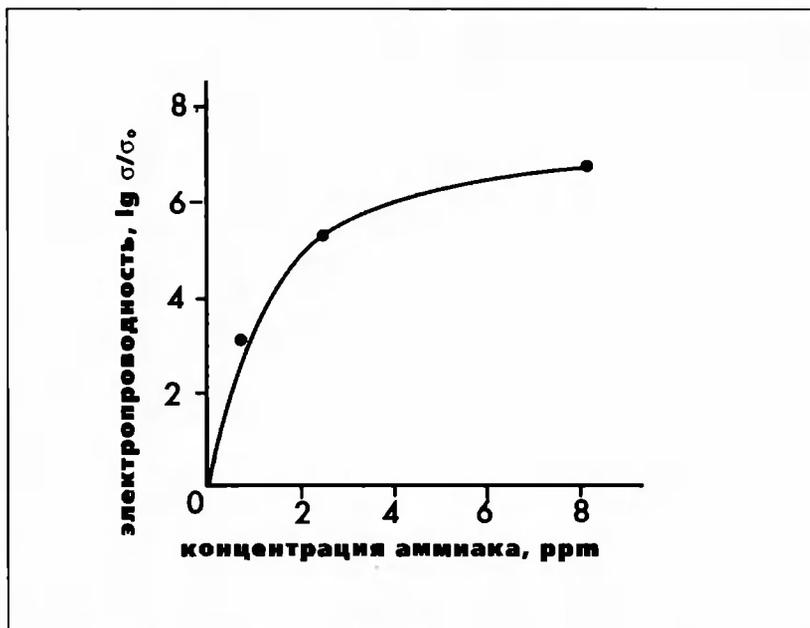
Поведение в магнитном поле нашего полимерного нанокomпозита проявляет сходный характер. Так, при высоком содержании в нем железа магнитосопротивление на 40% ниже, чем при низкой концентрации.

Проиллюстрируем еще и сенсорный эффект. Композитная пленка с наночастицами оксида свинца проявляет очень высокую чувствительность к аммиаку, содержаще-

муся в атмосфере¹¹. В его присутствии электрическая проводимость пленки меняется на несколько порядков величины в области концентраций аммиака, измеряемых миллионными долями. Примечательно, что эти изменения обратимы: если аммиак удалить из атмосферы, проводимость пленки возвращается к исходной величине.

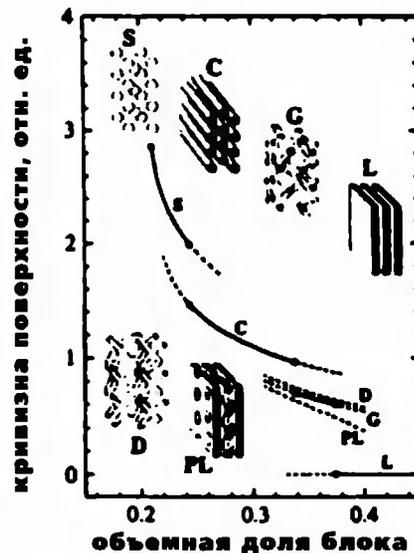
Продолжим рассказ о наноконпозициях, содержащих металлы или полупроводники. Эти материалы создают еще несколькими способами. В одном из них органическую матрицу синтезируют из смеси полимеров или сополимеров с функциональными мономерами и после ее набухания вводят соль металла, которую затем восстанавливают, например, в атмосфере сероводорода¹². К сожалению, полученные таким образом кластеры довольно сильно варьируют по размеру, что значительно снижает ценность метода.

Наноконпозиционные материалы получают также на основе блоксополимеров, т.е. не одинаковых, а разных полимерных молекул. Соединяясь друг с другом, они образуют блок, или домен, многократно повторяющийся в полимерной цепочке. Каждый из доменов — это своеобразный реактор, в одной из микрофаз которого и возникают неорганические нанокластеры¹³. Их размеры, что очень важно, ограничены величиной такого реактора. Но не только в этом достоинство метода. Он позволяет получать разные надмолекулярные структуры в зависимости от химического



Изменение относительной электропроводности пленки поли-*p*-ксилилена, содержащей наночастицы оксида свинца, в зависимости от содержания аммиака в атмосфере.

Надмолекулярные структуры, образующиеся в наноконпозиционном материале при разном содержании блоков. Сплошными линиями обозначены стабильные состояния: L — ламеллярная фаза, G — гироидная, C — колончатая, S — кубическая; штриховыми — метастабильные: PL — перфорированная ламеллярная, D — двойная алмазная (Matsen M.W., Bates. 1996). Кривизна поверхности — это средняя величина для всех граней наночастиц каждой структуры.



¹¹ Герасимов Г.Н., Григорьев Е.И., Григорьев А.Е. и др. // Хим. физика. 1998. Т.17. С.168–173.

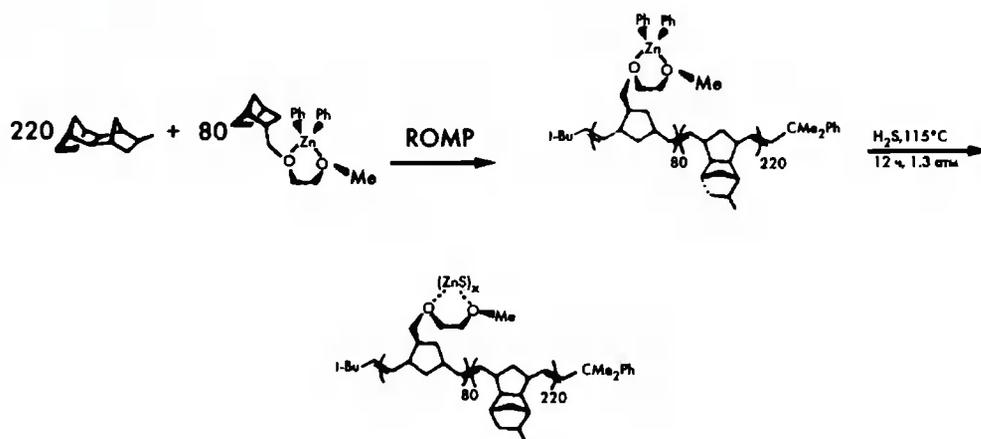
¹² Mahler W. // Inorg. Chem. 1988. V.27. P.435–436.

¹³ Rempp P., Merrill E.W. Polymer Synthesis (2nd ed.). N.Y., 1991; Volkov A.V., Karachevtsev I.V., Moskvina M.A. et al. // J. Inorg. and Organometallic Polymers. 1995. V.5. P.295–305.

строения блоксополимера и его состава¹⁴. В числе таких

¹⁴ Hajduk D.A., Harper P.E., Gruner S.M. et al. // Macromolecules. 1995. V.28. P.2570–2573; Matsen M.W., Bates F.S. // Ibid. 1996. V.29. P.7641–7644.

структур — ламеллярная, гироидная, колончатая, кубическая, перфорированная ламеллярная и двойная алмазная, причем две последние — в нестабильном состоянии, а остальные — в стабильном. Не-



Образование нанокристаллов ZnS в ходе реакции полимеризации норборненовых мономеров. ROMP — реакция метатезиса с раскрытием цикла, Ph — фенильный остаток, Me — метильный, Bu — бутильный.

обходимо отметить, что по мере того, как увеличивается содержание в сополимере одного блока относительно другого, все больше возникает структур с повышенной кривизной поверхности наночастиц. Особый интерес представляют взаимопроникающие гироидная и двойная алмазная структуры, в которых микрофаза, обогащенная металлом или полупроводником, может формировать непрерывные взаимопроникающие сетки.

Такой метод оказался эффективным при использовании двойного блоксополимера — из стирола и 2-винилпиридина¹⁵. В этом случае прозрачные пленки сополимера отливают из раствора, содержащего соли серебра, меди, кобальта или кадмия с последующим их восстановлением до чистого металла или его сульфидов. В результате образуются ламеллярные, колончатые и сферические структуры с регулируемым размером нанокластера.

Органическими компонентами для синтеза блоксополи-

мера могут служить норборненовые мономеры, в один из которых внедряют ионы золота, серебра, кадмия или цинка¹⁶. Норборнены, будучи циклическими соединениями с двойной связью, отличаются высокой реакционной способностью. Под действием катализатора они подвергаются перегруппировке: 5-членный цикл молекулы раскрывается и образуется линейный полимер (такую реакцию называют метатезисом с раскрытием цикла).

В ходе реакции полимеризации одновременно образуются и домены металлов (или полупроводников) размером в несколько нанометров. Изменяя относительную длину полимерных блоков, можно создавать, как и предыдущим способом, неорганические структуры разной морфологии. Полученные материалы оптически прозрачны, высокопроницаемы для низкомолекулярных веществ, а потому пригодны для использования в качестве оптических и люминесцентных микроприборов, катализаторов и т.д.

Молекулярные композиты

В конце 70-х годов возникла идея создания молекулярных композитов, построенных из гибкой полимерной матрицы и жестких, тоже полимерных, волокон¹⁷. Ожидалось, что по сравнению с традиционными в этих композиционных материалах не будет внутренних дефектов в усиливающих жестких элементах, проявятся большой усиливающий эффект (за счет высокого отношения длины жесткого сегмента к его сечению) и высокая адгезия матрицей и волокном, и другие преимущества. Все это могло обеспечить существенное улучшение механических и тепловых свойств материала при сохранении его перерабатываемости.

В начале 80-х годов молекулярные композиты уже пытались получать, смешивая растворы жесткого и гибкого полимеров (например, полибензо-бис-тиазола и полибензимидазола в метансерной

¹⁵ Moller M., Lentz D.W. // Macromol. Chem. 1989. V.190. P.1153—1168.

¹⁶ Chan Y.N. C., Schrock R.R., Cohen R.E. // J. Am. Chem. Soc. 1992. V.114. P.7295—7296.

¹⁷ Helmimiak T.E., Arnold F.E., Benner C.L. // ACS Polym. Prepr. 1975. V.16. P.659—662.

кислоте или полиамидимида и полиэфиримида в диметил-ацетамиде), которые образовывали тройную систему¹⁸. Оказалось, что фазовое поведение полимерного раствора жестких стержнеобразных молекул и гибкой матрицы зависит от энтропии смешения. Если она неблагоприятна, происходит микрофазное разделение компонентов, резко уменьшается объемная доля изотропной фазы по мере увеличения длины жестких сегментов. В результате значительно снижается усиливающий эффект по сравнению с системами, в которых жесткие сегменты распределены по всему объему матрицы случайным образом.

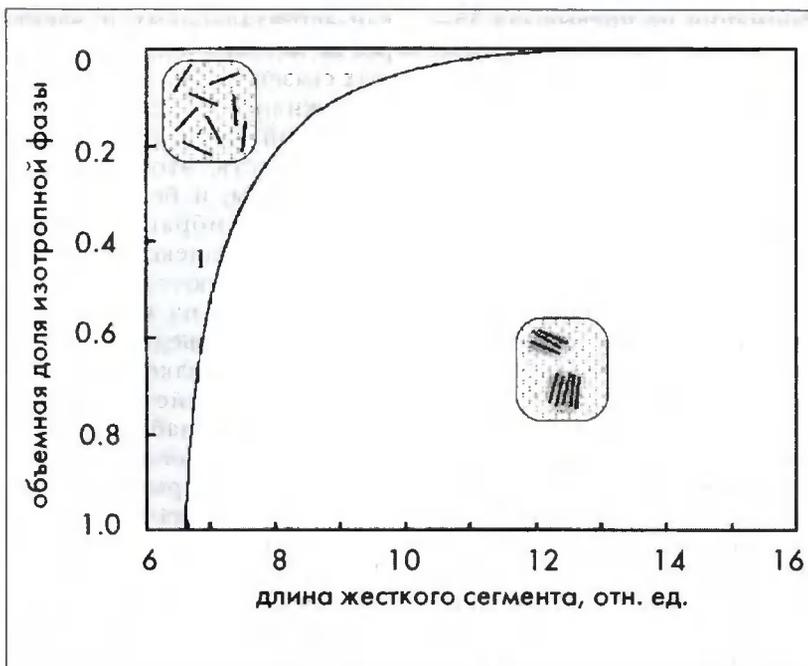
Фазовое разделение можно подавить несколькими способами:

- включить в жесткую молекулу гибкие боковые группы, которые дополняли бы по химической структуре функциональные группы в гибком клубке. Это обеспечит благоприятную энтропию смешения и возникновение водородных связей между жесткими и гибкими сегментами;

- повысить энтропию смешения за счет использования близких по химической структуре компонентов;

- синтезировать материалы, в которых жесткие сегменты и гибкая матрица связаны химически.

Действительно, любой из этих способов повышает сов-



Фазовая диаграмма для системы, состоящей из молекул матрицы с гибкими цепями и полимера с жесткими стержнями. Смешение этих компонентов приводит к микрофазному разделению, причем объемная доля изотропной фазы (1) резко снижена в области больших длин жестких стержней (Flory P.J., Abe A. // *Macromolecules*. 1978. V.11. P.1122).

местимость компонентов, создавая возможность для получения молекулярных композитов, но, на наш взгляд, последний наиболее перспективен. Именно третьим способом на основе полиимида и полиамида нейлона-6 Ф.Харрис (Университет г.Акрон, США) синтезировал тройной блоксополимер¹⁹.

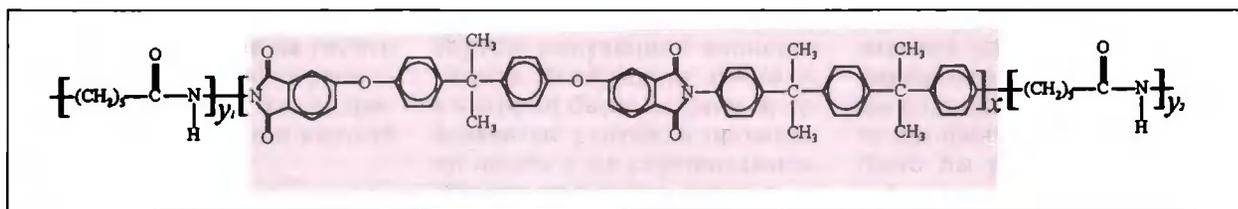
Мы изучили структуру и свойства этого сополимера

и выяснили, что единичный блок построен из ковалентно связанных, как в молекуле, трех фрагментов — центрального полиимидного с жесткими цепями и примыкающих к нему по краям гибких полиамидных цепей.

Контролируемая в процессе синтеза масса полиимидного фрагмента в исследуемых образцах составляла $12 \cdot 10^3$ г/моль, а степень полимеризации — 14–15. Длина имидной части макромолекулы в наиболее вытянутой кон-

¹⁸ Hwang W.F., Wiff D.R., Verschoore C. // *Polym. Eng. Sci.* 1983. V.23. P.789–791.

¹⁹ Ding H., Harris F.W. // *Pure and Appl. Chem.* 1997. V.67. P.1995–2004.



Единичный блок тройного сополимера, в центре которого находится полиимидный жесткий фрагмент, а по краям к нему примыкают гибкие полиамидные цепи.

формации не превышала 35–40 нм. Масса же полиамидных элементов была много больше — около 10^5 г/моль. Механические и теплофизические свойства материала оказались улучшенными по сравнению со свойствами исходных полимеров. Это обеспечивалось особенностями его структуры, а именно совмещением полиамидных и жестких полиимидных фрагментов в аморфных областях²⁰.

Интерес к молекулярным композитам чрезвычайно велик, и работы ведутся по разным направлениям: подбору смесей, поиску сополимеров, созданию материалов на основе аморфных и жидкокристаллических полимеров.

Отметим еще одно важное направление (развиваемое в разных лабораториях, в том числе и в нашей) — синтез «умных» полимерных наноматериалов²¹. В его основе лежит молекулярное распознавание и упорядочение составляющих элементов с последующей асемблоркой функциональных надмолекулярных структур за счет слабых нековалентных взаимодействий —

ван-дер-ваальсовых и электростатических сил, водородных связей и т.д.

В живом мире примеров подобной самоорганизации не перечислить, это и вирусы, и рибосомы, и белковые волокна, и мембраны, и ферментные комплексы. Все они не синтезируются целиком, а собираются из макромолекулярных субъединиц. Так, одинаковые белковые молекулы, взаимодействуя между собой за счет слабых сил, образуют геометрически регулярные структуры (спирали, кольца, гексагональные формы), которые упаковываются в плоские слои или трубки. Похожим образом можно реконструировать *in vitro* вирус табачной мозаики, просто смешав в растворе вирусный белок и РНК: сначала возникают белковые структуры в виде двойных колец, а затем они «нанализуются» на молекулу РНК. Так постепенно строится вирусная частица — длинный стержень, в котором спирально закрученная РНК заключена в цилиндр из одинаковых белковых молекул.

Можно было ожидать, что самоорганизация свойственна не только биополимерам, но и синтетическим макромолекулам. Эту идею удалось подтвердить В.Перчеку, который смоделировал процессы асемблорки, характерные для вируса табачной мозаики. Однако он использовал в экспериментах не вирусный белок, а соединения на основе

производных галиковой кислоты, имеющие жесткие секторообразные фрагменты в боковых цепях. С начала 90-х годов мы начали исследование этого же класса соединений и убедились, что некоторые из них способны к асемблорке в надмолекулярные цилиндры, которые в свою очередь организуются или в двумерную упорядоченную, или неупорядоченную жидкокристаллическую коллоидную фазу. Изучив температурное поведение этих надмолекулярных структур, мы определили основные этапы и условия их формирования. Исследования самоорганизующихся химических систем продолжаются и приносят интересные результаты.

Заметим, «умные» материалы чувствительны к разным внешним воздействиям — химическому составу окружающей среды, изменениям температуры и давления, электрического или магнитного поля и т.д. А значит, они могут найти широкое практическое применение.

Безусловно, нанокompозитам принадлежит будущее, надеемся, скорое. Но современная надмолекулярная химия уже создает еще более совершенные материалы — молекулярные композиты.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 97-03-32768. ■

²⁰ Неверов В.М., Чвалун С.Н., Blackwell J. и др. // Высокомолекуляр. соединения. А. 2000. Т.42. С.450–461.

²¹ Israelashvili J.N. Intermolecular and Surface Forces. N.Y., 1992; Schneider H.J., Durr H. Frontiers in Supramolecular Organic Chemistry and Photochemistry. N.Y., 1991; Chvalun S.N., Blackwell J., Cho J. // Polymer. 1998. V.39. P.4515–4522; Чвалун С.Н., Kwon Y., Blackwell J., Perges V. // Высокомолекуляр. соединения. А. 1996. Т.38. С.1978–1990.

Правая и левая любовь улиток

К.Н.Несис,

доктор биологических наук
Москва

Посмотрим на улитку брюхоногого моллюска (обычного — наземного, легочного). Она асимметрична. Если взять в руку улитку устьем к себе, то оно, как правило, будет справа от оси раковины. Это правозавитая раковина; легочное и половое отверстия тоже будут справа. Очень редко встречаются улитки с левозавитой раковиной; у них легочное и половое отверстия слева. Изменение в направлении закручивания — разовая генетическая мутация в материнском геноме. Но частота таких мутаций в разных семействах брюхоногих моллюсков сильно различается! В большинстве семейств легочных моллюсков левозавитые особи очень редки (как люди с сердцем справа и печенью слева), но есть семейства, где подавляющее большинство видов левозакрученные. Обычно левозакрученные моллюски образуют особые виды или даже роды, обособленные от близких им правозавитых, но в некоторых видах есть и право-, и левозавитые моллюски, ничем другим, кроме направления завивания раковины и расположения внутренних органов, не различающиеся. В чем причина таких различий?

Т.Асами, Р.Кауи и К.Обаяси¹ обратили внимание на то, что среди наземных моллюсков — множество видов с цилиндрической или веретеновидной

раковинной, высота которой значительно больше ширины, и столь же много — с низкой, уплощенной, кубаревидной или шарообразной раковиной; промежуточные же формы немногочисленны. И вот среди моллюсков с низкой раковиной левозавитые встречаются крайне редко, а среди обладателей высокой они довольно обычны. По расчетам авторов, в 46 семействах наземных моллюсков имеются 467 родов с низкой (от плоской до шаровидной) раковиной; из них в 457 родах раковины только правозавитые, в восьми — только левозавитые, а в двух есть те и другие. Крайний случай — слизни, у которых раковина сильно редуцирована или вообще отсутствует: у них левых особей вовсе нет. А вот среди 422 родов с высокой раковиной 280 включают только правозавитые, 109 — левозавитые и 33 — те и другие. Из 16 выбранных семейств в шести есть роды, содержащие как право-, так и левозакрученные виды, но среди моллюсков с низкой раковиной таких родов только три, а с высокой — 10. Разница более чем существенная!

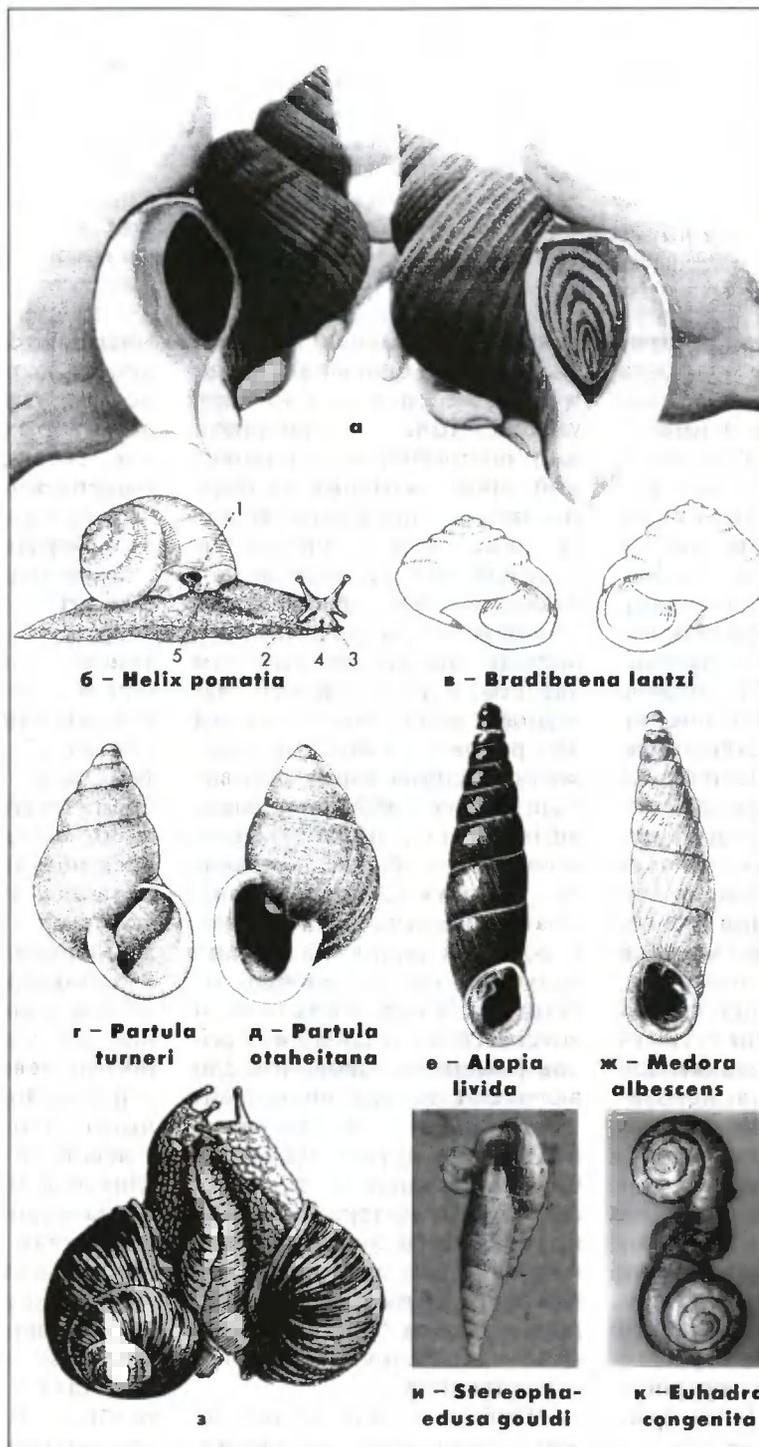
Чтобы понять причину этих различий, названные ученые наблюдали за лабораторной популяцией японских улиток *Bradybaena similaris*, в которой были и право- и левозавитые улитки, и проводили опыты с их скрещиванием. (Множество видов этого рода с характерной низкой раковиной обитает и в нашей стране.) В природе левые улитки

встречаются очень редко (менее 1%), но иногда правые особи откладывают яйца, из которых вылупляются левые (вероятно, происходит выщепление рецессивных мутаций). От них и было получено лабораторное потомство.

Наземные улитки — гермафродиты, но, как правило, спариваются перекрестно. Улитки с низкой раковиной почти всегда спариваются в положении «лицом к лицу» (24 из 27 родов девяти семейств, по которым была собрана статистика), и каждая особь играет роль и самца, и самки, так что, по словам Бальзака, «испытывает одновременно наслаждения как любовника, так и любовницы». В положении «лицом к лицу» правое половое отверстие одной особи должно находиться против левого отверстия другой. Казалось бы, спариваться могут только правая улитка с левой. Но по воле природы улитки в момент спаривания обязательно поворачивают головы так, что особи обращены затылками в разные стороны и передние части подошв их ног соприкасаются. В такой позе половые отверстия совпадают! Поворачивание головы — генетически закрепленный рефлекс, поэтому спаривание между право- и левозавитой улитками с низкими раковинами невозможно. Чтобы спаривание в этом варианте произошло, улиткам можно было бы расположиться бок о бок головами в разные стороны или сплестись друг с другом, но этому мешают широкие раковины. Бок о бок

Заметки и наблюдения

¹ Asami T., Cowie R.H., Ohbayashi K. //American Naturalist. 1998. V. 152. № 2. P. 225—236.



Улитки с разным направлением закручивания раковин: а — лево- и правозакрученная морские улитки; б — виноградная улитка, вид справа (1 — легочное отверстие, 2 — половое отверстие, 3 — голова, 4 — рот, 5 — край мантии); в-ж — право- и левозакрученная раковины наземных легочных моллюсков одного вида — из южного Казахстана (в), разных видов одного рода — с Новых Гебрид (г) и с о.Таити (д), разных родов — древесные улитки-клаузилииды из Венгрии (е, редкий для клаузилиид случай правозавитой раковины) и из Австрии (ж, обычное для клаузилиид левое направление навивания); з — поза ухаживания «лицом к лицу» у виноградной улитки; и-к — спаривание улиток с высокой раковинной (и — левозакрученная с высотой раковины 20 мм, к — правозакрученная, диаметр раковины 30 мм).

располагаются спаривающиеся на земле и серповидно изгибающиеся при этом слизи, а сплетаются — другие слизи, которые спариваются в воздухе, подвесившись к ветке дерева на толстой слизистой нити, но у слизней раковины-то нет! В опытах с брадибеной спаривание между двумя правыми и между двумя левыми улитками, как правило, было успешным и разницы между правыми и левыми не наблюдалось, а спаривание между правой и левой улиткой почти всегда кончалось неудачей.

Исследователи проанализировали также поведение полинезийской древесной улитки *Partula suturalis* (с высокой раковиной), у которой существуют популяции, состоящие только из право- или только из левозавитых улиток. Выяснилось, что и здесь все дело — в позе спаривания! Во всех изученных случаях (данные

по 14 родам семи семейств) одна особь выполняет функцию самки, другая — самца, а в следующий раз они могут меняться ролями. Особь, играющая роль самца, наползает на «самку» и располагается поверх нее и параллельно, головой в ту же сторону. При этом половые отверстия и у право- и у левозавитых особей оказываются в точности одно над другим, так что одинаково закрученные улитки спариваются без проблем. Но если одна правая, а другая левая, то располагающейся сверху («самцу») достаточно сдвинуть голову немного влево (или вправо), чтобы половые отверстия совпали! У партул (с высокой раковиной) успешность спаривания правых особей с левыми была ниже, чем правых с правыми или левых с левыми, но значительно выше, чем у брадибен (с низкой раковиной) при спарива-

нии правых с левыми (или наоборот).

Таким образом, состоят ли виды и роды улиток только из право- или только из левозавитых особей или среди них есть те и другие, зависит прежде всего от наследственно закрепленного привычного поведения при спаривании. Почему одни улитки спариваются «лицом к лицу», а другие в параллельном положении, неясно. Предполагают, из-за того, что высокие улитки обычно живут на вертикальных, а уплощенные — на горизонтальных поверхностях, но это мало что объясняет. Однако во всех случаях успех спаривания между одинаково закрученными особями выше, чем у закрученных по-разному. По этой причине естественный отбор приводит со временем к возникновению исключительно правых или левых популяций, а затем подвидов и видов. ■

Щетинкочелюстные без головы

С.Ф.Тимофеев

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН

Щетинкочелюстные (*Chaetognatha*) — тип морских беспозвоночных. Внешне эти животные напоминают круглых червей с абсолютно прозрачным стреловидным телом. Отсюда и их русское название «морские стрёлки» (ср. английское название *arrow-worm* — червь-стрелка). Щетинкочелюстные широко распространены в Мировом океане; они обитают на морском дне, на-

селяют подводные пещеры, но больше всего их в толще вод. Щетинкочелюстные — хищники и вследствие своей многочисленности вносят существенный вклад в функционирование экосистем, особенно в водах умеренной зоны и в полярных регионах.

Обилие червей-стрелок в море предопределило повышенный интерес к ним со стороны биологов различных специальностей. Тем не менее многие стороны жизни этих

животных остаются до сих пор неясными или просто загадочными. Например, такой факт: в отдельных районах Мирового океана обнаружены особи без головы. Доля таких ущербных животных может достигать 70—90% (Берингово море¹), хотя чаще всего она не превышает 20—30% (Северный Ледовитый

¹ Касаткина А. П. Массовые аномалии в планктоне окраинных морей и соприкасающихся вод Тихого океана // ДАН. 1995. Т. 345. № 6. С. 845—848.

океан²), а в некоторых районах и еще меньше — до 1% (Антарктика³). Интересно, что все особи без головы относятся к одному из наиболее примитивных видов щетинкочелюстных — *Eukrohnia hamata* Mobius.

Само собой разумеется, что такое явление не могло остаться незамеченным, и были выдвинуты различные гипотезы, объясняющие причины его возникновения. Одна из первых: безголовые щетинкочелюстные — результат неудачной (для червя-стрелки, разумеется), но не смертельной встречи животного с каким-то хищником. Предполагали, что утерянная голова вскоре регенерирует, однако несостоятельность этого утверждения экспериментально была доказана почти 30 лет назад. На самом деле оказалось, что это — умирающие животные, поскольку они не могут питаться (отсутствуют глаза, головные щетинки, при помощи которых они схватывают добычу, ротовое отверстие и т.п.). Другое дело, что, как и многие беспозвоночные, щетинкочелюстные способны существовать без головы довольно долго.

Иное объяснение приводит А.П.Касаткина, работавшая на Дальнем Востоке. Она считает, что такие животные появляются в результате неправильного развития эмбрионов под влиянием либо естественного усиления геофизической и геохимической активности в отдельных зонах Мирового океана, либо антропогенного пресса, в частности радиоактивного загрязнения. Однако места, где об-

наружены эти животные, удалены от промышленных районов (Центральный Арктический бассейн, Антарктика, Берингово море), а захоронения радиоактивных отходов носят локальный характер, и их воздействие на биоту не зарегистрировано. Наконец, это просто невозможно по той причине, что размер выходящей из яйца молодой особи всего около 1 мм, и у нее нет никаких запасов питательных веществ. Но поскольку без голов встречаются особи более 10 мм, приходится допустить, что безголовые щетинкочелюстные могут расти не питаясь, но это невозможно, и, следовательно, предложенное объяснение вряд ли правдоподобно.

Исследователи, работавшие в Антарктике, обнаружили экземпляры *E.hamata*, у которых рядом с головой находились эктопаразитические многощетинковые черви семейства *Typhloscolecidae*. Судя по характеру повреждений, животные могли утратить голову в результате нападения паразита. Но возникает закономерный вопрос: почему щетинкочелюстные без головы встречаются в море достаточно часто, а щетинкочелюстные с паразитирующими на них полихетами — чрезвычайно редко? Объяснить это легко, исходя из принятых способов сбора материала. Известно, что в пробу планктона доливают концентрированный раствор формалина. Эктопаразиты почти всегда покидают хозяев под действием формалина или других консервирующих веществ. Оказалось, что безголовые *E.hamata* обнаружены как раз в тех пробах зоопланктона, в которых присутствуют и полихеты-паразиты рода *Typhloscolex*.

Таким образом, щетинкочелюстные без головы появляются, вероятно, в результате трофических взаимоотноше-

ний: полихеты выступают в роли хищников, щетинкочелюстные — в роли жертв.

Почему же особи без головы обнаружены только в популяциях *E.hamata*? Возможно, это обусловлено морфологическими особенностями данного вида. *E.hamata* обычно населяют глубины свыше 500 м. Как и многие обитатели больших глубин, эти животные характеризуются сильным обводнением тела, мягкими покровами и меньшей подвижностью, чем щетинкочелюстные, населяющие приповерхностные воды. Видимо, поэтому паразитические полихеты нападают лишь на глубоководных, более доступных для них жертв. Вполне вероятно, что в будущем особи без головы будут обнаружены и у других глубоководных червей-стрелок. ■

² Тимофеев С. Ф. Безголовые щетинкочелюстные (Chaetognatha) в планктоне Северного Ледовитого океана // Актуальные вопросы биол., геогр., экол. и методик их преподавания. Мурманск, 1999. С. 21–25.

³ Oresland V., Pleijel F. An ectoparasitic typhloscolecid polychaete on the chaetognath *Eukrohnia hamata* from the Antarctic Peninsula // Mar. Biol. 1991. V. 108. P. 429–432.

Сколько нефти осталось в российских недрах?

С.В.Аплонов, М.Б.Келлер, Б.А.Лебедев

Этот вопрос задают геологам-нефтяникам люди самых разных профессий — производственники, экономисты, ученые других отраслей знаний, да и люди, никак не связанные ни с наукой, ни с бизнесом. Интерес понятен. Сейчас и школьник знает — нефть и газ представляют главную статью российского экспорта. И от того, надолго ли их хватит, зависит, успеем ли мы создать эффективную рыночную экономику.

Казалось бы, ответить нетрудно: и в столицах, и в добывающих регионах есть коллективы, регулярно составляющие специальные сводки, где в соответствующих графах находят отражение все тонкости подготовки и освоения месторождений нефти и газа. Однако примерно 20 лет назад стали зарождаться сомнения в объективности проводимых расчетов.

Богатство конкретного нефтегазоносного региона определяется его *начальными потенциальными ресурсами* — суммой того, что уже добыто, *разведанными запасами* (подготовленными к эксплуатации), *прогнозными ре-*



Сергей Витальевич Аплонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, заведующий кафедрой геофизики Санкт-Петербургского государственного университета, директор Центра геодинамических исследований «Тетис». Специалист в области региональной геофизики и геодинамики. Член редколлегии «Природы».



Михаил Борисович Келлер, начальник Управления ресурсов нефти и газа Министерства природных ресурсов РФ. Область научных интересов — методы прогнозной оценки ресурсов нефти и газа и геолого-экономические критерии эффективности воспроизводства сырьевой базы нефтегазодобычи.



Борис Андреевич Лебедев, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Всероссийского нефтяного геологоразведочного института, профессор Санкт-Петербургского государственного университета, ведущий геолог Центра геодинамических исследований «Тетис». Основные научные интересы связаны с геологией нефтегазоносных осадочных бассейнов.

сурсами (их предполагается еще обнаружить).

Долгие годы существовала стройная система, состоявшая в том, что на прогнозных землях производилась последовательная локализация ресурсов — с помощью сейсморазведки (ведущего геофизического метода при поисках нефти и газа, позволяющего определить структуру осадочного чехла нефтегазоносного бассейна) выделялись объекты, на которых размещались поисковые скважины, а после обнаружения и оконтуривания залежей часть прогнозных ресурсов переводилась в разведанные запасы. Со временем надежность выделения таких объектов стала падать, а как итог — появилось недоверие и к самим прогнозным ресурсам.

Кризис антиклинальной концепции

Углеводороды легче воды, поэтому в проницаемой среде они всплывают, занимая максимально высокое положение в рельефе. Если проницаемый пласт охватывает большую площадь, чем складка, то нефть и газ поднимаются до свода поднятия (антиклинали), образуя сводовую (антиклинальную) залежь. Если же пласт выклинивается, то скопление возникает на склоне (оно в этом случае называется неструктурным, или неантиклинальным), тем не менее подчиняясь морфологии складки.

Эти залежи нефти и газа, в том числе неантиклинальные ловушки на склонах, и есть традиционные объекты поисковых работ.

Кризис наступил тогда, когда антиклинали с достаточно большой площадью и амплитудой закончились, а им на смену пришли так называемые *нетрадиционные резервуары*.

Главная их черта — «запечатанность» (ограничение вторичными барьерами) относительно небольшого объема проницаемых пород, который часто бывает полностью занят углеводородами или, по крайней мере, соизмеримыми долями воды и углеводородов, поскольку само существование резервуара генетически связано с нефтегазонакоплением¹. Подобные резервуары не зависят от современной складчатой структуры, а значит, с помощью антиклинальной концепции найти их можно только случайно. Существенно и то, что максимум нетрадиционной нефтегазоносности приходится на глубины 3–4 км. Бурить надо глубже, а вероятность встретить промышленную залежь нефти или газа — меньше.

О «запечатанных» залежах много писали уже в 70–80-е годы², но, видимо, до сих пор многие нефтяники воспринимают их как экзотику. На самом деле с ними связано две трети прогнозных ресурсов российской суши, и подавляющее число залежей характеризуются сравнительно большими размерами. В объектах же, подчиняющихся антиклиналям (оставшаяся треть), к настоящему времени сохранились почти исключительно мелкие скопления, большинство которых к тому же открывается попутно при разведке более богатых месторождений.

Если так, то при расчете прогнозных ресурсов нефти и газа нужно исходить из закономерностей размещения нетрадиционных резервуаров. Но для решения этой задачи, а тем более для поисков и раз-

ведки залежей, требуется принципиально иной, неизмеримо более высокий, чем сейчас, уровень научного обоснования направлений нефтегазопоисковых работ.

Особенности российской нефтяной геологии

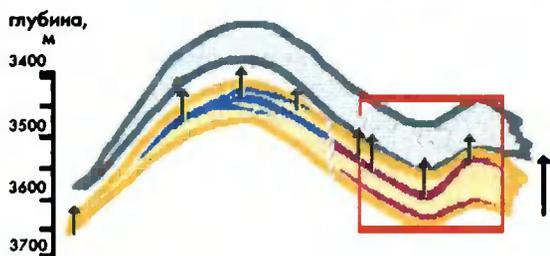
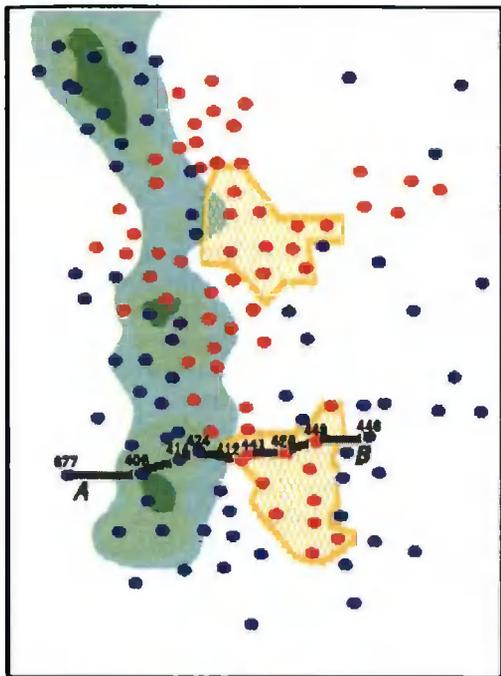
В структуре нефтегазодобывающих организаций за рубежом важнейшее место занимает отраслевая наука. Ученые работают непосредственно в нефтяных фирмах и несут ответственность за эффективное освоение недр. Именно они ввели в свое время термин «дикая кошка» для тех скважин, которые у нас и сейчас истолковываются как «бурные наудачу», тогда как по сути они задаются в результате нестандартных способов обработки данных, исходя из новых геологических идей. Методом «диких кошки» начали когда-то искать и нетрадиционные резервуары³.

В Советском Союзе теоретические основы нефтяной геологии развивались в отраслевых научно-исследовательских институтах, оторванных от практики, хотя бы в том смысле, что они не несли финансовой ответственности за результаты поисково-разведочных работ. Производственные нефтегазодобывающие организации сами определяли направления поисков, а поскольку допустить анархию было нельзя, вводились инструкции, которые естественно исходили из антиклинальной концепции. Как

¹ Лебедев Б. А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. Л., 1992.

² Виноградов Л. Д. Закономерности формирования катагенетически запечатанных залежей нефти и газа по площади и разрезу древних платформ // Особенности формирования залежей нефти и газа. М., 1983. С.104–112.

³ Kunsgraa V. A., Brasher J. P., Doshier T. M., Elkins L. E. Enhanced recovery of unconventional gas, the program. Vol. II // US Department of Energy. 1989. HCP/T-2705-02; Law B. E., Spancer C. W. Gas in tight reservoirs and emerging major source of energy // The future of energy gases. US Geol. Survey Profess. Paper, 1570. Washington, 1993. P.233–252.



Пример нетрадиционных залежей газоконденсата в нижней части осадочного чехла (Уренгойское месторождение, север Западной Сибири). Числа — номера скважин. Вверху — план Уренгойской антиклинали (зеленое), желтое — эксплуатационные участки; красные кружки — продуктивные скважины, синие — сухие и низкодебитные. Внизу — разрез по линии АВ. Желтый слой — коллектор, серый — покрывка, голубой — вода, фиолетовый — конденсат. Стрелками показаны скважины. Прямоугольником оговорены скважины в пределах эксплуатационного участка.

итог — и сегодня почти во всех нефтегазоносных провинциях, за исключением, пожалуй, Лено-Тунгусской (где объектов, подчиняющихся антиклиналям, просто нет), поиски в основном продолжают вести по-старому.

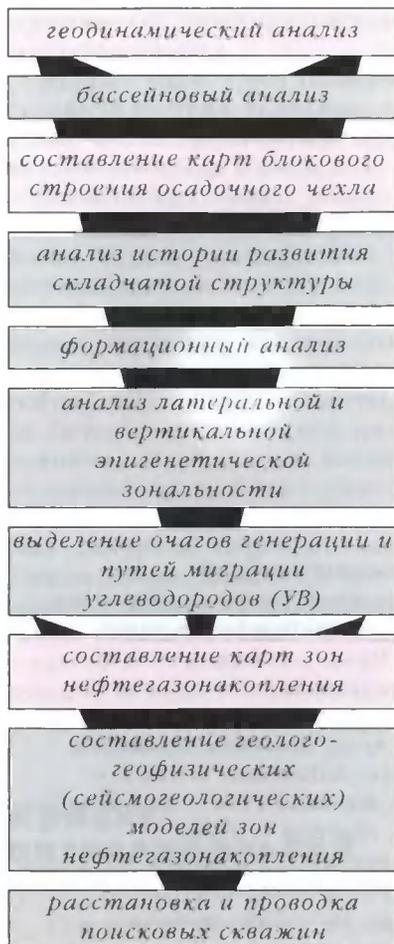
Низкую же эффективность выявления нетрадиционных резервуаров пытаются преодолеть «в лоб», в первую очередь закупкой зарубежной сейсморазведочной аппаратуры и программного обеспечения для обработки результатов измерений. Все большее распространение получает трехмерная сейсморазведка, которая благодаря быстрой обработке гигантских объемов данных и современным средствам визуализации создает иллюзию безграничных геологических возможностей.

Однако каждый район геологически индивидуален, и технологии, дающие приличные результаты в отдельных областях США или, скажем, стран Персидского залива, оказываются малоэффективными в Западно-Сибирской или Тимано-Печорской провинциях.

Вместе с тем российская нефтяная геология имеет в своем активе фундаментальные результаты, нередко превосходящие зарубежные. В частности, мы пока сохраняем явный приоритет в изучении вещественного состава нефтегазоносных комплексов. В советской, а затем российской практике всегда проводился несравненно больший отбор керн, и изучался он интенсивнее. Американские нефтяники всегда делали упор на геофизические исследования,

прежде всего — сейсморазведку и каротаж (геофизический анализ скважин), которые как раз для нетрадиционных резервуаров дают неоднозначные результаты. Кроме того, российская наука в лице А.В.Копелиовича, А.Г.Коссовской, В.Д.Шутова, а вслед за ними многих литологов⁴, достигла наибольшего прогресса именно в теории эпигенеза (изменения, происходящего в осадочных породах после их уплотнения), занимающей главное место в изучении и типизации процессов, которые определяют размещение богатых залежей в неравномерно уплотненных продуктивных толщах.

⁴ Чепиков К.Р., Ермолова Е.П., Орлова Н.А. и др. Постседиментационные преобразования пород-коллекторов. М., 1972.



Последовательность операций при определении направлений поисков нетрадиционных залежей нефти и газа в нижней части чехла осадочных бассейнов России.

Геодинамическая концепция поисков нетрадиционных резервуаров

Простота поисков антиклинальных объектов объяснялась тем, что достаточно было построить карту современной структурной поверхности, а затем в конкретных продуктивных разрезах выделить территории с благоприятными условиями для накопления нефти и газа. Время и пути миграции углеводородов при образовании залежей сугубо второстепенны, и мно-

гочисленные дискуссии по этому поводу в сущности не мешали эффективному ведению поисковых работ.

Для нетрадиционных резервуаров каждая деталь геологического строения может оказаться решающей, и именно поэтому при геодинамическом анализе осадочных бассейнов так важна определенная последовательность операций, позволяющая отделить главное от второстепенного. Среди десяти операций три обособлены как ключевые, поскольку они определяют всю систему обработки фактических данных, необходимую для рациональной подготовки поисковых объектов.

Первый по месту и важности операций — *геодинамический анализ*, призванный установить условия заложения и историю развития нефтегазоносного бассейна в целом. В формировании любого крупного бассейна (а чем он богаче, тем больше в нем и относительная доля ресурсов, приуроченных к нетрадиционным резервуарам), сколь бы сложными ни были частные аспекты его развития, усматривается единый геодинамический сценарий. Причина образования бассейна всегда заключена в интенсивном рифтинге (расколе континентальной коры) с последующим кратковременным спредингом (разрастанием океанской коры) на краю новообразованного суперконтинента⁵. В результате, в течение целого глобального цикла (около 0.2 млрд лет), над бывшими заливами с океанской корой реализуется гармоничное развитие⁶ осадочного бассейна — закономерное чередование материнских, нефтегазосодержащих и флюидоупорных толщ.

⁵ Аглонов С. В. «Базальтовые окна» континентов // Природа. 1996. №11. С.62—71.

⁶ Лебедев Б. А., Аглонов С. В. // Рос. геофиз. журн. 1998. №11—12. С.40—44.

Специфика осадочного бассейна существенно зависит от генезиса его фундамента, а значит, от особенностей взаимодействия континентов и микроконтинентов в ходе образования складчатости, предшествующей рифтингу. Поэтому проводится углубленная комплексная интерпретация геофизических данных с выходом на их геосторический (палеогеодинамический) анализ⁷.

Вторая ключевая операция состоит в рассмотрении *блокового строения осадочного бассейна*, которое прямо следует из геодинамического анализа. Все развитие бассейна, заложившегося на месте бывшего «малого океана», контролируется сеткой вдоль-рифтовых и трансформных разломов, согласующихся с разломами фундамента. Получается «клавишная» структура со сложным изменением во времени активности разных блоковых ограничений.

Блоки представляют собой автономные нефтегазоносные районы. В этом состоит главное содержание геодинамической концепции: каждый такой фрагмент живет своей независимой жизнью, что определяет и индивидуальность его нефтегазоносности. Следующие операции (*анализ истории развития складчатой структуры, формационный анализ* и на их основе *анализ латеральной и вертикальной эпигенетической зональности*) проводятся по отдельным блокам. При этом обрабатывается основная часть фактических данных, представляемых в виде однотипных карт, разрезов, графиков зависимостей и пр. Кроме того, при изучении автономных районов устанавливаются принадлежащие им *очаги генерации и пути миграции углеводородов*

⁷ Аглонов С. В. Геофизические исследования в геодинамике // Природа. 1990. №5. С.18—25.



(с определением времени этих процессов и состава флюидов).

Третья ключевая операция — *картирование зон нефтегазоаккумуляции* (главных объектов поисковых работ) — имеет решающее практическое значение⁸. Каждая из них — это система резервуаров в нефтегазоносном комплексе, которая образуется в конкретном блоке. Всего выделяется четыре типа зон нефтегазоаккумуляции — пассивного древнего, транзитного,

агрессивного, а также анти-клинально-литологические зоны⁹. Карты зон нефтегазоаккумуляции представляют главный практический итог геодинамического анализа.

Из генетических типов вытекают *сейсмогеологические модели зон и входящих в их состав залежей* — сейсмические образы тех процессов, которые определяют закономерности размещения нетрадиционных

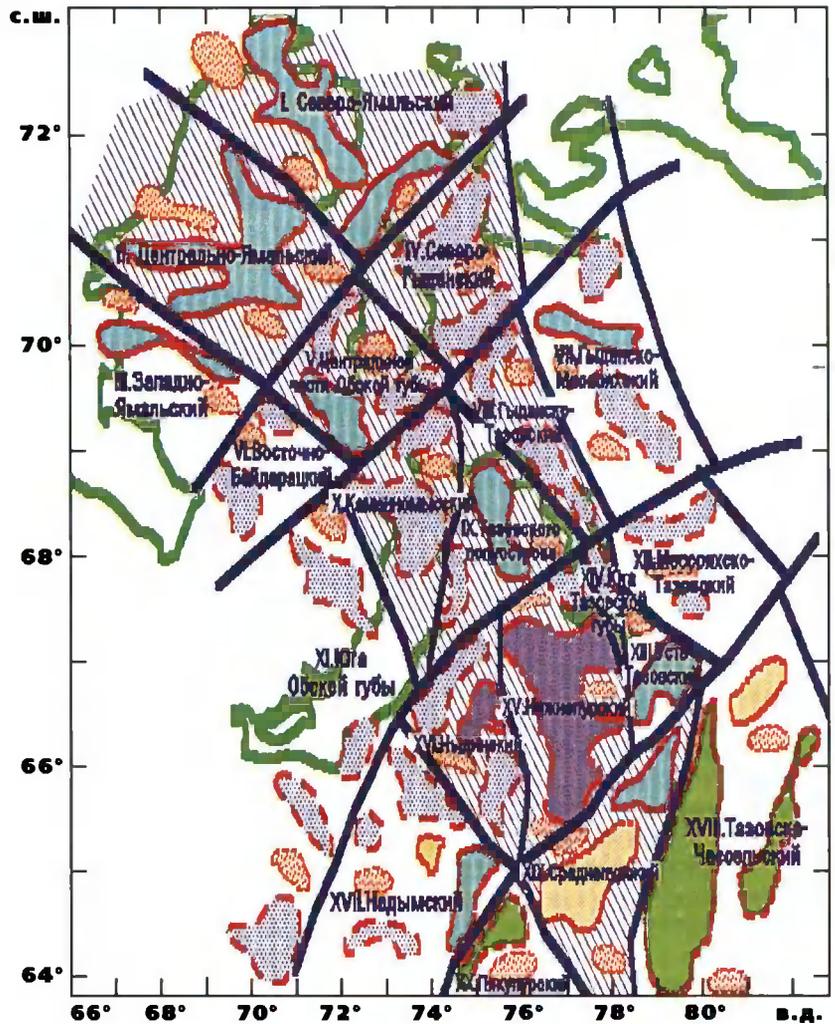
резервуаров и их продуктивность. В узловых участках зон нетрудно провести трехмерную сейсморазведку (в то время как сделать это на всей площади нефтегазоперспективного региона попросту нереально из чисто экономических соображений), которая и обеспечивает инструментальную основу для *расстановки и проводки поисковых скважин*. Скважины помимо своего прямого назначения (открытия залежей) решают и более общую задачу — изучение зоны нефтегазоаккумуляции в целом, в том числе проверку гипотезы ее образования и соответствия сейсмогеологической модели.

⁸ Золотов А.Н., Лебедев Б.А., Самсонов В.В. // Сов. геология. 1987. №2. С.5—15.

⁹ Тимошенкова Н.В. Охрана окружающей среды при освоении нетрадиционных типов зон нефтегазоаккумуляции // Охрана окружающей среды при поисках, разведке и разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке. СПб, 1996. С.64—67.

Блоки (нефтегазоносные районы) северной части Западной Сибири и входящие в них зоны накопления нефти и газа. Заштрихованы области полностью или частично расположенные в пределах ключевой структуры фундамента Западной Сибири — раннемезозойского Обского палеоокеана.

-  Разломы
- Зоны нефтегазонакопления:
-  пассивного древнего расформированные
-  унаследованные
-  транзитного
-  агрессивного
-  антиклинально-литологические
-  Очаги нефтегазонакопления



Наше будущее

Понимание того, что во всех нефтегазоносных бассейнах российской суши основные перспективы связаны с нетрадиционными резервуарами, позволяет подобрать соответствующую методику подсчета прогнозных ресурсов¹⁰. Неотъемлемая часть определения направлений поисковых работ — оценка как объемов эффективных резервуаров, так и размеров отдельных залежей и их углеводородного состава. Эти расчеты выпол-

¹⁰Лебедев Б.А., Фролов Б.М. Использование закономерностей размещения коллекторов при прогнозе нефтегазоносности // Закономерности размещения коллекторов сложного строения и прогноз нефтегазоносности. Л., 1985. С.5—20.

няются прежде всего для зон нефтегазонакопления, где сконцентрированы самые большие ресурсы и самые богатые залежи.

Результат расчета по новым методикам оказывается весьма обнадеживающим: в нетрадиционных резервуарах можно обнаружить почти столько же нефти и газа, сколько уже найдено (добыча плюс разведанные запасы). К примеру, в северной части Западной Сибири ожидается найти еще примерно половину разведанного ранее здесь газа, но, что еще важнее, — около трети жидких углеводородов от запасов Широкого Приобья.

Главное отличие будущих скоплений от уже выявленных — их значительно меньшие размеры. Это тяжело признать, но это так, несмотря на то, что до сих пор некоторые специалисты тешат производителей иллюзией существования месторождений-гигантов на больших глубинах¹¹. Мы уже не встретимся с залежами не только в несколько триллионов кубометров газа и миллиардов тонн нефти, но скорее всего и с залежами, в 10 раз меньшими.

¹¹Кунини Н.Я., Сафонов В.С., Луценко Б.Н. Основы стратегии поисков месторождений нефти и газа (на примере Западной Сибири). М., 1995.

Типы зон:	Генетические процессы:
I. Пассивного древнего нефтегазонакопления	⇐ резервуары консервации, сохранившиеся среди сильно уплотненных толщ за счет торможения эпигенетических реакций в емкостях, заполненных УВ на ранних этапах, когда породы еще находились на стадии слабого или умеренного уплотнения
I-1. унаследованные	⇐ на фоне малоамплитудного древнего поднятия формируется молодая высокоамплитудная антиклиналь
I-2. расформированные	⇐ на поздних этапах бывшая малоамплитудная антиклиналь оказывается в стороне от зоны максимальных воздыманий
II. Транзитного нефтегазонакопления	⇐ УВ заполняют песчано-алевритовые тела внутри региональной покрывки (клиноформы), по ходу перетока флюидов из нижнего комплекса в верхний под действием аномально высокого пластового давления
III. Агрессивного нефтегазонакопления	⇐ перераспределение емкостных и фильтрационных свойств пород под действием углекислых флюидов, поступающих снизу в продуктивную толщу, непосредственно экранлируемую региональной покрывкой
IV. Антиклинально-литологические	⇐ более характерные для верхних нефтегазоносных комплексов, отчетливый пликативный (складчатый) контроль зон и залежей

Зоны нефтегазонакопления, вмещающие нетрадиционные залежи нижней части чехла осадочных бассейнов.

Вместе с тем *новые скопления не будут и меньше некоторых оптимальных размеров*. В условиях повышенных глубин и температур углеводороды интенсивно изменяются, а у маленьких залежей гораздо больше удельная поверхность, так что они нередко уничтожаются. При этом средние размеры месторождений в нетрадиционных резервуарах увеличиваются пропорционально богатству нефтегазоносного бассейна. К примеру, основная часть прогнозных ресурсов заключена в Западной Сибири в залежах с запасом в 10–50, а в Тимано-Печорской провинции — 5–15 млн т условного топлива (где 1 т нефти соответствует 1000 м³ газа).

Вообще, достоинства месторождений в новых типах зон нефтегазонакопления —

продолжение их недостатков. Так, с одной стороны, большие трудности при эксплуатации представляет многокомпонентный состав залежей. Как правило, вместе присутствуют газообразные и жидкие углеводороды (газоконденсаты или газонасыщенные нефти), причем не только в нефтях, но и в конденсатах много твердых парафинов. Однако с другой стороны, конденсаты и легкие нефти нередко представлены почти чистыми бензинами, да и твердые парафины служат очень ценным сырьем.

Но даже это очевидное достоинство упирается в нашу вечную головную боль — факелы. В экономически развитых странах законы, запрещающие эксплуатацию без использования всех компонентов (попутного газа в нефти,

конденсата в газе, всех фракций при переработке нефти), приняты так давно, что о факелах уже забыли. У нас же, скажем, разработка газовых залежей на севере Западной Сибири началась 30 лет назад, но до сих пор нет трубопровода для жидких углеводородов, и количество сжигаемого конденсата (относительно добываемого газа) растет с каждым годом. Для оправдания даже придумана версия о нерентабельности добычи жидких углеводородов в этом регионе. На самом же деле уже сейчас в северной половине Западной Сибири наряду с гигантскими скоплениями газа выявлены запасы конденсата и нефти не меньше, чем на Аляске (главном нефтегазодобывающем регионе США), а прогнозные ресурсы, в основном приуроченные к не-

традиционным резервуарам, заметно больше. А ведь, несмотря на то, что аляскинский нефтепровод был поистине «золотым» по затратам, добыча нефти и газа многократно эти затраты окупила.

Вообще исключительно важно привикнуть к мысли, что для поисков нефти и газа в нетрадиционных резервуарах стратегия гораздо важнее тактики. Конкретное месторождение может показаться нерентабельным, но в комплексе с другими, а главное — с учетом исчерпывающего использования всех полезных компонентов, итоговая рентабельность оказывается очень высокой. Только в качестве примера коснемся одной из практических проблем того же севера Западной Сибири. Здесь расположено Русское месторождение тяжелой нефти с запасами 1.5 млрд т, но с крайне низким коэффициентом извлечения. Вместе с тем относительно недалеко (по российским меркам), в районе Большого Уренгоя, уже разведан почти 1 млрд т конденсата. Извлечение тяжелой нефти путем ее растворения в конденсате резко повысит рентабельность освоения обоих районов.

В заключение нельзя не упомянуть нефтегазоносность российских акваторий, хотя бы потому, что мы привыкли считать углеводородные ресурсы шельфа нашим будущим богатством. Сразу оговоримся, что геолого-геофизическая изученность шельфа пока так невелика (и уже поэтому его надо интенсивно изучать), что все выводы о запасах, позитивные и негативные, надо делать с максимальной осторожностью.

Объективная реальность на сегодня такова, что большие прогнозные ресурсы шельфа приурочены к обычным антиклинальным объектам, тем самым, которые

в осадочных бассейнах суши практически выявлены. Однако с точки зрения не очень отдаленной перспективы преувеличивать значение морей не стоит. Южно-Карский бассейн — часть гигантского Западно-Сибирского, и едва ли он значительно богаче одного Ямала, еще ждущего своего освоения. Сомнительно, чтобы богаче Южно-Карского оказался Восточно-Баренцевский бассейн. Непонятны ресурсы моря Лаптевых, а что касается шельфов Восточно-Сибирского и Чукотского морей, то даже их геологическое строение пока известно нам лишь в самых общих чертах. К тому же северные шельфы характеризуются значительными глубинами и сложной ледовой обстановкой в районах крупных месторождений, например Штокмановского (Баренцево море) или Ленинградского (Карское море). Чрезвычайно интересна, но еще более далека от практического воплощения перспектива нефтегазоносности Северного Ледовитого океана.

В отличие от северных, близки к освоению дальневосточные моря России. Уже начинается эксплуатация нефтяных и газовых месторождений на северо-восточном шельфе Сахалина, которая в скором времени начнет радикально влиять на энергетику Дальнего Востока. Видимо, не меньшими перспективами обладают территории южной и особенно северной окраин Охотского моря. Не нужно быть специалистом, достаточно просто смотреть последние годы новости по телевизору, чтобы понять значение успешной разработки нефтегазового потенциала дальневосточных морей для экономики и социальной сферы Приморья, Чукотки или Магаданской обл.

И все же для России в целом на ближайшие 30 лет решающее значение имеют не шельфы, а нетрадиционные резервуары в богатейших провинциях суши — Западно-Сибирской, Тимано-Печорской, Лено-Тунгусской, Северо-Прикаспийской, да и «старых добрых» Волго-Уральской и Предкавказской.

Главный вывод данной статьи следующий: прогнозные ресурсы нефти и газа России еще очень велики и по крайней мере не уступают уже добытым и разведанным. Однако основная их часть заключена в нетрадиционных резервуарах, которые так трудно искать, разведывать и разрабатывать. Поэтому требуется использование всех достижений современной геологической науки.

Что надо и чего не нужно в этой связи делать? Надо перестать уповать на месторождения-гиганты. К сожалению, наша страна (во всяком случае в том, что касается углеводородных ресурсов) не Персидский залив. Следует всерьез заняться тем, что, собственно, и требуется от науки (о чем все время говорили и писали и что при этом всегда работало у нас крайне неэффективно) — научным обоснованием поисковых работ на нефть и газ. Как ни парадоксально, но на этом пути сейчас гораздо больше организационных и экономических проблем, чем чисто научных и производственных. Подтверждением служит хотя бы то, что многие российские специалисты блестяще работают в зарубежных нефтяных фирмах.

И в любом случае можно оставаться оптимистами. Будущее у российской нефтяной геологии есть, надо лишь превратить его в будущее нефтегазовой отрасли страны в целом, а для этого — сделать умелые и решительные шаги к этому будущему. ■

«Последний день Помпеи» и последние дни Помпей

*Везувий зев открыл — дым хлынул клубом — пламя
Широко развилось, как боевое знамя.
Земля волнуется — с шатнувшихся колонн
Кумиры падают! Народ, гонимый страхом,
Толпами, стар и млад, под воспаленным прахом,
Под каменным дождем бежит из града вон.*

А.С.Пушкин

*Все у него, начиная от общей мысли и главных фигур
до последнего камня на мостовой, живо и свежо.*

Н.В.Гоголь

А.А.Никонов

Сюжет на эту тему зрел давно — во время одиночных и потому до-тошных прогулок по каменным мостовым откопанного города, при поисках ответов на возникающие вопросы, в процессе неоднократного созерцания великого полотна прославленного художника. Теперь, в год празднования 200-летия Карла Брюллова и годовой экспозиции его произведений в Русском музее, а затем и в Третьяковской галерее, пора, кажется, поделиться наблюдённым и обдуманном.

О знаменитой картине знают все образованные россияне, написано о ней и о К.Брюллове — не перечсть. О самих Помпеях и извержении 79 г. н.э., их погубившем, — не менее. Прошлогодня интересная публикация Н.В.Короновского в журнале «Природа» в их числе¹. Но вот о чем читать не приходилось, так это о соотношении изображенной Брюлловым природной катастрофы с действительным геологическим событием. Несомненно, художник вовсе не обязан в описании исторических и природных событий точно следовать действительности.

© А.А.Никонов



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института физики Земли РАН. Область научных интересов — сейсмогеотектоника, палеосейсмичность, долговременная сейсмическая опасность. Постоянный автор «Природы».

Максимум, чего в таких случаях можно желать, — не нарушить законы природы. Художник великий вообще не подвластен пристрастному разбору его произведений педантичным естественником. У него не только право, но и обязанность возвыситься духом над повседневностью, а в изображении драматических событий — и превысить пределы наблюдаемого.

¹ Короновский Н.В. Последний день Помпеи // Природа. 1999. №2. С.29—41.

По художественным произведениям миллионы людей познают драматические моменты национальной и мировой истории. Созданные образы с молодых лет закрепляют выдающиеся события в сознании. Поэтому, представляется, и публике, в геологии не искусенной, интересно и полезно узнать, что «стоит за кадром» великого произведения. Имея это в виду, попробуем прикоснуться — трепетно и осторожно — к славному полотну.

Связь времён



К.Брюллов. «Последний день Помпеи». Русский музей (СПб.).

Немного из истории создания

Направленный в Италию стипендиат Петербургской академии художеств Карл Павлович Брюллов впервые посетил Помпеи в 1827 г. Археологические раскопки длились уже несколько десятилетий, развалины города и вещественные следы прерванной жизни не могли не произвести глубочайшего впечатления. Еще раньше в Помпеях много времени с мольбертом в руках провел его брат Александр. С восторгом рассказывал он Карлу об увиденном. Уже было откопано несколько пустот в пепле, гипсовые заливки которых давали почти осязаемое представление о последних минутах гибнущих людей и животных. В 20-е годы XIX в.

Везувий вел себя совсем мирно, но следы жуткого пароксизма в раскопках были налицо. Возможно, замысел большого драматического полотна родился уже тогда. Первое письменное упоминание о картине относится к 1828 г. Полотно же закончено лишь пять лет спустя, хотя написано всего за 11 месяцев — четыре года ушло на изучение материалов, наброски, эскизы, сомнения, поиски лучшей выразительности. Почти завершив работу, Брюллов еще две недели подыскивал (и нашел-таки) наиболее подходящий эффект освещения переднего плана.

Знакомясь с темой, художник узнал о нескольких ранних воплощениях сюжета гибели Помпей: трехтомном романе английского писателя

Э. Булвер-Литтона, опере, ставившейся в Неаполе. Мы не знаем, была ли ему знакома картина француза Ле-Ру «Извержение Везувия в 79 г. по Р.Х.» Это малоизвестное полотно, хранящееся в одном из музеев Парижа, дает весьма романтизированное, не похожее на действительность, хотя и прекрасно исполненное, изображение испускающего пламя Везувия. Задний план заполнен густыми полосами дождя (пепла?), на переднем — идеальные, в белых драпировках женские фигуры, способные усладить взоры самого изысканного зрителя. Хотя одна из женщин воздевает руки к небу, по-видимому, моля об избавлении от несчастий, и красавицы обеспокоенно взирают на далекую ог-

ненную гору, само извержение остается неким фоном для изображения чувствительных и прекрасных итальянок нового времени.

У Брюллова зрел совсем иной замысел. Воспитанник академической школы, он должен был показать прекрасные тела и лица классических образцов. И сделал это мастерски. Но как художник, во многом преодолевший рамки академизма, пошел гораздо дальше — реалистически изобразил смятение чувств, глубинные переживания, инстинктивные и одновременно осмысленные действия персонажей. Этим он мог бы и ограничиться, только наметив на заднем плане грозную причину смятения. Но мастер избрал иное решение. Поместив своих героев практически в центр события, он объединил пространственно пароксизм стихии и драму людей, ею неожиданно застигнутых. Недаром художник много времени провел в самих Помпеях и музеях Неаполя, изучая слепки и фрески, внимательно перечитывал «Письма» Плиния Младшего с изложением хода катастрофы и описанием поведения жителей охваченной бедствием области.

Сохранилось свыше 10 эскизов к картине — свидетельств долгого и продуманного пути Брюллова к максимальной художественной выразительности. При знакомстве с ними становится ясно, что, если генеральную композицию, архитектурный фон картины удалось найти почти сразу, наполненность переднего плана, поиск несущих основную смысловую нагрузку групп, их взаиморасположение и согласованность действий, композиционное единство, не говоря уже о живописи как таковой, потребовали много усилий и достигались постепенно.

Результат пятилетнего труда выдающегося мастера хорошо известен. Уже в 1834 г.



Слепок задыхающейся женщины, сохранившийся в пепле.

Здесь и далее фото автора

тысячи зрителей в разных городах Италии, затем в Париже и, наконец, в Петербурге устремлялись на встречу с шедевром. Везде художник встречал восторженный прием, пресса использовала только превосходные степени. Академия художеств присвоила стипендиату звание профессора исторической живописи.

Проникновение вглубь

Как и все великое, мы начинаем понимать «Последний день», откликаться сердцем и умом по мере зрелости.

В детстве и юности поражает грандиозность полотна (5×6 м!), неосознаваемые еще контрасты света и цвета, мятущиеся, охваченные страхом фигуры. И конечно, — прекрасные тела, благородные выразительные лица, яркие краски. Стоящего перед огромным полотном маленького человека невольно охватывает ощущение, что стряслось что-то ужасное, гибелью грозящее. Даже если не знаешь самого сюжета, вдали, справа, Везувий с лавовыми потоками, извергающий к тому же стрелы-молнии, все объясняет.

В зрелом возрасте уже готов последовательно разгля-



Ле-Ру. «Извержение Везувия в 79 г. по Р.Х.». Люксембургский музей (Париж).

дивать каждую группу в отдельности, сопоставлять, анализировать, то восхищаясь, то содрогаясь. Знаешь уже некоторые прототипы и реалии.

Молодой человек, готовый помочь обессиленной старой женщине. Мы знаем, что художник перенес на полотно сцену из описания Плиния Младшего, который в Мизенах (30 км от Везувия) стремился спасти свою мать (и в конце концов унес ее на руках). Поединок благородства двух душ перед лицом смертельной опасности — один готов спасти, другая просит оставить ее и скорее уходить самому — оживает во плоти.

Рядом двое юношей несут на руках немощного старца. Художник в этом эпизоде изобразил предсмертные часы Плиния Старшего. И уже переживаешь не за неизвестного

старца, а за самого Плиния, вспоминая сцену его гибели (в городке Стабия южнее Помпей) в удушливом облаке ядовитых газов.

А слева — прекрасная итальянка на корточках, охватившая в защитном порыве руками двух дочерей. Моделью послужила графиня Ю.П.Самойлова. Изображение ее и женщины с барахтающимся ребенком воспроизводит позы откопанных слепков, какими их увидел художник в помпейской экспозиции. Языческий священник, уносящий церковную утварь, также подсказан археологической находкой в пепле.

Подойти к пониманию философского смысла картины невозможно, не проникнув в свето-цветовое решение сцены (недаром свет подправлялся до последнего дня).

Помпеи накрыло тучей пепла и пемзы. Солнца не было видно даже днем. Над вершиной Везувия сверкали молнии. Все это художник воссоздал, следуя тексту Плиния.

В картине три источника света. Фигуры на переднем плане освещены блеснувшей на миг молнией. Как бы выхвачен из мрака трагический момент жизни, момент высшего напряжения чувств основных действующих лиц, который и определяет характер их поступков.

Средний план — пятно, высветившее, в какой-то мере случайно, общее смятение и панику толпы. Это прорыв солнечного блика. Не дает ли он надежду на спасение? В ужасе происходящего — свет надежды, знак возможного избавления от гибели. Но... только на короткое время...

Главный же фон, на котором разворачивается драма, который не только ее оттеняет, но фактически создает, — это зарево вдали, там, откуда и исходит опасность, все сжигающая и наступающая огненная стена. Жаром, контрастом со светлым средним планом и темнотой остального мира этот цвет определяет общее остротрагическое звучание всего происходящего.

Но и это не все.

Пространство сцены в световом и композиционном отношении организовано так, что образует сходящийся к центру конус, неизбежно влекущий вниз, к земле и далее — в преисподнюю. И колесо в центре световой воронки тоже не случайно. Это не просто оторвавшееся колесо мчавшей повозки. Оно — как один из кругов ада, еще самый первый... Ведь извержение только началось.

Об этом и многом другом можно узнать от искусствоведов. Но есть в картине и такое, о чем искусствоведы практически не сообщают. И публика об этом, как правило, не знает.

О чем не говорят искусствоведы

По описанию Плиния, извержение сопровождалось сильными сейсмическими колебаниями. На картине их признаки проявлены так, что создают осязаемый эффект потери миром устойчивости, крушения. Если на эскизах 1828 г. зритель видит только извержение вдали и прямой угрозы рядом нет, то на картине ситуация изменилась. В первую очередь впечатление опасности создается рушащимися архитектурными элементами и венчающими их статуями. Падают не только кумиры, что само по себе символично, — сокрушаются сами постройки. Их падение физически определяет все происходящее на плане пер-

вом. Как и огненная масса — на втором: низвергающиеся колонны и статуи устремлены сверху на мятущихся внизу людей. Этого мало — они падают с двух сторон (на эскизе была изображена только одна наклонившаяся статуя), сужая и без того небольшое пространство, замыкая и (в проекции) покрывая целиком оставшуюся еще живым площадь. Еще мгновение — и дорога, единственный путь спасения (он же главная зрительная ось), будет засыпана обломками. Сознательно или неосознанно, человек, поставленный художником в прямую связь с происходящим, на себе ощущает неотвратимость Рока. Падающих строений на эскизах не было потому, что их не было в натуре, выбранной художником. Как говорил сам Брюллов, архитектурный видообразование он взялся писать, устроившись с мольбертом за городскими воротами, фактически на некрополе, в городе мертвых. Но тем и велик художник, что не останавливается на видимых реалиях.

Безошибочно и изображение мастером землетрясения, даже с точки зрения сейсмолога. Падают не все надгробия и постройки, а лишь самые высокие и неустойчивые. Падают не беспорядочно, а навстречу друг другу, т.е. от одного толчка. Более того, даже направление толчка выводится. Колонны дальнего портика и статуя слева наклонены вправо, как и основание высокого здания, на среднем плане, т.е. удар был направлен слева направо, поперек главной оси картины (от зрителя). Падение же статуй и второго яруса сооружения вверху правой части полотна навстречу толчку — это результат инерции. Можно даже определить силу толчка по современной шкале (которую художник, конечно, не знал).

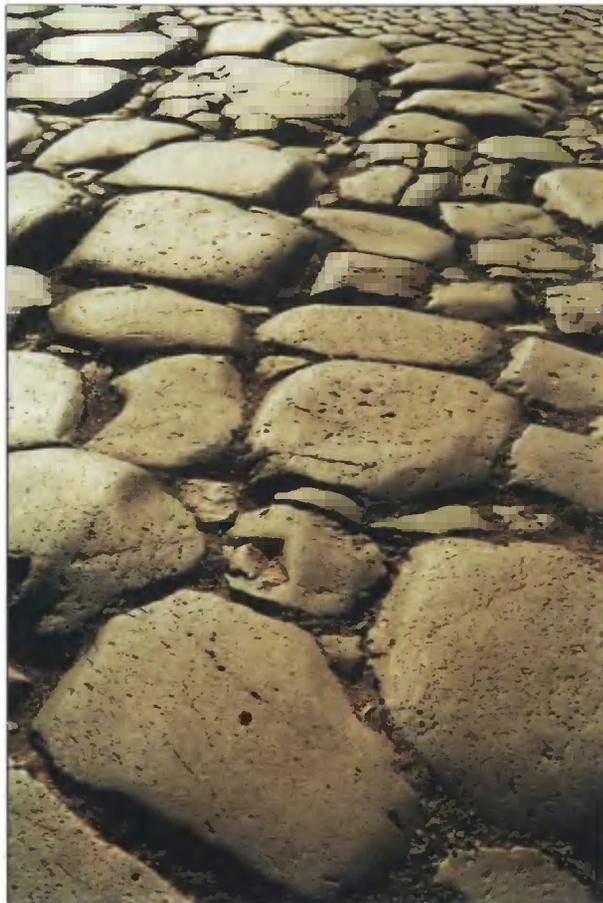
Помимо отмеченных, всеми воспринимаемых отраже-

ний разрушительного землетрясения в картине есть детали, которые обычно остаются незамеченными или не осмысленными до конца. Понять их можно, только зная реальные сейсмические явления. Речь идет о римской (по технике выполнения) мостовой из уплощенных камней, пригнанных друг к другу почти без зазоров. Один камень выбит из своей лунки и «наехал» на соседний так, что образовалась колдобина. Вот на этот-то выступ, говорят искусствоведы, и наскочила на всем ходу колесница, подскочила и грохнулась оземь с силой, переломившей ось. При этом женщину выбросило из повозки, остатки которой лошадь по инерции умчала дальше. Колесо в центре картины и образует некий смысловой центр. Можно думать, что вывороченный камень нужен был художнику только для объяснения крушения повозки (крушения окружающего мира), а возникновение мелкой неровности в строгой римской мостовой его не интересовало. Но это не так. При внимательном рассмотрении оказывается, что этот камень не единственное нарушение в гладкой мостовой. У его «соседа» отчетливо выписана щель, куда и закатываются драгоценности из выпавшей шкатулки. Такие деформации на полотне дороги, конечно, не могли остаться незаделанными до извержения. Они возникли только что, при сейсмической подвижке мостовой. Другая выбитая из укладки плита у ног юноши, поддерживающего старика, говорит о том же.

Художник, в отличие от нынешних, наводняющих Помпеи туристов, по-видимому, застал откопанные мостовые такими, какими они ушли под многометровый слой пепла сразу после извержения и землетрясений. Недаром в сохранившемся



Улочка в Помпеях со следами сейсмической деформации плит (преимущественно в виде изгибов) на мостовой и тротуаре.



Святая дорога (Via Sacra) — типичная каменная кладка римской мостовой.

эскизе картины «Нашествие Гензерика на Рим» такая же, типичная для того времени, мостовая изображена Брюлловым без каких-либо деформаций. Впрочем, их нет и на эскизах и набросках «Последнего дня». Художник нашел эти детали позже, в другом месте города, и понял, что означают выбитые камни мостовой. И в этом отношении он намного опередил нынешних сейсмологов, которые редко обращают внимание на такие «мелочи» в развалинах поверженных городов. Подобные выбоины до сих пор видны в целом ряде глухих улочек Помпей,

да и других вскрываемых археологами разрушенных землетрясениями городах.

Теперь обратимся к художественным «вольностям» мастера академической живописи.

Правда природы и правда художника

Зритель, как и догадается, в центре событий. В какой-то момент он вдруг кожей ощущает, что и на него низвергаются статуи и портики, над ним самим грохочут громы, к нему движется издали раскаленная лава, и ему впору

бежать. Но человек, хорошо знакомый с Помпеями, останавливает себя: где все это происходит? В какой части города? Где жилые дома? Откуда статуи? Их на фронтонах домов не ставили. Да нет же, это не улица Помпей, это дорога в городе мертвых — на некрополе. Но оттуда, снизу, не видно ни города, ни Геркулановых ворот. Главное же — не видно Везувия: он за спиной. И как люди, спасаясь от гибели несущей горы, оказались за пределами города, ближе к этой горе? Получается, будто обезумевшие жители бросились на восток, в действительности же они уходили на юг, дальше от

Везувия и его огненного дыхания. Но у художника своя правда и своя логика. И зритель она вполне устраивает.

Какой же момент катастрофы видит зритель на картине? Если исходить из изображения, действие происходит в самом начале извержения. Пепел еще только начал падать, в воздухе и на мостовой видны лишь отдельные куски пемзы, даже до тонкого покрова еще далеко. Между тем первый пароксизм извержения 24 августа длился 10–11 часов, и каждый час на земле накапливался слой пепла и лапиллей толщиной в 15–25 см.

Колоннада и статуи переломились и наклонились, но еще не упали, жители еще не достигли безопасной зоны. Это не то что первый день, но похоже, первый час или даже минуты бедствия. Но читавшие «Письма» Плиния Младшего помнят, что извержение, начавшееся в два часа пополудни, сначала было хотя и пугающим, но относительно безобидным для Помпей, расположенных у дальних подножий вулкана. Пепел стал падать далеко не сразу, так что большинство людей успело покинуть город относительно спокойно, двигаясь на юг. Непроходимыми сразу стали только северные дороги. Считается, что в городе погибло около 2 тыс. человек. Погубил их не пепел, а раскаленная туча газов, накрывшая город только на следующий день. И лава потекла только на второй день, к тому же узким потоком на небольшое расстояние, далеко к северу от Помпей. И все же правда на стороне художника. Потому что изображенное могло происходить и происходило в других городках по периферии Везувия. Брюллов имел право и внутренней логикой замысла был обязан соединить в единой сцене все страшные действия стихии и людей в момент самой острой реакции.

И еще одно придирчивое наблюдение. Мы отмечали, сколь правдиво и внутренне согласованно художник изобразил рушащиеся колонны и падающие навстречу друг другу статуи. Тут полное и строгое соответствие сильному 8-балльному землетрясению. Такую же оценку можно вывести из описания Плиния. Все сходится! Только колоннад, портиков и статуй в Помпеях не было! Нет, не вообще их не было — не было в 79 г., во время извержения. Все эти архитектурные элементы на вторых этажах и выше были сброшены наземь на 17 лет раньше, во время сильного землетрясения 62 г., и их не успели еще восстановить. Только убрали мусор с мостовых, подправили часть жилых домов, да расчистили основа-

ния важнейших городских зданий.

Как же художник всего этого не учел? Тут его вины нет. Просто Плиний об этом не писал, да в XIX в. об этом землетрясении не знали, точнее, не могли знать степень его воздействия. Следы его, памятные записи на мемориальных досках и даже изображения археологи обнаружили при раскопках города значительно позже, уже в XX в. Наверное, и во время этой сейсмической катастрофы жители Помпей вели себя так же, как изобразил Брюллов, проявляя и безумие, и самопожертвование, и заботу о близких. Ничто не мешает считать, что художник совместил два экстремальных события в одно. Соединил две правды в одном произведе-

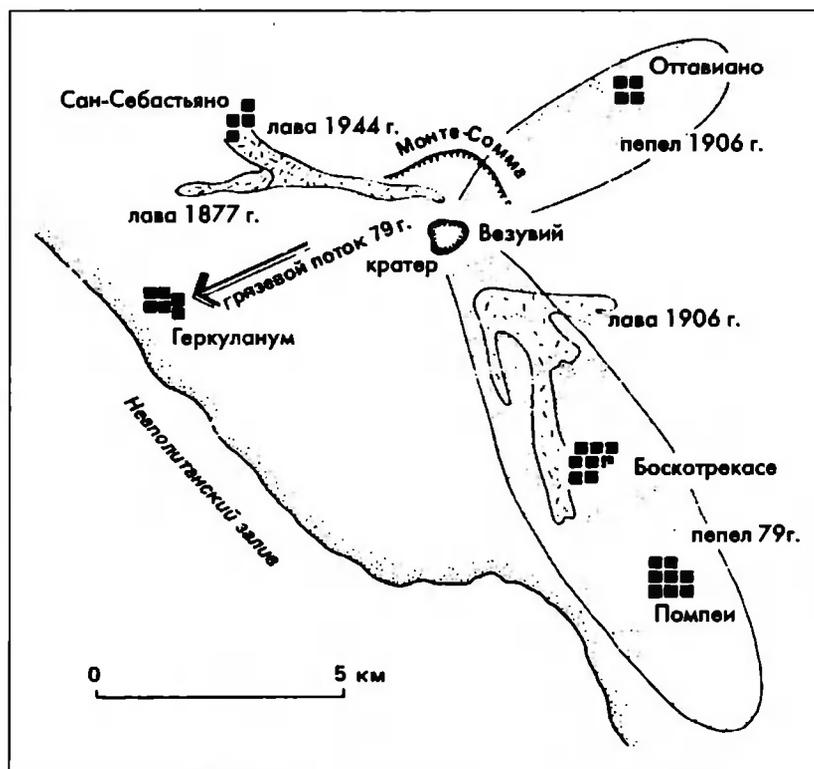
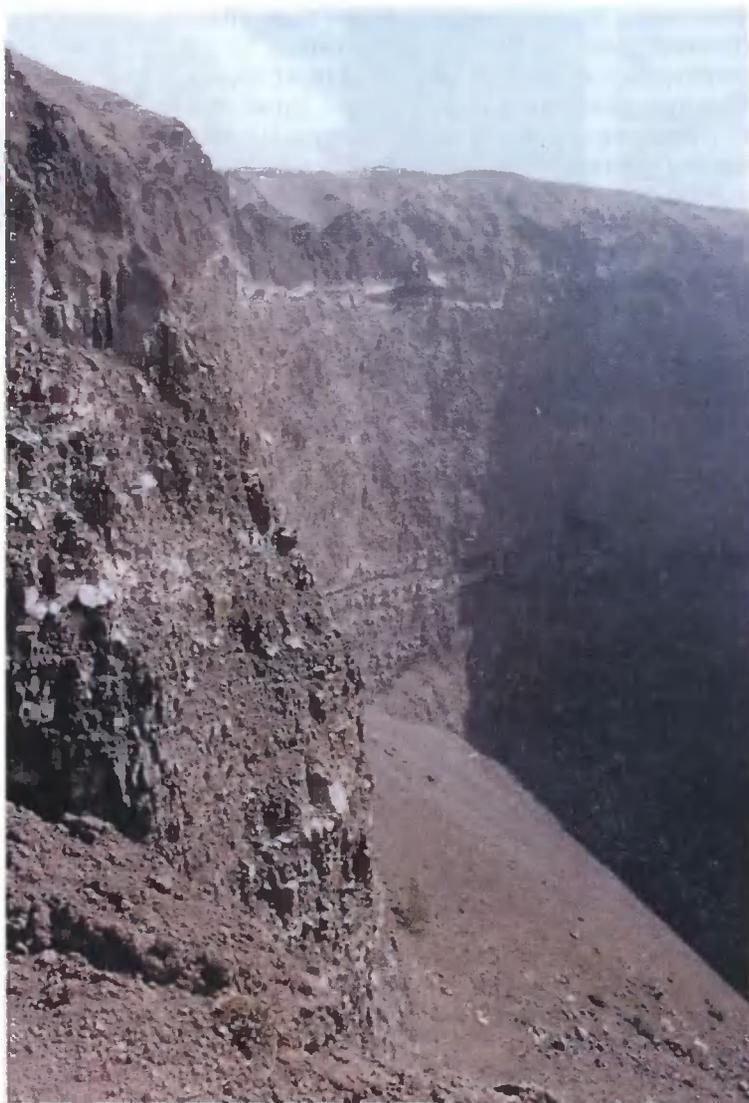


Схема распространения пепла и лав Везувия в разные годы.



Кратер Везувия. 1997 г.

нии. В художественном воздействии на зрителя оно от этого только выиграло.

Гений всегда прав

И что же из сказанного следует? Не хочет ли современный сейсмолог покуситься на великого живописца и классическое произведение?

Ничуть.

Зритель, в первый ли, в десятый ли раз остановившись перед «Последним днем», будет замирать и поражаться, восхищаться и благоговеть. Может быть, только чуть-чуть

теперь больше увидит и задумается. Даже у придирчивого исследователя чувства не поблекнут. Ведь в конце концов для художника, а за ним и для зрителя, природа — только фон, благородство и вечную красоту человеческих чувств оттеняющий.

Будем принимать картину такой, как она есть, как принимали многие поколения до нас, не делая из нее учебный экспонат по вулканологии и природным катастрофам. Для этого существуют цветные фотографии, альбомы, видеокассеты, компакт-диски.

Давно сказано о картине:
«И стал
“Последний день Помпеи”
Для русской кисти
первым днем».

Тогда же написано о ее создателе:
«Ты слава русского народа,
России целой — гордость ты!»

И такими они останутся навсегда.

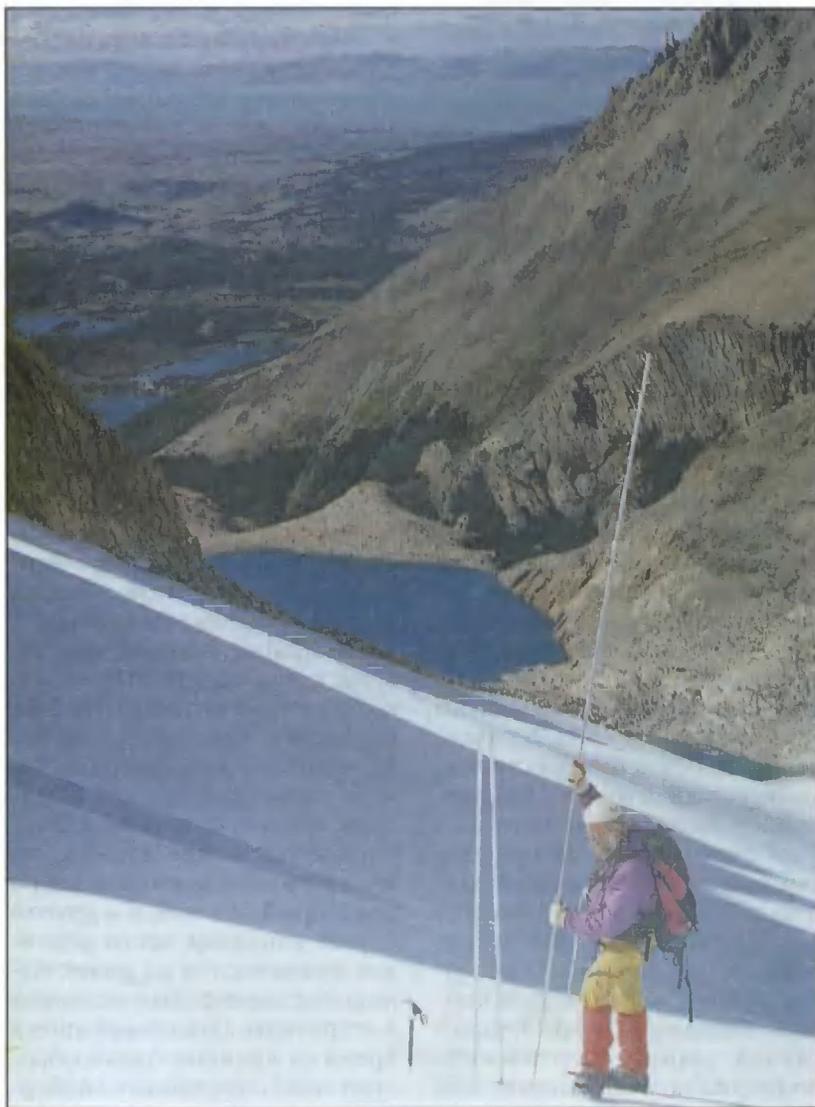
А выставка между тем работает весь год. Да и сами Помпеи стали во многом доступнее, чем прежде. И Везувий молчит более полувека, щедро позволяя заглянуть себе в жерло.

Везувий зев открыл... ■

Ледники Патагонии

В.В.Поповнин

Одна из основных задач, стоящих сегодня перед гляциологией, — выяснить, как изменяется современное оледенение на нашей планете под влиянием глобального потепления. Для этого необходимы знания о балансе массы ледника, т.е. о соотношении между приходом вещества (за счет накопления снега) и его убылью (преимущественно в виде таяния) за год. Внимание исследователей привлекают не только огромные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии, но и льды, покрывающие горные хребты в разных широтных поясах Земли. Почти все ледники высокогорий, на которых ведутся режимные наблюдения, расположены в Северном полушарии, в то время как именно в Южном, в Патагонии, находится очаг горного оледенения, не сопоставимый по своим масштабам ни с какими иными орографическими системами Земли. Однако до последнего времени не было никаких сведений о современном состоянии ледников Патагонии, ни одной цифры, показывающей, растут ли они или деградируют. Именно здесь, в Патагонии, нам посчастливилось работать несколько лет назад.



Снегомерная съемка на леднике Де лос Трес.

Здесь и далее фото автора.

Вести из экспедиции

© В.В.Поповнин

Ледниковые гиганты



Виктор Владимирович Попов, кандидат географических наук, доцент кафедры криолитологии и гляциологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Занимается проблемами горного оледенения и, в частности, балансом массы ледников. Участник многочисленных экспедиций.

Эта экспедиция состоялась в январе—марте 1996 г. Проект был международным — российско-американско-аргентинским, причем на российскую сторону возлагалось общее руководство, научная программа и организация полевых работ, а на американскую — финансирование, осуществляемое за счет взносов добровольцев организации «Earthwatch» из США. Утверждению проекта предшествовал конкурсный отбор с привлечением научных экспертов из ряда стран. Кроме автора статьи в нашу группу вошли гидролог Т.А. Данилова, климатолог Т.Г. Кадомцева, Д.А. Петраков, в ту пору студент-гляциолог МГУ, и альпинист Н. Черный. Говорят, это был первый случай, когда «Earthwatch» поддержала экспедицию под научным руководством российских ученых, проводимую не на территории России.

Сороковые широты Южного полушария не зря зовут ревущими. Ветры, дующие согласно законам планетарной динамики вокруг полюса по кольцевой траектории (так называемые циркумполярные), почти не встречают здесь преград. Исключение — Патагония и Огненная Земля. Именно сюда влажные ветры приносят массу осадков и именно здесь, в зоне тектонической депрессии между вытянутыми горными цепями Анд, сформировались обширные ледники.

Основная масса льда сосредоточена в двух гигантских ледяных полях общей площадью 17,2 тыс. км² и толщиной до 1400 м. Такие мощные льды встречаются только в Антарктиде и Гренландии. Северное Патагонское ледниковое плато протягивается на 130 км с севера на юг и на 45—75 км с запада на восток, Южное соответственно — 360 и 30—90 км. Последнее по площади в 10 раз превосходит суммарное оледенение всего Кавказа, в пять раз — оледенение Альп и почти вдвое — Памира. Похожие ледниковые комплексы имеются и в Кордильере-Дарвин на Огненной Земле, но они не столь обширны.

Выводные ледники спускаются с платообразных участков в разные стороны. На территории Чили они часто оканчиваются во фьордах Тихого океана, а на аргентинском склоне, откуда до Атлантики существенно дальше, чаще всего спускаются в озера предгорий. И в том, и в другом случае концевые части ледников оказываются на плаву, наподобие шельфовых ледников Антарктиды. Откалывающиеся время от времени блоки образуют многочисленные айсберги, начинающие дрейфовать с течениями и под воздействием ветра.

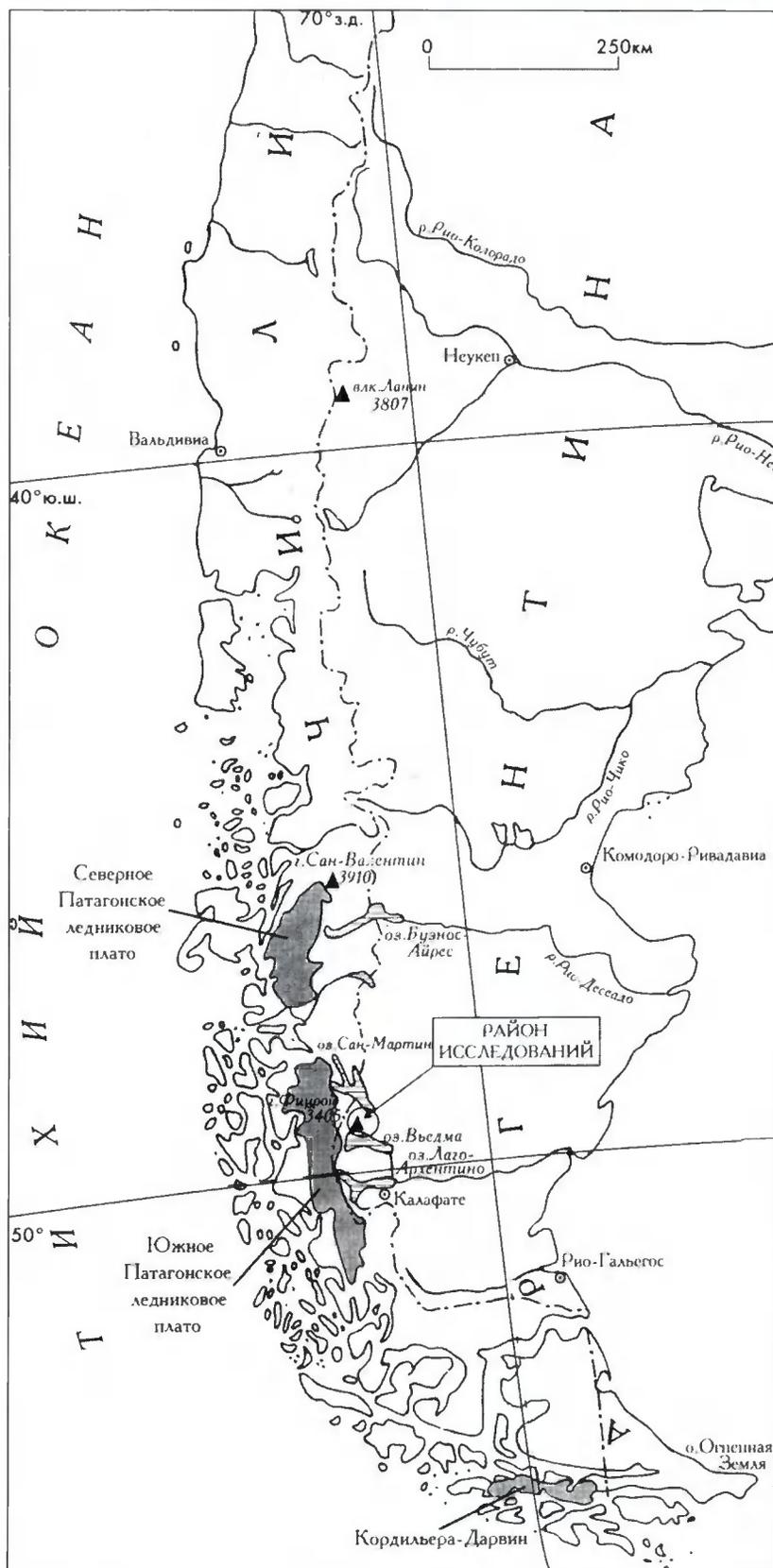
На восточном, аргентинском, склоне расположены три крупнейших ледниковых озера: Сан-Мартин, Вьедма и Лаго-Архентино. Выходя из гор на равнину, они более чем на 100 км вдаются в засушливую пампу, имеющую здесь вид полупустыни. Сюда западные ветры и гонят айсберги. Самые крупные из них не успевают полностью растаять за время дрейфа, и тогда взгляду наблюдателя может открыться весьма необычная картина: айсберг среди дюн и барханов. Крупнейшим выводным ледником Южного Патагонского плато и одновременно самым большим в Южной Америке считается ледник Пия XI. Территория его ледосбора, достигающего 1265 км², примерно в 10 раз больше площади всего Эльбрусского ледникового комплекса.

На востоке больше всего ледников оканчивается в оз. Лаго-Архентино, на берегу которого стоит городок Калафате. Предприимчивые аргентинцы научились извлекать выгоду из потрясающих красотой льда и воды, превратив Калафате в центр индустрии туризма. Отсюда на комфортабельных катерах-катамаранах можно приблизиться к фронтам крупнейших выводных ледников. Лавируя в лабиринте айсбергов, катера пробираются в самые отдаленные заливы озера, в настоящее царство льда.

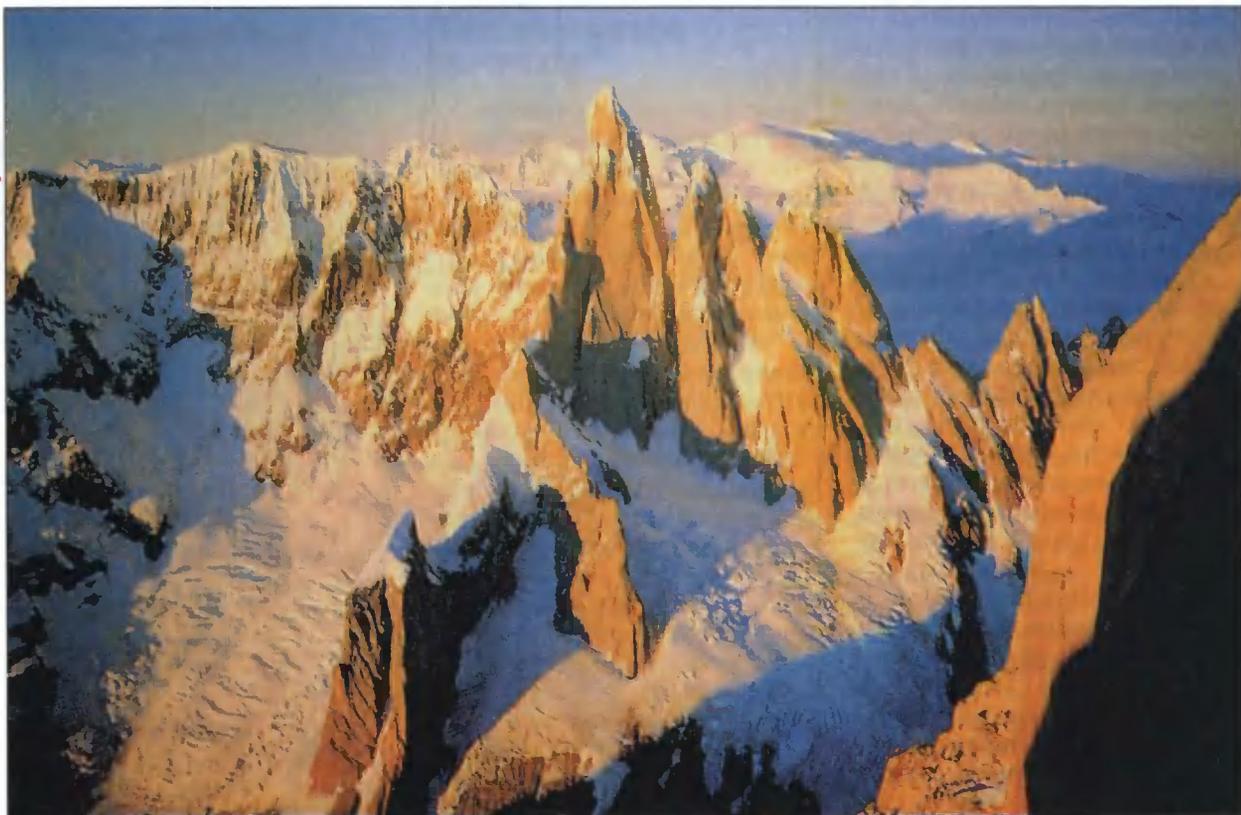
В северную ветвь озера плавным потоком шириной около 4 км спускается самый крупный ледник Аргентины — Упсала, площадью 850 км². В соседний фьорд сползают сразу три гигантских ледника — Онелли, Хейм и Агассиц. Не менее завораживающую картину представляет собой названный в честь аргентинского биолога ледник Спегацини, который спускается в залив озера, окруженный лесами из южного бука. Его плавающий фронт достигает высо-

ты 130 м над уровнем воды — это самый высокий среди аргентинских ледников. Если повезет, можно увидеть рождение очередного айсберга: мелкие откалываются раз в 5–10 мин, но более редкий обвал всей стены льда — это уже грандиозное зрелище.

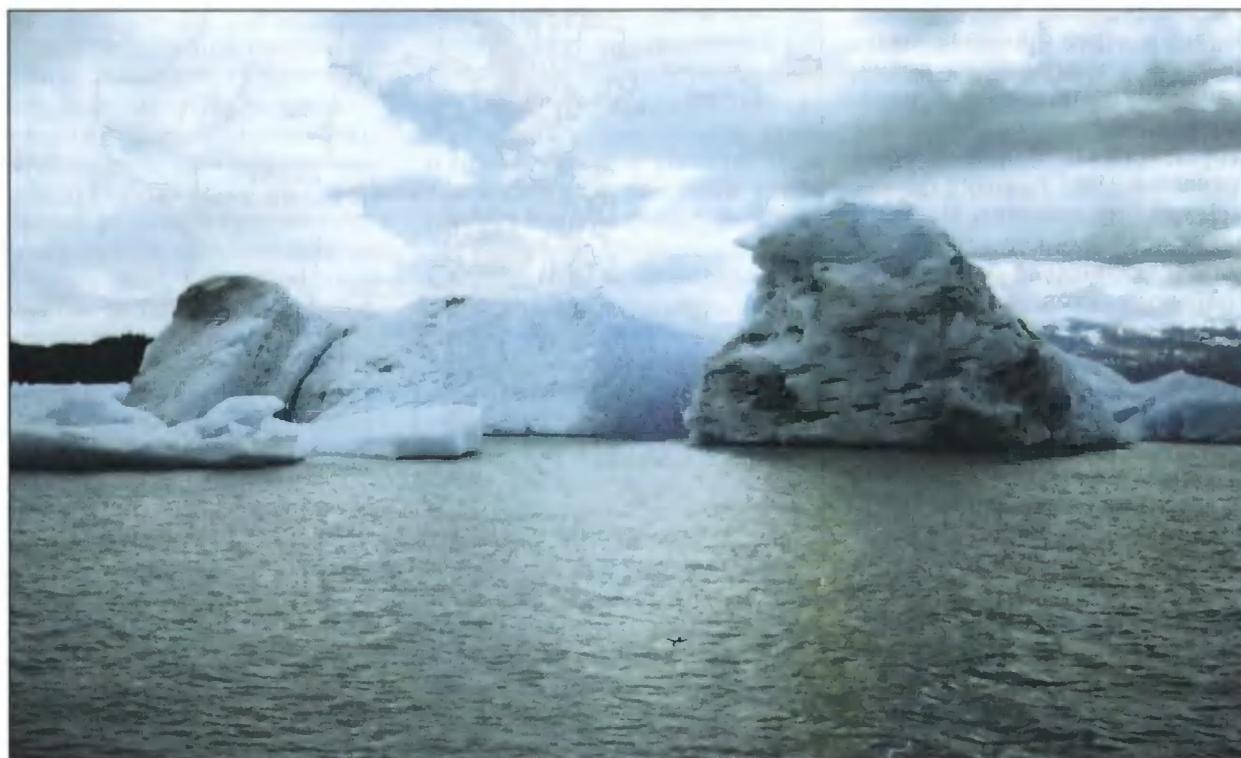
Пожалуй, самый притягательный для туристов — ледник Перито Морено. Спускаясь из боковой долины перпендикулярно к узкой части одного из заливов озера, ледник своим плавучим концом достигает противоположного берега. Разделенные ледяным мостом обе части залива напоминают сообщающиеся (подо льдом) сосуды. Порой Перито Морено разрастался так, что пересекающий озеро плавучий язык садился на мель, и тогда вместо ледяного моста возникала ледяная дамба. Перепад уровней между разьединенными секторами озера достигал в иные годы 37 м. Когда ледяная перемычка не выдерживала напор воды в верхнем бьефе, она обрушивалась и через образовавшийся канал прокатывалась волна типа цунами, выравнивая уровни в обеих частях озера. Последний такой прорыв произошел в 1987 г., когда феномен уже был известен. На ожидавшееся со дня на день «представление» съехались толпы туристов, и ледник не обманул их ожиданий, подарив потрясающий спектакль. Он был заснят на пленку, и теперь в Калафате посетителям ряда кафе предоставляется возможность совместить сразу два удовольствия: отведать традиционные мясные блюда бифе-де-чорисо или вашио, славящиеся своими внушительными порциями (недаром Аргентина занимает первое место в мире по потреблению мяса на душу населения!), и насладиться впечатляющим зрелищем прорыва Перито Морено на видеомониторах, установленных в зале. Во мно-



Горно-покровное оледенение Патагонии.



Горы и ледники Патагонии.



Айсберги в оз.Лаго-Архентино.



Фронт ледника Перито Морено.



Плавучий язык ледника Стегаццини.



Ледник Перито Морено, достигающий п-ова Магеллана на противоположном берегу озера Лаго-Архентино.

гих туристических буклетах Перито Морено преподносится как единственный на сегодня наступающий ледник мира. Однако это обычный рекламный трюк (на нашей планете сейчас, как и в предыдущие десятилетия, хватает наступающих ледников).

Не менее любопытно поведение ледника Пия XI. Он наступает более полутора столетий. Однако этот процесс идет неравномерно, ускорения чередуются с замедлениями или даже с эпизодическими отступлениями, однако господствующая тенденция вырисовывается со всей однозначностью: с 1835 по 1995 г. его плавающий фронт продвинулся вперед на 15 км! За последние 70 лет он отступал лишь в середине 40-х годов и в 1980 г. Причины такого его поведения, явно диссонирующего с отступанием подавляющего большинства ледников Земли, не ясны до сих пор. Сама же динамика

фронта также неординарна. Еще в 1945 г. язык заканчивался на плаву, перпендикулярно спускаясь к акватории тихоокеанского фьорда Эйре, подобно леднику Перито Морено. Однако уже к 1962 г. он не только достиг противоположного берега пятикилометрового по ширине фьорда, но и прочно сел на дно, образовав глухую ледяную плотину. Она впоследствии больше никогда не прорывалась. Находящийся на плаву фронт продолжал наступать, теперь уже в двух направлениях. Правая его ветвь отгородила часть акватории фьорда Эйре, и образовалось озеро, получившее название Грeve. Поскольку лед надежно изолировал его от Тихого океана, а вода накапливалась преимущественно за счет талых вод, соленость постепенно снижалась, пока озеро не опреснилось окончательно. Уже к 1994 г. размеры ледника превзошли макси-

мальные значения, которые достигались им когда-либо в голоцене. По самой свежей информации, разрастание крупнейшего ледника Южной Америки продолжается и поныне.

Поиск ледника для режимных наблюдений

Конечно, гигантские выводные ледники Патагонии чрезвычайно эффективны и притягательны для экскурсантов, но для гляциологов, собирающихся изучать их колебания и оценивать баланс массы, они не подходят из-за своих размеров и трудностей слежения за положением фронта. Оптимальный вариант — более мелкие ледники, которые из-за меньшей инерции отклика на изменения климата, служат более надежными индикаторами совре-

менной эволюции оледенения. В Патагонии их можно встретить на любом периферийном участке горной системы Анд.

При маршрутных обследованиях восточных склонов Анд в районе озер Лаго-Аргентино и Вьедма (49—51° ю.ш.) на территории аргентинской провинции Санта-Крус обнаружилось чрезвычайно разнообразие их морфологических типов: вывальные ледники, берущие начало с Южного Патагонского ледникового плато, чередуются с независимыми и динамически не связанными с плато долинными формами, а также малыми ледниковыми образованиями (каровыми, присклонными, висячими и т.д.). Широко распространены ледники, переходные от присклонных к висячим (по-испански *glaciares suspendidos de ladera*, в буквальном переводе — ледники, висящие на косяге). Подавляющее число языков на аргентинском склоне заканчивается на плаву в озерах, что не свойственно лишь ледникам висячего типа. Производя массу айсбергов, они тем самым напоминают шельфовые ледники. Отсюда следует, что их так называемая механическая абляция (т.е. убыль вещества, не связанная с таянием) — важная статья расхода (из-за откола льда или ледовых обвалов). Минимальная же механическая абляция — немаловажный критерий выбора опорного ледника для режимных наблюдений.

Однако в конечном итоге все определяет доступность ледника и его проходимость. Из-за исключительной расчлененности рельефа и динамичности (скорость течения льда тут может достигать 3,7 м/сут) ледники Патагонии обычно изобилуют трещинами. Непроходимым поэтому оказался и ледник Пьедрас Бланкас, спускающийся на

восток прямо из-под стены всемирно известной горы Фицрой и намеченный нами еще в Москве по крайне схематичным планам местности.

Однако когда маршрутная рекогносцировка района, не приносившая поначалу результатов, уже подходила к концу, мы поднялись в небольшую долину к югу от Пьедрас Бланкас и обнаружили там на редкость симпатичный небольшой карово-долинный ледник Де лос Трес (в переводе — ледник Троиц) со спокойным течением, проходящий без особых проблем от языка до самых верхних поясов фирнового бассейна — почти идеальный по патагонским меркам. Именно ему предстояло стать первым объектом масс-балансовых исследований в Патагонии и первым аргентинским ледником, включенным в глобальную базу данных Всемирной службы мониторинга ледников.

У подножия Фицроя

Никогда в жизни мне не доводилось разбивать базовый лагерь в более живописном месте, чем у ледника Де лос Трес. Наши разноцветные палатки выстроились дугой по берегу одноименного маленького озера. В диаметре оно не превышает 50 м. С противоположной стороны в него спускается язык ледника, время от времени порождая айсберги, которые потом ветер долго гоняет от одного берега к другому. Ледник занимает собой обширный кар площадью около 1 км². Над ним возвышаются горы Фицрой и Пуансено.

В центре базового лагеря — большая палатка «Зима», похожая на шатер бродячих циркачей. В ней размещаются кухня и столовая, а помимо того, она играет роль помещения для обработки научных материалов и склада продуктов, снаря-

жения и приборов. Вокруг «Зимы» — разномастные палатки для жилья, практически все индивидуального пользования, а на плацу перед ней — рейка с горделивым оповещением «Expedición científica» («Научная экспедиция»). У этой рейки любят фотографироваться посещающие нас иногда гости из числа туристов и альпинистов.

В некотором отдалении от лагеря устраиваем метеорологическую площадку. В первую очередь нас интересуют температура воздуха, осадки и давление. Наибольшие проблемы вызывает непрерывная запись температуры с помощью термографа. Так как метеобудки, призванной защищать его от прямых солнечных лучей, у нас нет, конструируем из плоских плитчатых камней некое подобие дольмена, где и устанавливаем прибор.

Примыкающее к леднику озерцо и вытекающая из него речка длиной всего-то около 100 м до впадения в озеро Лагуна де лос Трес становятся объектами наших гидрологических исследований. И озерцо, и речка безымянны. На правах первых исследователей решаем дать им географические названия, сочетающие лексику и русского, и испанского языков. Топонимами служат имена наших детей. Получаем Лагуна Ира и Рио-Никита. Первое из этих названий так вообще звучит вполне по-местному: в переводе с испанского «Laguna Ira» означает «Озеро Гнева».

Чтобы узнать, как меняется уровень воды в Лагуне Ира, прямо напротив палаток в песчаное дно вгоняем рейку-футшток. В течение первых трех суток уровень надо замерять ежедневно. Татьяне, нашему штатному гидрологу, в одиночку это делать мучительно, так что делим ночь на вахты, распределяя сроки измерений между всеми членами экспе-



Экспедиция на пути к ледникам.



Теодолитная съемка.

диции, включая волонтеров из США. Вылезать из теплого спальника среди ночи, конечно, не самое приятное занятие, зато получаем четкую картину суточного хода уровня. По нему можно судить о расходе воды. Рядом с футштоком измеряем и температуру воды в озере. В самые теплые дневные часы вода прогревается до 3°C, а ночью частенько сковывается тонкой корочкой льда, в который вмораживают дрейфующие айсберги. Утреннему дежурному, идущему к озеру за водой, приходится делать прорубь.

В том месте, где из Лагуны Ира вытекает Рио-Никита, разбиваем гидрометрический створ. Здесь мы измеряем скорости течения вдоль поперечного профиля, которые потом пересчитываем в значения объемов суточного стока. Особый ажиотаж вызывают эксперименты по определению расхода воды в реке так называемым методом ионного паводка. В них участвует весь личный состав отряда. Предварительно растворяем в ведре известный объем обычной пищевой соли (помню недоуменное выражение лица у продавца магазина, где мы чуть ли не оптом закупили соль). Затем стоящая на камне

посередине русла Тереса Давила, симпатичная американка из Вашингтона, по сигналу выплескивает рассол в бурлящую струю в истоке Рио-Никиты. Остальные, вооружившись шведским датчиком электропроводности воды, ждут ионный паводок в устье нашей речки — там, где она впадает в Лагуну де лос Трес. Солевая волна проходит быстро — только успевай считать прыгающие на дисплее цифры. Здесь нужны все: один держит датчик в потоке воды и каждые три секунды громко орет, считывая цифры и пытаясь перекричать шум воды; другой следит по секундомеру за временем, сигнализируя о сроке осядутимым тычком в спину первого; третий должен успеть записать те значения, которые ему прокричит первый. Имеющий форму колокола график изменения электропроводности отражает расход воды в реке.

Самодельный плот, сконструированный нами из автомобильных камер, деревянных реек и брезента для заброски экспедиции через Лагуну де лос Трес, служит нам теперь и в научных целях. Перетащив его на Лагуну Ира, лавируем на нем между айсбергами, время от времени измеряя глуби-

ну озера свинчивающимися дюралевыми зондами. Спускающиеся после очередной попытки штурма Фицроя испанские альпинисты в изумлении останавливаются и наблюдают с ледника небывалую картину. Наибольшая глубина — 6.2 м — регистрируется близ плавучего фронта языка. Когда же мы переходим к батиметрии большого озера — Лагуны де лос Трес, — порядок цифр сразу меняется. Металлических зондов уже не хватает, и мы приспособливаем под ленту 30-метровую веревку, нанося на ней разметку. Лотом же служит первый попавшийся камень, который привязываем к веревке, обмотав капроновой сеткой из-под купленного в местном поселке лука. Глубины тут уже превышают 25 м.

Но главные работы разворачиваются, разумеется, на самом леднике. Прежде всего нам предстоит измерить, сколько снега накопилось на нем с зимы. Для этого в течение нескольких дней покрываем более или менее равномерно весь ледник (насколько нам позволяют трещины и ледопады) промерными пунктами. Для удобства нанесения на карту проходим от одного края ледника до другого про-



В гляциологическом шурфе.

филями, так что со стороны ледник начинает смотреться совершенно фантастически: ослепительно белая поверхность снега буквально расплосована ровными горизонтальными линиями. Элита альпинизма, поднимающаяся по нашему леднику на штурм Фицроя, с удивлением взирает на это чудо.

На наше счастье ледник сравнительно хорошо проходим, хотя, разумеется, наверху передвигаемся исключительно в связке. Американские волонтеры, для которых в новинку и обвязки, и кошки, на удивление быстро осваивают эту технику. Нам надо прокопать весь сезонный слой вплоть до прошлогоднего фирна. Чем выше, тем больше снега. Верхний шурф не такой уж и маленький — глубиной почти 5 м. Тем не менее нам вдвоем с Лайлом, плиточником из Орегона, удастся вырыть и измерить его за один день, причем американец работает столь самозабвенно, столь истово, что с трудом верится в его 50-летний возраст.

Для измерения таяния в разных частях ледника забуриваем в снег и лед деревянные рейки, которые обходим время от времени. Поражает, что в Аргентине альпинисты

с почтением относятся к нашей работе и никто, проходя мимо, не позволяет себе подойти близко к рейке. Приятно работать в такой обстановке, и на туристов и альпинистов уже не смотришь как на врагов науки, как это (чего греха таить) подчас бывает, скажем, у нас на Кавказе.

Вклад в гляциологию

Конечно, на основе лишь одного года наблюдений тенденции развития местного оледенения выявить нельзя. Однако вскрывается ряд гляциологических закономерностей, весьма характерных для режима ледников Аргентинской Патагонии.

Выяснилось, что во многом он отличается от того, к чему привыкли европейские гляциологи. Так, характерен длинный летний период, когда возможно таяние и убыль вещества. Это 4—5 месяцев, с конца октября по середину марта. В этот период, однако, таяние может идти параллельно с накоплением новых порций снега — как во внутренней части Тянь-Шаня. Например, на леднике Де лос Трес ненастный период с 12 по 23 февраля

принес столько снега, что им был укутан весь ледник, а таяние зимнего снега было парализовано вплоть до 1 марта. 21 февраля толщина свежего снега в лагере доходила до 10 см, а Лагуна Ира на пару дней была прочно скована панцирем льда. Пейзаж в лагере, не говоря уж о леднике, был классически зимний. Количество жидких осадков, которое способно тут выпасть за сутки, очень велико: в отдельные дни мы регистрировали 20—40 мм, а абсолютный рекорд побил свистопляска 12 февраля, когда непрекращающийся ливень принес 69 мм!

Удивительно суровые условия в узкой высокогорной полосе. Уже в близлежащем пос.Чалтен, где находится управление северным сектором национального парка «Лос-Гласьярес», климат совсем иной, хотя от ледников поселок отстоит всего на 9 км. Здесь гораздо суше и осадков меньше чуть ли не на порядок. Такие же перепады свойственны не только осадкам, но и температуре. Если бы не постоянный сильный ветер, Чалтен впору объявить горным курортом. У нас же в лагере, расположенном у края ледника на смешной для гор высоте 1220 м, температура воздуха в разгар лета падала на несколько градусов ниже нуля, хотя порой и поднималась до +16°.

Существенно меньшими, чем мы ожидали, оказались и аккумуляция снега, и годовое таяние. При этом снег настолько интенсивно сносится ветром с верхних поясов на язык, что в разных частях ледника его количество различается слабо: на языке в среднем накапливается за год около 4 м, а в фирновом бассейне — 5 м. (На любом, скажем, кавказском леднике вертикальная контрастность гораздо выше.) Правда, из-за повышенной роли ветра в отдельных точках, где тому благоприятствует ре-

Вести из экспедиции

льеф, могут накопиться и 7-, и даже 9-метровые толщи. Что же касается таяния, то здесь различия существеннее: на языке стаивает весь снег и примерно 2 м глетчерного льда, тогда как в фирновом бассейне за лето успевают стаять только около 3 м снега и, таким образом, метра два снега переходит на следующий год в категорию фирна. За весь февраль, например, сток через створ на Рио-Никита составил всего-то чуть больше 1 млн м³, а ведь помимо ледникового таяния в эту величину свою лепту вносят еще и дожди, и таяние снега на окружающих скалах. Суточные колебания уровня воды в Лагуне Ира не превышают, как правило, 13 см, а наивысший уровень создается не в жаркие дни вследствие аномалий таяния, а за счет ливневых осадков.

Если выразить весь приход и расход вещества в усредненном по его площади слое воды, то баланс массы для ледника Де лос Трес в 1996 г. окажется слабо положительным: +70 мм водного эквивалента. Иными словами, ледник приобрел за год больше, чем потерял. Кому-то это может показаться странным — вроде бы господствует мнение о глобальном сокращении оледенения. Но во-первых, один год сам по себе мало показателен. А во-вторых, не так уж и повсеместна деградация ледников на нашей планете. Известны по крайней мере пять крупных горных систем, где в последние годы либо уменьшилась скорость их сокращения, либо они вообще стали расти и наступать: в Гренландии, Скандинавии, на Кавказе, Алтае и в Новой Зеландии. Патагонии в списке нет, но объясняется это лишь отсутствием достоверных данных о тенденциях развития ледников.

Уходя, мы измерили величину отступления фронта ледника Де лос Трес. За сезон

1996 г. она составила всего 3 м. В то же время известно, что языки ледников Перу и Боливии сокращаются гораздо быстрее. Темпы отступления выводных ледников Северо-Патагонского ледяного поля в последние годы несколько увеличились, тогда как на Южно-Патагонском (в секторе которого мы и работали) картина обратная. К тому же существуют свидетельства того, что ледники восточного склона Анд отступают медленнее западного. Таким образом, получается, что хоть в Южной Америке в целом доминирует тенденция общего сокращения оледенения, ледники Аргентинской Патагонии находятся в наиболее благоприятном положении.

Так, может, следует включить этот регион в число упомянутой пятерки? К сожалению, одного года явно недостаточно для таких выводов. Как важно было бы продолжить тут наблюдения! Ведь не исключено, что тут тоже намечалась активизация.

Казалось бы, с чего это ледникам должно становиться лучше, когда вокруг только и разговоров, как о глобальном потеплении да о парниковом эффекте. Но так ли страшен ледникам этот пресловутый эффект?

Известный климатолог М.И.Будыко давно уже пришел к выводу, что техногенный рост углекислоты и других парниковых газов в атмосфере приведет к глобальному потеплению, но самое главное, что это потепление в основном затронет зимние условия, почти не меняя летние. Но тогда должна увеличиться площадь зеркала Мирового океана, свободная от плавучих льдов, а следовательно, возрасти испаряемость и влажность. Можно прогнозировать рост зимних осадков, которые в горах, несмотря на некоторый рост температур, все еще будут оставаться снегом, а не

дождем. Это означает, что питание ледников улучшится, а поскольку летние условия останутся прежними, то таяние не изменится. Чувствуете, какой баланс? Таким образом, мы приходим к выводу, который может показаться парадоксальным: на определенной (начальной) стадии парниковый эффект и глобальное потепление должны привести к росту ледников! Не в этом ли разгадка кажущегося незаконномерным улучшения состояния ледников в тех пяти (а может, шести) горных системах?

Так что, может быть, не так уж и случаен вычисленный положительный баланс массы ледника Де лос Трес. А удостоверить в этом можно будет как по мере продления ряда наблюдений, так и путем сопоставления состояния ледника Де лос Трес в 1996 г. с теми объектами гляциологических наблюдений в горных системах Земли, где также вычисляется вещественный баланс. Последнее можно сделать в самом ближайшем будущем. Совсем недавно Всемирная служба мониторинга ледников при ЮНЕСКО издала очередную сводку о балансе массы всех изучавшихся в этом году ледников Земли. Впервые туда вошли сведения и по нашему леднику из Аргентины. ■

Василий Леонтьев, или Экономика на шахматной доске

А.В.Аникин

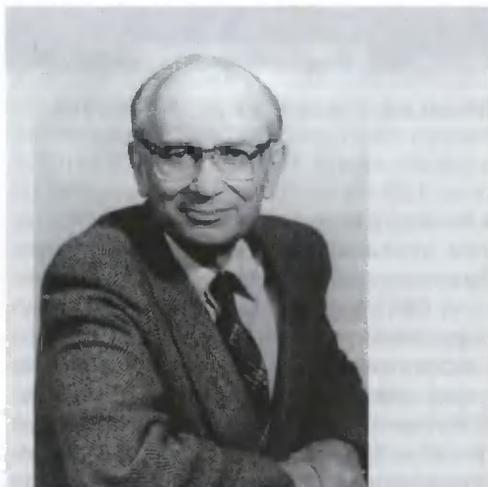
Этот очерк, который первоначально писался о живом человеке, волей судьбы стал некрологом: Василий Леонтьев (Wassily Leontief) скончался в Нью-Йорке 5 февраля 1999 г. на 93-м году жизни. На протяжении почти сорока лет я время от времени встречал Леонтьева, участвовал вместе с ним в научных мероприятиях разного рода. Между нами была некоторая деловая переписка. В своем очерке я намерен соединить жизнеописание и оценку его научных достижений с личными воспоминаниями и впечатлениями. Надеюсь, это будет интересно читателю.

Леонтьев, по всеобщему признанию, один из самых выдающихся ученых-экономистов 20-го столетия. Международная «Энциклопедия общественных наук» сравнивает его вклад с той ролью, какую в теории экономики сыграли Адам Смит и Джон Мейнард Кейнс, а этих гигантов можно, пожалуй, назвать соответственно Ньютоном и Эйнштейном этой науки.

Главное достижение Леонтьева заключается в создании и совершенствовании метода затраты—выпуск (input—output analysis), который в нашей литературе часто называют также методом межотраслевого баланса (производства и распределения продукции). Так он именуется и в нашем «Статистическом словаре» 1989 г., притом, что характерно, — без упоминания имени Леонтьева.

Экономика на шахматной доске

Работы Леонтьева находятся на магистральном направлении экономической науки 20-го столетия, что и определяет их значение. Речь



Андрей Владимирович Аникин, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Института мировой экономики и международных отношений РАН. Научные интересы лежат в области экономической теории, международных экономических и финансовых отношений, истории общественной мысли. Заслуженный деятель науки России.

Возвращение

© А.В.Аникин



Василий Васильевич Леонтьев (1906–1999).

идет прежде всего о количественном подходе к процессам, происходящим в народном хозяйстве. Практически все эти процессы измеримы и могут быть выражены либо через натуральные показатели, либо через деньги и цены в единых величинах. Отсюда идет развитие эконометрики (эконометрии), одним из направлений которой может быть признан метод затраты—выпуск. Он тесно связан с другим основным направлением эконометрики — построением корреляционных макроэкономических моделей, в которых народное хозяйство представлено как система уравнений, отражающих зависимости между экономическими переменными и позволяющих измерять тесноту связей.

В свою очередь эти направления возникли в результате переноса центра тяжести исследований вообще в сферу макроэкономики, т.е. процессов на народнохозяйственном уровне. Теоретические основы макроэкономики связаны с именем Кейнса, для которого непосредственным стимулом была проблема экономических циклов и кризисов, чрезвычайно обострившаяся в 30-х годах. Соединение этой теории с количественным подходом дало статистику национального продукта и дохода и основанный на этой статистике экономический анализ, так называемое национальное счетоводство, или статистику национальных счетов (national accounting).

Другая генетическая нить ведет к Леонтьеву от попыток наиболее изобретательных умов

XVIII и XIX вв. изобразить и анализировать те связи, которые дают жизнь и как-то поддерживают в работоспособном состоянии такую неминуемо сложную систему, как экономика страны (и тем более всего мира). Считается, что пионером в этой области был француз Франсуа Кенэ, работавший в середине XVIII в. Замечательной попыткой подобного рода были известные схемы простого и расширенного воспроизводства Карла Маркса. Наконец, надо упомянуть франко-швейцарского ученого Леона Вальраса с его уравнениями системы общего равновесия (1870-е годы).

Отличие метода затраты—выпуск от этих ранних идей столь же велико, как отличие современного компьютера от счетных машин прошлых веков. Абстрактные схемы наполнились эмпирическим материалом, что открыло возможности их практического применения для экономического анализа и прогноза. Условиями этого радикального сдвига было, с одной стороны, существование достаточно высококачественной и подробной народнохозяйственной статистики, с другой — появление электронных вычислительных машин и соответствующих способов обработки статистики.

Основная идея достаточно проста. Экономика изображается как система отраслей с любой степенью дробности в виде таблицы наподобие шахматной доски. На пересечении каждой пары отраслей имеем цифры, выражающие продажу (передачу) продукции одной отрасли в другую, скажем угля в электроэнергетику или

хлопка в текстильную промышленность. Отсюда можно исчислить коэффициенты прямых затрат (технологические коэффициенты), которые показывают, сколько единиц продукции одной отрасли необходимо для производства единицы продукции другой отрасли. Эти величины могут иметь как натуральное, так и денежное выражение, каждое из которых имеет собственную ценность. Добавляя по горизонтали шахматной таблицы к материальным затратам конечное потребление и накопление (инвестиции), получаем валовой продукт по использованию. Добавляя по вертикали доходы факторов производства, получаем продукт по созданию (производству). Уже эта стадия дает очень ценную информацию.

Однако Леонтьев пошел дальше, применив к этим материалам методы линейной алгебры. Продукция каждой отрасли выражается линейным уравнением, которое суммирует прямые затраты всех отраслей. Теперь экономика представлена как система линейных уравнений, решение которой, возможное лишь с помощью мощных компьютеров, выглядит в виде матрицы, так называемой инверсии (или обратной матрицы) Леонтьева. Она содержит данные о полных затратах на производство продукции каждой отрасли и рисует замечательно богатую по содержанию картину экономики с ее сложной системой структурных связей.

Если, например, надо увеличить производство электроэнергии на миллион киловатт-часов, то можно подсчитать не только, в какой мере надо увеличить добычу угля, но и на какую сумму потребуется увеличить производство угледобывающих машин, стали для них и т.д. В результате экономика страны (группы стран и даже всего мира) представляется открытой книгой, читая которую специалисты могут видеть ее внутренние связи, сильные и слабые стороны. Если заложить какие-то изменения показателей во времени, то можно получить количественно обоснованный прогноз развития. Легко догадаться, что этот метод может быть успешно использован для планирования народного хозяйства.

Схемы Леонтьева универсальны, они отражают экономические явления и процессы безотносительно к общественному строю, они применимы (хотя, может быть, по-разному) и в полностью рыночном, и в стопроцентно плановом хозяйстве. Этот тезис позволяет нам обратиться к тому времени и к тем условиям, когда метод Леонтьева и он сам появились на советской научной и общественной сцене, а заодно — и в моей жизни.

Я впервые узнал о методе затраты—выпуск и возможностях основанного на нем экономического анализа в 1954—1955 гг., когда изучал материалы региональных экономических ко-

миссий ООН, готовясь к одному совещанию в рамках Комиссии для Азии и Дальнего Востока. Составители этих обзоров уже использовали новый метод. Тогда же прозвучало для меня имя Василия Леонтьева, которое воспринималось вместе с интригующими аспектами его русского происхождения.

Над советской экономической наукой еще довлел догматизм сталинской эпохи; только что вышел известный учебник политической экономии под редакцией К.В.Островитянова, в котором закреплялись эти догмы. Но уже смутно чувствовались новые веяния, начинались контакты с западными учеными. Идеологическая нейтральность и практическая направленность метода затраты—выпуск делали его приемлемым для официальной советской науки и ее руководителей. Его можно было представить как способ анализа социалистического народного хозяйства, а потенциально и планирования этого хозяйства. Появился тезис, что этот метод в сущности больше подходит для планового социалистического хозяйства, чем для анархической по своей природе экономики капитализма. Надо сказать, что подобная идея не совсем чужда мышлению самого Леонтьева: он никогда не был поклонником чисто рыночной экономики, слово «планирование» никогда не было для него табу. Первый отчетный (де-факто) межотраслевой баланс был составлен в СССР уже в 1959 г.

Все это делало официально приемлемой, несмотря на эмигрантский статус, и личность самого Леонтьева, и проложило дорогу для его первого приезда в СССР в том же 1959 г. Со времени, когда он юношей покинул страну, прошло уже около 35 лет! Уехал юноша, а приехал немолодой человек.

Русский американец в стране большевиков

Василий Леонтьев родился 5 августа 1906 г. в Мюнхене, но еще грудным младенцем был привезен родителями в Санкт-Петербург, где и прошли его детские и молодые годы. Он вырос в семье университетского профессора, тоже Василия Леонтьева. К стати сказать, мне сразу показалось, что он был очень доволен, когда его стали на русский лад звать Василий Васильевич. Вероятно, это было для него ново.

Поскольку это были годы революции и гражданской войны, мальчик получал в основном домашнее образование с помощью матери и студентов-репетиторов. Лишь два года ему довелось учиться в новой советской школе. Рано обнаружившиеся способности позволили в 14 лет получить аттестат о среднем образовании и в 1921 г. поступить на отделение общест-



Далекое петербургское детство. Маленький Василий с матерью и отцом.

венных наук Петроградского университета. Одновременно он много занимался математикой.

В 1925 г. Леонтьев окончил Ленинградский университет, о котором недавно сказал несколько добрых слов в предисловии к русскому переводу своих «Экономических эссе», и получил диплом экономиста. Сравнительно либеральная обстановка 20-х годов позволила ему уехать для лечения и продолжения образования за границу, и он провел еще три года в Берлинском университете, где получил докторскую степень по экономике. Он работал некоторое время в Институте мирового хозяйства в Киле и провел один год в Китае в качестве экономического советника.

В 1931 г. Леонтьев впервые приехал в США и через несколько лет стал американским гражданином. К этому времени он уже был ав-

тором заметных статей и имел репутацию теоретика, обладающего широким кругозором в экономике и талантливо применяющего математические и статистические методы. Его привлекала идея наполнения эмпирическим материалом таких построений, как эластичность спроса и предложения, кривые безразличия, промышленная концентрация.

С 1932 г. Леонтьев преподавал экономику в престижном Гарвардском университете (Кембридж, штат Массачусетс), где была отличная научная среда. Хотя преподавание отнимало много сил и времени, он уже в 1933 г. начал свои новаторские исследования, из которых вырос метод затраты—выпуск. Очень скоро обнаружилось, что серьезным препятствием для развития этого метода служит слабость тогдашней вычислительной техники. В дальнейшем многие работы Леонтьева следовали за увеличением мощности компьютеров. Можно думать, что спрос на их все возрастающие возможности со стороны статистиков и эконометриков в свою очередь подталкивал электронщиков и программистов.

Первые результаты исследований Леонтьева появились в печати в 1936 г., а в 1941 г. он опубликовал монографию «Структура американской экономики, 1919—1929», в которой содержалась шахматная таблица (межотраслевой баланс) для 41 отрасли и матрица Леонтьева для 10 укрупненных секторов. Эта работа показала возможности нового метода экономического анализа и одновременно — его основные проблемы, особенно проблему стабильности и подвижности технологических коэффициентов.

В 40—50-х годах метод Леонтьева, при его личном участии, стал применяться в США для практических целей — оценки структурных изменений, связанных с переходом от военной экономики к мирной, и для экономических прогнозов.

Леонтьев показал себя выдающимся организатором. В 1948 г. он создал Гарвардский центр экономических исследований, который стал ведущим в мировом масштабе учреждением по развитию метода затраты—выпуск. Вокруг Леонтьева, который около 25 лет возглавлял этот центр, сложилась группа исследователей-единомышленников, его соавторов по многим последующим публикациям, в том числе по книге «Исследования структуры американской экономики», которая вышла в 1953 г. и в 1958 г. появилась в русском переводе. Такой путь прошел Леонтьев как ученый, когда впервые оказался в СССР.

Приезд видных иностранных ученых-экономистов был в то время еще большой редкостью. Надо полагать, что вопрос о приглашении Леонтьева рассматривался и решался где-то на

высоком уровне, и власти рассчитывали извлечь из этого визита какие-то выгоды. Возможно, за этим стояла политика, поскольку визит совпал с подготовкой поездки Хрущева в Америку, которая памятна короткой дружбой советского лидера с президентом Эйзенхауэром, кулуарной ссорой с профсоюзными лидерами США... Леонтьев ни в какой мере не был политической фигурой, но сама его личность воплощала связь обеих наций, а его научные достижения могли пригодиться для международного сотрудничества.

Леонтьев прочел лекцию в Институте мировой экономики и международных отношений, на которой я присутствовал. Небольшой и неудобный зал во временном помещении института, занявшего старое здание в Китайском проезде, оказался забытым до отказа. Помимо новизны самого факта выступления иностранца и известности имени Леонтьева, людей привлекало то, что он был русский и собирался говорить на русском языке. Леонтьев оказался приятным, мягким, слегка склонным к иронии человеком, который чувствовал и вел себя в непривычной обстановке непринужденно и просто. Его русский язык был свободен и интеллигентен, лишь изредка в нем чувствовались следы длительной оторванности от живой языковой стихии. Труднее ему давалась наша экономическая терминология, отчасти сложившаяся в годы его отсутствия в России.

Леонтьев быстро завоевал симпатии аудитории, в которой преобладала молодежь, умело и просто рассказывая о сути своего метода и его перспективах. Щедро отвечал на многочисленные вопросы и, как мне показалось, остался доволен встречей.

В 50-х годах я занимался структурой и функционированием кредитной системы США, и статистический анализ связей в этой сфере представлял для меня интерес. Я спросил Леонтьева, что он думает о статистике денежных потоков (flow of funds), которую тогда начала публиковать Федеральная резервная система (центральный банк) США. Леонтьев сказал, что он видит в этом большое будущее, что такой подход к экономическим процессам имеет общие черты с его анализом межотраслевых связей. Должен с сожалением отметить, что ни в Советском Союзе, ни в новой России подобная статистика так и не появилась до сих пор.

После лекции Леонтьев оказался окруженным толпой молодых ученых, которые задавали ему уже любые вопросы в неформальной обстановке. Выждав несколько минут, директор института академик А.А.Арзумян увел гостя в свой кабинет. Помнится, я слышал тогда, что Леонтьева принимали в Госплане, в Институте экономики АН и, кажется, в Центральном статистическом управлении.

Вероятно, приезд Леонтьева и его беседы с руководителями этих учреждений укрепили позиции экономико-математического направления в советской науке, связанного с именами таких ученых, как Л.В.Канторович (впоследствии лауреат Нобелевской премии), В.С.Немчинов, В.В.Новожилов, Н.П.Федоренко. Может быть, Центральный экономико-математический институт РАН косвенно в чем-то обязан своим основанием авторитету Леонтьева.

Общее оздоровление и оживление в советской экономической науке в конце 50 — первой половине 60-х годов проявилось также в том, что впервые за 25—30 лет были изданы в русском переводе труды ведущих западных ученых, в том числе Василия Леонтьева. Эти книги снабжались вступительными статьями, которые писались по особой «рецептуре», предусматривающей сочетание анализа научных достижений автора и критики его буржуазной сущности и немарксистского подхода. Отсутствие выраженной идеологии у Леонтьева позволяло свести эту критику к минимуму, но совсем обойтись без нее было невозможно.

По следам своего путешествия в страну большевиков Леонтьев опубликовал замечательную в своем роде статью «Спад и подъем советской экономической науки», которая теперь доступна российским читателям в изданном в 1990 г. томе его экономических эссе. Эта статья, как и ряд других работ Леонтьева, обнаруживает качества его личности, которые оказались как-то менее заметны на фоне его славы первооткрывателя метода затраты—выпуск. Заслуживают всяческого внимания его мысли о методологии экономической науки, о ее связи с хозяйственной практикой, о природе и пределах планирования и по многим другим вопросам. Кроме всего прочего, Леонтьев — талантливый популяризатор науки и незаурядный литератор. В статье о советской экономической науке выпукло показано родство его метода и линейного программирования, в развитие которого внес важнейший вклад Канторович, как разных, хоть и близких, подходов к предмету экономической науки — обоснованию эффективных и рациональных способов использования ограниченных ресурсов.

Доброжелательность в отношении страны и народа сочетается в статье с едкой иронией по поводу советского планирования и научных нравов. Конец 20-х — 50-е годы Леонтьев с полным основанием считает временем упадка советской экономической науки, но видит признаки возрождения в оживлении дискуссий, в интересе к новым методам и идеям, в возможности для таких людей, как Канторович, критиковать советский ортодоксальный марксизм.

Мировое признание. Глобальные прогнозы

В 60–70-х годах метод затраты—выпуск и анализ межотраслевых балансов получили всеобщее признание в мировой экономической науке и стали обычными в статистической практике. Когда с 1969 г. началось присуждение Нобелевских премий по экономике, Леонтьев закономерно оказался одним из первых кандидатов. Он стал лауреатом в 1973 г. с такой формулировкой научных заслуг: «за развитие метода затраты—выпуск и за его применение к важным экономическим проблемам». Характерно, что среди первых лауреатов преобладали эконометрики, математически и статистически ориентированные экономисты, чьи работы имеют наиболее выраженное практическое значение. Еще ранее Леонтьева Нобелевскую премию получил Саймон Кузнец (1901–1985), другой американец, родившийся и выросший в России. Кузнец — один из отцов национального счетоводства, без которого теперь невозможен серьезный анализ экономики. Российские ученые поступили бы правильно, отдав дань уважения этому талантливому человеку.

Научная деятельность Леонтьева в этот период развивалась в двух главных направлениях. Во-первых, он продолжал плодотворно работать над динамизацией модели затраты—выпуск, чтобы она работала с учетом технического прогресса, меняющего структуру экономики (в модели это проявляется в изменении технологических коэффициентов). Практически это особенно важно для выбора оптимальных инвестиционных решений. Во-вторых, он перешел от анализа экономики США к анализу мировой экономики, межрегиональных связей в ней, отношений между развитыми и развивающимися странами.

В 1975 г. Леонтьев покинул тихий Кембридж с его созвездием первоклассных учебных заведений и исследовательских центров и переехал в бурный Нью-Йорк, где, впрочем, при желании тоже можно найти комфорт и покой. Он стал работать в Нью-Йоркском университете, где возглавил Институт экономического анализа. (Достигнув 80 лет, он оставил административный пост, но остался безусловным интеллектуальным лидером.)

Интерес Леонтьева к проблемам мировой экономики определил содержание лекции, прочитанной им по традиции при вручении Нобелевской премии. К этому времени Леонтьев уже включился в огромный проект по исследованию структуры и перспектив мировой экономики с помощью метода затраты—выпуск, который осуществлялся под эгидой ООН и под его научным руководством. В нобелевской лекции он более или менее популярно объяснял

цели и методологию этого невиданного по своим масштабам исследования. Надо думать, оно потребовало не только знаний и опыта Леонтьева, но также мобилизации его организаторских способностей, умения работать с большими коллективами людей разных профессий и квалификации. В самый разгар этой работы он отметил свое 70-летие. Для многих ученых это могло бы быть сроком ухода на более спокойную работу, вроде писания мемуаров, но только не для Василия Васильевича!

Итоги исследования были опубликованы в 1977 г., русский перевод книги вышел в 1979 г. под заглавием «Будущее мировой экономики». С этой работой был связан приезд Леонтьева в СССР. Вновь он читал лекцию в Институте мировой экономики и международных отношений. На этот раз я имел прямое отношение к приему знаменитого ученого и представлял его аудитории. К этому времени уже трудно было назвать имя крупного западного ученого — экономиста, социолога или политолога, который не побывал бы в нашем институте. Народ, так сказать, избаловался, и во многих случаях лекции заезжих светил не собирали полных залов. С Леонтьевым все получилось совсем иначе.

Незадолго до его приезда наш институт получил прекрасное новое здание на Профсоюзной улице. В этом здании имеются два зала: приблизительно на 150 и на 600 мест. Практически всегда лекции зарубежных ученых, даже самых известных, проводились в малом зале. Таким же образом мы думали организовать и выступление Леонтьева. Но пока мы пили с ним кофе и беседовали перед лекцией, поступило сообщение, что многие слушатели не могут найти свободного места. Пришлось срочно переходить в большой зал.

Когда мы вошли и Василий Васильевич окинул взглядом почти заполненные ряды амфитеатра, я почувствовал в нем некоторую растерянность. Он явно не ожидал такого скопления народа. Молодые люди, сотрудники института, развешивали привезенные им таблицы и диаграммы развития мировой экономики, но в обширном помещении от этого было мало толку, так как только передние ряды могли там что-то рассмотреть. В первых словах лектора, кажется, ощущались следы этой растерянности, но он быстро почувствовал необходимость изменения программы и перестроился на ходу. Через одну-две минуты его голос окреп, а скоро он полностью владел вниманием аудитории.

Проект, выполненный Леонтьевым и его группой, представлял собой гигантскую модель типа затраты—выпуск, в которой мир был поделен на 15 регионов. Авторы стремились реалистически оценить перспективы мировой экономики до 2000 г., ее потребности в основ-

ных видах сырья, потоки товаров и капиталов между группами развитых и развивающихся стран. Это была работа, беспримерная по объему используемой статистики и применения вычислительной техники.

Статистико-аналитические исследования такого типа представляют собой нащупывание путей к всемирной экономической интеграции и, может быть, к программированию мировой экономики и международных экономических связей. Конечно, в современной политической ситуации это выглядит утопией, но лишь в такой интеграции можно видеть перспективу жизнеспособной человеческой цивилизации. Экономисты должны смотреть поверх политических, национальных и иных конфликтов и моделировать более или менее благополучное будущее человечества. Их главная задача — разрабатывать пути в сфере производства и обмена, способные помочь в движении к этой цели. Может быть, несколько иными словами, но именно об этом говорил Леонтьев в 1979 г. Мир значительно изменился с тех пор, но идеи эти стали только актуальнее.

На слушателей той памятной лекции произвели впечатление не только четкость и логичность его речи, не только широкий кругозор и подлинно общечеловеческий подход, но и энергия, живость, обаяние. Я отметил бы также здравый смысл и ироничность. Он всегда стоял обеими ногами на грешной земле и всегда как будто чуть-чуть подшучивал над предметом, над аудиторией, над самим собой. Очень обаятельный человек!

Паруса перестройки

В обеих лекциях Леонтьева, которые я слышал, и в его публикациях, затрагивающих или прямо трактующих советские и российские проблемы, видится мне своеобразное сочетание подходов, которое я, используя терминологию одной программы «Радио “Свобода”», назвал бы «отстраненностью и вовлеченностью». С одной стороны, это подход благожелательного иностранца, ученого эксперта, беспристрастно рассматривающего проблемы данной страны. С другой — подход человека, для которого Россия не такая же страна, как десятки других, с которыми он имел дело в своей научной жизни, а все-таки родина со всеми ее бедами и трудностями. Ему невозможно поставить себя на место ученого из Москвы или Петербурга, но генетически эти люди все же ближе ему, чем парижане или, к примеру, жители Токио, какие бы награды ему ни давали во Франции и Японии. Кстати сказать, в 1988 г. научные заслуги Леонтьева были признаны, наконец, и в России: он был

избран иностранным членом Академии наук, тогда еще союзной.

Изменения в экономике и общественной жизни СССР, которые во второй половине 80-х годов покрывались всем памятным словами «перестройка» и «гласность», близко затронули Василия Васильевича. Он несколько раз приезжал в СССР, встречался с учеными и политиками, выступал в советских газетах и журналах, которые охотно перепечатывали и его публикации в иностранной прессе. Он неоднократно писал о том тупике, в котором оказалась к тому времени советская экономика с произвольным и негибким государственным планированием, приоритетом военных и инвестиционных затрат, пренебрежением к потребностям населения.

Сообщив, что увлекается парусным спортом, Леонтьев привел свое знаменитое сравнение экономики страны с парусной яхтой, движение которой обеспечивается парусами и рулем. Паруса — это личная заинтересованность участников экономического процесса, а руль — государственное регулирование. Только согласованные действия парусов и руля могут обеспечить успех — хорошие темпы экономического роста. В СССР до перестройки ветер не надувал паруса, поскольку фактор личной материальной заинтересованности был выключен, а при таком положении руль бесполезен. Продолжая сравнение, Леонтьев критически отзывался об американской экономике времен президента Рейгана: она плывет без руля, поскольку государство отказалось от активного регулирования и полагается целиком на рыночные силы. Этот последний тезис отражал давнее убеждение Леонтьева, что «чистый» капитализм может довести страну до беды, как это случилось в годы Великой депрессии (мирового экономического кризиса 1929—1933 гг.). То регулирование, которое возникло в последующие десятилетия, он считал недостаточно научным и целенаправленным и полагал, что его метод затраты — выпуск мог бы стать базой такого регулирования. Не смущаясь терминами, Леонтьев называл его «планированием».

В эти годы Леонтьев приобрел довольно широкую популярность в СССР. Его мнения экономисты и политики охотно использовали в дискуссиях о путях развития советской экономики, о способах перехода от той экономики, к которой пристал ярлык командно-административной, к неведомому и опасному рынку. Его идеи о сочетании плана и рынка были для многих привлекательны. Престиж экономиста с математическим и статистическим уклоном обещал подлинную научность без шарлатанства и пустословия, которые наглядно выявились в советской идеологизированной экономике.



1990 год. Эдинбург. Сбор нобелевских лауреатов по экономике в честь 200-летия со дня смерти Адама Смита (Леонтьев — крайний справа).

Здесь и далее фото автора.

Немало значило и русское имя и происхождение Леонтьева. На пике этой популярности, в 1990 г., появился русский перевод его «Экономических эссе». Из книги более или менее подготовленный читатель мог получить понятие о подлинной широте мышления, об универсальности таланта этого человека.

Мысли патриарха

Летом того года я встретил Леонтьева в Эдинбурге, столице Шотландии. Там в 1790 г. закончилась жизнь Адама Смита. 200-летие смерти великого шотландца отмечал весь ученый мир. Люди Запада могли с немалым удовлетворением отметить юбилей мыслителя, который верил и надеялся, что капитализм, суровую юность которого он наблюдал, со временем станет богаче и гуманнее, если не мешать заложенным в нем силам саморазвития и разумно ограничивать его опасные тенденции. Что ж, в немалой степени эти надежды оправдались. Один из ораторов, выступавших на Эдинбургской конференции,

заметил, что к капитализму, может быть, в равной мере относится известное высказывание Черчилля о демократии: это плохой способ устройства общества, но лучшего человечество не придумало.

Организаторы Эдинбургской конференции задалась честолюбивой целью собрать возможно более многочисленную группу лауреатов Нобелевской премии по экономике и преуспели в этом. Съехались восемь человек из Великобритании, США и Франции. Только они имели доступ к трибуне, и каждый выступил с докладом, увязывая наследие Смита с близкими ему современными проблемами. Возраст участников оказался почтенный: самому молодому — под 70, а Леонтьев был, кажется, старейшим. Тем не менее он выглядел оживленным, активным, общительным, участвовал не только в научных заседаниях, но и во многих сопутствующих мероприятиях — банкетах, беседах, экскурсиях. Состоялась торжественная церемония возложения цветов на могилу Смита, поездка в его родной город Керколди, в нескольких километрах от Эдинбурга. Потом конференция переехала в Глазго, где Смит око-



Василий Васильевич не настроен фотографироваться.

ло пятнадцати лет был профессором университета, но в этой части Леонтьев и его жена уже не участвовали. Кстати сказать, у Леонтьева была репутация одного из самых путешествующих светил экономической науки. Он прочел немало лекций в разных концах земного шара, выступал консультантом многих правительств и международных организаций, встречался с видными политиками и бизнесменами. Насколько я знаю, его интересы охватывали и искусство; может быть, не совсем случайно то, что его жена Эстел Хеллен Маркс — поэт, а единственная дочь Светлана — специалист по истории искусства.

В своем эдинбургском докладе Леонтьев говорил о методологии современной экономической науки и призывал экономистов помнить о примере Адама Смита с его широтой и многогранностью. По мнению Леонтьева, эмпирическая и практическая сторона всегда присутствует у Смита, даже если он рассматривает сугубо теоретический вопрос. Можно сказать, этот доклад представлял собой суммирование любимых идей Леонтьева, которые он развивал на протяжении десятилетий.

Через два года я увидел Леонтьева в Гронингене (Нидерланды), где осенью 92-го собрались экономисты, занимающиеся проблемами переходных экономик Восточной Европы и стран СНГ и их отношений с Западом. Приятно было, что Россию представляла внушительная делегация, которая внесла серьезный вклад в работу конференции. Леонтьев был приглашен как своего рода почетный председатель, «ключевой оратор» (key speaker), призванный задать тон всей дискуссии. С этой непростой задачей он справился прекрасно, еще раз поразив меня, как и всех присутствующих, умом, юмором, трезвостью суждений. Для 86 лет его физическая крепость и жизненная энергия были незаурядны. Помню, Леонтьев привел всех в восторг своей «тостовой» речью на заключительном банкете. В ней были живость и веселье, каких трудно ожидать от человека в таком возрасте.

Примерно час мы проговорили с ним, уединившись в фойе. Речь, естественно, шла о российских проблемах и трудностях. Годом раньше страна прошла через события августа 1991 г., а вскоре произошел распад СССР. Рос-



С супругой, поэтессой Эстел Хеллен Маркс.

сийское правительство Ельцина—Гайдара проводило рыночные реформы, первым результатом которых стал мощный всплеск инфляции. В Москве шли острые дискуссии о шоковой терапии, о малой и большой приватизации, об интеграции с остальными странами СНГ. Леонтьев сказал, что он не в состоянии следить за всеми аспектами бурных событий в бывшем СССР и в Восточной Европе, но что ситуация его глубоко тревожит. Представляют ли себе люди, стоящие у власти в Москве, Киеве, Варшаве, Праге, какое именно общество и какую экономику они хотят «построить» на руинах коммунизма? Порой кажется, что они хотят капитализма, которого уже нет на Западе. Но и там часто нет правильного понимания дел в России и соседних странах. Американские экономисты склонны считать, что речь идет о довольно стандартной макроэкономической задаче, рецепты решения которой можно найти в учебниках. Конечно, в экономических проблемах разных стран есть много общего. Но переворот, который происходит в России, органически связан со всей ее историей, с особенностями развития общества. Речь идет не только об изменениях в экономике, но и об огромном социальном и культурном перевороте. Слом громоздкой и неэффективной машины социалистического планирования не означает, что нужно вообще отказаться от всякого планирования, от основанного на принципах науки государственного руководства хозяйством.

Таковы в самых главных чертах мысли Леонтьева о событиях начала 90-х годов и о путях

развития России. Все это было сказано умно и лаконично, с большой скромностью и тактом. Это были ни в коем случае не рецепты и рекомендации, которые в те годы в изобилии сыпались от иностранных экспертов на российское руководство, а именно мнения и соображения, продиктованные искренним доброжелательством и симпатией. Вернувшись в Москву, я попытался донести их до публики через печать.

Последний раз я встречался с Василием Васильевичем летом 1993 г. в Петербурге. Он приезжал в свой родной город, чтобы участвовать в учреждении Леонтьевского фонда, призванного содействовать развитию экономической науки и образования в России.

* * *

Не могу утверждать, что Леонтьев испытывал ностальгию по своей первой родине, что он хотел как-то подчеркнуть свою русскость. Необходимо отдавать себе отчет, что вся его зрелая научная деятельность связана с Соединенными Штатами, что его научные достижения принадлежат теперь всему миру. Но есть неоспоримые факты, показывающие, что СССР и Россия постоянно находились в сфере его интересов и внимания, что он поддерживал тесные контакты с российскими учеными и по мере сил помогал им. Я полагаю, что Леонтьеву было приятно знать, насколько его ценят и уважают в России. ■



Тысячелетие народа коми: время, климат, человек

И.Л.Жеребцов

«Сколько нас? Откуда мы появились? Давно ли живем на этих землях?» — подобные вопросы, наверное, задают себе представители каждого народа. В последние годы интерес к такой проблематике заметно усилился, поскольку огромное внимание вызывают этнические и демографические процессы в различных российских регионах. А при возрастании роли и места какого-либо современного явления возрастают, как хорошо известно, роль и место истории этого явления. Ведущие историки, демографы и этнологи России Ю.А.Поляков, В.З.Дробижев, Д.К.Шелестов и др. неоднократно подчеркивали, что историко-демографическое развитие страны принадлежит к числу наиболее актуальных научных проблем, причем чрезвычайно важно исследовать демографические процессы в национальных регионах на протяжении длительного периода времени, выявить связь этнических и демографических процессов¹.

¹ Водарский Я. Е. Население России в конце XVII — начале XVIII в. М., 1977; Кабузан В. М. Народы России в I половине XIX в. М., 1992; Проблемы исторической демографии СССР. Киев, 1988.

© И.Л.Жеребцов



Игорь Любомирович Жеребцов, доктор исторических наук, ученый секретарь Института языка, литературы и истории Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Область научных интересов — историческая демография.

К настоящему времени в изучении народонаселения России достигнуты значительные успехи. Важнейшую роль играет разработка методических и источниковедческих аспектов исследования этнодемографических проблем в трудах В.К.Яцунского, А.Г.Рашина, Я.Е.Водарского, А.А.Преображенского, В.М.Кабузана, В.И.Козлова, А.В.Дулова и др.; опубликован ряд обобщающих монографий о населении России в различные периоды времени². Однако до сих пор мало историко-демографических исследований локального характера. Практически нет ра-

² См.: Горская Н. А. Историческая демография России эпохи феодализма. М., 1994.

бот, в которых демографические процессы в регионе рассматривались бы за промежуток времени, достаточно длительный для того, чтобы изучить, как конкретно воздействуют на развитие населения не только социально-экономические и политические ситуации, но и естественно-географические условия, в которых это развитие происходило, с целью сопоставить перемены в демографических процессах с изменениями природной среды, в частности климата³.

³ См.: Борисенков Е. П. Климат и деятельность человека. М., 1982; Борисенков Е. П., Пасецкий В. М. Экстремальные природные явления в русских летописях XI—XVII вв. Л., 1983; Они же. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М., 1988.

Разумеется, для этого мало выяснить, как развивалось население региона за один-два века, — надо собрать данные за десятки столетий (ведь естественные условия меняются медленно). И особенно интересно исследовать проблему в таком регионе, как Коми: здесь на протяжении длительного времени в ходе миграционных процессов происходили интенсивные контакты между различными народами, в результате чего осуществлялся взаимообмен достижениями в области хозяйства, культуры и быта, вырабатывался совместный опыт адаптации к сложным естественно-географическим условиям крайнего северо-востока Европы.

Историко-демографические процессы, протекавшие на территории Республики Коми, стали предметом специального изучения в середине 80-х годов. В опубликованных работах освещены важные аспекты демографического развития коми народа⁴. Накопленный к настоящему времени обширный фактический материал (и в первую очередь данные писцовых и переписных книг, ревизий и переписей населения) позволяет дать общую характеристику такого развития — от появления древних коми до современности.

Народ коми сформировался на рубеже 1-го и 2-го тысячелетий н.э., в X—XI вв. А сегодня недалек уже новый рубеж тысячелетий, а с ним, следовательно, приближается и тысячелетие коми народа. Вот уже десять веков коми живут на северо-востоке Европейской России, осваивая природные богатства сурового края. В данной статье читатель сможет ознакомиться с основными вехами демографического

развития Коми края на протяжении этого длительного периода, узнать о зависимости демографических процессов от климата.

Любопытно, что даже само «зарождение» коми народа стало в известном смысле следствием климатических изменений. В формировании древних коми участвовали две основные этнические группы, родственные между собой: население европейского Северо-Востока (принадлежавшее к так называемой ванвиздинской археологической культуре позднего железного века) и переселенцы из Прикамья, небольшие группы которых постепенно, в течение нескольких столетий, продвигались в бассейн Вычегды, взаимодействуя с местными жителями и принося с собой навыки земледелия и скотоводства. Вероятно, эти переселения начались в восьмом столетии, когда потеплевший климат (малый климатический оптимум⁵) сделал природные условия Севера для живших южнее земледельцев и животноводов более пригодными. Ученые не пришли к единому мнению о том, какая из этих групп сыграла основную роль в формировании народа коми⁶, но значение в этом процессе миграций с юга, вызванных изменениями климата, очевидно.

В XII в. на территории обитания древних коми появились первые русские переселенцы. Со временем их становилось все больше (климатический оптимум продолжался до XIII в.). Коми, жившие на нижней Сухоне, Юге, Ваге и Северной Двине, были ассимилированы. Если бы русское население продолжало столь

же активно колонизировать земли этого края и в дальнейшем, могло бы произойти обрусение остальных групп коми народа. Но уже в XIV—XV вв. намечился переход от сравнительно теплого климата к малому ледниковому периоду, достаточно ярко проявившемуся в XVI в.; с его наступлением скудость северных почв стала еще заметнее, и территория Коми края оказалась далеко не столь привлекательной для русских земледельцев, как в минувшие столетия. Поэтому, когда под ударами «государевых ратей» пали Казанское, Астраханское и Сибирское ханства и перед русскими крестьянами открылись просторы Сибири, Поволжья и Приуралья, тысячи переселенцев устремились на более удобные по сравнению с Коми краем земли. В последующее время, вплоть до конца 1920-х годов, на территорию расселения коми переходило немало иноязычных жителей.

Малый климатический оптимум начала 2-го тысячелетия способствовал распространению среди коми земледелия. Возможность получения дополнительных продуктов питания оказала положительное воздействие на прирост местного населения. Сначала основную их долю составляли охота и рыболовство, но в XVI—XVII вв. в развитии промыслового хозяйства наступили трудности. Охота и рыболовство нуждались в резервной территории освоения, без которой они не могли обеспечить абсолютный прирост населения. Поскольку в старожильческих районах таких территорий к XVII в. фактически не осталось, рентабельность охоты и рыболовства упала⁷. В этих условиях прирост и даже сохранение

⁴ Борисенков Е. П. Указ. соч. С. 23—25.

⁵ См.: Савельева Э. А. Пермь Вычегодская. М., 1971; Лашук Л. П. Формирование народности коми. М., 1972; Жеребцов Л. Н. Историко-культурные взаимоотношения коми с соседними народами. М., 1982.

⁷ Конаков Н. Д. Коми охотники и рыболовы во второй половине XIX — начале XX в. М., 1983. С. 14—16.

численности жителей Коми края зависели от состояния земледельческого производства. Со временем все удобные для земледелия площади по берегам рек в заселенных районах были заняты. Нужно было расширять пашню в лесах, однако несовершенство тогдашних орудий делало такие работы слишком трудоемкими. Земли стало не хватать. Ощущался и недостаток сенокосных угодий, необходимых для содержания скота. Самым тяжелым ударом для коми крестьянина оказалось похолодание климата.

Пик малого ледникового периода (климатический минимум) пришелся на вторую половину XVI — первую половину XVII в. Температура понизилась, частым явлением стали различные стихийные бедствия (ранние заморозки, засухи или чрезмерно обильные дожди, град и т.п.). Это приводило к неурожаю, которые подрывали крестьянское хозяйство, вызывали голод и высокую смертность населения. «Лета 7110 (1602 г. — *ИЖ.*) много людей государевых померло, потому в Руси голод великий был два лета. Пермь (коми. — *ИЖ.*) многие в голод тот разбрелись по вятским и сибирским городам, а инии померли с неядения», — рассказывает об этих трагических событиях Вычегодско-Вымская летопись. В 1620-х годах в крае (в границах современной Республики Коми) проживало 17.1—17.4 тыс. коми и 1.6—1.9 тыс. русских. Длинная череда тяжелых неурожаев 30—40-х годов XVII в. вызвала страшный голод (писцовые и переписные книги того времени полны сообщениями о «хлебном недороде» и «хлебной скудости»), и в середине 40-х годов в крае осталось около 15.7 тыс. жителей. Некоторые районы (Вымская земля, Прилузье) обезлюдели почти наполовину...

Конечно, не все прежние обитатели края умерли. Многие предпочли покинуть родные места и уйти в более «хлебобородные» регионы, — в Прикамье и Сибирь. Относительно немногочисленный народ коми сыграл чрезвычайно важную роль в присоединении зауральских просторов к Российскому государству. Коми охотники и торговцы издавна знали ведущие за «Каменный пояс» дороги и часто служили проводниками в отряде Ермака, с похода которого началось присоединение Сибири; они были и в ряде других отрядов русских служилых людей, направлявшихся в конце XVI — начале XVII в. на Обь и Иртыш, вдоль побережья Северного Ледовитого океана (к Мангазею); они оказались в числе первых жителей многих сибирских городов, возникших в конце XVI—XVII в. (Тюмени, Тобольска, Пельмы, Сургуты, Березова, Верхотурья и др.); они участвовали в освоении бассейна Лены, Амура, Камчатки, Новосибирских и Алеутских островов, в знаменитом походе С.И.Дежнева и Ф.А.Попова вокруг Чукотки. Выходцы из Коми края Ф.А.Чукичев и Д.М.Зырян руководили освоением Индигирки, Колымы и Пенжины⁸.

Период тяжелейших испытаний, выпавших на долю обитателей Коми края, оказался, к счастью, не слишком продолжительным. Мало-помалу положение стало меняться к лучшему. Во второй половине XVII в., после того как прошел пик малого ледникового периода, климат постепенно становился более устойчивым, мягким, удобным для ведения сельского хозяйства. Правда, еще случались сильные неурожаи, приводившие к голоду, гибели или бег-

ству жителей из некоторых районов, но смертность уменьшилась, сократился отток населения за пределы края. Местное население в изменившихся условиях стало активнее осваивать близлежащие слабозаселенные районы (Верхнюю Вычегоду, Летку), началось заселение Верхней Печоры. Численность жителей в целом постепенно увеличилась. В конце 70-х годов XVII в. в Коми крае насчитывалось 18—20 тыс. коми и 1.5—2 тыс. русских. XVIII век благодаря дальнейшему улучшению климата принес относительно стабильность демографическому развитию региона. Быстро обживалась северная часть края — берега Нижней и Средней Печоры и Ижмы. Численность жителей Коми края возросла с 38—39 тыс. коми и 2.5 тыс. русских в 1725 г. до 51.5—52 тыс. коми и 3.5—4 тыс. русских в 1782 г.

В первой половине XIX в. климат стал ощутимо теплее, малый ледниковый период окончательно остался позади. К тому же, по мере социально-экономического развития региона, уменьшалась зависимость местных жителей от естественных условий. Если в период доминирования у коми охотничье-рыболовного хозяйства демографические процессы регулировались в сущности самими природными условиями (наличием достаточного количества дичи в окрестных лесах, рыбы в реках и т.п.), то с появлением земледелия и животноводства население края утратило абсолютную зависимость от природных условий и стало по мере сил преобразовывать их, разводя различные породы скота, выращивая разнообразные сельскохозяйственные культуры, выжигая леса под пашню. Разумеется, естественные условия (климат, почвы, наличие удобных земельных угодий и т.п.) продолжали играть огромную и даже решаю-

⁸ См.: Жеребцов Л.Н. Указ. соч.; Жеребцов И.Л. На кочах вокруг Чукотки // Арт. 1998. № 3.

шую роль в хозяйстве и тем самым — в демографических процессах. Однако развитие сельского хозяйства, улучшение агротехники, появление более совершенных орудий труда и т.д., что давало возможность получать большое количество продуктов питания в тех же природно-климатических условиях, постоянно снижало влияние последних на демографические процессы. Развитие медицины в Коми крае также оказало благотворное воздействие на состояние населения. К началу XX в. экзогенные причины смертности (в частности, от голода и эпидемий) постепенно стали уступать эндогенным. Численность населения края стала увеличиваться быстрее и к 1858—1860 гг. возросла примерно до 97—100 тыс. коми и 10—13 тыс. русских. В 1897 г. в крае (в современных границах Республики Коми) насчитывалось около 142 тыс. коми и 14—16 тыс. русских. Более теплый период способствовал дальнейшему усилению миграционной активности ижемских коми во второй половине XIX — начале XX в., переселениям их в крайние северо-восточные районы (бассейн Усы и Колвы), в Нижнее Приобье и на Кольский п-ов.

Несмотря на прирост населения, территория края оставалась слабоосвоенной. Темпы увеличения численности жителей сдерживала неразвитость экономики. Некоторые российские и местные предприниматели разработали ряд предложений по экономическому развитию Севера, но не были поддержаны государством. Один из них, М.К.Сидоров, получил на представленные правительству проекты такой ответ: «Так как на Севере постоянно льды и хлебопашество невозможно, и никакие другие промыслы немыслимы, то... необходимо народ удалить с Севера во внутрен-

ние страны государства, а выхлопчете наоборот... Такие идеи могут проводить только помешанные»⁹.

В течение более трех столетий, вплоть до 1920-х годов, значительного притока русских переселенцев на территорию Коми края не было. Правда, в начале XX в. российское правительство разрабатывало план переселения туда большого числа русских крестьян из центральных губерний и даже латышей. В 1901—1902 и 1907—1909 гг. несколько специальных экспедиций обследовали верхние участки Лузы, Летки, Вычегды, Печорский уезд, бассейн Вишеры (в районе Вишеры предполагалось расселить безземельных крестьян, чтобы иметь рабочую силу для нефтяной промышленности, которую планировалось развивать на Ухте). В конечном итоге подобные переселения были признаны невозможными, поскольку даже местные крестьяне не имели в своем владении достаточного количества удобной для ведения сельского хозяйства земли.

В 1917—1918 гг. в крае проживали около 190 тыс. коми и примерно 20 тыс. русских. В 1921 г. была образована Коми автономная область; в 1929-м в ней насчитывалось 234,7 тыс. жителей, около 10% которых составляли русские. На рубеже 20—30-х годов положение резко изменилось. Наступил новый этап историко-демографического развития коми народа. Примерно до начала 50-х годов определяющее значение в демографических процессах играли политические факторы, а влияние естественных условий по сравнению с предыдущим временем заметно ослабло. В этот период прекратилось расширение этнической территории коми и переселение их в Си-

бирь и другие регионы — пространственное перемещение народа было практически полностью поставлено под контроль государства и жестко регулировалось органами власти; сократилась территория, занятая коми, перестали существовать «неперспективные» населенные пункты и хутора; изменилась система расселения, появились новые города и поселки, численность жителей городов стала намного больше (в 1993 г. горожане составляли 933,7 тыс. чел., а сельские жители — 312 тыс. чел.). Но самыми главными отличительными чертами этого этапа стали: сокращение доли коми в населении региона вследствие массового притока мигрантов иных национальностей, главным образом русских; превышение механического прироста населения над естественным, причем большинство миграций носило принудительный характер (перемещение заключенных, ссыльных, спецпоселенцев, депортированных). Начало этому было положено в 1929 г., когда первая группа заключенных прибыла на р.Ухту, в те места, где когда-то существовал первый в России нефтяной завод Ф.С.Прядунова. Любопытно, что решение об организации спецлагеря на Ухте было принято еще в 1921 г., в год образования Коми автономной области и — по иронии судьбы — ровно через 200 лет после того, как рудоискатель Г.Черепанов сообщил об открытии им ухтинских «нефтяных ключей». Инициаторами создания лагеря выступили местные руководители; но именно они оказались первыми кандидатами в заключенные к моменту практического воплощения этой идеи. Осенью 36-го в Ухтпечлаге находилось¹⁰ до 100 тыс. чел.

⁹ Королев В. Н. Россия беспокойный гражданин. Сыктывкар, 1987.

¹⁰ Морозов Н. А. ГУЛАГ в Коми крае: взгляд историка // Печальная пристань. Сыктывкар, 1991. С.7—8.

Примечательно, что семь из девяти городов, возникших в Коми в XX в., начинались как лагеря. В 30—40-е годы в Коми АССР (образованную в 1936 г.) прислали несколько десятков тысяч спецпереселенцев, раскулаченных, депортированных.

В 50-е годы влияние политических факторов на демографическое развитие региона уменьшилось, а роль социально-экономических факторов, наоборот, возросла; принудительные миграции уступили первенство (по количеству переселенцев) добровольным — для работы на промышленных предприятиях, однако механический прирост по-прежнему доминировал над естественным. При планировании социально-экономического и демографического развития европейского Северо-Востока как в довоенный период, так и в 50—80-е годы не учитывались в надлежащей мере естественные условия региона (особенно его северных районов); нередко большую роль в составлении и осуществлении этих планов играли чисто политические причины.

В послевоенный период в Коми АССР прибыли сотни тысяч рабочих для лесной, угольной и нефтегазовой промышленности. В первой половине 50-х годов, когда приток переселенцев был наибольшим, механический прирост вдвое превысил естественный¹¹. Это дало основание исследователю В.В. Фаузеру заключить, что «в послевоенные

годы... динамика численности населения определялась темпами развития производительных сил и менее всего естественным ходом демографических событий»¹². В результате в 1959 г. русские составляли 48.4%, коми — 30.4% населения республики, в 89-м — соответственно 57.7% и 23.3%. В то же время абсолютная численность коми в республике увеличивается: 245 тыс. чел. — в 1959 г., 281 тыс. чел. — в 1979 г., 291.5 тыс. чел. — в 1989 г.

К счастью, Республика Коми избежала конфликтов на национальной почве (во многом — благодаря взвешенной политике местного руководства), и сегодня на ее просторах бок о бок спокойно живут коми, русские, украинцы, татары... Но республику, ее жителей подстерегает иная опасность. Каждому понятно, что жизнь на Севере трудна и, главное, недешева. Промышленность и образование, культура и сельское хозяйство — все это требует огромных средств. Стоит забыть об этом, беспрерывно выкачивать из республики ее богатства, не занимаясь в достаточной мере поддержкой тех, кто их добывает или производит, и ситуация в регионе сразу же может измениться.

Так случилось в конце 80 — начале 90-х годов, когда вследствие нараставшего в стране социально-экономического кризиса наметились перемены в демографическом развитии Республики Коми. С 1987 г. отток населения из нее стал превышать приток мигрантов. В 1990—1992 гг. из

городов и поселков, расположенных в угледобывающих, нефтегазодобывающих и некоторых лесодобывающих районах, уехали 35 тыс. чел., среди которых преобладали русские и представители других, некоми, национальностей. В последние годы замедлился естественный прирост населения, а в 92-м в регионе произошла его убыль. В 1990—1992 гг. отток превысил естественный прирост в 2.2 раза. За эти годы общая численность населения Республики Коми уменьшилась с 1264.7 тыс. до 1245.7 тыс. чел., а к 1 января 1995 г. сократилась до 1206.1 тыс. чел.

Исследователи полагают, что возможно углубление негативных тенденций в демографическом развитии республики. Многое зависит от позиции российского руководства: примет ли оно (наряду с выполнением программы частичного переселения северян в южные районы республики и центр России) действенные меры по защите интересов многонационального населения Республики Коми, успешно разрабатывающего природные богатства Севера в тяжелейших условиях, или же станет на точку зрения упоминавшегося выше чиновника, столетием раньше полагавшего, будто «необходимо народ удалить» из северных районов государства, ибо идеи о развитии тамошней экономики «могут проводить только помешанные»...

Работа была выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 99-06-80418. ■

¹¹ Рогачев М. Б. Этническая характеристика территории Коми АССР, 60—70-е гг. XX в. // Археол.-этнограф. аспекты изуч. Северного Приуралья. Сыктывкар, 1984. С. 7.

¹² Фаузер В. В. Проблемы формирования населения Республики Коми. М., 1993. С. 19.

Каллисто: новый взгляд

20 лет назад межпланетная автоматическая станция «Вояджер» впервые сблизилась с четырьмя крупнейшими спутниками Юпитера, передав на Землю данные о значительной геологической активности на этих небесных телах. Было установлено, что три из них (наиболее удаленные от Юпитера) покрыты толстым слоем льда водного происхождения и состоят из силикатных пород, что, видимо, отражает условия, существовавшие в протоюпитерианской туманности в период формирования этих спутников.

Новая эпоха познания юпитерианской системы началась с запуском намного более совершенного аппарата «Галилео». Рассчитанный на четыре года эксперимент, включавший облеты вокруг Юпитера и его спутников, завершился с окончанием 1999 г., и теперь можно подвести его итоги.

«Галилео» совершил 20 облетов планеты, причем достаточно много времени находился около того или иного галилеева спутника. Сближение всего до 200 км позволило получить их изображения с разрешением в 100 раз лучшим, чем у снимков, сделанных «Вояджером».

Радарные обследования спутников выявили их вращательные характеристики, магнитные измерения позволили определить магнитные поля. Кроме того, были измерены параметры плазмы в окружении «лун» и получены спектры излучения, отраженного от их поверхностей, в широком (от УФ до далекого ИК-) диапазоне. Эта информация активно пополнялась и сопоставлялась с полученной наземными средствами наблюдения и приборами Космического телескопа им.Хаббла, работающего на околоземной орбите.

Еще большему успеху миссии «Галилео» помешала вышедшая из строя главная антенна его передатчика.

Одним из интереснейших объектов исследования был спутник Каллисто — самый удаленный от Юпитера (на 1 млн 800 тыс. км). В отличие от Ио, Европы и Ганимеда, он почти сплошь усеян кратерами, по-видимому, от ударов с небесными телами; собственного вулканизма или тектонической активности там, похоже, нет. Очень важно было сравнить Каллисто с соседним Ганимедом, на поверхности которого видны следы весьма значительных тектонических подвижек.

Среди специалистов идут споры о строении Каллисто: состоит ли масса этого спутника из однородной смеси камня и льда, так и не изменившейся со времени его образования, или она стратифицирована на поверхностную ледяную мантию, лежащие под ней силикатные породы и гипотетическое железное ядро. Теперь, когда достаточно точно определена средняя плотность вещества Каллисто (1.839 г/см³), можно полагать, что массы льда и камня приблизительно равны. Поскольку кратеры на Каллисто имеют, в отличие от земных, значительно более плоское дно, следует думать, что верхние 10 км в теле спутника сложены преимущественно льдом (лед быстро затягивает раны, нанесенные кометами и астероидами). Значит, какая-то дифференциация пород на Каллисто есть.

В трехслойной модели Каллисто, построенной по результатам исследований, массу спутника от его центра до половины радиуса составляет силикатное ядро, затем идет слой перемешанных со льдом камней (средняя плотность

1.7—2.4 г/см³); и наконец — внешний слой толщиной около 500 км, в котором плотность падает от 1.1 до 0.9 г/см³. Впрочем, в проблеме дифференциации вещества еще остается много неясного.

По данным «Галилео», после трехкратного облета им Каллисто установлено, что магнитное поле у спутника несомненно есть. Кроме того, можно считать, что у Каллисто существует внутренний электропроводный слой, способствующий проявлению собственного магнетизма. Однако электропроводность льда для этого слишком мала, а гипотетическое металлическое ядро запряжено слишком глубоко. Должной проводимостью мог бы обладать внутренний океан глубиной 10 км, при условии, что его воды не менее солены, чем в земных океанах. Впрочем, если он действительно существует, придется изменить представление о вязкости льдов на Каллисто или же предположить, что в океане растворен некий антифриз. Лучшим кандидатом в последнем случае был бы аммиак, снижающий температуру замерзания воды примерно на 100 К.

Спектрографические данные подтверждают: поверхность Каллисто примерно наполовину состоит из льда, а чем сложены существующие участки с низкой отражающей способностью, сказать с уверенностью трудно. Некоторые ученые предполагали, что это твердый диоксид углерода. Но при температуре 165 К, характерной для низких широт Каллисто, он должен в тамошний полдень быстро сублимироваться. Есть свидетельства присутствия на Каллисто и таких веществ, как CO, SO₂, H₂CO.

По всей видимости, у Каллисто есть атмосфера, хотя и очень разреженная. Она состоит из CO₂, вероятно, поступающего в результате преобразования органики, приносимой метеоритами; давление такой атмосферы на поверхность — лишь 10⁻⁶ Па.

Неясно, почему малых кратеров (диаметром <4 км) на Каллисто заметно меньше, чем на Ганимеде, а больших (диаметром >10

км) — намного больше. До сих пор считалось, что такого различия между соседними спутниками быть не должно. Возможно, какие-то геологические процессы стирают на Каллисто следы столкновения с малыми небесными телами.

Изучение данных, поступивших от «Галилео», еще далеко от завершения.

Science. 1999. V. 286. № 5437. P. 77 (США).

Космические исследования

«Lunar Prospector» прекратил свое существование

Одной из основных задач автоматической межпланетной станции «Lunar Prospector» (АМС «Лунный разведчик»), запущенной НАСА США в январе 1998 г., был поиск ответа на вопрос, есть ли на Луне вода в количестве, достаточном для ее промышленной разработки. С помощью этого космического аппарата были обнаружены у полюсов Луны значительные объемы водорода, что позволяло предполагать и присутствие там замерзшей воды¹. Однако полной уверенности в этом не было.

Возникла идея направить «Lunar Prospector» в один из околополюсных кратеров и попытаться обнаружить признаки воды в выбросе вещества при ударе аппарата о лунную поверхность.

В качестве мишени был избран один из кратеров в южной полярной области Луны, постоянно находящийся в тени. Специалисты предполагали, что аппарат весом 161 кг, обрушившись на дно кратера со скоростью около 1 км/с под небольшим углом, выбросит в окололунное пространство до 20 кг водяного пара, который можно будет заметить с Земли. 31 июля 1999 г. автоматика межпланетной станции в последний раз запустила двигатели, и аппарат рухнул на поверхность Луны. В этот момент на соответствующую

¹ См.: Бережной А. А. Вода на Луне есть // Природа. 1998. №1. С. 35–38.

щий край лунного диска были направлены крупнейшие астрономические инструменты (в том числе Космический телескоп им. Хаббла и 10-метровый наземный Оптический телескоп им. Кека), а также многочисленные телескопы астрономов-любителей, которых специалисты НАСА призвали к сотрудничеству.

К сожалению, все усилия оказались напрасными: ни профессиональные, ни любительские инструменты не зафиксировали следов падения. Строго говоря, о том, что оно действительно состоялось, известно лишь потому, что с АМС перестали поступать радиосигналы. Впрочем, трудно было рассчитывать, что удастся с большой точностью навести аппарат на цель, невидимую с Земли. К тому же он мог попасть в кратер, но промахнуть мимо скопления замерзшей воды.

Неудавшийся финал отнюдь не умаляет значимости всей миссии: за полтора года на окололунной орбите «Lunar Prospector» собрал и передал на Землю столько информации о гравитационных, магнитных и химических свойствах нашего естественного спутника, что ее обработка займет несколько лет.

Astronomy and Geophysics. 1999. V.40. №4. P. 33 (Великобритания).

Химия атмосферы

Поступление метана в атмосферу замедлилось

В последние два столетия концентрация метана в земной атмосфере почти неуклонно увеличивалась: в конце XVIII в. она составляла лишь 700 частей на 1 млрд, а ныне превышает 1700.

Процесс продолжается, но темпы его существенно снизились по сравнению с периодом между 1960 и 1980 гг. К такому заключению пришел специалист по химии атмосферы Д. Этеридж (D. Etheridge), который сопоставил результаты прямых измерений концентрации метана в воздушном пространстве на метеостанции Кейп-Грим (австралий-

ский штат Тасмания) с данными анализа газовых включений в буровых колонках льда, взятых в Антарктиде и охватывающих последнюю тысячу лет.

Известно, что до начала Промышленной революции, 200 лет назад, уровень метана в атмосфере был довольно стабильным. Но затем — с расширяющимся использованием ископаемого топлива, выращиванием риса, разведением жвачных животных, увеличением количества свалок и органических отходов на них, сжиганием этой биомассы — объем метана, поступающего в воздушное пространство, начал бурно расти. Почему этот процесс сегодня стал замедляться, еще не установлено. Возможно, причина в том, что за последние два десятилетия нефтепродукты и газ используются в промышленности, энергетике и на транспорте более эффективно, а выбросы сократились.

По общему мнению специалистов, некоторое снижение концентрации метана в атмосфере не должно вызывать самоуспокоенности. Пока не выяснится динамика всех известных источников метана (как природных, так и антропогенных) и не определятся причины колебаний, вызванные естественными факторами и деятельностью человека, до тех пор сохраняется угроза глобального потепления, в котором существенная роль принадлежит этому парниковому газу.

Atmosphere. 1999. №1. P.9 (Австралия).

Биология. Организация науки

50 лет Школьной биологической олимпиаде МГУ

Весной 2000 г. на биофаке Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова состоялась 50-я Школьная биологическая олимпиада (ШБО МГУ). Это старейшая предметная олимпиада в нашей стране. За полвека (с 1951 г.) через нее прошли тысячи и тысячи школьников, и многих она укрепила

в выборе пути, помогла стать биологами. У ее истоков стояли такие известные зоологи, как В.Е.Флинт, К.Н.Благосклонов, Л.А.Зенкевич.

Олимпиада начиналась как соревнование юннатских биологических кружков, что определило сугубо натуралистическую направленность первых ее лет: ребята демонстрировали свое знание птиц и зверей, умение изготовить скворечник, писали сочинения на тему «Что я увидел, сидя на пенке». Помимо прочего, такая направленность помогала избежать слишком тесного общения с всесильной тогда «мичуринской наукой».

С возникновением и становлением таких важнейших направлений, как молекулярная биология, биохимия, биофизика, менялся и облик олимпиады. Решительная перемена произошла в 70-х годах. Она была связана с именами людей, когда-то участвовавших в первых олимпиадах и постепенно перешедших к их организации: это С.Э.Шноль, Г.М.Длусский, М.В.Мина, В.И.Лапин, М.Б.Беркенблит. В те годы начал формироваться и студенческий оргкомитет олимпиады; в разные годы им руководили Н.Чаянов, Е.Заикин, А.Мушеган.

Сейчас в вариантах для каждого класса содержатся вопросы разной степени сложности из самых разных биологических дисциплин (не только тех, что ребята проходят в текущем году, но и всех предыдущих лет, так что биохимия и генетика не вытесняют полностью, скажем, зоологию). Вопросы, допуская широкую гамму ответов (не простое «да» — «нет»), должны выявлять не зазубренные сведения, а умение думать, предлагать и отвергать гипотезы,

разрабатывать схемы экспериментов¹.

Не забыты и натуралистические корни олимпиады: работа с зоологическими и ботаническими коллекциями остается неизменным условием прохождения школьником II (практического) тура (наряду с обязательным посещением кабинетов общебиологического профиля); соответствующие знания проверяют и у провавшихся на финальный, III тур «умников» и «умниц».

Олимпиада давно вышла за пределы Москвы. Вначале была практика приглашения на II тур иногородних делегаций; в 80-е годы возник Выездной турнир, когда уезжающие на каникулы студенты биофака снабжались параллельными вариантами и проводили в родных местах подобие I тура «большой» олимпиады (победители Выездного турнира тоже приглашались в Москву на II тур). В 2000 г. жюри олимпиады провело и I тур одновременно в пяти городах — результаты эксперимента признаны обнадеживающими.

Биологическая олимпиада МГУ существует не в вакууме: долгие годы плодотворного сотрудничества связывали ее организаторов с Заочной биологической школой при МГУ; она тесно взаимодействует со специализированными биоклассами (что помогает в поиске ребят, которых стоит приглашать на собеседование); идея проведения летних экологических школ тоже дала прекрасные результаты.

Туры олимпиады давно стали источником полезнейшей информации о «школьно-биологической» жизни Москвы. Но, пожалуй, не менее важно, что олимпиада предоставляет школьникам возможность общаться с людьми, захваченными теми же интересами, позволяет убедиться, что ты не одинок со своими, порой кажущимися одноклассникам странными, увлечениями.

С. Г. М. Виноградов,

кандидат биологических наук,
член жюри олимпиады
Москва

Передача информации по растению

Как известно, раздражение одной части растения вызывает изменение функциональной активности в других его частях. Механизм передачи сигналов, обуславливающих такой эффект, неясен.

Г.Р.Кудояров из Института биологии Уральского научного центра РАН в содружестве с исследователями Башкирского государственного университета и Института физиологии растений им.К.А.Тимирязева изучили реакцию надземных органов пшеницы на резкое охлаждение корней.

Ученые проанализировали скорость роста растения с помощью индуктивного датчика перемещений, позволяющего фиксировать очень малое удлинение листа при его росте. Уже через 15 мин после охлаждения до 4°C питательного раствора, в который были погружены корни растения, наблюдалось замедление роста его надземной части. Содержание в корнях цитокининов (зеатина, рибозида, риботида) в течение этого периода снизилось более чем в три раза, хотя сначала на короткое время повышалось. Некоторый рост концентрации этих веществ сразу после охлаждения легко объясняется уменьшением скорости выделения из корней пасоки — жидкости, вытекающей из сосудов растения под влиянием корневого давления. В надземных органах пшеницы концентрация цитокининов в течение этих 15 мин снижалась в четыре раза, тогда как в контрольных образцах колебания не превышали 20%.

Исследователи считают, что наблюдаемая крайне быстрая, в масштабе растения, передача сигнала от корней к листьям обеспечивается именно цитокининами — фитогормонами, регулирующими рост и деление клеток. Различия в изменениях содержания цитокининов в корнях и надземных частях указывают на возможность распространения еще одного сигнала, который должен запус-

¹ Большая подборка вопросов ШБО МГУ (частично разобранных) опубликована: Биология в вопросах и ответах. М., 1993; методологию составления и проверки таких вопросов можно найти в работе: Виноградов Г. М., Голубева М. В., Шипунов А. Б. Принципы составления и проверки вопросов для письменных турниров по биологии (опыт 1-го тура ШБО МГУ). Ломоносовские чтения-98: Тезисы докладов. Ч.1. М., 1998. С. 55—57.

кать разложение цитокининов в листьях. Предполагается, что при охлаждении корня изменяются потенциалы клеточных мембран и по растению распространяются электрические импульсы.

ДАН. 1999. Т. 365. № 2. С. 260–262 (Россия).

Медицина

Право видеть

Человек имеет право видеть окружающий мир — таков лейтмотив международного проекта под названием «Зрение-2020». Цель проекта — к 2020 г. победить слепоту (те ее формы, которые можно вылечить или предотвратить). Проект охватывает 18 стран франкоязычной Африки, среди населения которых более 2 млн слепых (из них около 100 тыс. — дети до 15 лет) и 6 млн людей с нарушениями зрения. Особенность стран Африки, как и других развивающихся стран, — невысокий социально-экономический уровень жизни, не позволяющий своевременно диагностировать заболевания глаз, готовить высококвалифицированных врачей-офтальмологов, применять современное медицинское оборудование и все необходимые лекарства.

Сегодня во всем мире страдают нарушениями зрения 180 млн человек, из них полностью слепых около 40–45 млн. Жизнь таких людей трудна, а для страны — это серьезная социально-экономическая проблема.

Каковы же причины слепоты? По данным Всемирной организации здравоохранения, в половине случаев слепота вызвана катарактой. Ею страдают главным образом люди пожилого возраста, но исход болезни во многом зависит от возможностей медицины. Если в развитых странах поддаются операции 80% случаев катаракты, то в развивающихся — всего 20%. Другие причины — глаукома, трахома, диабет, травмы сетчатки и т.д.

Медики утверждают, что из всего множества случаев слепоты 80% можно предотвратить или вылечить. Именно на это направле-

ны усилия участников проекта «Зрение-2020» — глобальной инициативы правительственных и неправительственных организаций. В задачи проекта входит наблюдение и своевременное выявление глазных болезней, обучение врачей-офтальмологов, внедрение современных медицинских технологий и распространение лекарств.

«Право видеть — это важнейшее право человека, — утверждает К.Гармс, один из руководителей проекта, — тем не менее его лишены примерно 45 миллионов людей в мире. Победить слепоту к 2020 г. — высокая цель для нас».

Press Release World Health Organization. 25 February 2000 (Швейцария).

Экология

Мертвая зона в Мексиканском заливе

Еще в 1974 г. гидрологи во главе с Ю.Тёрнером (E.Turner) обнаружили на севере Мексиканского залива в придонном слое зону, настолько обедненную растворенным в воде кислородом, что жизнь там почти невозможна. С тех пор эта мертвая зона год от года разрасталась (особенно — в 90-х годах) и к настоящему времени протянулась более чем на 400 км вдоль побережья штата Луизиана от границы с Техасом до устья р.Миссисипи. Лишь в середине зоны наблюдается небольшой участок с нормальным содержанием кислорода, в остальных же придонных водах его не более 2.2 мг/л. В летнее время при значительном потеплении общая площадь мексиканской мертвой зоны достигает 20 тыс. км² (третье место в мире после подобных зон Черного и Балтийского морей).

Области массового замора организмов возникают в случаях бурного размножения бактерий, которые питаются водорослями и потребляют при этом много кислорода; в свою очередь бурное развитие водорослей вызвано обильным поступлением в воду питательных веществ. В Мексиканский залив р.Миссисипи выно-

сит огромное количество азота: площадь ее водосбора — территории 31 штата США, и во многих из них очень высоко развито сельское хозяйство. Смываемые с полей химические удобрения в конце концов поступают в Мексиканский залив, приводя к усиленному росту водорослей. Поверх лишенных кислорода вод залива более легкие пресные речные воды образуют четко различимый слой, который не позволяет атмосферному кислороду обогащать придонные глубины.

С 1985 г. ученые, в том числе жена Тёрнера, морской биолог Н.Рабле (N.Rabalais), ежегодно составляют летние карты гипоксидной зоны и следят за ее эволюцией. В 1993 г. они стали свидетелями «эксперимента», поставленного самой природой: в то время весь Средний Запад подвергся наводнению. Воды, насыщенные нитратами с полей, хлынули в Мексиканский залив, и в то лето мертвая зона удвоила свои размеры. Напротив, в 1988 г. на Среднем Западе была жестокая засуха, и гипоксидная зона почти исчезла. Всякие сомнения, что доминирующим фактором в ее существовании служит сток Миссисипи, опали. Подтвердил это и анализ поднятых со дна залива колонок осадочных пород с остатками водной растительности и одноклеточных организмов.

Влияют, однако, и другие факторы. Так, домашний скот в США производит 1.37 млрд т навоза. Значительная его часть тоже попадает в море. Проблему усугубляет поступление в моря, которые омывают юг США, недостаточно очищенных бытовых и промышленных стоков, а также загрязняющих атмосферу веществ, которые выпадают осадками.

Методы борьбы с загрязнением великой реки до сих пор не разработаны. Существует идея предложить фермерам, чьи земли непосредственно примыкают к берегам Миссисипи, не использовать их в хозяйственных целях, получая от государства соответствующую компенсацию за сокращение засеваемых площадей. Та-

ким образом может быть создан «буфер», позволяющий снизить сброс удобрений и навоза в реку.

Изучению мертвой зоны Мексиканского залива придается в США большое значение. В частности, престижная экологическая Бласкеровская премия за исследование природной среды (денежная ее часть составляет 250 тыс. долл. США) присуждена в 1999 г. супружеской паре Ю.Тёрнеру и Н.Рабле.

Science. 1999. V. 285. № 5457. P. 661 (США).

Геофизика

Роль суперплюмов в глобальной тектонике

Гигантские по мощи геологические процессы — горообразование, землетрясения, возникновение глубоководных впадин и т.д. — имеют своим первоисточником движение плит земной коры. Погружаясь в зонах субдукции, литосферные плиты разогревают мантию. В зонах срединно-океанических хребтов образуется новая океаническая кора, которая, остывая, впоследствии снова погружается в мантию и рассеивает тепловую энергию, идущую на перемещение плит. Однако энергетический баланс этих процессов не вполне сходил, и геофизики подозревали, что существуют какие-то иные пути охлаждения недр Земли. Расчеты показывали, что на глубине почти 2900 км, на границе мантии с зем-



Схема расположения суперплюмов.

ным ядром, тепловая энергия расплавленного ядра способна создавать мощные восходящие потоки горячего материала, которые медленно достигают поверхности, проявляя себя в виде вулканов. Такие сравнительно узкие столбообразные потоки — плюмы — обнаружены под Исландией и Гавайскими о-вами¹. Однако даже их существование не решает проблемы энергетического дисбаланса планеты.

Американские сейсмологи Дж.Ритсема и Х. ван Хейст (J.Ritsema, H. van Heijst) предлагают свою гипотезу. Проанализированные ими геофизические данные подтверждают, что глубоко в недрах под Южной Африкой находится суперплюм (диаметр у его основания несколько тысяч километров). Его существование предполагалось и ранее, но теперь впервые появились надежные признаки того, что этот гигантский столб разогретого материала пронизывает все внутреннее пространство Земли от ядра до поверхности в северо-восточной части Африки. По всей видимости, этот же суперплюм приводит к подъему коры на значительной части африканского континента и «подкармливает» десятки вулканических горячих точек в различных его концах.

По мнению геофизика А.Форте (A.Forte), аналогичный суперплюм находится и под юго-западной частью Тихого океана. Согласно его расчетам, эти два горячих «столба», вместе взятые, представляют собой главную движущую силу перемещения до 80% мантийных масс.

Подозрение о существовании суперплюмов под южной оконечностью Африки и под Французской Полинезией возникло у сейсмологов еще в 80-е годы. Их поразили необычно малые скорости прохождения сейсмических волн, но изображения подобных структур были слишком «смазанными», чтобы делать уверенные выводы. Это стало возможным

лишь с усовершенствованием аппаратуры и накоплением новых сейсмических данных².

Сейсмолог Э.Найблейд (A.Nyblade) и геофизик С.Робинсон (S.Robinson) указывают, что большая часть Южной Африки и окружающего ее морского дна лежит примерно на 500 м выше, чем было бы в случае отсутствия суперплюма.

Рассматривая проблему в глобальном масштабе, геофизик Б.Хейгер (B.Nager) подчеркивает, что Африканский суперплюм служит своего рода частью гигантской «тепловой машины», которая формирует поверхность планеты.

Science. 1999. V. 284. №5417. P. 1095; 1999. V. 285. № 6425. P. 187–188 (США).

Геология. Палеоклиматология

Газогадраты и конец ледникового периода

С 70-х годов известно, что в донных осадках океана сохраняются огромные количества метана в виде гидратов. Напомним, что газогадраты — замороженная смесь метана с водой. Попадание молекул метана в «ловушку» из молекул воды и смерзание их в твердое вещество возможны только при относительно высоком давлении и низких температурах. Газогадраты сохраняются на глубинах более 500 м, занимая поры в осадочных породах континентального склона, а также на подводных поднятиях, куда газ поступает через разломы и трещины в земной коре. Источник метана в основном биологический — газ выделяет разлагающаяся органика, которая содержится в осадочных породах.

Эксперименты показывают, что в своем первоначальном виде метангидрат отличается высокой механической прочностью: при температуре 260 К в 10 раз превышает прочность обычного льда. Но, поднимаясь к поверхности, где давление уменьшается, газогадрат ста-

¹ См. также: О чем говорит гавайский плюм // Природа. 2000. №6. С. 76–77.

² См. также: Африканский материк раскаляется // Природа. 2000. №3. С. 84–86.

новится нестабильным и начинает распадаться — из твердого тела превращается в смесь рыхлых осадочных пород, воды и газа. Такой распад может служить причиной мощных подводных оползней. При значительных выбросах газа, поступающего как в воду, так и в атмосферу, усиливается парниковый эффект.

Не исключено, что за грандиозную перемену в природной среде, которая произошла около 18 тыс. лет назад, ответственно разложение газогидратов. В разгар оледенения значительная часть морских вод ушла на образование ледников; уровень Мирового океана упал примерно на 120 м. Гидростатическое давление резко понизилось, и огромные массы метана высвободились на поверхность. За этим в глобальных масштабах последовало «парниковое» потепление, вызвавшее отступление ледников.

О таком развитии событий свидетельствует, в частности, лед, извлеченный при бурении на ледниках Гренландии и Антарктиды. Его анализ говорит о том, что повышение температуры и рост концентрации метана и диоксида углерода в атмосфере шли в ту эпоху параллельно друг другу. К сожалению, точность таких определений недостаточна для установления последовательности событий: что возникло раньше — повышение температуры, вызвавшее разложение газогидратов, или наоборот? Science. 1999. V. 285. № 5427. P. 543(США).

Океанология

Химический бюджет океана

В гипотезах, объясняющих химический состав морской воды, важная роль отводилась черным курильщикам. Однако исследования, проведенные океанологами-геохимиками С. де Вильер и Б.К.Нелсоном (S.de Villiers, B.K.Nelson), показали, что на этот состав значительно большее влияние оказывают не разогретые, а холодные глубинные источники.

По существующим представле-

ниям, преобладающие в океане химические элементы поступают туда главным образом вместе с речными водами, а также из высокотемпературных гидротермальных излияний в центрах спрединга, в пределах срединно-океанических хребтов. Изъятие же этих элементов идет путем осаждения из морской воды на дно и утечки в ходе испарения.

По оценкам, глобальное поступление в Мировой океан натрия превышает его убывание примерно в 4 раза, магния и сульфатов — в 2—10 раз, а калия — в 20. Контрастирует с этим динамика содержания в морской воде кальция: его поступление вдвое меньше, чем вынос.

Геохимики тщательно измерили химический состав струй, выбрасываемых теплыми и холодными источниками, которые расположены в радиусе нескольких километров от ближайших к ним черных курильщиков. Работы велись в трех точках юго-западной части Восточно-Тихоокеанского поднятия (вблизи стыка Тихоокеанской плиты с плитой Наска). Этот район был выбран потому, что большая скорость спрединга позволяла ожидать здесь значительных химических аномалий, соответствующих гипотезе «гидротермального диктата» состава воды. Крайние точки работ отстояли на 300 км; глубина океана составляла от 2500 до 3200 м; пробы воды брались почти по всей глубине — от поверхности до дна.

В западной части хребта был обнаружен столб воды, в котором магния содержится на 1% меньше, чем в окружающей среде, а кальция — больше, чего и следовало ожидать при сильном гидротермальном воздействии. Содержание здесь изотопа ^3He оказалось тоже очень малым. Авторы пришли к выводу, что приток магния из холодных вод в 3—10 раз больше, чем из разогретых. На расстояниях 2—10 км от центральной оси хребта в разогретых породах происходит значительно больше химических процессов: геохимики К.Беккер и Э.Фишер (K.Becker, A.Fisher) установили, что со скло-

нов подводного хребта выделяется примерно в 10 раз больше флюидов, чем на гребне. Хотя эти обильные высачивания и взаимодействуют с породами коры при более низких температурах (всего от 20 до 200°C против с 350°, характерных для черных курильщиков), все же при этом откладывается немалое количество химических веществ, влияя тем самым на состав морской воды. Эта работа независимо свидетельствует в пользу описанной гипотезы.

В ее поддержку высказался также океанограф М.Моттл (M.Mottl). Его коллега Дж.Эдмонд (J.Edmond) проявил большую осторожность, указав на сложность точного определения концентрации в воде магния с помощью масс-спектрометрии. Дискуссия продолжается.

Science. 1999. V. 285. № 5428. P. 657, 721 (США).

Сейсмология. Организация науки

Эффективность сейсмосети в Кыргызстане под угрозой

27 января 1999 г. в районе оз. Лобнор (провинция Синьцзян, крайний северо-запад КНР) произошел сильный подземный толчок. Десять сейсмических приборов, расположенных на территории соседнего Кыргызстана, зарегистрировали это событие и передали сведения о нем на один из российских искусственных спутников. Через считанные секунды данные по сети Интернет поступили в лаборатории многих стран мира.

Обработка информации показала, что это не нарушение международного договора о запрещении ядерных испытаний и не результат столкновения планеты с метеором, а естественное явление — землетрясение магнитудой 3.9 по шкале Рихтера. Однако сейчас работа сейсмических станций Кыргызстана находится под угрозой в связи с материальными трудностями. Средства, выделяв-

шиеся правительством США на поддержку сейсмической сети республики, исчерпались, а своих у нее нет...

Рядом с Бишкеком находится Международный центр геофизических исследований, основная задача которого — изучение движений земной коры в пределах горной системы Тянь-Шань. Установлено, что деформация коры происходит здесь с беспрецедентной скоростью — сжатие достигает 200 мм/год. Специалисты считают, что это следствие перемещения Индостана на север, которое приводит к образованию складок и усилению процесса горообразования.

Появляются свидетельства, что возраст Тянь-Шаня всего около 2.5 млн лет, это подтверждает гипотезу, согласно которой Тибетское плато, участвующее в орогенезе, поднялось всего за 5—10 млн лет на 2.5 км. Климатологи полагают, что именно возникновение такой горной системы существенно изменило характер глобальной циркуляции атмосферы, возможно, приведя к усилению муссонов.

Кыргызстан, как и большая часть остальной территории Центральной Азии, — зона высокой сейсмичности. Достаточно вспомнить разрушительное Ташкентское землетрясение 1966 г.; в 1800-х годах два сокрушительных толчка обрушились на предгорья Тянь-Шаня, еще три — между 1902 и 1911 гг. По-видимому, этому региону еще предстоят подобные испытания. Сейсмическая сеть Кыргызстана сделала немало для регистрации и изучения текущих событий. Как отмечают американские специалисты, эта сеть в 1998 г. потеряла на соответствующей территории не более 1% сейсмологической информации — в США нет ни одной региональной сети, которая обладала бы подобной эффективностью. В этих достижениях немалую роль сыграл и коллектив Института высоких температур РАН, осуществляющего как научную, так и посильную материальную поддержку кыргызстанских уче-

ных. Сегодня судьба сейсмологии и геодинамики Кыргызстана вызывает опасения научной общест-венности.

Science. 1999. V. 284. № 5422. P. 1911 (США).

Вулканология

Каменные «пузыри» поднимаются со дна

В феврале и марте 1999 г. сейсмографы постоянно регистрировали несильные, но непрерывные толчки на дне Атлантического океана, к западу от о. Терсейра (Азорские о-ва). Стало ясно, что под водой, в точке с координатами 38.7°с.ш., 27.3°з.д., извергается вулкан Серрета, известный тем, что еще в 1878 г. его 5-месячная активность привела к разрушению около 200 домов в прибрежном поселке, носящем то же имя.

В 99-м году толчки на суше не достигали такой силы, но под водой они проявлялись достаточно бурно. Исследования, проводившиеся сотрудниками Гидрографического института (Лиссабон) и Военно-морского флота Португалии, показали, что на глубинах 300—800 м сквозь трещины в дне (общая их длина 5 км) идет выброс вулканических материалов, насыщенных раскаленными газами. Петрографы нашли в образцах оливин, пироксен и вкрапления полевых шпатов в стекловатых породах. Химики Нордического вулканологического института (Рейкьявик, Исландия) пришли к выводу, что это высококислые лавы, характерные для вулканических островов Азорского архипелага.

Временами на поверхность моря всплывали блоки пемзы различных размеров. Специалисты предположили, что первоначально магма малой вязкости легко проникает из глубинных недр сквозь расщелины дна, не вызывая при этом сильных сейсмических толчков. Возможно, такие блоки отрываются от краев подушкообразных лавовых образований, столь характерных для подводных извержений. Если

блок содержит достаточное количество газов (что бывает, когда лава происходит из подводного лавового озера или из фонтанирующего источника), то он приобретает повышенную плавучесть и вырывается к морской поверхности; постепенно дегазируясь, он становится более плотным и снова погружается.

Этот процесс замедляется, когда под быстро охлаждающейся поверхностью каменного «пузыря» поры оказываются запечатанными, так что газы могут сохраняться внутри блока довольно долго. Взаимодействие между раскаленными «пузырями» и относительно холодной на поверхности водой (здесь ее температура оказалась аномально высокой) рождает столбы белого пара. При остывании многие каменные «пузыри» трескаются, что ускоряет их дегазацию и погружение. Иногда это сопровождается громкими взрывами с выбросом обломков на высоту нескольких метров.

Угрозы населению Азорских островов это не представляет, но морским судам сделано предостережение. Летом 1999 г. португальские ученые вели в этом районе батиметрическую съемку, определяя строение и рельеф дна акватории.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1999. V. 24. № 3. P. 2 (США).

Вулканология

«Божья гора» не успокаивается

В центре Танзании, у самого экватора, расположен вулкан Ол-Доиньо-Ленгаи, что в переводе означает «Божья гора». По типу извержений он относится к стратовулканам (т.е. вулканам, которые сложены перемежающимися потоками затвердевшей лавы и ее обломками; образуются при чередовании лавовых излияний со взрывной деятельностью). Добрым нравом «Божья гора» не отличается, и в XX в. извержения идут почти непрерывно.

В апреле 1999 г. на вершину

(2890 м над ур.м.) поднялась группа исследователей во главе с М.Дж.Дженджем (M.J.Genge) и М.Балмом (M.Balme). Они обнаружили два свежих лавовых потока, которые взгромозились поверх прежних. Прошедшие незадолго ливневые дожди породили от взаимодействия с лавой столбы пара высотой в сотни метров (их было видно с 10-километрового расстояния). Температура на дне кратера превышала 150°C. Слышались звуки плещущей лавы; видимо, здесь только что перестал действовать фонтан магмы. Из шлаковых конусов выделялись водяные пары и струи сероводорода. Лавовый поток с северной стороны кратерной кромки спустился по склону на сотни метров; незначительная степень выветривания говорила о том, что случилось это не более двух недель назад. Свойственные сезону дождей обильные осадки вызвали потоки воды, которые, насытившись натрием и мелким вулканическим материалом, вливались в озеро, расположенное у северного подножия вулкана.

Постройка симметричного конуса «Божьей горы» завершилась около 15 тыс. лет назад, с тех пор активность вулкана несколько умерилась, но отнюдь не прекратилась. Ол-Доиньо-Ленгаи — единственный в мире вулкан, который на память человека извергал карбонатную лаву¹.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1999. V. 24. № 6. P. 6 (США).

Гидрология

Сокращение объема гидрологических наблюдений

В рамках Генеральной ассамблеи Международного геодезического и геофизического союза (19—30 июля 1999 г., Бирмингем, Великобритания) прошли заседания Ассоциации гидрологических

наук, собравшие 400 представителей этой дисциплины из различных стран. Во всех докладах констатировалось почти повсеместное сокращение сети водомерных и осадкомерных станций. Президент Ассоциации, известный гидролог Дж.Родда (J.Rodda) подчеркнул, что, несмотря на развитие телеметрии и других новых методов наблюдения, без этих станций невозможен ни анализ, ни прогноз многих, зачастую опасных, явлений природы.

Сокращение сети станций, как правило, связывается с трудностями финансирования. Однако расходы не столь уж велики: речная гидрологическая установка новейшего американского типа стоит 35 тыс. долл., а ее дальнейшее обслуживание — около 10 тыс. долл. в год.

Среди стран, гидрологическая сеть которых испытывает особый упадок, много таких, которые в наибольшей мере страдают от водного дефицита. По сведениям, собранным органами ООН в 1991 г., значительное число гидрологических станций южнее Сахары существует только на бумаге, но и там, где они есть, сообщил руководитель отдела гидрологии и водных ресурсов Всемирной метеорологической организации А.Аскью (A.Askew), их обслуживание ведется на весьма низком уровне (на всю территорию Зимбабве приходится лишь две предназначенные для этого автомашины, а на Замбию — одна).

В ЮАР речные станции находятся в должном порядке, но количество осадкомерных станций сократилось с 4000 до 1700. Причина — в интенсивной урбанизации страны и массовом переселении крестьян (а именно они обычно обслуживали эти объекты). Такие данные привел директор метеослужбы ЮАР Г.Шульце (G.Schulze).

Проблема в странах бывшего СССР заключается в децентрализации и низком уровне финансирования соответствующих служб. По сведениям М.Спреафико (M.Spreafico), возглавляющего гидрологический отдел Швейцар-

ского управления природных ресурсов, около 90% всех метеостанций в Аральском регионе или разрушены, или не работают, так что оценить состояние здешних водных ресурсов труднее, чем 20 лет назад.

Даже в США за последнее десятилетие число речных гидрологических станций сократилось на 6%. Особенно тревожно 22%-е их сокращение с 1971 г. на малых и медленно текущих реках, а такие станции позволяли изучать, как влияют изменение в землепользовании и погодные перемены на результаты климатологического моделирования. Иллюстрацией к положению в гидрологии США стал рассказ М.Каллахана (M.Callahan), руководителя отделения метеослужбы в штате Кентукки, об обстоятельствах катастрофического наводнения на севере этого штата в марте 1997 г. За одни сутки здесь выпало 25 см осадков, и река Ликинг, проходящая через г.Фалмут, за 3 ч поднялась на 1 м; большинство из 2400 жителей удалось срочно эвакуировать, но вода продолжала столь быстро прибывать, что многих пришлось снимать с крыш. Четверо жителей прицепных фургонов погибли. Максимальный уровень реки достиг 4 м выше ординара, причем наводнение случилось на 6 ч раньше, чем прогнозировали синоптики. Одна из причин ошибки — закрытие гидрологической станции в 32 км выше по течению реки.

Однако есть и некоторые обнадеживающие свидетельства. Так, Всемирный банк выделил Узбекистану 2.5 млн долл. на создание 25 новых метео- и гидрологических станций. Всемирная метеорологическая организация разработала международную программу «Система наблюдений за гидрологическими циклами», ставящую целью создание 50 новых станций в 10 странах Африки южнее Сахары. В США Конгресс рассматривает предложение ассигновать 2.5 млн долл. специально на постройку осадкомерных и гидрологических установок.

Science. 1999. V. 285. № 5431. P. 1199 (США).

¹ См. также: Рябчиков И.Д., Расс И.Т. Расплавленные карбонаты в глубинах Земли // Природа. 1999. №8. С.67-74.

Многолетние метеонаблюдения на северо-западе России

По данным 16 метеостанций, расположенных в Ленинградской, Псковской и Новгородской областях, определялись климатические изменения за период 1961—1993 гг. При этом были проанализированы шесть метеорологических элементов¹.

Температура воздуха (средне-месячные, максимальные и минимальные). На всех станциях за исследуемый период установлен рост средней температуры зимой на 1—5°C. Летом потепление выражено слабее. В целом за год средняя температура повышалась на 0.3—0.5°. Минимальные температуры растут быстрее максимальных, особенно в феврале, марте и декабре: минимальная повысилась за 33 года на 1.7°, максимальная — на 0.6°. Раньше стали наступать даты перехода через 0, +5 и +10° в сторону роста.

Облачность. В январе—марте и в июне—сентябре отмечается рост общей облачности (2—4 балла за 33 года). В мае и октябре количество облаков уменьшается до 1 балла. В целом за год нижняя облачность увеличивается на западе региона и уменьшается на востоке.

Осадки. Количество осадков возрастает, особенно в последнее десятилетие. Наиболее четко рост выражен в январе: 15—50% от месячной нормы. Существенна их межгодовая изменчивость.

Высота снежного покрова. Установлено увеличение высоты снега в начале зимы (ноябре—декабре), в январе — только в северной части региона. Во второй половине зимы высота снега по всем станциям уменьшилась за 33 года на 3—9 см. Этот результат согласуется с изменением температуры воздуха.

Относительная влажность. Соответственно росту температуры воздуха растет и относитель-

ная влажность. Ее анализ позволяет судить о важной климатической характеристике — испаряемости.

Продолжительность солнечного сияния. На Северо-Западе этот показатель уменьшается в целом за год, но особенно — в марте, июне и сентябре. Результат согласуется с выводами по изменению облачности.

© К.С.Померанец,
кандидат географических наук
Санкт-Петербург

Метеорология

Как поведут себя циклоны?

В отделе атмосферных наук Управления по науке и технике Австралии (Аспендейл, штат Виктория) под руководством климатолога К.Уолша (K.Walsh) промоделированы наиболее вероятные пути тропических циклонов, ожидаемых в Австралийском регионе в ближайшем десятилетии.

За основу принята климатическая модель 20-летней длительности, где учтены преимущественно те месяцы (с января по март), для которых это явление наиболее типично. Пространственный «шаг» модели 125 км; она охватывает девять уровней атмосферы, в которых прослеживаются климатические изменения.

Главный результат моделирования: в ближайшем десятилетии интенсивность тропических циклонов здесь несколько возрастет, и, вероятно, они продвинулись в более высокие широты, что может привести к увеличению ущерба, наносимого ветрами и осадками, и подтоплению отдельных участков побережья.

Если к 2050 г. концентрация CO₂ в атмосфере удвоится по сравнению с нынешней, то к северу от 15° ю.ш. циклоны на восточном побережье Австралии (север штата Квинсленд) станут реже, а в более южных областях учащаются. Авторы исследования считают, что для уточнения долгосрочного прогноза требуются дополнительные данные и их анализ.

Atmosphere. Newsletter of CSIRO. 1999. № 7. P. 9 (Австралия).

Динозавр не предок птиц: новые свидетельства

Серьезный удар нанесен теории происхождения современных птиц от некоторых видов теплокровных динозавров.

Еще в 1983 г. в известняковых отложениях севернее Неаполя были найдены остатки детеныша динозавра, которые поместили в запасы Археологического управления в Салерно, сочтя их заурядными. Спустя 15 лет ими заинтересовались американские палеонтологи Дж.А.Рубен и В.Дж.Хиллениус (J.A.Ruben, W.J.Hillenius). Они впервые подвергли этот отлично сохранившийся экземпляр сципионикса самнитского (*Scipionyx samniticus*) рассмотрению в ультрафиолетовых лучах. Оказалось, что в этом свете можно различать не только костные остатки, но и строение мягких тканей, которые обычно не сохраняются.

Естественно, за 110 млн лет, истекших со дня гибели животного, и они подверглись химическому замещению: в процессе минерализации организма участвовали различные вещества, поступавшие из морских осадочных пород, в которых он был захоронен. Каждая «деталь» в ультрафиолете светилась определенным цветом, давая уникальную возможность судить о ее размерах, форме и местоположении.

Прежде всего исследователи обратили внимание на то, что дыхательный аппарат сципионикса удивительным образом сходен с тем, который есть у нынешних крокодилов, и совершенно не похож на птичий.

У сципионикса обнаружилось дыхательное приспособление, которое специалисты по пресмыкающимся именуют «печеночным поршнем». У крокодила это разросшаяся печень, приводимая в движение особыми мускулами, которые перемещают ее взад и вперед, прогоняя воздух через легкие. Печень движется

¹ Кобак К.И., Кондрашева Н.Ю., Лучина К.М., Торопова А.А., Турчинович И.Е. // Метеорология и гидрология. 1999. №1. С. 30—38.

относительно свободно потому, что толстая кишка крокодила расположена вблизи хребта и оставляет достаточно места для колебания. Но и толстая кишка сципионикса тоже расположена чрезвычайно близко к позвоночнику! А у птиц она проходит прямо посередине брюшной полости. По мнению исследователей, совершенно иная дыхательная система птиц, в которой воздух постоянно продувается сквозь легкие, никак не могла развиваться из системы «печеночного поршня» динозавра. Обнаружены некоторые признаки того, что у сципионикса были диафрагмальные мускулы, которые содействовали работе «печеночного поршня» при дыхании.

Все это свидетельствует о том, что животное было эктотермным, т.е. холоднокровным, хотя и способным поддерживать степень активности и потребления кислорода на более высоком уровне, чем у большинства современных пресмыкающихся.

Работа нашла решительную поддержку у орнитолога А.Федуччи (A.Feduccia), который давно опровергал происхождение птиц от динозавров. Однако ряд видных ученых придерживается противоположного мнения.

Science. 1999. V. 283. № 5401. P. 468 (США).

Археология

Палеолит в среднем плейстоцене Англии

Проблема первоначального заселения Западной Европы человеком волнует многих специалистов, занимающихся изучением четвертичного периода: археологов, антропологов, палеогеографов и др. К настоящему времени наиболее древние палеолитические стоянки (0.7 млн лет и древнее) известны в южных районах Западной Европы — в Испании, Италии (не севернее Центрального французского массива). Впрочем, и для этих стоянок столь древний возраст подвергается сомнению. Т.ван Кольфсхотен и В.Рубрукс (T.van Kolfschoten,

W.Roebroeks) утверждают, что в Западной Европе нет стоянок древнее 0.5 млн лет, а более ранний возраст объясняется ошибками датирования (особенно — палеомагнитного). Тем больший интерес представляет каждая новая находка на севере Западной Европы, относящаяся к среднему плейстоцену (по схемам, принятым в России, средний плейстоцен — около 400—127 тыс. лет назад). К наиболее интересным в этом плане относится палеолитическая находка на территории Восточной Англии. Сообщение о ней на XV конгрессе ИНКВА (International Union for Quaternary Research — Международный союз по изучению четвертичного периода) сделал профессор С.Льюис (S.G.Lewis).

Примерно в 100 км к северо-востоку от Лондона периоду английского оледенения (475—430 тыс. лет назад) предшествовала хорошо развитая гидросеть субширотного направления со стоком в Северное море. В долинах рек отлагался гравийно-галечный аллювий, который затем был перекрыт ледником. Мелкие водоотводы, блуждавшие по мореным отложениям во время таяния ледника, после его полной деградации дали начало рекам Ларк и Литл-Уз.

Современные долины этих рек прорезали морену и вскрыли галечники. И под-, и надморенные отложения литологически различаются, но археологические находки обнаружены в обоих. Над мореной артефакты (отщепы, ручные рубила и другие орудия) найдены как в виде отдельных находок, так и целыми комплексами. Вместе с ними собраны остатки фауны и флоры, характерных для умеренного климата. Под мореной обнаружены преимущественно отдельные орудия, в основном ручные рубила и крупные отщепы. Содержащий их аллювий накапливался в условиях холодного климата, предшествовавшего английскому оледенению. Определение возраста этих отложений, проведенные различными методами, показали, что они относятся

к концу раннего — началу среднего плейстоцена.

Book of Abstracts of INQUA Congress. 3—11 August 1999. Durban. South Africa. P. 187.

Археология

В канадском леднике найдена мумия индейца-охотника

14 августа 1999 г. в леднике, расположенном на территории национального парка в канадской провинции Британская Колумбия, была найдена прекрасно сохранившаяся мумия охотника в одежде и со снаряжением. Головной убор, сплетенный из древесного материала, удивительно близок по фасону к головным уборам индейцев северо-запада Канады. Другие предметы — меховое пальто, острога, посох, дорожная сумка, наполненная рыбой, — указывают, что этот человек жил еще до первых контактов индейцев с европейцами в XVIII в. Как и у широко теперь известной мумии Эцти, найденной в 1991 г. в Альпах¹ (но в отличие от мумий, обнаруженных в Андах), холод хорошо сохранил мягкие ткани, мускулы и кожу.

Несмотря на то что индейцы местных племен тщательным образом опекают мумию, считая ее своим предком, и возражают против публикации ее снимка, специалисты надеются, что им удастся провести радиоуглеродный анализ для установления даты смерти человека. Предполагается сделать рентгеноскопию для выяснения его пищевого рациона и возможных заболеваний, а также попытку исследовать ДНК. Если возраст мумии окажется достаточно «почтенным», это обстоятельство позволит пролить новый свет на то, когда и какими путями шло заселение Америки.

Sciences et Environ. 1999. №632. P.22 (Франция).

¹ Подробнее см.: М а ш е н к о Е. Н. Мумия «ледяного человека» из неолита // Природа. 1994. №2. С. 50—53; Новые сведения об Эцти // Там же. 1995. №1. С. 121; Эцти был европейцем // Там же. №11. С. 122; Волосы Эцти содержат медь // Там же. 1996. №8. С. 120.

Рецензии

Атомный проект СССР языком документов

В.Л.Мальков,
доктор исторических наук
Москва

За последнее десятилетие читатели получили возможность познакомиться с многообразными публикациями документальных источников по отечественной истории, науковедению и социально-экономическому развитию страны. Особое место занимает фундаментальное и во многих отношениях уникальное издание архивных документов по истории создания советского ядерного оружия. Издание осуществляется в соответствии с Указом Президента РФ от 17 февраля 1995 г. при поддержке Министерства по атомной энергии РФ, Российской Академии наук, а также Государственного научного центра РФ «Физико-энергетический институт им. акад. А.И.Лейпунского» и Российского федерального центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики».

Рецензируемая книга — первое в мировой литературе наиболее цельное, информативное и с точки зрения источникововедения, высокопрофессиональное издание. В нем «шершавым языком» документа говорится о ранней, мучительно трудной стадии становления советского атомно-

го проекта. Тема «Советский Союз и ядерное оружие» обросла легендами. Однако неоспорим фундаментальный факт: отечественная наука и промышленность в экстремальных условиях военного времени и связанного с ним смертельного риска совершили беспрецедентный рывок к овладению внутриядерной энергией. Нужно помнить, что гонка на опережение, в которую включился СССР, была спровоцирована угрозой оказаться незащищенным перед превосходящей мощью противника, как реального (Германия), так и вероятного.

Остановимся на том внушительном вкладе, который внесла отечественная наука, и попытаемся осмыслить самый ранний этап становления ядерного проекта СССР. Вокруг него возникло множество недоумений и лжетолкований, основанных либо на произвольной трактовке, либо на вторичных источниках порой сомнительной ценности. На этом фоне в широком смысле первая книга, без всякого преувеличения, адекватно отражает процесс перехода отечественной науки и техники от роста вширь к росту вглубь. Об этом еще в 1935 г. в одной из своих, до последнего времени не известных, ста-



**Атомный проект СССР:
документы и материалы.
В 3 т.**

*Под общ. ред. Л.Д.Рябева. Т.1.
1938—1945. В 2 ч. Ч.1. / Отв.
сост. Л.И.Кудинова. М.: Наука.
Физматлит, 1998. 432 с.*

© В.Л.Мальков

тей писал академик П.Л.Капица¹. Говоря словами Петра Леонидовича, научно-технический прогресс в СССР в годы первых пятилеток должен быть отнесен к разновидности догоняющего, подражательно-го хода развития. Любые сравнения результатов ядерной физики в СССР в начале 30-х годов с аналогичными в западных странах были не в пользу отечественной науки. Она как бы переживала период утробного развития, хотя сердце у младенца стучало отчетливо.

Убедительной иллюстрацией тому может служить документ, который открывает книгу. Само по себе «Письмо сотрудников Ленинградского физико-технического института В.М.Молотову об экспериментальной базе ядерных исследований» от 5 марта 1938 г. (с.17—19) констатирует вызов, брошенный мировой фундаментальной наукой в области строения атомного ядра отечественным ученым. Изучение атомного ядра «стало одной из центральных проблем естествознания». Для науки в СССР оно не приближалось еще к этому уровню. Список «нижеподписавшихся» говорит сам за себя: А.Иоффе, И.Курчатов, А.Алиханов, Л.Арцимович, Я.Френкель, Я.Хургин и др.

В связи с этим письмом правительство приняло определенные меры. Была поставлена задача преодолеть как «в количественном, так и в качественном отношении» отставание технической базы ядерных исследований «от того, чем располагают капиталистические государства, особенно Америка» (с.17). Многим это уже не казалось неосуществимым. Как важен (и в гражданском, и в человеческом плане) отрывок из письма Курчатова и Алиханова Молотову от 24 января 1939 г. В нем выражена благодарность за положительный отклик на

письмо от 5 марта 1938 г., но говорится и о неопределенности в деятельности государственных органов. Вопрос об атомных исследованиях был еще в стадии разговоров: нас переводят «из состояния отчаяния в состояние надежды и обратно...» (с.20).

Материалы сборника тщательно подобраны и обстоятельно прокомментированы. Они восстанавливают все недостававшие звенья в цепи ядерных исследований, проводившихся в нашей стране (в том числе в военных целях). Через сомнения и взаимоисключающие гипотезы, через пристальное изучение зарубежного опыта и гибель кадров отечественной академической науки советская физика шла к решению вопросов использования ядерной энергии, к получению управляемой ядерной реакции. Создание постоянной Комиссии по атомному ядру при Физико-математическом отделении АН СССР (конец ноября 1938 г.), письмо Президиума Академии наук в СНК СССР «Об организации работ по изучению атомного ядра в Союзе» от 28 января 1939 г., доклад И.В.Курчатова «О проблеме урана» в феврале 1940 г. и записка В.И.Вернадского, А.Е.Ферсмана и В.Г.Хлопина заместителю председателю правительства Н.А.Булганину «О техническом использовании внутриатомной энергии» от 12 июля 1940 г. — все это вехи на этапе большого перехода. Сегодня эти памятники научно-творческой и научно-организационной мысли смотрятся совершенно по-особому. До широкомасштабного осуществления всех идей и предложений было еще очень далеко (помешала война и синдром неверия в практическое применение внутриядерной энергии), но первые шаги, в чем-то сопоставимые с историей атомных проектов в других странах, были сделаны.

Для понимания предыстории советского атомного про-

екта исключительное значение имеют и другие публикуемые в сборнике документы: решение Президиума АН СССР о создании Комиссии по проблеме урана (от 30 июля 1940 г.); переписка Иоффе, В.Маслова, Ф.Ланге, Курчатова с Президиумом Академии наук о программе работ по проблеме урана (датируемая серединой лета — осенью 1940 г.); всестороннее обсуждение вопроса о сырьевой базе ядерных исследований на заседаниях Комиссии по проблеме урана и ряд других. Большая часть этих документов публикуется впервые.

В книге также читатель найдет интереснейший документ — заявку на изобретение Маслова и В.С.Шпинеля (от 17 октября 1940 г.) «Об использовании урана в качестве взрывчатого и отравляющего вещества», адресованную в Бюро изобретений НКО СССР. В ней изложены идеи создания «урановой бомбы, достаточной для разрушения таких городов как Лондон или Берлин» (с. 195). Сенсационный характер этого документа заключается, помимо всего прочего, в самом его появлении (с грифом «Секретно», поставленным рукой Маслова) чуть позднее знаменитого меморандума немецких физиков-эмигрантов Отто Фриша и Рудольфа Пайерлса, представленного в марте 1940 г. английскому правительству. Этот десятистраничный документ, как известно, сразу же изменил отношение правительства его величества к использованию атомной энергии в военных целях. «О создании “супербомбы”, основанной на ядерной цепной реакции в уране», — так назывался меморандум. «Мы не располагаем информацией, — говорилось в нем, — пришла ли в голову эта идея и другим ученым, но поскольку все теоретические данные, относящиеся к этой проблеме, опубликованы, то вполне возможно, что Германия уже разрабатывает это оружие». И в самом деле эта

¹ См.: Капица П.Л. Научные труды: Наука и современное общество. М., 1998. С.27.

идея пришла в голову «другим ученым», в данном случае харьковским физикам, и без всякой связи с английским аналогом. И всего лишь чуть позднее.

Потрясающее совпадение! Разница во времени незначительна, просто ничтожна. Находится, так сказать, в пределах допустимой погрешности. Мы не входим сейчас в существо аргументов Маслова и Шпинеля, а также их оппонентов, которые давали свое заключение на заявку. Важно подчеркнуть, что, как это видно из других опубликованных документов (№89, 90, 92, 96 и др.), в научных кругах шло активное обсуждение условий создания атомного оружия в уже существующем информационном (и добавим политическом) вакууме в силу специфики сложившейся международной обстановки и характера проблемы в целом. Показательно, что в записке Комиссии по проблемам урана от 26 января 1941 г. (документ №91) говорилось о том, что методы получения изотопа урана-235, разработанные в СССР, оправдали себя и оказались столь же эффективными, что и в США.

Опубликованные документы (в этом их особая ценность) позволяют в историческом контексте рассматривать и деятельность советской научно-технической разведки за рубежом (и прежде всего в США и Англии). Она появляется «на сцене» как вспомогательное и одновременно абсолютно необходимое средство. Говоря словами Вернадского, нужно было «идти теорией, немедленно проверяя [ее] опытом» (с.231). Экспериментальная база находилась в зачаточном состоянии. Откуда же было черпать уверенность в правильности выбранного пути? При догоняющем типе развития науки, испытывая острый дефицит времени и средств, в условиях тотальной войны такой способ преодоления отставания становился неизбежным

и оправданным. Американцы сами признали это, воспользовавшись английским и французским заделом в 1939—1942 гг., когда им в сущности ничего не было известно о том, как далеко ушли немецкие ученые. Примечательно, что за десять дней до нападения Гитлера на Советский Союз Бюро отделения физико-математических наук АН СССР (документ №100) назначает на *ноябрь 1941 г.* в Ленинграде совещание по атомному ядру. Как видим, вполне достаточно времени отводилось для подготовки и принятия ответственных решений. Возможно, ожидалось получение дополнительной важной информации от резидентов в Лондоне и Нью-Йорке. По крайней мере едва ли могло быть простым совпадением активное вторжение органов внешней разведки в тонкую сферу ядерной физики с января 1941 г. Известная записка начальника 4-го спецотдела НКВД СССР В.А.Кравченко Л.П.Берии от 10 октября 1941 г. (документ № 108) подсказывает вывод: ученые и разведорганы в экстремальной ситуации соединяли свои усилия для безопасности страны — поступить иначе они не могли.

В книге опубликован исключительно важный документ (№133) — записка Курчатова Молотову от 27 ноября, в которой анализируются разведматериалы по атомным исследованиям в Англии. Это — горькое признание в значительном отрыве советской науки от науки Англии и Америки «в исследованиях проблемы урана». СССР запаздывал в переходе к экспериментальной фазе. Записка и ряд других, примыкающих к ней документов, позволяют предположить, что существенное значение имело сомнение (а отчасти даже неверие) в реально осуществимые методы создания атомной бомбы. Тем же, очевидно, во многом объясняется и то, что еще в феврале 1943 г.

распоряжением Государственного Комитета Обороны за подписью Молотова на руководителя Лаборатории №2 Курчатова возлагалась обязанность провести к 1 июля 1943 г. необходимые исследования и представить ГКО «к 5 июля 1943 г. доклад о возможности создания (выделено мною. — В.М.) урановой бомбы или уранового топлива» (с. 306, 307). Любопытно, что в высших научных и политических кругах Англии и США, далеко продвинувшихся к тому времени в реализации общего для них атомного проекта, находились люди, полагавшие, что их русский союзник полным ходом ведет работу над атомной бомбой «где-нибудь за Уралом». Когда это не нашло подтверждения, возобладало мнение о состоянии анабиоза советской науки.

Требовался дополнительный толчок для преодоления инерционности мышления, скептицизма, вызванного плавным состоянием материальной базы. Существовали опасения, что в кульминационный момент военных действий на советско-германском фронте сократят средства для исследований, а время требовало начать на пределе возможностей наверстывать упущенное и, «минуя первоначальную стадию», как об этом писал Курчатов (с.315), заложить основы атомного арсенала страны. Записка Курчатова М.Г.Первухину от 7 марта 1943 г. с анализом разведматериалов и предположениями дает исчерпывающее представление о внутреннем переломе, повлекшем «пересмотр взглядов». Она определила главные направления в работе советских физиков. Медлить было нельзя — сюрприз ожидали в любой момент.

Заключительная часть книги в содержательном значении должна быть отмечена особо. Документы, публикуемые здесь, проливают свет не только на организационную и научную

стороны советского атомного проекта, но и на международные аспекты проблемы, оставшиеся до недавнего прошлого вне поля зрения исследователей в силу особого режима хранения материалов. Особо следует отметить личный вклад Первухина и Кафтanova, чья помощь, лояльность к научным кадрам и профессионализм создавали режим наилучшего благоприятствования. В кратчайшие сроки путем концентрации усилий ученых и ведомств по сути заново создавался весь комплекс атомных исследований.

Вчера еще «непросвечиваемая» для обычных наблюдателей сфера деятельности — снабжение закрытой информацией о работе над атомными проектами в стане союзников и противников — отражена в ряде важных документов. Так, например, в письме Первухину от 12 августа 1943 г. (за подписью В.Меркулова) о разведматериалах, поступивших из Англии и США, говорится о сотрудничестве англичан и американцев в «работах по урану». Это имеет исключительно важное значение для понимания отношений стран-союзниц, складывающихся к середине 1943 г., после Сталинградской битвы. Геополитические расчеты вылились в принятие Ф.Рузвельтом и У.Черчиллем важных решений на Первой Квебекской конференции 19 августа 1943 г. (конференция «Сектант»). В части, касающейся работ по проекту «Тьюб аллойз» (создания атомной бомбы), они по сути дела носили явно дискриминационный характер по отношению к Советскому Союзу. Сегодня можно с полным основанием утверждать, что все основные пункты секретных соглашений западных союзников по проблеме атомного оружия, его разработки и использования были известны Кремлю еще накануне встречи в Квебеке.

Конечно, во всей этой истории есть много недостающих

№160
Письмо НКВД СССР М.Г.Первухину о направлении
разведматериалов
№52/6234 6 апреля 1943 г.

Сов. Секретно
Только лично¹

В соответствии с перечнем вопросов, составленных проф[ессором] Курчатовым, полученным от Вас 23.III с.г.², направляю для использования сообщение о ведущихся за рубежом работах над проблемой использования атомной энергии урана.

В материале даются сведения о лицах и организациях, ведущих разработки по этой проблеме в США, Англии и Германии, а также о намечающемся чрезвычайно интересном направлении — возможности получения урановой бомбы из изотопа урана U-238, считавшегося до сих пор балластом в урановой руде³. В связи с этим может отпасть необходимость в разделении изотопов урана.

При использовании направляемого материала, также как и всех наших материалов по данному вопросу, прошу учесть особую их секретность и важность, в связи с чем к ознакомлению с ними может быть допущен весьма ограниченный круг лиц.

Приложение: 4 стр. перевода с английского языка⁴.
Зам[еститель] народного комиссара
Внутренних дел Союза ССР Меркулов

АП РФ. ф.93. Д.1(43). Л.33. Подлинник.

¹ Вписано В.М.Меркуловым от руки.
² См. документ №151.
³ Так в документе, возможно, имеется в виду, что уран-238 может быть использован в реакторе для наработки бомбового материала — см. документ №171.
⁴ См. документ №161.

Фрагмент из книги. Стр. 330.

звеньев, но принятое Москвой в дни конференции решение о форсировании, согласно жесткому графику, работ Лаборатории №2 во втором полугодии 1943 г. (см. объяснительную записку Курчатова Первухину и Кафтанову от 18 августа 1943 г.) говорит о многом. Вся вторая половина 1943 г. ушла на подтягивание тылов, выстраивание производственных цепочек и «борьбу за качество». Лабораторная стадия, едва начавшись, переросла в экспериментально-производственную. Уверенности стало больше, росла и материальная поддержка, ускоренными темпами строились производственные мощности, налаживалось сложнейшее оборудование. В центре этой многообразной деятельности стояла фигура Курчатова, взвалившего на себя гигантскую ответственность и риск.

Увы, чисто человеческая

сторона титанической деятельности в книге передана очень скупое. Приходится только догадываться, какие страсти, сомнения и споры таились за сухими фразами служебных записок, плановых отчетов и распоряжений. Слабо представлено эпистолярное наследие участников проекта, воспоминания, дневники. Все еще числятся пропавшими документы уполномоченного ГКО по науке Кафтanova. Необъяснимо отсутствие материалов РНЦ «Курчатовский институт», некоторых других ведомств. Однако для того чтобы по достоинству оценить плюсы и минусы книги, нужно дождаться выхода в свет второй, заключительной части. Но и до ее появления хочется от всей души поблагодарить тех, кто сопричастен к изданию, и в особенности его составителей за их плодотворный труд. ■

Математика

ЗАДАЧИ АРНОЛЬДА / Под ред. М.Б.Севрюк и В.Б.Филиппова. М.: ФАЗИС, 2000. 452 с.

Поставить правильный вопрос труднее, чем решить его.

Георг Кантор

В книге собраны задачи, которые на протяжении более 40 лет ставит перед своими учениками известный математик Владимир Игоревич Арнольд. В основном, это весьма полное собрание задач, которым он дважды в год (после каникул) начнет свой семинар по теории особенностей дифференцируемых отображений. (Знаменитый семинар работает на механико-математическом факультете Московского государственного университета уже более 30 лет.) Помимо того, сюда входят задачи, опубликованные Арнольдом в его многочисленных статьях.

Книга состоит из двух частей. В первой приведены условия задач, во второй собраны комментарии, содержащие полученные результаты по данной задаче и, иногда, историческую справку. Ради объективности в книге оставлены задачи-близнецы, которые, хотя и относятся к разным годам, практически повторяют друг друга.

Все математические обозначения в книге общеприняты.

Биология

И.Н.Воронцов. РАЗВИТИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ИДЕЙ В БИОЛОГИИ. М.: Прогресс-Традиция, 1999. 640с.

Книга известного биолога-эволюциониста, зоолога и эколога, члена редколлегии нашего журнала, ныне покойного Николая Николаевича Воронцова (1934—2000) представляет переработанный и расширенный курс теории эволюции, который автор читал на кафедре биофизики физического факультета

Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

В книге подробно прослежено развитие эволюционной идеи, возникшей за тысячи лет до Дарвина и принадлежащей к числу немногих общенаучных фундаментальных теорий, определивших мышление конца 19-го и всего 20-го столетия. Проанализированы все этапы зарождения и формирования представлений об эволюции, начиная с первобытного общества. Особое внимание уделено истокам, развитию и восприятию дарвинизма, в частности, в России, его влиянию на все естествознание.

До сих пор существуют «классические» биологи, соблюдающие «невинность» в современной биологии и думающие, например, что об ароморфозах можно рассуждать и без знания их молекулярных или генетических механизмов. Этот серьезный пробел и призвана, в числе прочего, восполнить книга.

Последние главы показывают, как сегодняшние открытия в области молекулярной биологии, генетики и многих других дисциплин готовят почву для нового синтеза в истории эволюционизма.

Книга насыщена массой интересных и поучительных исторических фактов, как правило, малоизвестных, содержит большое число иллюстраций как авторских, так и взятых из редких изданий.

Климатология

А.А.Барышева. МЕСТНЫЕ КЛИМАТЫ И ЛАНДШАФТЫ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. Великий Новгород: НРЦРО, 1999. 172 с.

Даже летом, отправляясь в вояж, бери с собой что-либо теплое, ибо можешь ли ты знать, что случится в атмосфере?

Козьма Прутков

С изобретением измеритель-

ных приборов (термометров, барометров и пр.), помогающих изучать состояние нижних слоев атмосферы, в XVII в. родилась наука метеорология.

В XIX в. возникает тесно связанная с ней наука — климатология. Стало возможным научное предсказание погоды.

В Новгороде наблюдения за погодой ведутся с 1851 г. В 1878 г. появились первые климатические справочники. На сегодняшний день в Новгородской обл. действуют 8 метеорологических станций и 40 постов (2 агрометеорологических и 38 гидрологических). Ведутся наблюдения за осадками и атмосферными явлениями.

Книга состоит из трех частей. В первой речь идет о формировании климата и о метеорологических явлениях. Вторая посвящена климатическому районированию и характеристике местных климатов и ландшафтов. В последней говорится о погоде и сезонных явлениях в природе, рассматриваются вопросы охраны воздушного бассейна.

Геология

ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ И МЕТАЛЛОГЕНИИ: НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ П.Н.ЧИРВИНСКОГО / Отв. ред. И.И.Чайковский. Пермь: ПГУ, 2000. 168 с.

Выход книги приурочен к 120-летию со дня рождения выдающегося российского естествоиспытателя Петра Николаевича Чирвинского (1880—1955). Ученого интересовал широкий круг вопросов, связанных с общей геологией, палеонтологией, гидрогеологией, астрономией.

В 1931 г. его репрессировали и сослали на Север. Петр Николаевич работал прорабом на строительстве Беломорканала, геологом в Мурманске, заведовал петрографическим кабинетом треста «Апатит» в Кировске.

С 1943 г. он возглавил кафедру петрографии в Пермском университете.

Сборник статей подготовлен по материалам докладов Второй научной конференции, состоявшейся 7–8 февраля 2000 г. на кафедре минералогии и петрографии Пермского государственного университета. Содержит результаты геологических исследований, касающихся проблем минералогии, петрографии и геологии месторождений.

Орнитология

ПТИЦЫ / Отв. ред. А.А.Естафьев. СПб.: Наука, 1999. 290 с. (Фауна европейского северо-востока России)

Изучение современного состояния популяций животных в естественных и измененных хозяйственной деятельностью человека ландшафтах европейского Севера — актуальная проблема. От ее решения зависит рациональное использование природных ресурсов, их воспроизводство и охрана.

В книге подведены итоги более чем 100-летнего исследования птиц, обитающих на европейском северо-востоке России, между п-овом Канин и горами Пай-Хой, включая Тиманский кряж и горы Урала, бассейны рек Печоры, Мезени, Вычегды. Местная фауна включает европейский, сибирский, арктический виды птиц и представляет зоогеографический интерес.

Собраны материалы по биологии 54 видов птиц из семи отрядов: голубе-, кукушко-, козодое-, стриже-, ракше-, дятло- и ржанкообразных (чайковых). В видовые очерки вошла информация по распространению и численности. Описаны основные биотопы и гнездовые участки. Прогнозируется динамика популяций некоторых видов.

В книге имеются 152 схематические карты с обозначением области распространения и плотности населения птиц.

Гидрология

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ / Отв. ред. М.Г.Хубларян. М.: Наука, 1999. 347 с.

Природные воды, как и движение жидкости вообще, всегда интересовали ученых Российской академии наук (Л.С.Берг, А.И.Воейков, Н.Н.Павловский, Ю.М.Шокальский и др.). В числе первых членов Петербургской академии наук были Д.Бернулли и Л.Эйлер, теоретические исследования которых способствовали развитию гидродинамики и практической гидравлики. Мировую известность получили работы Н.Е.Жуковского, связанные с движением воды в трубах и русловых потоках.

В 30–40-е годы XX в., в связи с проектированием крупных ГЭС, плотин и водохранилищ на равнинных и горных реках, возникла необходимость в разработке основ гидромеханики открытых русел, обосновании теории движения жидкости в плотинах и водоспусках, изучении процессов фильтрации. Параллельно решались и более общие задачи, касающиеся закономерностей формирования водных ресурсов, влагооборота, водного баланса (крупных речных бассейнов, озер, водохранилищ, регионов, континентов и всего земного шара).

Издание приурочено к дате — 30-летию Института водных проблем РАН. В книге представлен широкий круг проблем: формирование речного стока, качество подземных и почвенных вод, взаимодействие поверхности суши и воды с атмосферой, динамика течений, ледотермический режим, создание и эксплуатация водохранилищ, состояние водных объектов. Обсуждаются также новые методы водоохраных мероприятий.

Краеведение

Н.Н.Крадин. СТАРЫЙ ХАБАРОВСК: ПОРТРЕТ ГОРОДА В ДЕРЕВЕ И КАМНЕ. Хабаровск: КИ, 1999. 304 с.

Как известно, в 1892 г. по распоряжению министра внутренних дел И.Н.Дурново г.Хабаровка переименовали в Хабаровск.

Книга о Хабаровске — результат многолетних наблюдений, исследований и находок. В ней нет детальной и подробной истории о том, как город развивался и рос на протяжении 140 лет. Автор попытался рассказать о разном — о природе и пейзажах Хабаровска, о тех, кто его строил и создавал, о знаменитостях, там побывавших, о том, как зарождалось культурное пространство города. Книга написана в жанре новелл, увлекательных «архитектурных прогулок» по Хабаровску — по тем его уголкам, где можно уловить дыхание давней и не очень давней старины.

Читатели почувствуют, какой теплотой веет от деревянных кружев, сохранившихся на некоторых домах, доживающих свой век под натиском каменных громад. А рядом приоткрылись скромные по размерам строения, узорчатая кирпичная кладка которых останавливает взгляд, зачаровывает. Это своеобразное путешествие пешком в историю, ибо летопись города на Амуре оставила свои отметины на многих зданиях. Но предпочтению автор отдает архитектуре города и людям, создававшим его «портрет».

История науки

С.С.Илизаров. МОСКОВСКАЯ ИНТЕЛЛИГЕНЦИЯ XVIII ВЕКА. М.: Янус-К, 370 с.

Вышло справочно-энциклопедическое издание, в котором впервые собраны сведения обо

всех москвичих XVIII в. — деятелях науки, культуры и просвещения.

Ученые и инженеры, писатели и поэты, переводчики и книгоиздатели, врачи и актеры, меценаты и коллекционеры, художники и архитекторы, профессора и преподаватели Славяно-греко-латинской академии, Математической навигационной школы, Императорского университета и других учебных заведений Москвы — все, кто два с лишним века тому назад занимался созидательным творчеством и оставил след в истории отечественной культуры, — стали героями книги.

Как известно, само понятие «писатель» включало тогда всех, кто писал. Поэтому те, кто занимался творческим трудом и оформлял его в виде письменного или печатного текста, включены в книгу.

Издание не имеет аналогов в москвоведческой литературе. В нем содержится систематизированная информация о более чем тысяче человек и свыше ста портретных изображений. Оно открывает книжную серию «Деятели науки и просвещения Москвы XVIII—XX вв. в портретах и характеристиках».

КЛАССИК ПЕТРОЛОГИИ XX ВЕКА / Отв. ред. Н.Н.Перцев. М.: Научный мир, 1999. 180 с.

Сейчас, когда заканчивается XX в., можно спокойно и непредвзято оценить поразительный вклад в науку геолога Дмитрия Сергеевича Коржинского (1899—1985). Обладая феноменальной эрудицией, он разработал совершенно оригинальные методы парагенетического и физико-химического анализа кристаллических пород, решил ряд основополагающих проблем в теории эндогенного минералообразования, заложивших фундамент современной петрологии. Помимо глубокого аналитического ума и внутрен-

ней свободы мышления он обладал редким даром настоящего ученого — в массе частных, разрозненных фактов находить общие закономерности.

Идея об издании книги воспоминаний о Коржинском возникла сразу после его ухода из жизни. Вскоре были написаны первые очерки. Однако реальная возможность осуществить этот замысел появилась совсем недавно, благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и в связи с празднованием 100-летия со дня рождения этого замечательного ученого.

Возникли трудности с фото-материалом. Сам Дмитрий Сергеевич был равнодушен к фотоснимкам, а в архивах мало что можно было найти. Неоценимую помощь оказали геологи из России и СНГ, а также зарубежные коллеги, предоставившие фотографии и слайды для публикации.

ДЕЛО АКАДЕМИКА НИКОЛАЯ НИКОЛАЕВИЧА ЛУЗИНА / Отв. ред. С.С.Демидов и Б.В.Левшин. СПб.: РХГИ, 1999. 30 с.

Советская математическая школа — одна из ведущих мировых школ XX в. В ряде областей (например, теория вероятностей) она была безусловным лидером. Именами С.Н.Бернштейна, И.М.Виноградова, П.С.Новикова, А.Н.Колмогорова, Л.С.Понтрягина, С.Л.Соболева, Н.Н.Боголюбова отмечены вершины математических достижений века. Средоточием их, начиная с 30-х годов, стала Москва. Вокруг механико-математического факультета Московского университета, Московского математического общества и Института им. В.А.Стеклова сложилось уникальное научное сообщество, определявшее течение математической жизни страны. Течение это было мощным и относительно спокойным. Сталинские репрессии сравнительно слабо

затронули математиков (по сравнению, скажем, с биологами).

Однако память хранит воспоминания о разразившихся в 1936 г. событиях, связанных с «делом академика Н.Н.Лузина». Против признанного лидера Московской школы теории функций, души и центра знаменитой Лузитании (см. «Природа» №9, 1997) в середине 30-х на страницах центральной прессы развернулась мощная идеологическая атака. Выдающегося русского математика академика Николая Николаевича Лузина (1883—1950) обвиняли во вредительстве, но дело неожиданно приостановили по приказу свыше.

Книга — итог сотрудничества Института истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова и Архива РАН. Впервые здесь опубликованы и прокомментированы обнаруженные недавно материалы из Архива Президента РФ (письма Л.З.Мехлиса руководству ЦК ВКП(б) с резолюциями И.В.Сталина и др.), стенограмма заседаний Комиссии АН СССР по делу Н.Н.Лузина, а также выдержки из газет и журналов того времени («Правды», «Известий», «Вестника Академии наук СССР»). ■

Первая женщина в Геологическом комитете России

В.А.Баскина,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

В 1882 г. был образован Геологический комитет (Геолком). Полвека он оставался единственным геологическим учреждением страны, объединившим выдающихся геологов своего времени. Среди них замечательная личность — Вера Михайловна Дервиз (1878—1951) — представительница широко известной и много сделавшей для России семьи фон Дервизов, бестужевка, доктор философии Женевского университета, знаток музыки, языков, литературы. Первая женщина — металлогенист и горный инженер, геолог высокого ранга, талантливый петрограф, увлеченный полевик, исследователь Кавказа, Сихотэ-Алиня, Средней Азии и Урала, самоотверженная труженица блокадного Ленинграда. Скромная, бесстрашная, удивительно цельная натура — она воплотила лучшие черты русской интеллигенции, разделив и ее трагическую судьбу. В 1945 г. Веру Михайловну арестовали по обвинению в контрреволюционной пропаганде. Она погибла в лагере в 1951 г. Реабилитирована лишь в 1989 г. благодаря усилиям геолога В.И.Ремизовского.

© В.А.Баскина



Вера Михайловна Дервиз. Фото 1931 г. (Из архива О.В.Дервиза.)

Вера Михайловна Дервиз родилась 25 марта 1878 г. в Рязанской губернии, в имении Старожилово, впоследствии знаменитом конным заводом.

Имение подарил ее отцу — Михаилу Григорьевичу Дервизу — старший брат Павел Григорьевич, известный в России предприниматель, строитель же-

Встретим с задумкой

лезных дорог — газеты называли его «русским Монте-Кристо»¹. У Михаила Григорьевича и его жены Зиновии Густавовны были еще дети — Петр, Мария, Валериан и Нина, в семье жила и дочь отца от первого брака — Елена. Отец Веры Михайловны, по воспоминаниям его племянника — художника Владимира Димитриевича Дервиза, — имел характер мягкий, добрый. Он хорошо играл на скрипке, любил общество, особенно молодежь. В его доме постоянно гостили. В имении держали хорошие лошадей, а со времен Павла Григорьевича там оставались экипажи, седла, редкие музыкальные инструменты (даже орган). Устраивались спектакли и музыкальные вечера, на которых выступал брат хозяина Николай Дервиз — известный оперный певец и исполнитель романсов, пела Елена Михайловна. Хозяйство Михаил Григорьевич вел на широкую ногу, постоянно что-то изобретал и улучшал, много строил, никогда не подсчитывая стоимость и доходность своих начинаний. Истратив имевшиеся средства, он в 1881 г. продал имение и купил под Рязанью сельцо Дягилево с большим каменным домом. До сих пор этот дом — одна из архитектурных достопримечательностей Рязани.

Жизнь в Дягилево продолжалась в прежнем духе: гости, молодежь, прогулки, пикники, музыка, домашние спектакли... Отец, как и раньше, любил и баловал детей. Он увлекался хозяйственными нововведениями — то улучшал надон коров, то экспериментировал с удобрениями, публикуя об этом брошюры. Все младшие дети с увлечением помогали отцу — наблюдали за растениями, проводили опыты. Вера Михайловна, по воспоминаниям ее кузена, была упорной

и трудолюбивой, дружила с братьями и сестрами. На фотографиях тех лет она выглядит не по летам серьезной, задумчивой.

В 1896 г., окончив в Москве школу (училище ордена св.Екатерины), Вера Михайловна Дервиз поступила на Высшие женские курсы в Петербурге (Бестужевские), на физико-математическое отделение. К этому времени число естественнонаучных дисциплин сильно сократили. Геологию и минералогию заменили физической географией и химической кристаллографией. Дервиз окончила обучение в 1900 г. и решила посвятить себя геологии. Однако в России тех лет высшее геологическое образование для женщины было недоступно. Она осталась в Петербурге, давала частные уроки и — по семейной традиции — серьезно занималась музыкой. Ей нужны были средства для поездки за границу. Отца и матери к этому времени уже не было в живых. Кто помог Вере Михайловне, мы не знаем. Но в 1904 г. она уехала в Швейцарию и поступила на физический факультет Женевского университета, специализируясь в геологии, петрографии и минералогии. Летние каникулы она проводила в экспедициях на Кавказе. В 1910 г. защитила докторскую диссертацию «О лакколитах Пятигорска». Ее научные работы, опубликованные в те годы в Женеве, имели широкую известность. В 1910 г. ее пригласили в Геологический комитет России.

Вера Михайловна долгие годы — более 30 лет — оставалась единственной в Геолкоме женщиной-геологом такого ранга. Это было признание, честь, вызов. Ее коллегами были выдающиеся геологи с мировым именем: В.Ф.Чернышев и А.П.Герасимов, В.Н.Вебер и П.П.Латугин, В.К.Котульский и А.Н.Криштофович, Я.М.Эдельштейн

и многие другие. 7-го января 1911 г. Дервиз приняла в действительные члены Императорского петербургского минералогического общества. Она была одной из нескольких женщин среди 292 членов Общества. В 1918 г. она стала членом Присутствия, а в январе 1921-го ее избрали адъюнкт-геологом. Тогда в штате Геолкома числился 41 геолог — все мужчины и 27 адъюнкт-геологов, среди которых единственная женщина — Дервиз. С 1926 г. она исполняла должность старшего геолога, что по рангу соответствовало профессору. Без сомнения, она была в то время и наиболее известным из женщин петрографом².

В хрониках Геолкома Дервиз — почти невидимка. Она бывала лишь на тех заседаниях, где утверждались планы, сметы, отчеты. Почти не выступала. С 1926 г. дирекция перестала выбирать ее, а назначалась правительством, реформы пошли вразрез со здравым смыслом. В марте-апреле 1927 г. 35 ведущих геологов подписали письмо-протест, отказываясь участвовать в выборах фиктивного ученого совета. Среди них была подпись Веры Михайловны. Приказом директора от 28 апреля 1927 г. старшему геологу Дервиз предложили вернуться к исполнению должности рядового геолога.

В Геолкоме Вера Михайловна безотказно выполняла любое задание, обнаружив высокий профессионализм в различных областях геологии. Она занималась разведкой, детальной съемкой, подсчетом запасов руд, бурением, производством горных и топографических работ, организацией магнитометрических исследований. Эти не женские работы ей приходилось вести в диких, малодоступных райо-

¹ Соловьева Т.А. Фон-Дервизы и их дома. СПб., 1995.

² См.: Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Успехи петрографии в России. СПб., 1923.

нах, без скидки на трудности бездорожья, разрухи, революции, гражданской войны. Задачи, стоявшие перед геологами, усложнялись и недостатком кадров, и огромными размерами неисследованных территорий. По данным Геолкома¹, в 1921 г. их размеры достигали на одного геолога в России 235.8 тыс. км², в то время как во Франции — 20 тыс. км², в США — 16 тыс. км², в Англии — 7 тыс. км².

В 1916 г. Дервиз исследовала месторождения полиметаллов в горной Осетии и опубликовала результаты в «Известиях Геолкома» за 1917 г. Летом того же года выехала на полевые работы в Уссурийский край. Ей предписывалось «первоначальное исследование многих совершенно еще не изученных железорудных месторождений Приморской области» с требованием «приложить усилия к достаточно широкому и скорому геологическому и горному исследованиям названных месторождений с обязательным магнитометрическим изучением»². Об этих местах имелись отрывочные сведения. Лишь в 1878 г. туда приехали лесничий и фельдшер, а до этого обязанности учителя, врача и судьи исполнял пристав. К 1908 г. в маленьком поселке, отрезанном бездорожьем от остальной части края, стояла деревянная церквушка и переселенческая больница. Население, разоренное войной, разбежалось, дома заколотили. Припасы первой необходимости — керосин, мыло, свечи, чай, сахар — нельзя было достать ни за какие деньги. Кроме мирных добытчиков — китайцев и корейцев — в тайге встречались «промышленники», не брезговавшие ни зверем, ни человеком. В опубликованных позже результатах

Вера Михайловна ни словом не упоминает об условиях и обстоятельствах, в которых она работала. Запланированная Геолкомом на 1918 г. экспедиция на Хинган не состоялась — вместо этого Дервиз производила геологическую съемку на Урале, исследуя золоторудные месторождения. 1919-й год для Геолкома, как и для всей России, был крайне тяжелым. Известия тех лет полны горьких упоминаний о погибших геологах: убитых, захваченных в плен, пропавших без вести, умерших от болезней и голода³. Из 17 геологов, выехавших в районы Урала, Сибири и Туркестана и отрезанных там фронтами гражданской войны, 16 не вернулись в Петроград, среди них и Дервиз. Оказавшись в Томске, она получает очередное задание: «...командируется на 5 месяцев в Баян-Аульский рудный район Киргизской степи для продолжения съемки с детальным исследованием рудных месторождений». В тот год она успешно исследовала месторождения Александровское и Анненское (Семипалатинская обл.).

Позже основным районом исследований Веры Михайловны стал Урал. В полевые сезоны с 1923 по 1928 г. она вела расчистку и расшурфовку площадей для картирования тел магнитного железняка, консультировала геологов, определяя места скважин бурения, давала указания по составлению планов и подсчитала запасы коренных руд Благодатского месторождения⁴. В 1927 г. ей предстояло провести детальную геологическую съемку месторождения и организовать работу девяти топографических партий. В 1931 г. в ходе «чистки» Геолкома (преобразованного в Центральный научный геологоразведочный институт)



Фото 1944 г. (Из архива О.В.Дервиза.)

Дервиз «децентрализовали» — перевели в Уральское отделение института. Она переехала в Свердловск, где до 1935 г. продолжала изучать крупнейшие уральские железорудные месторождения. Выйдя на пенсию, Вера Михайловна вернулась в Ленинград, работала по трудовым соглашениям в тресте «Главмедь», в Академии наук, в Главцветметразведке, в НИИ коммунального хозяйства. Написала ряд работ по рудным месторождениям, геологии и петрографии. Перед самой войной по своей инициативе изучала важное в оборонном отношении комплексное железо-медно-титано-ванадиевое Волковское месторождение на Урале и передала результаты в Академию наук. В войну, оставаясь в блокадном Ленинграде, исследовала месторождения строительных материалов для нужд обороны города. В 1944 г. ее наградили медалью «За оборону Ленинграда». Тогда же академики В.А.Обручев, П.И.Степанов, А.Н.Заварицкий и Д.С.Белянкин, подчеркивая исключительную научную

¹ Клеопов И. Л. Геологический комитет (1882—1929). М., 1964. С.175.

² Арсеньев В. К. По Уссурийскому краю. Хабаровск. 1921.

³ Известия Геолкома. 1919. Т.38. №1—10. С.6, 7, 154.

⁴ Вестник Всероссийского Геологоразведочного объединения. 1925. №1—5. С.71.

и практическую ценность выполненных ею на протяжении жизни исследований, ходатайствовали перед ученым советом Геологического института Академии наук о присуждении Дервиз степени доктора геологических наук.

Вера Михайловна не создала своей семьи. Получив должность, она смогла помогать родным. Московский кузен, художник Владимир Дмитриевич Дервиз, вспоминал, что в период полного безденежья его выручала Вера Михайловна. Всю жизнь поддерживала она и младшего, самого близкого брата — Валериана.

Шли годы заполненные работой... Родных оставалось все меньше — не прошла даром принадлежность к роду фон Дервизов. В 1943 г. умер брат Валериан. Рядом с Верой Михайловной во время блокады оставались сестра Нина Михайловна и племянница Тося. В одной с ними квартире жил будущий геолог А.М.Афанасьев. Его детская память сохранила облик высокой женщины с надменной «барской» осанкой, в длинном коричневом ратиновом пальто, с зычным, почти мужским голосом. Входя в квартиру, она сразу овладевала общим вниманием и говорила то, что думала, — это было непривычно и воспринималось с тревогой. В переписке с родственниками

она предстает человеком упорным, прямолинейным, властным и требовательным.

Племянник Веры Михайловны — сын Валериана Михайловича — единственный, кто хорошо ее помнит. Вернувшись школьником из эвакуации в Ленинград, он стал часто бывать у тетки.

Он рассказал: «Она мне запомнилась с первого посещения поздней осенью 1944-го. Высокого роста, плотная, с усами, коротко стриженная, почти седые волосы». Вера Михайловна жила на Миллионной, в бельэтаже дома на углу Мраморного переулка, в коммунальной квартире с окнами на Петропавловскую крепость. У нее была большая комната. И огромные окна. И в них (в 1944г.!) сохранились цельные, зеркальные стекла. Комната была невероятно заставлена мебелью и ящиками с геологическими коллекциями. Работать дома из-за темноты и холода было невозможно, и она — как многие в то время — ходила в библиотеку Дома ученых. (Тогда этот особняк на Дворцовой набережной был местом притяжения многих оставшихся в Ленинграде или возвратившихся из эвакуации ученых. Дом освещался и отапливался, в столовой варили суп из шпрот, в Дубовом зале стояли раскладушки.)

Однажды в библиотеке острая на язык Вера Михайловна рассказала анекдот. 20 октября 1945 г. ее арестовали, а в феврале 1946 г. «за контрреволюционную пропаганду» приговорили трибуналом к десяти годам трудовых лагерей, с лишением всех прав и конфискацией имущества⁷. Дервиз отправили в тюрьму для политзаключенных. До 1949 г. она оставалась там, лежала в тюремной больнице. В 1950-м ее перевели в какой-то лагерь. Письма оттуда были страшные.

Имя этой выдающейся женщины надолго исчезло из всех материалов о Геолкоме. Нет упоминания о ней и в книге о первых женщинах-геологах⁸, изданной в 1979 г. Но хочется надеяться, что конфискованные при ее аресте книги, дневники, записные книжки существуют, и мы еще узнаем что-то о ее жизни.

Автор благодарит за поддержку Фонд Джона и Кэтрин Макартуров (раздел инициативных проектов); за помощь в сборе материалов — Т.А.Соловьеву, О.В.Дервиза, Т.Е.Дервиз, Г.Г.Дервиза, Е.М.Заболоцкого. ■

⁷ Ремизовский В. И. Геолог Вера Михайловна Дервиз // Дальневост. геолог. 1992. №4.

⁸ Наливкин Д. В. Наши первые женщины-геологи. Л., 1979.

ПРИРОДА

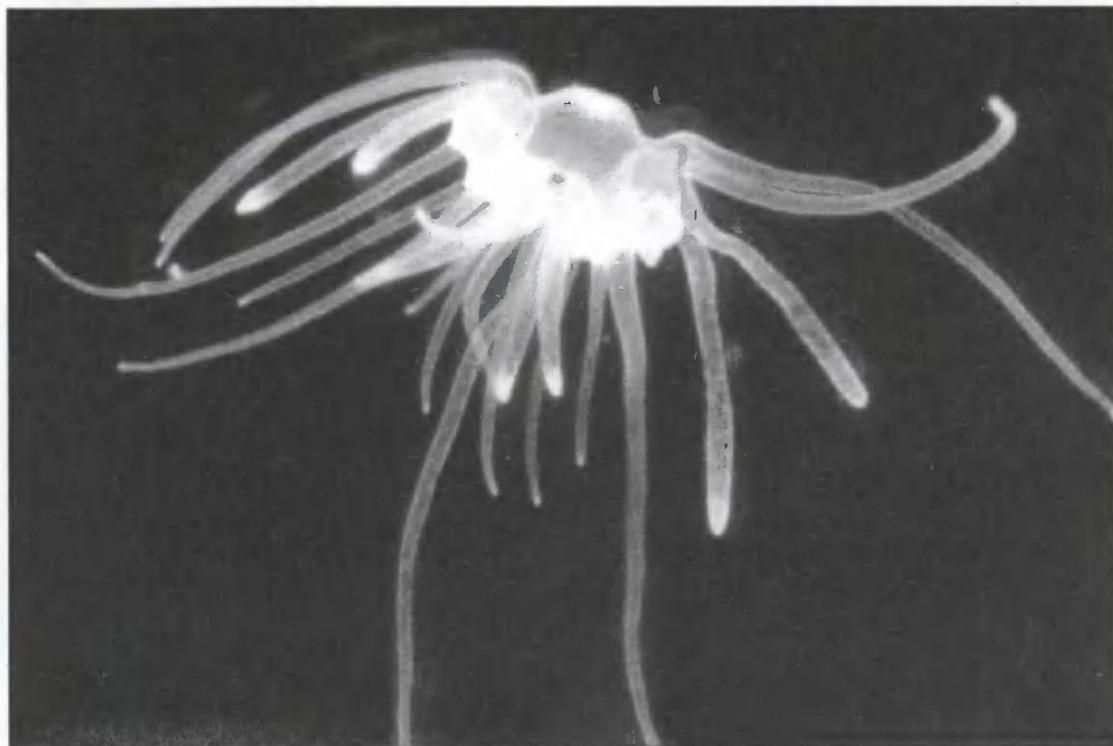
Над номером работали
Ответственный секретарь

Ю. К. ДЖИКАЕВ
Научные редакторы
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
Е. Е. БУШУЕВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
О. Ф. ЛАЗАРЕВА
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

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 06.06.2000
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 3701
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП
типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6



Чтобы представить, как выглядят книдарии, достаточно вспомнить о знакомой из школьного курса биологии пресноводной гидре или встреченных в море медузах. Однако книдарии не только свободноживущие, но и паразитические животные, среди которых полиподий – настоящий гурман. Живет он внутри икринок осетровых рыб, да еще и в вывернутом наизнанку положении. Необычного в его образе жизни немало. И хотя обнаружен полиподий более века назад, ученые до сих пор ломают голову, изучая этого загадочного внутриклеточного паразита.

Райкова Е.В., Напара Т.О., Ибрагимов А.Ю.
ЗАГАДОЧНАЯ ПАРАЗИТИЧЕСКАЯ КНИДАРИЯ

