

ПРИРОДА

2001 3



В НОМЕРЕ:**3** **Малинецкий Г.Г.****Новый облик нелинейной динамики**

Нам не всегда удастся предсказать поведение даже простых объектов - будущее скрывается в «динамическом хаосе». Возможно ли вообще долгосрочное прогнозирование нелинейных систем?

13 **Пушаровский Ю.М.****Глубины Земли:
строение и тектоника мантии****16** **Ратнер В.А.****Молекулярно-генетическая система
управления**

Успехи молекулярной генетики в изучении всевозможных геномов привели к развитию компьютерных методов, необходимых для извлечения генетической информации из моря данных.

23 **Вартанян И.А., Андреева И.Г.****Шум: во благо или во вред?**

Выяснилось, что шумы не только мешают восприятию звуковых сигналов и отрицательно влияют на состояние человека, но иногда могут быть и полезны.

Калейдоскоп**29**

Солнечная электростанция станет туристическим объектом (29). - Как сохранить луизианские болота? (29). - Спасти историю от затопления (30).

Научные сообщения**31** **Гилярова К.А.****Лингвисты используют
молекулярную биологию****33** **Рогачев К.А.****Полынья на банке Кашеварова**

Участки открытой воды образуются зимой в центре затянутого льдом Охотского моря из-за исключительно сильного приливного перемешивания над банкой.

Заметки и наблюдения**39** **Несис К.Н.****Кто любит пиво,
а осьминог - бутылку от пива****Булавинцев В.И.****Корольки (42)****Вести из экспедиций****44** **Пейве А.А.****Разломы дна Центральной
Атлантики****48** **Богашова Л.Г.****Роль галогенеза и гравитации в
формировании месторождений
полезных ископаемых****Научные сообщения****54** **Вибе Д.З.****Проект Ошеломляюще большого
телескопа****56** **Киселев Ю.Н., Колотова М.А.****Брыкин Бор****Возвращение****61****СЭР БОРИС П. УВАРОВ**

Основоположник современного учения о саранчовых, Уваров сумел организовать интернациональную армию, спасшую целые страны от опустошения и голода.

Крыжановский О.Л.**Полководец противосаранчовых
армий (61)****Гиляров А.М.****Воспоминания вместо предисловия
(66)****Диалог с А.А.Любищевым (69)****Из переписки с В.И.Вернадским (73)****Новости науки****78**

Готовится смена «Хаббл» (78). - Что происходит за спиной у Солнца? (78). - Новые спутники Сатурна (79). - Тонка ли «талия» у Клеопатры? (80). - Плутон и Харон: неожиданные новости (80). - «Бродячий» вулкан на Ио (81). - Проект исследования облаков «CloudSat» (81). - Еще один опасный парниковый газ (82). - Как избавиться от «ненужных» денег? (82). - Эль-Ниньо и судьба коралловых рифов. Несис К.Н. (82). - Противобраконьерные «ежи» вполне надежны (83). - Возраст индийских базальтов (84). - Пути следования ураганов (84). - Область уникального микроклимата на Памире. Каабак Л.В., Сочивко А.В. (85). - Почему островитяне Тихого океана утратили гончарное искусство? (85). Коротко (41).

Рецензии**86** **Александров В.М.****Справочная литература по
интегральным уравнениям****Новые книги****88****Встречи с забытым****90** **Богданов В.В.****«Колумб Русский»**

Неизвестные страницы биографии командора Алексея Чирикова

CONTENTS:

3 Malinetskii G.G.

Nonlinear Dynamics in a New Light

We are not always able to predict the behavior of even simple objects: the future is hidden in dynamic chaos. Is it possible in general to make long-term predictions for nonlinear systems?

13 Pushcharovsky Yu.M.

The Earth's Interior: Mantle Structure and Tectonics

16 Ratner V.A.

Molecular Genetic Management System

Advances in molecular genetic research on various genomes have led to the development of computer methods required to extract genetic information from huge amounts of data.

23 Vartanyan I.A. and Andreeva I.G.

Noise: Good or Bad?

It has been found that noise not only binds the perception of sound signals and has a bad effect on humans, but can occasionally be beneficial.

Kaleidoscope

29

A Solar Power Plant Will Be a Tourist Site (29). — How to Preserve Louisiana Swamps? (29). — To Save History from Flooding (30).

Scientific Communications

31 Guiliarova X.A.

Linguists Use Molecular Biology

33 Rogachev K.A.

A Polynya over the Kashevarov Bank

Areas of open water form in the winter in the center of the ice-covered Sea of Okhotsk because of the exceptionally strong tidal mixing over this bank.

Notes and Observations

39 Nesis K.N.

Some Like Beer, and the Octopus Likes the Beer Bottle

Bulavintsev V.I.

Kinglets (42)

News from Expeditions

44 Peyve A.A.

Central Atlantic Fracture Zones

48 Bogashova L.G.

The Role of Halogenesis and Gravity in the Formation of Ore Deposits

Scientific Communications

54 Wiebe D.S.

Overwhelmingly Large Telescope Project

56 Kiselev Yu.N. and Kolotova M.A.

Brykin Pine Forest

Comeback

61

SIR BORIS P. UVAROV

The founder of the modern theory of Acrididae, Uvarov managed to organize an international army that saved whole countries from devastation and famine.

Kryzhanovskij O.L.

The Commander of Antilocust Armies (61)

Ghilarov A.M.

**Memories in Lieu of a Preface (66)
A Dialogue with A.A. Lyubishchev (69)
From Correspondence with V.I.
Vernadsky (73)**

Science News

78

A Successor to the Hubble Telescope in the Making (78). — What Is Going on behind the Back of the Sun? (78). — New Satellites of Saturn (79). — How Slim Is Cleopatra's Waist? (80). — Pluto and Charon: Unexpected News (80). — A Wandering Volcano on Io (81). — CloudSat Project to Study Clouds (81). — One More Hazardous Greenhouse Gas (82). — How to Get Rid of Used Money? (82). — El Niño and the Fate of Coral Reefs. Nesis K.N. (82). — Antipoacher Barriers Are Quite Reliable (83). — The Age of Indian Basalts (84). — The Paths Taken by Hurricanes (84). — An Area of Unique Microclimate in the Pamirs. Kaabak L.V. and Sochivko A.V. (85). — Why Pacific Islanders Lost the Art of Pottery (85). — In Brief (41).

Book Reviews

86 Aleksandrov V.M.

Reference Literature on Integral Equations

New Books

88

Encounters with the Forgotten

90 Bogdanov V.V.

**Russian Columbus
Unknown Pages in the Biography
of Commodore Aleksei Chirikov**



Новый облик нелинейной динамики

Г.Г.Малинецкий

Конец главы

Правильнее будет сказать, что для данной точности (сколь угодно большой, но конечной) можно всегда указать такой промежуток времени, для которого становится невозможным сделать предсказания. И этот промежуток (и в этом вся соль) не так уж велик.

«Фейнмановские лекции по физике»

Эта сказка имеет счастливое начало. В своем известном рассказе «И грянул гром» (1963) Р.Брэдбери по сути сформулировал идею динамического хаоса. Напомним, что там речь шла о сафари во времени. Чтобы не нарушить сложную ткань причинно-следственных связей и не изменить будущее, следовало двигаться по специальным тропам и охотиться только на животных, которым суждено скоро умереть. Однако это условие было нарушено, и один из героев нечаянно раздавил золотистую бабочку. После возвращения оказалось, что изменились состав атмосферы, правила правописания и итог предвыборной кампании. Едва заметное движение повалило маленькие костяшки домино, те повалили костяшки побольше, и, наконец, падение



Георгий Геннадьевич Малинецкий, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора Института прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН. Занимается математическим моделированием различных процессов, описываемых в рамках нелинейной динамики.

гигантских костяшек привело к катастрофе. Отклонения от исходной траектории, вызванные раздавленной бабочкой, стремительно нарастали (см. рис.1). Малые причины имели большие следствия. Математики называют это свойство чувствительностью к начальным данным.

В том же 63-м году мысль о принципиальной ограниченности нашей способности предсказывать (или, как сейчас говорят, о существовании горизонта прогноза, или пределов предсказуемости) даже

в мире, который идеально описывается классической механикой, высказал лауреат Нобелевской премии Р.Фейнман. Для существования горизонта прогноза не нужно, чтобы «Бог играл в кости», добавляя в уравнения, описывающие нашу реальность, какие-то случайные члены. Не надо опускаться на уровень микромира, на котором квантовая механика дает вероятностное описание Вселенной. Объекты, поведение которых мы не можем предсказывать на достаточно большие времена,

© Г.Г.Малинецкий

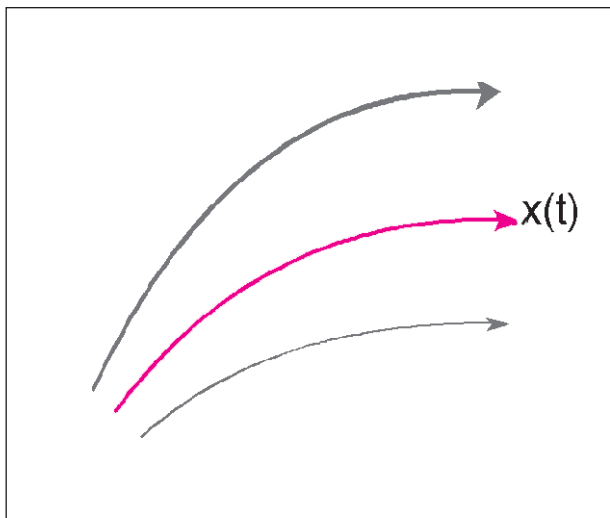


Рис.1. Любая динамическая система определяет траекторию в фазовом пространстве, например такую, как показана цветом. Динамический хаос — результат того, что соседние траектории удаляются от нее. Из-за этого малые причины могут иметь большие следствия.

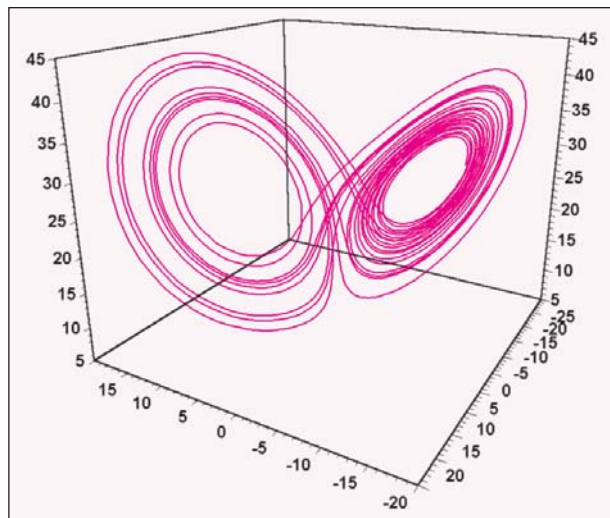


Рис.2. Такая картина, полученная на компьютере, убедила Э.Лоренца, что он открыл новое явление — динамический хаос. Этот клубок траекторий, называемый сейчас аттрактором Лоренца, описывает неперриодическое движение. Движение в этом случае не станет периодическим, сколько бы мы ни ждали. (Периодическому движению соответствует замкнутая траектория.)

могут быть очень простыми. Таковы, например, незамысловатые системы маятников с магнитиками, которые сейчас продаются во многих лавках как произведения «динамического искусства» («dynamic art»).

То, что чувствительность к начальным данным ведет к хаосу, понял — и тоже в 1963-м! — американский метеоролог Э.Лоренц. Он задался вопросом: почему стремительное совершенствование компьютеров не привело к воплощению в жизнь мечты метеорологов — достоверному среднесрочному (на две-три недели вперед) прогнозу погоды? Лоренц предложил простейшую модель, описывающую конвекцию воздуха (она играет важную роль в динамике атмосферы), просчитал ее на компьютере и не побоялся всерьез отнестись к полученному результату. Этот результат — возникновение динами-

ческого хаоса, неперриодического движения в детерминированных системах (т.е. в таких, где будущее однозначно определяется прошлым), имеющего конечный горизонт прогноза [1,2].

С точки зрения математики можно считать, что любая динамическая система, что бы она ни моделировалась, описывает движение точки в пространстве, называемом фазовым. Важнейшая характеристика этого пространства — его размерность или, попросту говоря, количество чисел, которые необходимо задать для определения состояния системы. В принципе не так уж и важно, что это за числа — количество рысей и зайцев на определенной территории, переменные, описывающие солнечную активность или кардиограмму, или процент избирателей, до сих пор поддерживающих президента. Если считать, что точка, двигаясь в фазовом

пространстве, оставляет за собой след, то динамическому хаосу будет соответствовать клубок траекторий. Например, такой, как на рис.2. Здесь размерность фазового пространства всего 3. Для таких клубков другие классики нелинейной науки Д.Рюэль и Ф.Такенс в 1971 г. придумали красивое название — странный аттрактор.

Будучи собраны воедино, отдельные модели, компьютерные эксперименты, наблюдения создали чарующую картину. Среди фрагментов этой мозаики находим пророчество А.Пуанкаре о том, что в будущем можно будет предсказывать новые физические явления, исходя из общей математической структуры описывающих эти явления уравнений. Компьютерные эксперименты превратили эту мечту в реальность. Другой фрагмент — усилия теоретиков, обосновавших статистичес-

кую физику и показавших, почему и как о движении, о динамике можно говорить на вероятностном языке. Важный элемент мозаики — появившийся в 80-е годы междисциплинарный подход: нелинейная динамика. Динамический хаос стал одним из китов, на котором она стоит.

80-е годы — эпоха безудержного оптимизма и эйфории. Представления о динамическом хаосе позволили в ряде случаев диагностировать серьезные заболевания по данным об электрической активности сердца с помощью довольно простых компьютерных программ. Экономические прогнозы, опирающиеся на представления о хаосе и странных аттракторах, стали отраслью индустрии. Нельзя не вспомнить о «нелинейных журналах» — «Physica D», «Chaos», «Nonlinearity», «Physical Review E», «Прикладная нелинейная динамика» и пр.

Блестящим успехом стало открытие сценариев перехода от порядка к хаосу. Неважно, какими уравнениями описывается система — в нашем мире есть всего несколько универсальных сценариев. Они не зависят от того, открываем ли мы кран, глядя, как плавный упорядоченный поток превращается в хаотический, турбулентный, или доливаем раствор в пробирку, где идет хаотическая химическая реакция, позволяющая любоваться причудливой игрой цветов. За многообразием обнаружилось внутреннее единство. Казалось, еще немного и — открываются двери в сказку...

Но этого не произошло. Прекрасный принц не примчался к Золушке. Герда не нашла Каю. Рыцарь не победил дракона. На состоявшейся недавно конференции «Хаос-98» в Саратове было много блестящих докладов. Как и положено в эпоху постмодерна, в них было много деталей, тонко-

стей, отголосков предыдущих эпох, прожитых нелинейной динамикой. Конечно, все это радует душу профессионалов, но рассказывать о полученных результатах непосвященному становится все труднее. Поэтому серьезные исследователи в кулуарах обсуждали, как сделать так, чтобы их научное сообщество не превратилось в «секту динамического хаоса» или «клуб нелинейных динамиков».

Эта глава нелинейной динамики закончилась. Надо перевернуть страницу, подумать и начать писать дальше.

Что за наукой постмодерна?

Игру в бисер тоже не забудут, но исчезнет она безвозвратно, и те, кому случится потом изучать ее историю, ее возникновение, расцвет и конец, будут вздыхать и завидовать нам.

Г.Гессе. «Игра в бисер»

Оказавшись в тупике и разыскивая путь, естественно взглянуть на весь ландшафт сверху. Итак, спросим себя: что в XX в. общество ждало от фундаментальной науки, от «игроков в бисер»? Какие задачи оно ставило перед исследователями? По-видимому, главных задач — сверхзадач — было три.

Первая — создание меча и, соответственно, щита. Для этого доказывались теоремы, строились изящные теории, проводились расчеты и ставились опыты. Однако, вероятно, эта сверхзадача в большой степени исчерпана. Гонку вооружений в нашем мире сменила гонка разоружений. По оценкам, убийство каждого человека во время операции «Буря в пустыне» обошлось державам коалиции, взявшимся наводить порядок, более чем в 1 млн долл. Человечество почувствовало себя не настолько богатым, чтобы позволить себе воевать.

Вторая задача — создание новых товаров. Но и здесь стал виден край. Можно поставить на полку в универсаме десять сортов пива, можно тысячу, а миллион уже нет. Ресурсов не хватит. Чтобы развивающаяся страна начала жить по стандартам развитых, им надо увеличить добычу невозполнимых ресурсов в 70—250 раз (для разных видов сырья этот показатель неодинаков), а тогда они будут быстро исчерпаны. Поэтому все чаще речь идет не о новых товарах и технологиях, но о том, чтобы делать то же самое быстрее и дешевле. Это уже не сверхзадача.

Третья проблема — построение научной картины мира. Тут дела обстоят совсем не благополучно. Античная наука имела дело не только с теоремами и доказательствами, но и со смыслами и ценностями. XX в. разделил исследователей на две категории. Одних он превратил в ремесленников, которые могут многое сделать, но очень задумываясь над вопросом, следует ли этим заниматься. Других — в специалистов по общим истинам, не различающих тех частных, к которым эти истины относятся. Пропасть между двумя культурами — естественнонаучной и гуманитарной, о которой с тревогой говорил 40 лет назад писатель и физик Ч.Сноу, так и не удалось преодолеть.

Быть может, сбывается мрачное пророчество одного из отцов квантовой механики Е.Вигнера о том, что наука имела начало и будет иметь конец? Причем достаточно скорый. Во-первых, потому, что следующее поколение фундаментальных теорий будет интереснее все меньшему числу людей. Во-вторых, потому, что рушатся надежды на построение огромного здания науки, в котором этажи, закоулки, подвалы и чердаки каким-то образом соединены друг с другом. Хотелось бы,

находясь в одной части здания, зная, что при большом желании всегда можно попасть в другую. Пока это невозможно.

Поэтому, чтобы сохранить Игру, игрокам в бисер, вероятно, надо спуститься в мир и посмотреть на те задачи, которые волнуют простых смертных. Посмотрим на них и мы, обращая внимание на роль, предназначенную на этих подмостках Хаосу.

В качестве первой сверхзадачи можно назвать альтернативную, или теоретическую историю. В России сейчас меняется не политическая траектория, не лидеры и партии. Меняется не экономическая траектория, не курс доллара. Меняется не социальная траектория, в результате чего громадные слои населения становятся «ничем». Речь идет о большем. Об изменении исторической траектории. И поскольку выбирать приходится между плохим и очень плохим, важно представлять, что нас ждет в одном, в другом, в третьем случае.

Естественные науки не имеют техники для такого анализа. Их про это просто не спрашивали. Гуманитарные науки имеют слишком много подходов, прекрасно согласующихся с тем, что пишут в газетных передовицах, и тем, что нужно для ближайших выборов. А опираться, как говорил Наполеон, можно только на то, что оказывает сопротивление.

Поэтому речь идет о разработке междисциплинарного подхода, позволяющего анализировать альтернативные исторические траектории и долговременные последствия принимаемых решений. Роль динамического хаоса и компьютерных технологий здесь принципиальна. В нынешнем быстро меняющемся мире горизонт прогноза резко сократился. Если раньше и в странах с плановой,

и в странах с рыночной экономикой имели дело с пятилетними планами, то сейчас трудно планировать даже на полгода. В мире стало много «быстрых денег», которые могут быть вложены в проекты, дающие немедленную прибыль, и мало «медленных». Но с другой стороны, чтобы плыть по реке, тем более, бурной, надо видеть другой берег или какие-то надежные ориентиры. Большой корабль безопасно может совершать только достаточно медленные повороты. Эволюция имеет много преимуществ перед революцией. Поэтому грядущие перемены следует предупредить и готовиться к ним. Компьютерные технологии позволили создать огромные базы данных. Осталось понять, что с большинством из них делать. Важно, чтобы они «сыграли» не только в сиюминутных компьютерных делах, но и в той крупной игре, в которую сейчас вовлечена наша цивилизация.

Другую сверхзадачу часто называют нейронаукой. Человек оказался совсем не тем, кем представлялся Просветителям. Они полагали, что знание позволит действовать разумно. Однако XX в. показал, что высокий технический уровень, огромный объем перерабатываемой информации не избавляет общество от войн, конфликтов, терроризма.

Но человек оказался загадкой не только в социальном, но и в техническом смысле. Скорость передачи информации в нашей нервной системе в миллион раз ниже, чем в персональном компьютере. Время срабатывания нервной клетки — нейрона — также в миллион раз превышает время такта персоналки. Очевидно, что при анализе работы мозга речь должна идти о других принципах, отличных от простейших компьютерных парадигм.

Важно отдавать себе отчет,

что мы в этой области пока не умеем отвечать на простейшие вопросы. Где и как организовано хранение информации? Каковы алгоритмы, по которым мы ее редактируем и забываем? Почему младенец без труда отличает кошку от собаки, в то время как для компьютера это пока непосильная задача?

Нейронаука ищет ответы на эти вопросы на стыке вычислительной техники, когнитивной психологии, нейробиологии, нелинейной динамики. Роль хаоса здесь представляется очень важной. Головной мозг, как и многие другие системы организма, работает в хаотическом режиме. Недавно появившаяся теория управления хаосом говорит, что это дает нам множество интересных возможностей. Кроме того, нелинейщики активно учатся анализировать энцефалограммы. Но это лишь тусклый отблеск тех успехов, которые понадобятся в будущем.

Третья сверхзадача для науки XXI в. пока не имеет короткого и красивого названия.

Условно говоря, это теория риска и безопасности. В полный рост проблема встала лет 15 назад, хотя ее появление предсказывал еще в 60-х годах С.Лем в книге «Сумма технологий». Фома Аквинский, обсуждая основы современного ему средневекового общества, создал труд «Сумма теологии». Мы живем в технологической цивилизации. В основу вместо теологии положены технологии.

Посмотрим на достигнутое со скромностью и смирением, как советовал Фома. Наши технологические успехи действительно весьма скромны. Трехкратное повышение урожайности зерновых в этом веке было оплачено увеличением потребления энергии в 100 раз на каждую тонну зерна. Все опаснее становится обслуживающая нас инфраструктура. Произошли катастрофы на

атомных станциях, надежность которых еще недавно оценивали как одну аварию в миллион лет. Число аварий на магистральных трубопроводах в России растет примерно в полтора раза каждые два года. За последние 30 лет число природных и техногенных бедствий с большим экономическим ущербом возросло вчетверо.

Б.Гейтс назвал глобальную систему телекоммуникаций «информационной нервной системой». Без нее сейчас немислимо существование фондовых рынков. Но у этой системы есть свои болезни. В России это особенно понятно, поскольку в последнее время большинство наших сограждан стало, как минимум, вдвое беднее. Мы живем в посткатастрофическом мире.

Ну и что? Казалось бы, это техническая, в лучшем случае – прикладная задача. Но это не так. На Физтехе первокурсникам объясняют, что все проблемы делятся на научные и технические. Технические заведомо имеют решение. Дело только в том, сколько оно стоит, кем и как оно будет получено. А научные проблемы могут как иметь решение, так и не иметь. Так вот, будущее нашей технологической цивилизации стало научной проблемой. Мы вступили в далекую критическую область параметров, где еще никогда не бывали.

Управление рисками, или Грозный мир восточных сказок

Да, человек смертен, но это было бы еще полбеды. Плохо то, что он иногда внезапно смертен, вот в чем фокус!

М.А.Булгаков.

«Мастер и Маргарита»
Лет 30 назад Фейнмана спросили: «Если бы завтра все живущие ныне физики погибли и от всех них в будущее можно было бы передать только одну фразу, что бы вы сказали?» Ответ был таков: «Весь мир состоит из атомов и пустоты. Остальное они додумают».

Если бы такой же вопрос сейчас был задан всем ученым, а не только физикам, вероятно, фраза оказалась бы иной: «Научитесь управлять рисками». Управление рисками — одна из важнейших технологий нашей цивилизации. Это магистральный путь прогресса — менять одни угрозы и опасности на другие. Например, опасность голодать и мерзнуть — на риск пожнать плоды заражения воды, земли, воздуха, связанные с работой тепловых или атомных станций. Возможность знать и видеть происходящее за тысячи километров, о чем не раз мечтали в сказках, оказалась связана с жизнью посреди информационного шума, среди рекламно-информационной свалки, океана лжи, слухов, домыслов.

Не надо думать, что здесь можно только плыть по течению, что «иного не дано», как еще недавно твердили нам политики. Иное дано. Швеция приняла решение отказаться от атомной энергетики как от слишком опасной технологии. В то же время во Франции, где более 70% электроэнергии производится на АЭС, многие рассматривают форсированное развитие этой отрасли как важнейший способ сохранения окружающей среды. Ставки в этой игре весьма высоки, и свобода маневра достаточно велика.

Глубокая связь между идеями нелинейной динамики и управлением рисками стала ясна недавно. Осознать ее помогла парадоксальная статистика аварий. Вспомним «Титаник», «Челленджер», Чернобыль, Тримайл, Бхопал... Каждая из этих крупнейших катастроф XX в. связана с длинной цепью причинно-следственных связей с «неблагоприятным стечением многих маловероятных случайных обстоятельств», как часто пишут в актах государственных комиссий. И в самом деле, вздумай злоумышленник специально сделать что-то подобное, ему пришлось бы трудно. При знакомстве с бедствиями не оставляет чувство, что нам просто очень не везет.

Что же является математическим образом этого «невезения»? Выше уже звучало слово

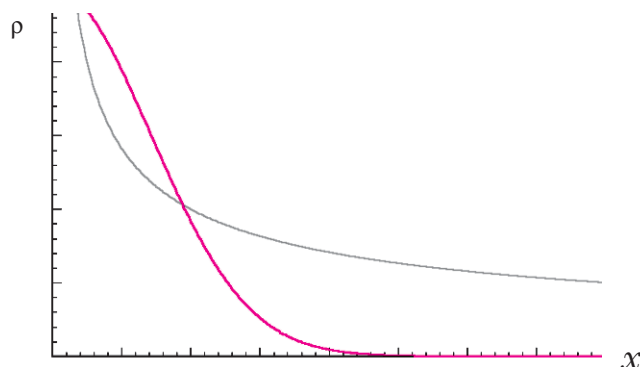


Рис.3. Классическим, привычным является гауссово распределение. В соответствии с ним большие отклонения настолько редки, что ими можно пренебречь. Однако статистика многих бедствий, аварий, катастроф описывается степенным законом (цветная кривая). В этом случае редкие катастрофические события сбрасывать со счета нельзя.

«случайность». «Король математиков», как его называли современники, К.Гаусс установил, что сумма независимых, одинаково распределенных случайных величин подчиняется вполне определенному закону (рис.3). Видно, что кривая быстро спадает, большие отклонения, в соответствии с этим законом, очень редки. Настолько, что ими можно пренебречь.

Простой пример: по этому закону распределен рост людей. Не знаю, как читателю, а мне трехметровых гигантов встречать не приходилось. Поэтому вероятностью такой встречи я с легким сердцем пренебрегаю.

Но есть и другой класс законов, которые называют степенными (цветная кривая на том же рисунке). Здесь «хвост» убывает гораздо медленнее, поэтому такие законы часто называют «распределениями с тяжелыми хвостами», и большими отклонениями тут пренебречь нельзя. Если бы по такому закону был распределен рост, то это был бы уже мир восточных сказок с 30-метровыми джиннами, ифритами, дэвами, которые вполне могли встретиться в жизни простых смертных.

Именно в мире восточных сказок мы обычно и оказываемся, сталкиваясь с бедствиями, катастрофами, авариями. Такова статистика землетрясений, наводнений, ураганов, инцидентов с хранением ядерного оружия, биржевых крахов, ущерба от утечки конфиденциальной информации, многих других невзгод. И защищаться от них нужно совсем иначе, чем от обычных «гауссовых аварий». Среди последних можно выделить проектные (иногда возникающие), запроектные (которые бывают совсем редко) и гипотетические аварии (настолько редкие, что ими можно пренебречь). А в случае «степенных бедствий» надо рассчитывать

на худшее. Думая о землетрясениях, нужно не надеяться на авось, а вести сейсмостойкое строительство. Другой пример: плотины Волжского каскада закрывают водохранилища, содержащие десятки кубических километров воды. Их разрушение может привести к возникновению волны в десятках метров высоты, что унесло бы сотни тысяч жизней. Такая вот гипотетическая авария.

Чтобы представить масштаб редких катастрофических событий, достаточно напомнить несколько эпизодов из истории XX в. При наводнении 1931 г. на р.Янцзы в Китае погибло 1,3 млн человек, при Тянь-Шаньском землетрясении в 1976 г. — около 650 тыс., при наводнении в Бангладеш в 1970 г. — более 500 тыс., а без крова осталось 28 млн человек.

Откуда же берутся степенные законы и грозный мир восточных сказок? Американские исследователи П.Бак, Ц.Танг и К.Вайзенфельд в 1978 г. высказали простую гипотезу: случайные воздействия на взаимодействующие динамические системы могут привести к лавине, т.е. позволить одним костяшкам доминино повалить другие.

Опасность в том, что динамические закономерности осложняются привносимой извне случайностью. Как сейчас говорят, эти явления происходят «на кромке хаоса». Это и стало основой теории самоорганизованной критичности — новой звезды нелинейной динамики. Среди ее приложений — описание поведения фондовых рынков, биологической эволюции, землетрясений, движения по автобанам, трафика сообщений через компьютерные сети и многое другое.

Теория управления рисками поставила перед специалистами по хаосу, компьютерному моделированию, работе

с большими массивами данных еще одну интересную задачу. Условно ее можно назвать анализом длинных причинно-следственных связей.

Начнем и здесь со сказки. В тридевятом царстве, в тридесятом государстве произвели полезный и безопасный, как тогда казалось, химический продукт для холодильников и аэрозольных баллончиков. Заводы построили, сеть сбыта организовали, прибыль получать начали. И вдруг оказывается, что разрушает хваленый продукт озоновый слой на высотах 10—20 км. И так ловко, что одна молекула чудо-вещества миллион озоновых в распыл пускает. А без озонового слоя в биосфере, если она, конечно, останется, наш биологический вид может оказаться лишним. И стали думать добры молодцы, по карману ли им отказаться от чудо-технологии...

Теперь несколько уточнений. Речь идет о хлорфторуглеводородах, или фреонах. Отказываться от них решили в Монреале в 1992 г. И обойтись это должно более чем в 12 млрд амер. долл. За незнание длинных причинно-следственных связей приходится платить очень дорого.

А есть и другие, гораздо более опасные связи. Мы оперируем сейчас такими временными и пространственными масштабами, с которыми никогда не имели дела раньше. Нужна техника, более того — даже индустрия компьютерного анализа, на выходе которого должно быть предупреждение о будущих угрозах. Чтобы дальше царствовать спокойно, нужен золотой петушок.

И еще, пожалуй, одна картинка, показывающая, что самые разные катастрофические события могут развиваться по одним законам — а это и загадка, и надежда на разгадку. Речь идет о сложно организованных иерархических системах. В частности, о фондовых

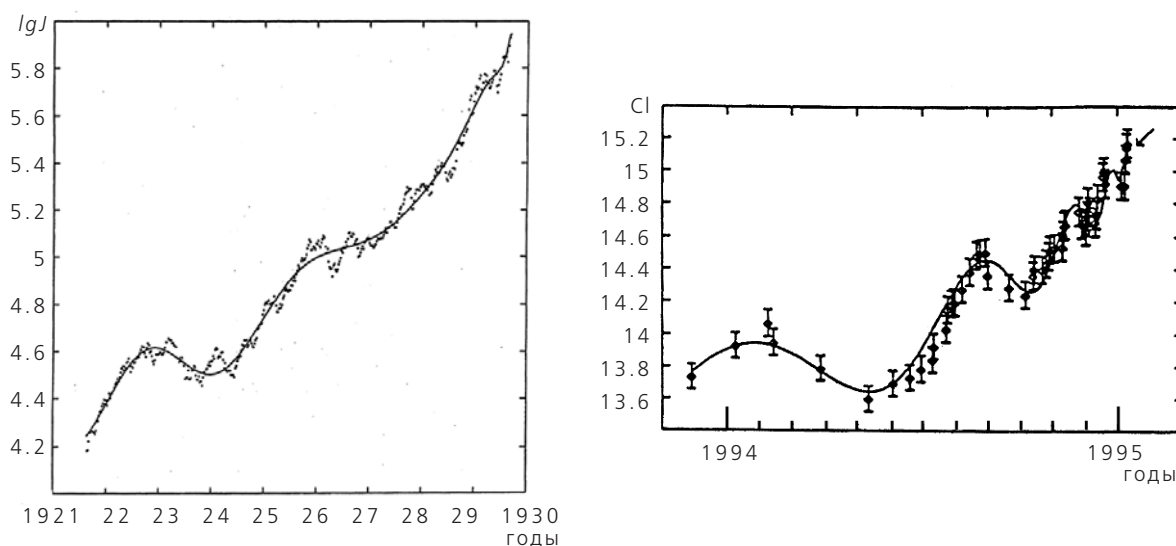


Рис.4. Сравните две кривые. Слева — зависимость логарифма индекса Доу—Джонса от времени перед Великой депрессией 1929 г. Справа — зависимость концентрации ионов хлора в родниках перед землетрясением 1995 г. в Кобе.

рынках и геологических объектах, отвечающих за сейсмическую активность.

На рис.4, слева, по оси ординат отложен логарифм индекса Доу—Джонса, одного из главных индикаторов состояния экономики, по оси абсцисс — время [3]. Здесь показан период перед Великой депрессией 1929 г. Справа — концентрация ионов хлора в родниках в период, предшествующий землетрясению в Кобе [4]. Обе кривые очень похожи, обе описываются с высокой точностью одной формулой. И видимо, за этим сходством кроется аналогия между механизмами обоих явлений, возможность перенести методы прогноза из одной области в другую. Возможно, это ключ к разгадке.

И еще одна задача. Допустим, что мы живем в 1927 г. и знаем, что ждет американцев через два года. Как уберечь людей от беды? Это проблема социума, направляемого развития, воздействия на общественное сознание.

Работа с информацией, основанная на компьютерных

технологиях, глобальные телекоммуникации — сегодня главные козыри при управлении риском. Во-первых, потому, что каждая катастрофа должна учить. В XX в. у каждой катастрофы были «предтечи» — аварии того же типа, но меньшего масштаба. И чтобы предупредить «премьеру», надо на основе скромной «репетиции» менять нормы, планы, правила игры в социуме и техносфере. Лучше вложить тысячу в прогноз и предупредить аварии, чем миллион в ликвидацию ее последствий. Во-вторых, информация и прогноз позволяют спасти тысячи жизней, сокращая время реагирования на события. В-третьих...

Впрочем, здесь надо остановиться. Работы, ведущиеся сейчас в Институте прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН и в ряде академических институтов по инициативе Министерства по чрезвычайным ситуациям, показали, что здесь есть огромное поле деятельности, на котором Хаос занимает ключевое положение.

Русла и джокеры

*Природа, чем она ни будь,
Но черт ее соавтор —
Вот в чем суть.*

И.В.Гёте. «Фауст»

Вернемся к динамическому хаосу. Спросим: если предсказывать, даже с помощью современных компьютерных технологий, так непросто, то как же нам удастся ориентироваться в нашем сложном и быстро меняющемся мире? Как удастся разумно действовать, не смотря на свой весьма скромный горизонт прогноза?

Сталкиваясь с различными задачами моделирования — от процессов лазерной термохимии и солнечного динамо до процессов исторических, — могу утверждать, что всех их объединяет необходимость находить параметры порядка в поведении сложных систем и составлять прогнозы.

Именно такой «тяжелой» системе и методам ее анализа и был посвящен грант РФФИ 97-01-00396, которым мне довелось руководить. Эта система описывает так называемую жесткую турбулентность — яв-

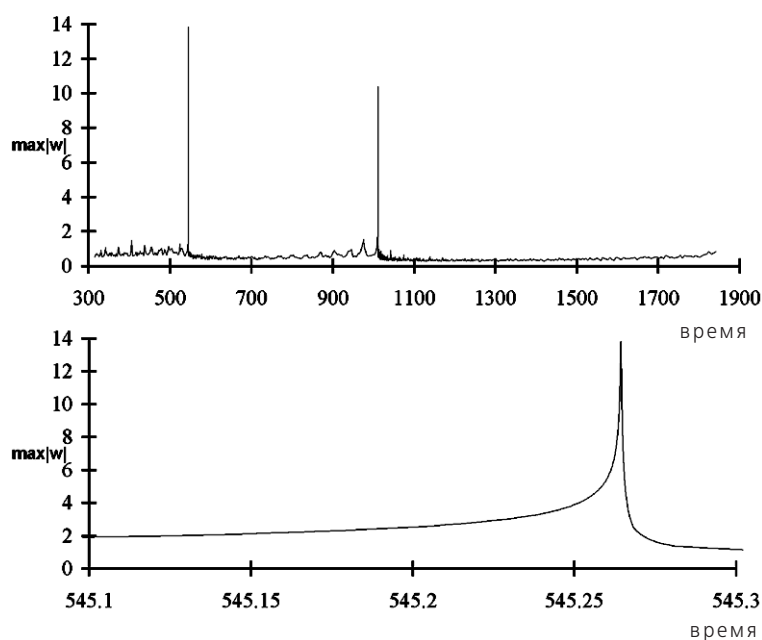


Рис.5. Возникновение и распад пика. Некая величина, характеризующая систему, внезапно резко возрастает и так же быстро спадает.

ление, при котором на хаотическом фоне иногда возникают гигантские всплески (рис.5). Почему? Можно ли объяснить это на пальцах? Можно ли предвидеть «катастрофу»? Явление жесткой турбулентности было открыто в 70-е годы в физике плазмы, и для него были выведены замечательные уравнения. Позже такие же уравнения использовались в теории ветровых волн на воде, в химической кинетике, в математической биологии и еще многих других областях. Однако ответов на поставленные вопросы не было.

В новой парадигме нелинейной динамики исследовавшаяся модель жесткой турбулентности может стать одной из основных. Дело не только в том, что это очень «неудобная задача» для вычислительного эксперимента — важные события разворачиваются в сокращающейся области пространства. Не только в том, что здесь есть малые параметры, роль которых очень велика. Не только в том, что возникающие структуры растут в режиме с обострением, при котором изучае-

мые величины за конечное время достигают бесконечных значений (такие режимы в Институте прикладной математики детально исследовались под руководством С.П.Курдюмова в связи с задачами теории горения и физики плазмы). Принципиально важен вопрос: можно ли это явление, описываемое весьма сложной системой уравнений для бесконечного числа степеней свободы, смоделировать предельно просто? Если да, можно надеяться, что удастся удачно упростить и в других случаях. Если нет... надо думать дальше.

Благодаря настойчивости и изобретательности С.В.Ершова и А.Б.Потапова был получен положительный ответ. Жесткую турбулентность удалось описать настолько просто, что численный анализ упрощенной системы сейчас можно поручить физтеху — второкурснику. В ходе работы мы смогли многие решения найти в аналитическом виде и с удовлетворением сравнить работу компьютера с тем, что получилось на бумаге.

Однако вернемся к общему вопросу — как все же удастся

что-то предсказывать, несмотря на небольшой горизонт прогноза? Попытки получить на него ответ, а с ним и алгоритмы прогноза, предпринимаются в создаваемой сейчас теории русел и джокеров.

Одним из ее авторов по праву может считаться известный финансист Дж.Сорос. В своей «Алхимии финансов» он выдвинул идею «информационной», или «рефлексивной», экономики. В соответствии с ней такие переменные, как «уровень доверия», «ожидаемые прибыли» и многие другие, характеризующие нашу «виртуальную реальность», играют ключевую роль в современной экономике. Именно они позволяют строить, а затем уничтожать величественные финансовые пирамиды, такие как МММ, «Чара», «Тибет», ГКО... Но именно эти переменные могут меняться скачком, что совершенно не характерно для математических моделей, построенных в естественных науках.

Другими словами, в фазовом пространстве многих объектов, с которыми мы имеем дело в жизни, есть места, на-

зываются областями джокеров, в которых случайность или игровой элемент, или фактор, не играющий никакой роли в другой ситуации, может оказаться решающим и не только повлиять на судьбу системы, но и скачком перевести ее в другую точку фазового пространства. Правило, по которому совершается этот скачок, и называется джокером. Название пришло из карточной игры. Джокер — карта, которой можно присвоить значение любой карты по желанию играющего. Понятно, что это резко увеличивает число вариантов и степень неопределенности.

Простой пример. Допустим, у нас с вами есть небольшой банк. И дела день ото дня идут все хуже. Да и как может быть иначе в эпоху кризиса? Пора принимать решение. Первое, наиболее естественное — организовать презентацию в отеле «Хилтон». Шумиха, журналисты, новые клиенты и возможности. Второе — поступить, как честные люди, и объявить о банкротстве. Наконец, подумать о семье и близких друзьях и улизнуть, прихватив всю оставшуюся наличность, чтобы с другого берега океана поучать местных реформаторов. Видим, что у нас вновь и вновь возникает симбиоз динамики, предопределенности и случайности.

Можно перевести сказанное на медицинский язык. Вдали от области джокера эффект должна давать терапия, а в самой области нужно отказаться от услуг терапевтов и звать хирургов. И ситуация при этом может измениться быстро и радикально.

С помощью представлений о джокерах можно говорить и о старых знакомых — динамических системах. Иллюстрацию этого придумал сотрудник нашего института И.В.Фельдштейн (рис.6).

Речь опять идет о системе Лоренца. Цветом на рисунке

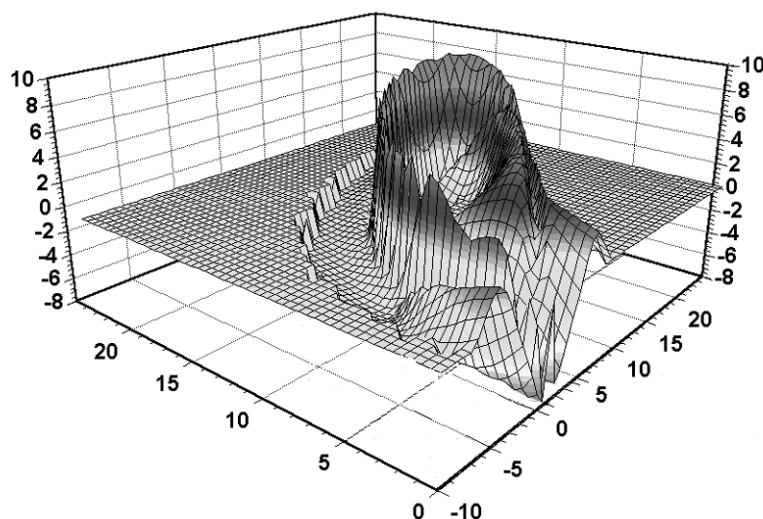


Рис.6. Локальные скорости разбегания (сходимости) для аттрактора Лоренца. Области выше нулевого уровня соответствуют разбеганию, ниже нулевого уровня — сходимости. Видно, что первые занимают сравнительно малую часть.

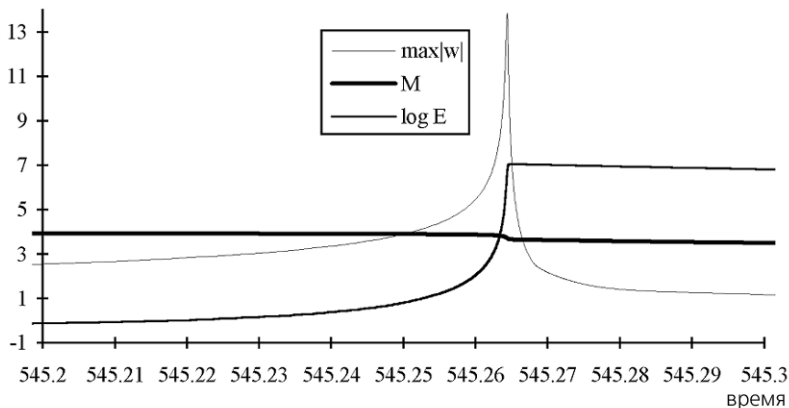
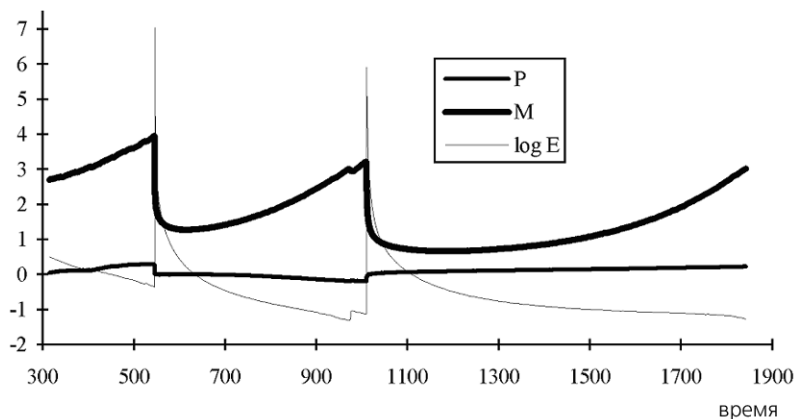


Рис.7. Изменение медленных переменных перед гигантскими пиками других переменных.

показана скорость, с которой траектории разбегаются (область выше нулевого уровня) или сходятся (область ниже нулевого уровня). Видно, что область разбегания, которой естественно сопоставить джокер, довольно мала.

Но если нам не везет с прогнозами в области джокера, то где-то должно и везти. Подумаем: что значит «везет с прогнозом»? Это значит, что поведение системы с устраивающей нас точностью определяется лишь несколькими переменными, а обо всем остальном в первом приближении можно забыть. Кроме того, здесь должна быть возможность предсказывать на довольно большой срок. Такие области в фазовом пространстве и были названы руслами.

Вероятно, способность эффективно выделять русла, учиться не только методом проб и ошибок, совершенствуя свою предсказывающую систему и здравый смысл, и дала человеку решающее преимущество в ходе эволюции. Можно взглянуть и более широко: разные теории и подходы оказываются полезными и востребованными, если они удачно нашли свои русла. Ведь наука — это искусство упрощать, а упрощать особенно удобно, имея дело с руслами. Разумеется, «в среднем», «в общем случае» мы не можем заглянуть за горизонт прогноза.

Но «в частности», оказавшись в области параметров, соответствующих руслу, и осознав это, можно действовать разумно и осмотрительно.

Но тут возникают вопросы: где начинается и где кончается русло? Какова структура нашего незнания? Как от одного информационного поля и одних представлений, адекватных этому руслу, переходить к другим, когда это русло кончилось? Знакомясь с разными экономическими, психологическими, биологическими теориями, трудно отделаться от ощущения, что, сами того не осознавая, их создатели имеют дело с разными реальностями, с разными руслами.

А теперь вернемся от общего к частному — к жесткой турбулентности.

Кроме компьютерного моделирования, построения упрощенных моделей, дающих понимание этого замечательного явления и использующих представления о руслах и джокерах, удалось обнаружить еще одну интересную вещь. Это предвестники — медленно (по сравнению с ростом пика) меняющиеся переменные, которые свидетельствуют о приближении катастрофы. На рис.7 показаны два катастрофических пика. Обратите внимание: катастрофа происходит после того, как абсолютное значение медленной переменной M превысит 2.5. То есть как толь-

ко медленная переменная достигает некоторого критического значения, пора объявлять тревогу. Эти переменные достаточно просто оценить. И увидеть, что угроза приближается. Глядя на их изменение, нельзя точно сказать, когда нас ждет гигантский выброс, но об опасности они сигнализируют. По-видимому, такая ситуация характерна и для многих других систем, в которых возможны катастрофические явления.

Интересно, как удалось найти эти медленные переменные... Впрочем, здесь начинаются подробности, дороге сердцу автора, и в популярной статье неуместные. Внимание интересующихся подробностями обращу к списку литературы [5–7]. И еще хотелось бы, чтобы читатель не воспринимал историю с анализом катастроф как «хэппи-энд». Скорее это обнадеживающее начало.

...На одной конференции по искусственному интеллекту была дана такая формулировка. Простые задачи — это те, которые легко решить или доказать, что они неразрешимы, остальные задачи — сложные. Развитие представлений о хаосе и их применение в разных областях показывают, что нам повезло. Конструирование будущего, осмысление новой реальности, сущности человека, алгоритмов развития и управления — все это оказалось сложной задачей. ■

Литература

1. Пределы предсказуемости. / Под. ред. Ю.А.Кравцова. М., 1997.
2. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. М., 2000.
3. Sornette D., Jobansen A. Large financial crashes // *Physica A*. 1997. V.245. №34. P.411—422.
4. Jobansen A., Sornette D. et al. Discrete scaling in earthquake precursory phenomena. Evidence in the Kobe earthquake, Japan // *J. Phys. I France*. 1996. V.6. P.1391—1402.
5. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. М., 2000.
6. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М., 1997.
7. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. М., 2000.

Глубины Земли: строение и тектоника мантии

Академик Ю.М.Пущаровский

Геологический институт РАН
Москва

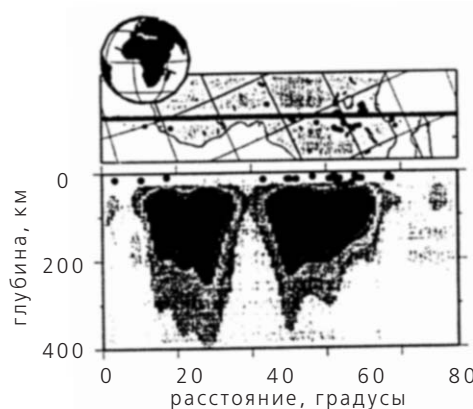
Мантия — область Земли, расположенная между ядром и земной корой. Толщина земной коры в разных местах неодинаковая — от нескольких километров под океанами до 60 км под некоторыми горными сооружениями на континентах. Мантия простирается на глубину 2900 км, радиус ядра составляет 3470 км. Строение и геодинамические особенности глубин Земли постоянно обсуждаются на страницах научной и научно-популярной литературы. Выводы о строении мантийных геосфер основываются главным образом на данных сейсмической томографии и экспериментов по минеральным преобразованиям в условиях высоких давлений. Сейсмическая томография (последовательная реконструкция) фиксирует изменения в скоростях сейсмических волн, вызванных землетрясениями, и обнаруживает значительную неоднородность глубин. Это хорошо видно на разрезе верхней мантии в 400 км, который начинается в Центральной Атлантике, пересекает Африку и доходит до центральной части Индийского океана [1]. Отклонения скоро-

стей поперечных волн от средних значений варьируют в пределах 6%. Очень резко выделяются два максимума, соответствующие Западной и Восточной Африке. «Корни» их лежат на глубинах 400 км. Они отвечают массивам древнейших кристаллических пород, слагающих континент. Зона раздела лежит на продолжении огромного океанского разлома Романш, который разграничивает структурно- и историко-геологически очень разные Южную и Центральную Атлантику.

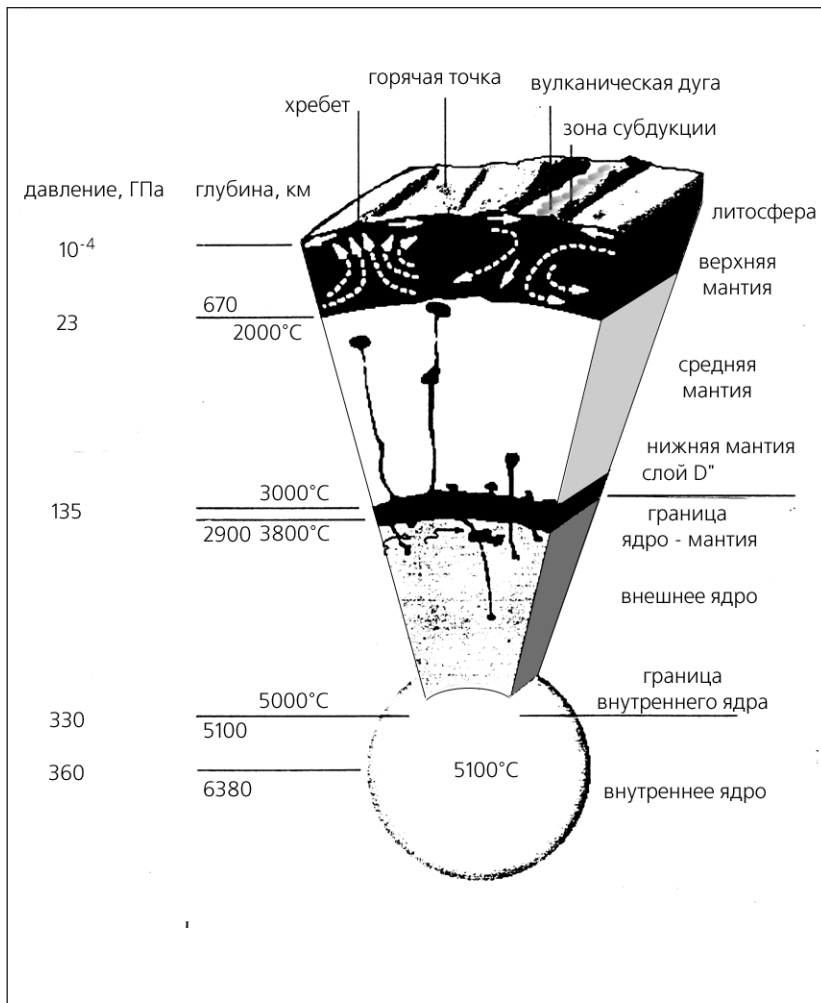
Но контрастные неоднородности прослеживаются и во всей остальной части мантии, подчеркивая ее очень сложную структуру. Тем не ме-

нее до последнего времени принимается деление лишь на верхнюю и нижнюю мантии [2].

Как бы ни были многообразны мантийные неоднородности по конфигурации, размерам и величине аномалий, их можно группировать. При этом выявляются центры глобального и регионального значения. Если дополнительно использовать данные о сейсмических границах и минеральных преобразованиях на разных глубинах, то открывается возможность существенно более дробного расчленения мантии — на шесть геосфер [3, 4]. Верхняя мантия разделяется на верхнюю и нижнюю на уровне 410 км.



Сейсмограмма верхних геосфер через Африку и сопредельные области Атлантического и Индийского океанов [1]. Показаны ареалы высокоскоростных сейсмоаномалий, черными кружками отмечены гипоцентры землетрясений.



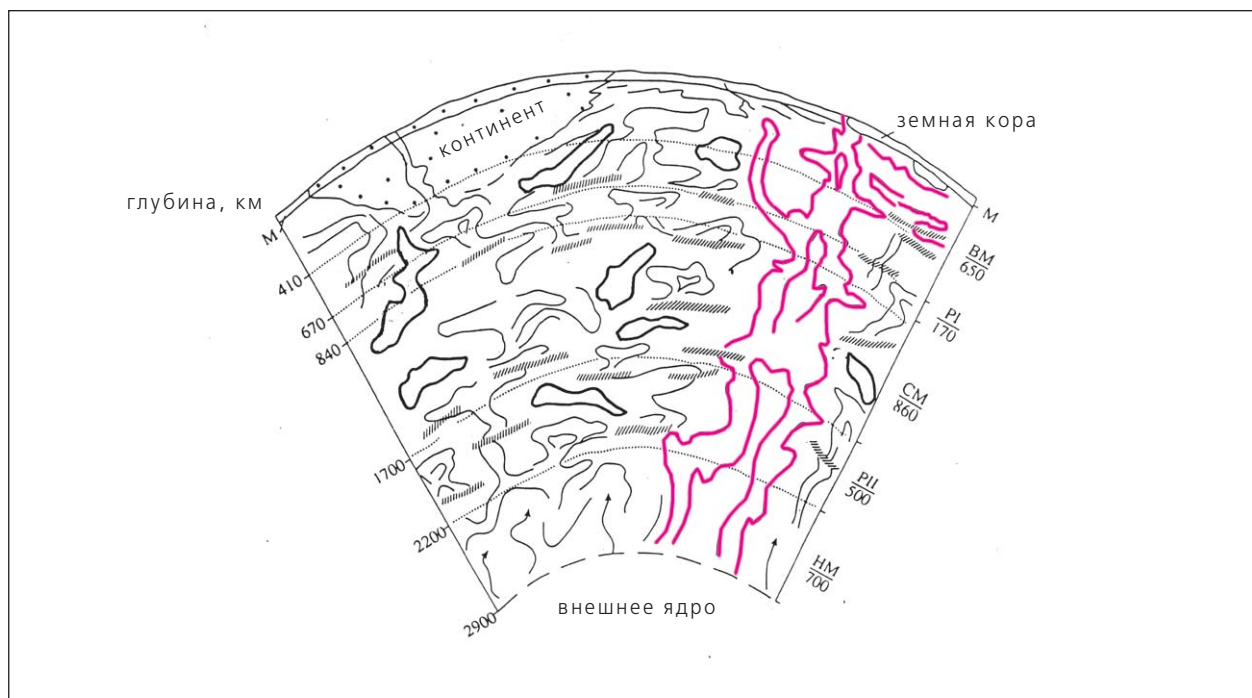
Схематический разрез Земли [2]. На рисунке представлены современные данные об изменении с глубиной давления и температуры. Белые стрелки показывают направление конвективных потоков в верхней мантии. Черные субвертикальные «стебли» отмечают разогретые струи глубинного материала.

Нижняя геосфера простирается до глубины 670 км. Далее уровни даются более условно, местами возможны отклонения до 10%. Между глубинами 840—1700 км располагается средняя мантия со специфическими ареалами неоднородностей. Границей с верхней мантией служит зона раздела (I) в 170 км, отличающаяся более сложным распределением аномальных полей. За средней мантией, после разделитель-

ной зоны (II) толщиной ~500 км, лежит собственно нижняя мантия. Последняя близ ядра сильно разогрета. Это так называемый слой D''. Таким образом, толщина нижней мантии не 2230 км, как обычно принимается, а лишь 700 км.

Вопрос состоит в том, чем вызваны сейсмические аномалии? Широко распространено мнение, что вся мантия, лежащая ниже 670 км, представляет собой некую гомогенную,

инертную с геодинамической точки зрения оболочку, пронизанную лишь местами поднимающимися из слоя D'' тепло- и массопотоками. Но это не может объяснить пеструю картину сейсмических неоднородностей, существенно изменчивую как по вертикали, так и по латерали. В их образовании следует видеть участие по крайней мере трех факторов: температурного (горячий материал — скорости сейсмоволн ниже, менее разогретый — выше); вещественного (разница в составе мантийного материала) и тектонического, который, к сожалению, пока практически не учитывается. Многие исследователи сходятся в том, что в глубокой мантии (как и в верхней) происходит конвективное движение материала. Анализируя данную проблему, я пришел к заключению, что мантийные конвективные ячей разномасштабны, неодинаковы по интенсивности, распространены нерегулярно и возникают на разных глубинных уровнях. В этих условиях в мантии обязательно создаются контрастные геодинамические обстановки (имеются в виду поля напряжений и силовые поля), порождающие движение материала, которое есть не что иное, как тектоническое движение. Формой его выражения преимущественно будут латеральные срывы (влияние вращения Земли, грибообразная форма конвективных ячеек, вытянутых в субширотном направлении), вызывающие проскальзывание и скучивание (нагнетание) масс в одних местах и их рассредоточение в других. В верхних геосферах такое явление описывается ныне общепризнанной теорией тектонической расслоенности литосферы. Области скучивания в волновой картине дают повышенные значения скоростей сейсмических волн, области рассредоточения — пони-



Принципиальная схема конвективного движения мантийных масс. Цветом показан сверхмантийный плюм. Субгоризонтальные линии со штрихами — зоны тектонического течения или срыва, по ним может происходить скупивание масс, сопровождаемое выделением энергии, местами достаточной для образования внутригеосферных локальных конвективных потоков. Жирными линиями оконтурены вовлеченные в нисходящие мантийные потоки массы верхних геосфер, скорость прохождения сейсмических волн в которых наиболее высока. М — поверхность Мохоровичича, ВМ — верхняя мантия, PI — зона раздела 1, СМ — средняя мантия, PII — зона раздела 2, НМ — нижняя мантия. Числа в знаменателе — мощность геосфер в км ($\pm 10\%$). Стрелки отражают зону влияния ядра в нижней мантии (слой D'').

женные. С точки зрения геомеханики вполне очевидно, что в процессе тектонического движения масс могут возникнуть по срывам закрытые термические условия, которые в порядке обратной связи в свою очередь могут привести к возникновению новообразованной конвективной ячейки с возможной последующей тектонической деформацией.

Итак, все геосферы мантии Земли тектонически активны. Это означает, что тектоносфе-

ра не ограничивается литосферой или верхней мантией, как принято думать, а простирается вплоть до земного ядра, охватывая мантию в ее полном объеме.

* * *

О дальнейшем пути углубления знаний в отношении строения мантии Земли и присутствующих ей геодинамических обстановок и тектонических процессов можно сказать следующее. Широкое поле для со-

ответствующего моделирования открывает трехмерное изображение сейсмотомографических неоднородностей. Ознакомление с первыми опытами подобных изображений говорит об исключительно сложном распределении неоднородностей в мантийных геосферах — их размещении, формах, размерах, интенсивности проявления. Пока что имеющийся фактический материал ограничен, но темпы работ в этом направлении растут очень быстро. ■

Литература

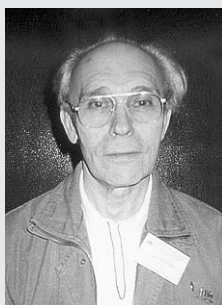
1. Ritsema J., Heijet H.van // Geology. 2000. V.28. №1. P.63—66.
2. Montagner J.-P. // Geochronique. 2000. №74. P.12—19.
3. Пуцаровский Ю.М., Пуцаровский Д.Ю. // Геотектоника. 1999. №1. С.3—14.
4. Пуцаровский Ю.М. Нелинейная геодинамика // Природа. 1998. №6. С.12—18.

Молекулярно-генетическая система управления

В.А.Ратнер

Весь опыт молекулярной генетики показывает, что главные молекулярные компоненты клетки — нуклеиновые кислоты и белки. С ними связаны все важные процессы и свойства клеток — самовоспроизведение, наследование, контроль метаболизма, ферментативный катализ, строение морфологических структур, транспорт веществ, развитие, дифференцировка, иммунитет и т.д.

И нуклеиновые кислоты, и белки обладают общими фундаментальными свойствами. Все они построены из стандартных мономеров (нуклеиновые кислоты — из нуклеотидов четырех типов, белки — из аминокислот 20 типов), количество, состав и порядок которых определяют функции и свойства конкретных макромолекул. Клеточная система этих кодирующих биополимеров при помощи собственных внутрисистемных средств (ферментов репликации, транскрипции, трансляции, а также рибосом и т.д.) способна к самовоспроизведению. Исполняющие элементы основных генетических процессов сами построены из таких макромолекул и кодируются в генах той же клеточной системы. Перечисленные «устройства» вы-



***Вадим Александрович Ратнер**, доктор биологических наук, Соросовский профессор. Заведующий теоретическим отделом и лабораторией молекулярно-генетических систем Института цитологии и генетики СО РАН. Основные интересы связаны с математической генетикой и теорией молекулярной эволюции молекулярно-генетических систем.*

полняют в клетках фундаментальные генетические процессы (репликацию, транскрипцию, трансляцию, репарацию, рекомбинацию, деградацию, сегрегацию и др.). Используя компьютерную терминологию, можно сказать, что ДНК и мРНК представляют собой «программное обеспечение» — инструкции, полученные клеткой от родительской клетки. Белки и каталитические РНК составляют «аппаратное обеспечение» — физические механизмы, осуществляющие хранящуюся в памяти программу.

Мы назвали всю систему биополимеров клетки молекулярно-генетической системой управ-

ления (МГСУ), которая базируется на структурно-функциональном подходе. При информационно-лингвистическом описании такой системы на передний план выходят принципы организации и управления, самовоспроизведение, информационные процессы, помехоустойчивость, кодирование, память, языки и т.п., а структурные, физико-химические свойства отходят на второй план. В этом случае мономеры считаются символами базового алфавита; макромолекулы задаются последовательностями символов, или генетическими текстами; системы взаимодействующих генов характеризуются схемами

их молекулярных взаимодействий, т.е. конструкциями, или генетическими сетями; геномы — последовательностями символов генов, знаков пунктуации и управления и других функциональных единиц, т.е. генетическими картами; вся система управления в целом задается замкнутой конструкцией, т.е. схемой функциональных взаимодействий.

Таким образом, молекулярные свойства, отношения, функции, записанные в генетических текстах, можно считать генетической информацией, а правила и закономерности ее записи — генетическим языком. Определяются также и другие понятия информационно-лингвистического характера: генетическая память, информационные процессы, архив генетической информации (геном) и др. Значит, МГСУ клетки — это совокупность ее генетических текстов и молекулярных элементов, выполняющих различные генетические процессы. Такой подход оказывается весьма продуктивным — на его основе формулируются и решаются десятки и сотни принципиальных задач организации и эволюции МГСУ.

Внутреннее строение

Молекулярно-генетическая система управления достаточно сложна: содержит от 500 до 100 000 генов, примерно столько же белков; она контролирует сотни и тысячи метаболических процессов, а также дифференцировку, развитие, иммунитет и многое другое. В то же время эта сложность не чрезмерна. Отдельные молекулярные и более сложные функции и свойства сосредоточены в конкретных модулях организации, имеющих определенную внутреннюю информационную структуру. В целом реальные клетки и организмы, а также их системы управления имеют иерархическое блочно-модульное стро-



Схема основных подсистем МГСУ.

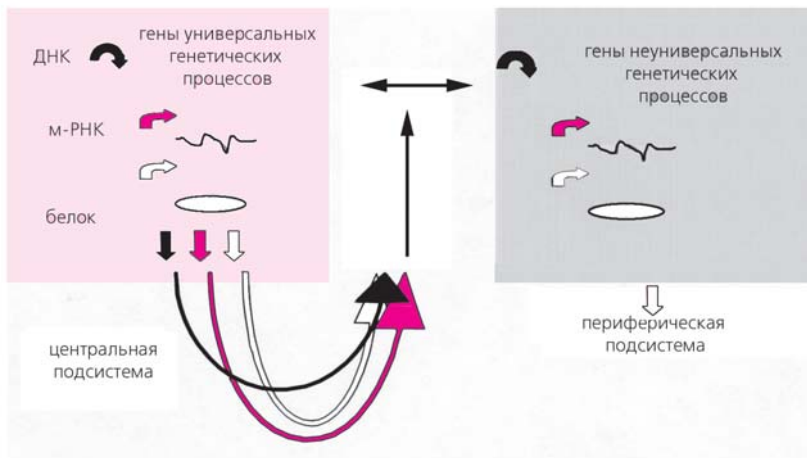
ение, возникшее эволюционно [1]. Блоком (модулем) системы называют автономную подсистему с определенной функцией. Иерархичность всей системы управления подразумевает, что модули более высоких ярусов состоят из комбинаций блоков предыдущих ярусов и соединительных элементов, а выделяемые ярусы, блоки и подсистемы имеют информационную природу. Наиболее известные модули нижних ярусов — кодоны, знаки пунктуации и управления, гены, транскрипты, белки, опероны, репликоны, мобильные элементы и др. Автономность этих модулей определяется дискретностью генов.

Если двигаться от сложных свойств и функций к более простым, можно выделить несколько модулей верхних ярусов. Еще Э.Шредингер в 1944 г. указывал, что «хромосомные структуры являются одновременно и архитектором, и строителем» [2]. В наших терминах [3] это означает, что молекулярно-генетическая система управления имеет центральную подсистему МГСУ, содержащую исполняющие устройства: в репликации — это

фермент ДНК-зависимая ДНК-полимераза и комплекс других ферментов; в транскрипции — ДНК-зависимая РНК-полимераза и остальные ферменты; в трансляции — рибосома, ферменты кодирования, т-РНК и др. и гены основных генетических процессов, т.е. универсальных в клетке. Сюда относятся модули репликации, транскрипции, трансляции, репарации, рекомбинации, сегрегации и т.д. Центральная подсистема составляет базу организации клетки, т.е. она — «строитель» по Шредингеру.

Все остальные, неуниверсальные модули объединены в периферическую подсистему, отвечающую за разнообразие других неуниверсальных функций, но которые в совокупности тоже обслуживают всю клетку и обеспечивают ее жизнедеятельность, энергетику и материальную автономность. Фактически в периферической подсистеме сосредоточена информация о специфической «архитектуре» молекулярно-генетической системы управления (по Шредингеру).

«Ядро» центральной подсистемы образует группа взаимо-



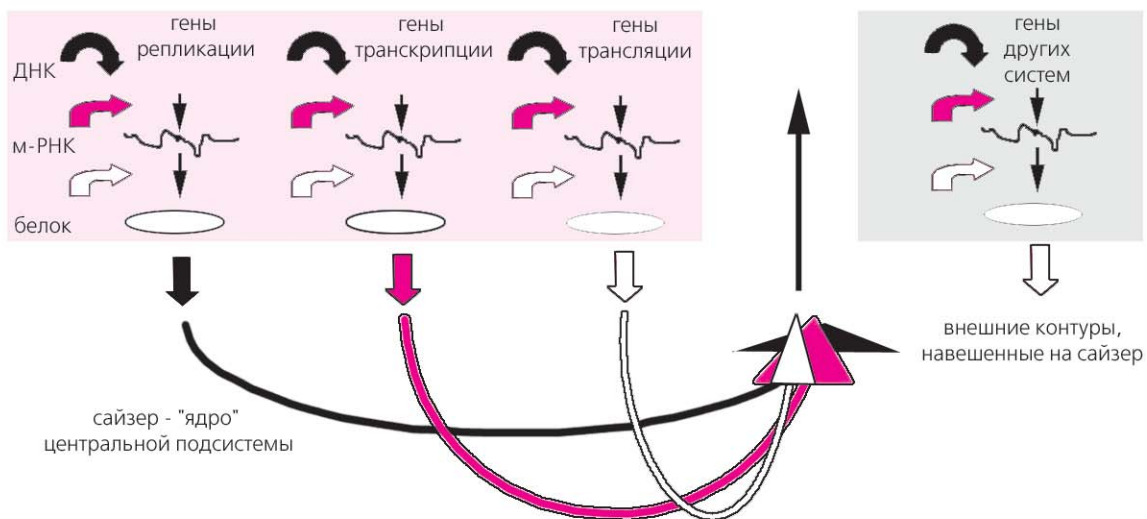
Блочно-модульное строение молекулярно-генетической системы управления клетки. Слева — центральная подсистема, где каждый генетический процесс имеет исполняющее устройство и соответствующую ему группу генов (генетическая память). Справа — периферическая, которая отвечает за разнообразие других функций МГСУ.

действующих блоков репликации, транскрипции, трансляции и сегрегации, которые в совокупности и во взаимодействии обеспечивают самовоспроизведение системы [4]. Этот модуль мы назвали сайзером (SYSER — SYstem of SELF Reproduction), т.е. универсальной системой самовоспроизведения. Белки репликации воспроизводят гены всех четырех блоков, а также любые другие гены, имеющие такую же пунктуацию. Белки транскрипции

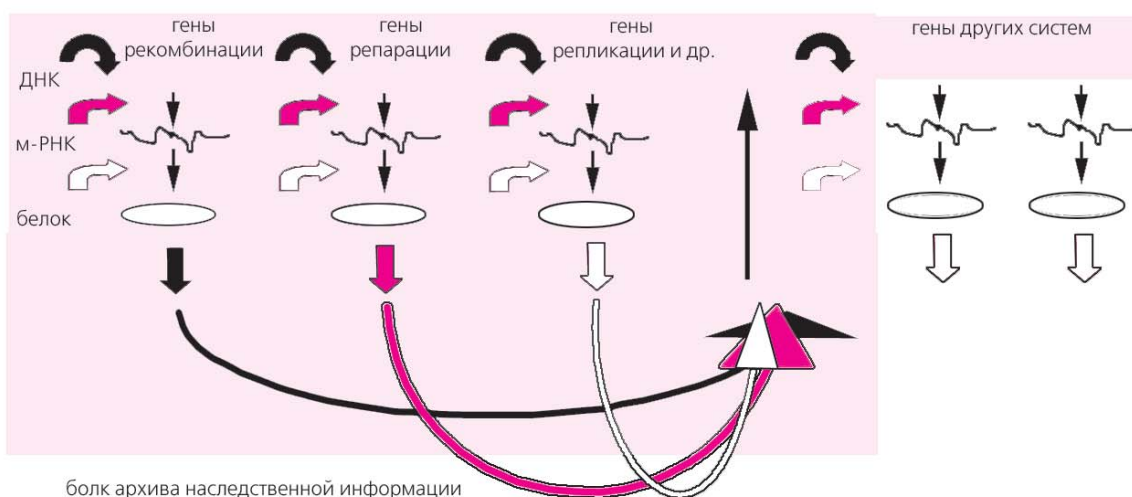
переписывают гены всех четырех блоков, а также любые другие гены с такой же пунктуацией. Белки трансляции передают информацию от м-РНК всех четырех блоков, а также любых других генов с такой же пунктуацией. Белки сегрегации обеспечивают равное разделение всех генов между дочерними клетками. Иначе говоря, именно универсальность белков и знаков пунктуации этих процессов образует прямые и обратные связи между блоками, что стабилизирует всю МГСУ и обеспечи-

вает ее самовоспроизведение.

Можно увеличить внутреннюю сложность сайзера или ввести дополнительные, внешние блоки и контуры МГСУ с такой же пунктуацией; при этом способность к самовоспроизведению сохранится. В начале 80-х годов нам удалось построить математические модели ядра и впервые показать его богатые динамические свойства и ключевую роль в молекулярно-генетической организации [5].



Строение сайзера — блока самовоспроизведения (справа — его внешние контуры). Он состоит из универсальных модулей репликации, трансляции и транскрипции и обеспечивает воспроизведение всех макромолекулярных компонентов клетки и разделение копий в пространстве.



Блок архива наследственной информации. Это система хранения, поддержания, дублирования коррекции и манипулирования, обеспечивающая изменчивость генетической информации в геноме и некоторых клеточных органеллах.

Удивительно, что вопреки ожиданию схема самовоспроизведения оказалась достаточно простой. Насколько я могу судить, в природе и технике пока нет других систем, обладающих в полной мере таким самовоспроизведением.

Другой универсальный модуль центральной подсистемы — архив генетической информации. Он содержит частично перекрывающиеся универсальные блоки репарации, общей рекомбинации, репликации и др., а также неуниверсальные блоки транспозиции мобильных генетических элементов, обратной транскрипции, хромосомных перестроек, упаковки хроматина и некоторых других. Архив генетической информации отвечает за хранение, поддержание, дублирование, коррекцию, манипулирование, т.е. в целом — за помехоустойчивость генетической информации. Он же обеспечивает изменчивость генетической информации, поскольку функция помехоустойчивости дополнительна к функции мутирования, которая возникает в основном из-за ошибок в системах репликации и других процессах.

Архив генетической информации включает сотни и тысячи отдельных секций центральной и периферической подсистем с автономным доступом к ним (гены, опероны и т.д.). Они восприимчивы к специфическим внешним сигналам и через них — к внешнему управлению, а также способны к отклику путем автономного изменения потоков считывания информации. В секциях периферической подсистемы записаны функции контроля метаболизма, онтогенеза, физиологических процессов, иммунитета и т.д. Эти секции находятся на входе соответствующих блоков, отвечающих за специфическое управление секциями архива.

Блок управления метаболизмом состоит из сотен и тысяч автономных систем метаболического контроля, работающих почти независимо и параллельно или входящих в сложные каскадные системы. Сложность блока соответствует сложности путей метаболизма. Специфическое управление секциями блока осуществляется через прямые и обратные связи между генами, ферментами, регуляторными белками, знаками управления, метаболитами, сигнальными

агентами, гормонами и др. Автономное управление может быть введено почти в любом неуниверсальном звене потока информации. Наиболее существенные автономные подсистемы этого блока контролируют базовый метаболизм (включая синтез нуклеотидов и аминокислот), энергетику, транспорт веществ и другие процессы.

По такому же принципу организован и блок управления развитием (онтогенезом), контролирующий временную динамику и пространственную топографию онтогенетических событий. Это особенно важно для многоклеточных организмов, но развитие претерпевают также отдельные клетки (клеточный цикл) и даже вирусы и фаги внутри клеток. Онтогенез завершается самовоспроизведением их систем управления. На входе этого блока находится большая группа автономных секций архива (генов), кодирующих специфические звенья развития — дифференцировку, морфогенез, формирование тканей, клеточное деление и т.п. На промежуточных этапах используются универсальные блоки репликации, транскрипции, трансляции, процессинга и др.

Очевидно, что онтогенез совершается на основе наследственной программы управления развитием, записанной в геноме (архиве). Вопрос состоит в том, каким образом эта программа записана. Содержит ли блок наследственной памяти алгоритм программы?

Опыт молекулярной генетики показывает, что генетическая программа развития действительно записана в геноме, но не в виде последовательного текста [5]. Во всяком случае, генетические карты не проявляют какой-либо существенной упорядоченности генов, коррелирующей с их функциями в онтогенезе. Прямой способ задания программ последовательным текстом присущ компьютерам, но не выполняется в рамках молекулярно-генетической системы управления. Программа онтогенеза представлена в архиве опосредованно, через взаимодействие молекулярных компонент системы. Управляемые секции архива (гены) кодируют отдельные макромолекулярные компоненты (белки, РНК) с определенными характеристиками — каталитическими, структурными, регуляторными и т.д. В результате взаимодействия этих компонентов на основе специфических отношений катализа, опознания, матричной активности, физического сцепления, пространственного контакта, генетического управления и т.д. формируется динамическая система развития системы управления, реализующая эту программу. Схемы отношений между компонентами системы обычно изображают в виде генетических сетей.

Одним из первых крупных опытов математического и компьютерного моделирования онтогенетической сети был связан с развитием фага λ [6], излюбленного объекта исследования 60—70-х годов. На основе огромной информации к 1980 г. нам удалось построить компьютерную модель, которая успешно описывала и прогнозировала

различные свойства развития фага λ в клетке. Так концепция МГСУ проявила свой эвристический потенциал. На ее основе мы смогли сформулировать и решить десятки проблем молекулярно-генетической организации [3, 4]: модели оперонных и полирепликонных систем; системные свойства генетического кода; описание свойств генетического языка; динамические модели ансамблей макромолекул, в том числе сайзера; задачи комплементарного анализа; проблемы теории молекулярной эволюции МГСУ; блочно-модульный принцип организации и эволюции МГСУ; принцип лимитирующих факторов организации МГСУ и многое другое. К сожалению, блок-схема МГСУ фага λ столь сложна, что ее описание выходит за рамки этой статьи.

Эпоха секвенирования

В 1977—1978 г. в биотехнологии и молекулярной биологии произошло важное событие: появились достаточно быстрые и удобные методы расшифровки последовательностей (секвенирования) полинуклеотидов. После этого стал стремительно нарастать вал прочитанных последовательностей генов, вирусных геномов, различных фрагментов и т.д. В начале 80-х годов возникли основные международные банки данных нуклеотидных и полипептидных последовательностей, т.е. генетических текстов. Назрела необходимость использовать этот богатейший материал в рамках теории МГСУ, т.е. в компьютерных методах для извлечения генетической информации из моря данных и ее интерпретации.

Опыт нашей работы в рамках концепции МГСУ позволил нам быстро начать собственные, весьма успешные, разработки. Группа сотрудников (В.В.Соловьев, А.А.Жарких,

И.Н.Шиндялов, М.П.Пономаренко, А.Э.Кель, И.Б.Рогозин и др.) под руководством Н.А.Колчанова предложила метод сравнительного анализа последовательностей, поиска генов и знаков управления, восстановления пространственной структуры макромолекул, филогенетического анализа и др. [7]. За два последних десятилетия уже проанализированы сотни коллекций и семейств генов, РНК, белков, знаков пунктуации и управления, построены сотни филогенетических деревьев. Исходные общие предположения о принципах организации этой системы управления подтвердились на большом фактическом материале.

Однако стратегия массового секвенирования не сводилась просто к накоплению разрозненных фрагментов генетических текстов. Стали направленно собираться данные о генах и механизмах управления некоторых достаточно сложных клеточных и межклеточных подсистем: иммунитета, кроветворения, отклика на тепловой шок, клеточного цикла, SOS-репарации и др. Такие подсистемы характеризуют генными сетями (схемами взаимодействий), на которых базируются динамические модели функционирования. Сейчас этот раздел моделирования чрезвычайно актуален и продуктивен, поскольку позволяет выявить режимы работы клеточных подсистем и их возможные нарушения.

Генетические взаимодействия в значительной степени реализуются через регуляторные белки, их функциональные центры, знаки управления генов и отчасти — через регуляторные сигналы (метаболиты, гормоны, модифицирующие воздействия). Именно поэтому в последние годы стремительно развиваются исследования функциональных знаков (сайтов) управления транскрипцией — операторов, сайтов узнавания общеклеточных активаторов, энхансеров, инсультаторов,

ткане-специфичных и гормон-специфичных сайтов и др. Выявить такие знаки управления и замкнуть связи в схемах генных сетей можно с помощью компьютерного анализа регуляторных зон генов [8].

С другой стороны, появились новые экспериментальные технологии, позволяющие автоматически следить за динамикой сотен и тысяч генов и их продуктов в ходе функционирования и развития клеток. Такова технология микрочипов ДНК [9]. Сотни и тысячи клонированных фрагментов ДНК с определенными генами распределяют по микролункам панели и гибридизуют с меченой валовой РНК клетки (через так называемую к-ДНК). Благодаря комплиментарности цепей в каждой лунке гибридизуется отдельная фракция к-ДНК. Затем автоматически микрометодами измеряют концентрации гибридных молекул. В результате в каждый момент времени можно выписать все активно транскрибируемые гены. Эти данные легко сравнить с моделями генных сетей.

Уже в начале 80-х годов стали известны первые полные геномы вирусов и фагов, среди них — фага λ [10]. В конце 80-х годов начались крупные международные проекты полного секвенирования клеточных геномов бактерий, грибов, высших животных и растений — кишечной палочки, дрожжей, дрожофилы, мыши, пшеницы, человека и др. Сегодня многие из них уже завершены; опубликовано свыше 20 полных клеточных геномов микоплазм, архебактерий, кишечной палочки, возбудителей ряда болезней, а также пекарских дрожжей, маленького червя-нематоды и растения-арабидопсиса. Вероятно, истинное число прочитанных геномов гораздо больше, потому что многие фармацевтические фирмы засекречивают свои результаты, не публикуя их. Совсем скоро станет известен полный геном дрожофилы — классичес-

кого объекта генетики, появятся окончательные данные о геноме человека. Эти чрезвычайно важные события в молекулярной генетике и биоинформатике означают существенный прорыв знаний, возможностей эксперимента и развития теории МГСУ.

Первые результаты полного секвенирования клеточных геномов наполнили основные модули МГСУ конкретным содержанием. Бактериальные геномы содержат примерно от 500 генов у микоплазм до почти 5 тыс. генов у кишечной палочки. По сравнительным оценкам, клетки в центральной подсистеме должны содержать не менее 300 генов. Анализ генома кишечной палочки выявил 4909 генов, из которых 4288 кодируют белки, но функции 38% из них пока неизвестны. На долю «ядра» приходится свыше 460 известных генов (около 10%), на долю блока контроля метаболизма — свыше 1047 (около 25%), контролирующих 804 фермента и 988 метаболических реакций, т.е. их сложность сопоставима. Около 20% известных генов связано с клеточными структурами и процессами. Поскольку не все выявленные гены идентифицированы, число их будет возрастать, но доли генов вряд ли существенно изменятся. Кроме того, в геноме кишечной палочки найдено 2584 оперона — управляемых единиц транскрипции (секций архива). Примерно такие же доли генов в основных блоках и у других бактерий с иными размерами геномов.

Подавляющее число генов кишечной палочки входит в автономно управляемые секции архива, имеющие знаки управления и подчиненные регуляторным белкам [11]. На оперон приходится в среднем один-два регуляторных белка и один-два знака управления, т.е. регуляторные зоны генов достаточно просты. В то же время число выявленных и предполагаемых регуляторных белков у кишечной

палочки 178, т.е. на порядок меньше, чем число оперонов. Это значит, что опероны скорее образуют ассоциации, управляемые совместно небольшим числом регуляторных белков. Так начинают вырисовываться контуры конструкции клеточных систем управления, в описании которых концепция МГСУ оказалась весьма эффективной.

Сравнительный анализ полных геномов фагов, вирусов и клеточных органелл с клеточными ядерными геномами показывает, что первые обычно не имеют полноценных блоков как контроля метаболизма, так и сайзера, но содержат блок развития и морфологии. Например, у фага ϕ X174 от блока репликации присутствует только нуклеаза А (блока метаболизма нет), у фага λ — только регуляторные гены (О и Р), но нет блоков транскрипции, трансляции и метаболизма [9]; у фага T4 есть блок репликации, но нет блоков транскрипции и трансляции [12]. В митохондриях млекопитающих имеется часть системы трансляции, но остальные блоки сайзера и блок метаболизма отсутствуют [13]. В хлоропластах растений присутствует полноценная система трансляции, гены блока транскрипции, но нет системы репликации [14]. Поэтому фаги и органеллы воспроизводятся только с участием клетки-хозяина, они не самостоятельны.

Перспективы

Бурное развитие биоинформатики и геномики последних лет, появление новых комплексных экспериментальных технологий создали новую и весьма продуктивную ситуацию. Полное секвенирование и идентификация генов таких объектов, как вирусы, бактерии, дрожжи, дрожофила, нематода, арабидопсис, человек и др., дает возможность полного моделирования МГСУ клеток, в том числе

и в процессе развития. На этой основе ожидается прорыв в медицине, биотехнологии, производстве продуктов питания, фармакологии. Моделирование развития вирусов позволит выявить «слабые» секции, мишени для фармакологического и иммунного воздействия. Модели МГСУ открывают широкие возможности в самых разных направлениях: у бактерий и грибов они помогут найти и оптимизировать пути биосинтеза лекарств, антибиотиков, метаболитических продуктов, а также нащупать мишени противодействия многим заболеваниям; у растений — выявить лимитирующие звенья продуктивности и преодолеть их естественными и генноинженерными средствами. У дрозофилы модели МГСУ скорее всего будут незаменимы при изучении фундаментальных процессов генетической организации, онтогенеза, изменчивости и т.п.; у человека они позволят ускорить поиск средств фармакологической и иммунной защиты от заболеваний, генной терапии и т.д. Можно моделировать взаимо-

действия систем управления паразит—хозяин, патоген—хозяин, симбионт—хозяин, а также онкогенное перерождение.

Среди уже изученных систем управления появляются некоторые экзотические формы, которые могут пролить свет на условия выживания в экстремальных ситуациях: при высоком уровне радиации, высоких или очень низких температурах, в бескислородной среде, в полной темноте, в условиях химического и иного загрязнения и т.д.

В теории молекулярно-генетической системы управления еще не решены многие принципиальные вопросы. Необходимо построение полноценной генетической лингвистики, правил генетического языка с возможным прогнозом молекулярных функций [3]. Здесь уже имеется ряд крупных открытий, но они не позволяют точно предсказать пространственную структуру белка по его аминокислотной последовательности. Вероятно, кроме ключевых правил («крупных мазков») существует еще «шлейф» весьма специ-

фичных и локальных, число которых очень велико и практически не может быть описано. Поэтому в модели и реальном эксперименте допустим случайный поиск оптимальных решений.

На базе секвенированных геномов и генных сетей необходимо разработать динамические модели онтогенеза, клеточного цикла, канцерогенеза, физиологических функций, иммунного ответа и др. Единую теорию молекулярной эволюции можно построить как теорию эволюции МГСУ и ее подсистем управления, механизмов регуляции, лимитирующих факторов организации и т.д. [4].

Все это означает, что роль теории МГСУ и вообще теоретических методов в молекулярной генетике, а также в смежных областях (теории молекулярной эволюции, генетике развития, вирусологии, генной инженерии и биотехнологии) и их приложениях будет возрастать. Во многих случаях эта теория становится ключом решения краугольных проблем и непрерывной составляющей каждодневной исследовательской работы. ■

Литература

1. *Ratner V.A.* // Генетика. 1992. Т.28. №2. С.5—24.
2. *Schördinger E.* What Is Life? The Physicists Viewpoint. Cambridge, 1944.
3. *Ratner V.A.* Молекулярно-генетические системы управления. Новосибирск, 1975; *Он же.* Концепция молекулярно-генетических систем управления. Новосибирск, 1993.
4. *Atlan H., Koppel M.* // Bull. Math. Biol. 1990. V.52. №3. P.335—348.
5. *Ratner V.A., Zbarkikh A.A., Kolchanov N.A. et al.* Molecular Evolution. Berlin, 1996.
6. *Kananyan G.Kh., Tchuraev R.N., Ratner V.A.* // J. Theor. Biol. 1981. V.90. P.301—315.
7. Modeling and Computer Methods in Molecular Biology & Genetics / Eds V.A.Ratner, N.A.Kolchanov. N.Y., 1992.
8. Proceedings of the 2nd International Conference on Bioinformatics of Genome Regulation and Structure (BGRS-2000). Novosibirsk, 2000.
9. *Risi J.L. de, Iyer V.R.* // Nature Genetics. 1999. V.21. Suppl.1 P.33—37.
10. *Sanger F. et al.* // J. Mol. Biol. 1982. V.163. P.729—773.
11. *Blattner F. et al.* // Science. 1997. V.277. P.1453—1462.
12. Molecular Biology of Bacteriophage T4 / Ed. J.D.Karam. Washington, 1994.
13. *Brooke J.L.* // Nuclear Acids Research. 1999. V.27. P.1767—1780.
14. *Umesono K., Ozeki H.* // Trends in Genetics. 1987. V.3. №10. P.281—287.



Шум: во благо или во вред?

И.А.Вартанян, И.Г.Андреева

Можете ли вы представить себе абсолютную тишину? Не ту тишину, когда в осеннем лесу чуть слышно, как падают листья, и не ту, когда в ночном сумраке комнаты тикают часы. А ту — «мертвую» тишину, когда некому и нечему шуметь. Такую тишину можно создать лишь в специальных звукоизолированных камерах. Когда туда попадаешь, в первый момент кажется, что заложило уши. Затем начинаешь слышать биение своего сердца, дыхание, шорох от малейшего движения. Вот тогда и начинаешь осознавать, что наша жизнь проходит в шуме, причём один из его источников — собственный организм (табл.).

Акустический шум в зависимости от уровня громкости и частотного состава по-разному воздействует на слух человека. Шумы, содержащие широкий диапазон частот, с высоким уровнем интенсивности ухудшают (маскируют) восприятие звуковых сигналов. Известно, что сильные шумы отрицательно влияют на состояние человека: меняется возбудимость, усиливается утомляемость, снижается работоспособность. Шумы в узкой полосе частот при дли-



Инна Арамаисовна Вартанян — доктор биологических наук, руководитель лаборатории сравнительной физиологии сенсорных систем Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН. Область научных интересов — психофизиология и электрофизиология слуха, речи и соматосенсорной системы, сравнительная нейробиология сенсорных систем.



Ирина Германовна Андреева — кандидат биологических наук, научный сотрудник той же лаборатории. Специалист в области физиологии сенсорных систем, занимается изучением временного анализа информации слуховой системой и разных видов кожной чувствительности человека.

Оба автора — лауреаты конкурса МАИК «Наука/Интерпериодика» на лучшую научную публикацию 1998 г.

© И.А.Вартанян, И.Г.Андреева

Наиболее частые в повседневной жизни шумы и уровень их интенсивности

Тип шума	Уровень интенсивности, дБ
Слуховой порог	0
Слабое дуновение ветра, шелест листьев	10
Шепот, тихое дыхание в комнате	20
Очень тихая улица	30
Приглушенная разговорная речь, тихая музыка, обычный уличный шум	40
Шум в служебных помещениях, умеренный звук радио, обычная громкость разговора	50–60
Гул активного уличного движения, работа электробытовых приборов	70–80

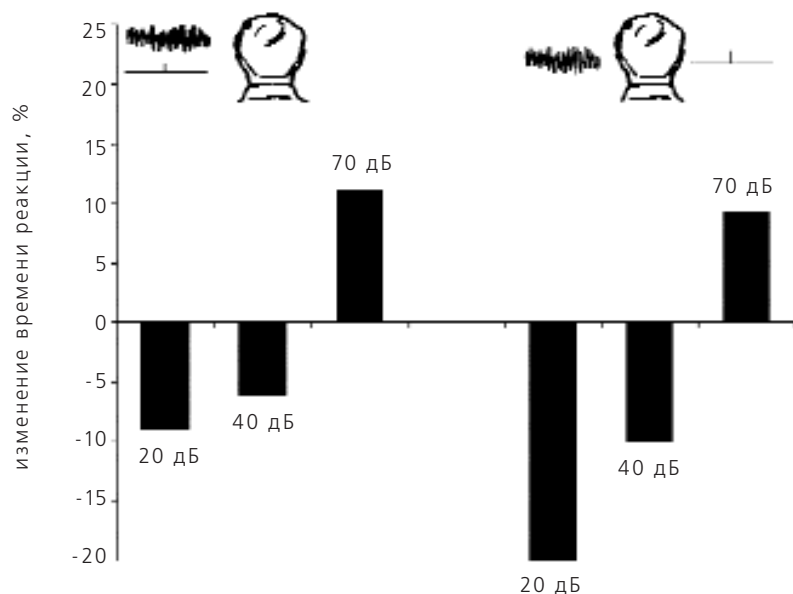
тельным и интенсивном воздействии приводят к акустической травме — повреждению органа слуха, но то, как действуют шумы малой и средней интенсивности на слуховое восприятие и функциональное состояние человека, практически не изучалось. А ведь производственные и транспортные шумы средней интенсивности — постоянные спутники человека. Поэтому важно было выявить физиологические механизмы защиты от внешних и внутренних

(собственной речи) шумов малой (до 20 дБ) и средней (40–60 дБ) громкости и определить, как эти шумы влияют на восприятие звука и на оценку движения его источника.

При восприятии звуков человек решает множество задач: от относительно простых — таких, как обнаружение звука, — до самых сложных, связанных с распознаванием речи. Свое исследование мы начали с изучения влияния широкополосного шума на восприятие элементарного

события в мире звуков: звукового щелчка с разным уровнем интенсивности [1]. Как показатель скорости реагирования и вероятности обнаружения звукового щелчка мы исследовали простую двигательную реакцию — нажатие пальцем на кнопку в ответ на звук. Эту способность изучали с учетом бинауральных эффектов слуха: шум и сигнал подавали через наушники как ипсилатерально (в одно ухо), так и контралатерально (в разные). В первом случае информация о сигнале и шуме поступает через одни и те же слуховые пути, во втором — она объединяется только на уровне центров слуховой системы.

На фоне слабого ипсилатерального шума время реакции на щелчок снижалось у всех испытуемых. С увеличением уровня шума до 40 дБ у большинства испытуемых оно также уменьшалось, а у некоторых — не изменялось по сравнению с ответами в тишине. Следовательно, шум малой и средней интенсивности не только не нарушает простейший акт восприятия сигнала — его обнаружение, но может даже ускорять ответную реак-



Изменение времени реакции на одиночный щелчок разной интенсивности на фоне ипсилатерального (слева) и контралатерального шума (выражено в % от контроля — времени реакции на сигнал в тишине). Числа у столбцов показывают уровень шума.

цию. При уровне шума 70 дБ время реакции на щелчок увеличивалось, т.е. наблюдали маскировку щелчка шумом. На фоне контралатерального шума показатели времени реакции изменялись так же, как и при ипсилатеральном шуме, но количественно они были более выражены. Это связано с отсутствием взаимодействия сигнала и шума на периферии слуховой системы и с разделением путей прохождения сигнала к месту объединения информации в слуховых центрах. Какова же роль путей проведения звука к рецепторам?

Известно, что слуховые ощущения можно создавать искусственно, например при помощи электрического тока или ультразвука, сфокусированного непосредственно в место расположения рецепторов улитки внутреннего уха. Использование ультразвукового импульса, создающего слуховое ощущение щелчка, позволило нам разделить пути прохождения такого сигнала и обычного акустического шума уже на дорецепторном уровне [1]. Этот методический прием выявил роль так называемых серверных механизмов — наружного и среднего уха, где происходит предварительная фильтрация и усиление звука. Оказалось, что на фоне ипсилатерального шума до 20 дБ порог обнаружения ультразвукового импульса снижался по сравнению с его порогом в отсутствие шума. Таким образом, наблюдалось облегчение восприятия ультразвукового щелчка, достигающего рецепторов по иному пути проведения акустического раздражителя, нежели путь проведения шума, т.е. минуя взаимодействие в наружном и среднем ухе. Контралатеральное воздействие шума приводило к аналогичному результату. Тем не менее эти данные свидетельствовали о некотором, хотя и слабом, взаимодействии щелчка

и шума на рецепторном уровне, несмотря на их существенные спектральные различия.

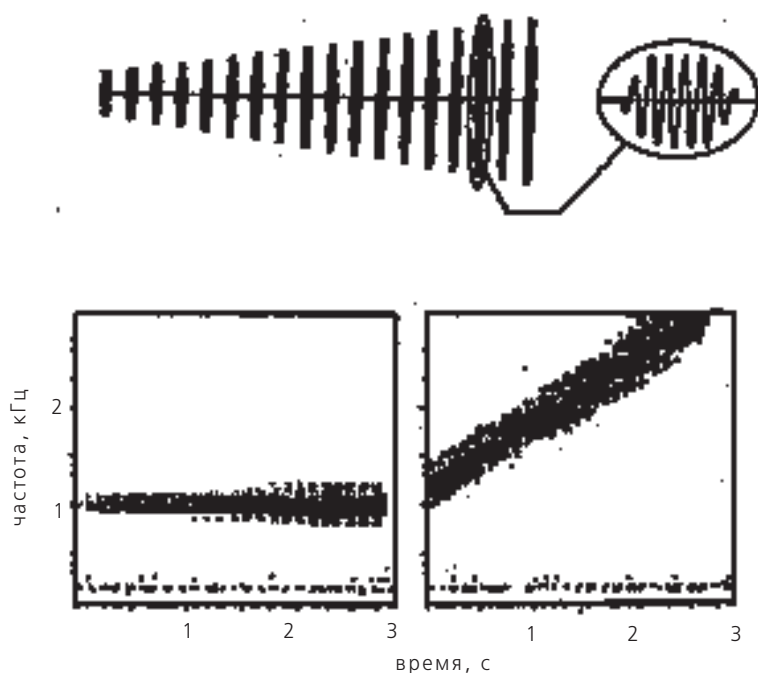
Об особенностях анализа звуковой информации можно судить также по электрической активности структур мозга, регистрируемой с поверхности черепа. Электрические колебания с коротким скрытым периодом, отражающие активацию слухового нерва и первых уровней центрального слухового пути, показывают, что акустический шум до 20 дБ не влияет на восприятие звукового сигнала. Наблюдались, однако, изменения амплитуды вызванных средние и длиннолатентных электрических колебаний на щелчки в условиях шума, в частности волн со скрытым периодом около 200 мс, которые соотносятся с временем возникновения элементарного ощущения [2]. Эти данные свидетельствуют о том, что в центрах слуховой системы происходит взаимодействие информаций, получаемых от различных по частотному составу сигнала (щелчка) и шума.

По сравнению с обнаружением одиночного сигнала более сложным актом восприятия считается анализ признаков и идентификация различных звуков. Локализация источника звука — важная для выживания человека функция слуха, позволяющая ориентироваться в окружающем мире. Это дает возможность избежать нападения сзади, выручает в темноте или в тумане, когда роль зрения невелика. Каким образом на эту способность влияет шум?

Прежде чем ответить на этот вопрос, поясним, как происходит определение положения звукового источника [3,4]. Представим себе сферу, в центре которой находится голова человека. Положение источника звука принято описывать в сферической системе координат, так как это хорошо согласуется с физиологичес-

кими механизмами локализации. Азимутальный угол (слева направо) оценивается слуховой системой по разнице интенсивности сигналов и времени их попадания в левое и правое ухо. Имеют значение также изменения в спектре звукового сигнала, которые возникают при прохождении наружного уха под разными азимутальными углами. Эlevation (вверх-вниз) определяется в основном по «западностям» в спектре сигнала, которые также возникают в результате прохождения звука через ушную раковину под разными elevationными углами. Радиус сферы, или удаленность от источника звука, оценивается по уровню интенсивности сигнала, а также по изменению его спектра.

Различие в механизмах анализа пространственной информации по трем координатам привело к специализации всех центральных отделов слуховой системы, вплоть до коры головного мозга. Кроме того, выяснилось, что левое и правое полушария по-разному участвуют в обработке этой информации. Так, правильная оценка направления радиального перемещения источника звука больше страдает при поражениях левых лобной, височной и теменной областей коры головного мозга, а при правосторонних теменных и височных поражениях больше нарушается восприятие сигналов перемещения в азимутальном направлении [5]. Эти результаты позволили предположить, что в слуховой системе существуют два относительно независимых друг от друга канала передачи информации о параметрах движения источника звука в пространстве. Один в большей степени связан с работой структур левого полушария и передает информацию об изменениях интенсивности звука. Во втором канале окончательная обработка бинауральной ин-



Структура модельного сигнала для изучения восприятия радиального движения (вверху) и изменения спектра сигнала во времени (внизу): слева — сигнал, моделирующий приближение источника (растет амплитуда), справа — удаление (растет частота).

формации происходит преимущественно в правом полушарии, за счет сравнения временной информации о сигнале, поступающей от левого и правого уха.

При оценке абсолютных положений источника сигнала в присутствии шума оказалось, что точность анализа пространственной информации различается по трем осям: ошибка для лево-правого и верхне-нижнего направлений была значительно меньше, чем для передне-заднего. В последнем случае ошибка была не только больше по величине, но и быстрее росла с уменьшением отношения сигнал/шум. Однако, если влияние шума на локализацию неподвижных звуковых источников, а также на оценку движения в азимутальном направлении активно изучалось

в различных научных лабораториях, то способность человека оценить параметры радиального движения звукового источника в шуме до сих пор не исследовалась и стала задачей нашей работы. Сначала была обоснована и изучена модель движения, состоящая из последовательности импульсов, линейно модулированных по амплитуде и частоте [6]. Эта модель, обладающая большим числом параметров, позволила имитировать многие признаки движения: изменение амплитуды и спектра при смене расстояния до источника; непрерывность, равномерность и различную скорость движения. С помощью модели были определены условия, при которых воспринимается непрерывное движение, а также установлены основные физические парамет-

ры акустической стимуляции, которые формируют приближающиеся и удаляющиеся звуковые образы. Далее нас интересовал вопрос: каким образом изменится оценка человеком приближения и удаления сигнала на фоне шума? Результаты двух примененных при ответе на этот вопрос методов — психоакустического и электрофизиологического — хорошо согласовывались между собой.

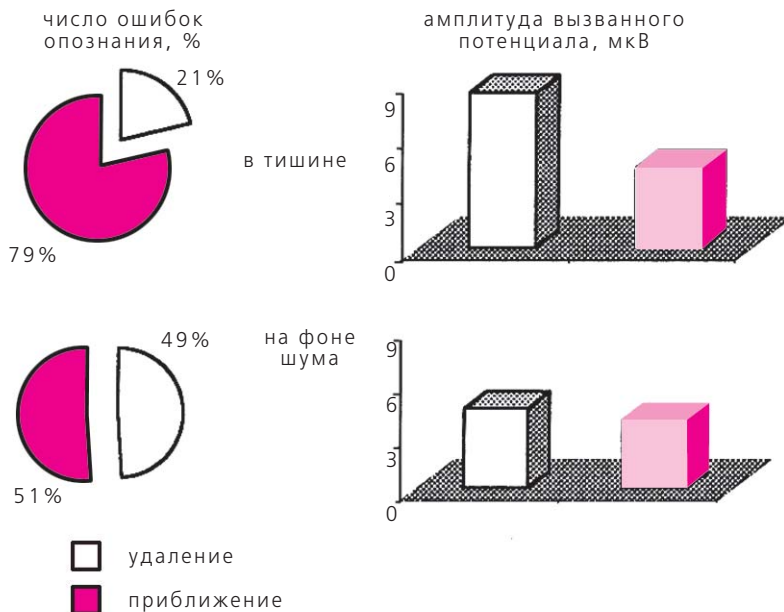
В психоакустическом исследовании участникам эксперимента предлагалось определить направление движения (приближение или удаление) источника звука в условиях тишины и на фоне непрерывного белого шума среднего уровня интенсивности [2]. В этой части эксперимента движение моделировали изменением амплитуды, причем сигналы «приближения» и «удаления» разворачивались во времени зеркально симметрично. В общем, испытуемые в условиях шума ошибались в 1.5–2 раза чаще, чем в тишине. При этом в отсутствие шума число ошибок при оценке приближения было существенно больше, так как по методике опыта начальная интенсивность звука, имитирующего удаление, была на 40 дБ выше, чем при имитации приближения. На фоне шума количество ошибок при оценке приближения и удаления источника звука стало практически одинаковым, что свидетельствовало о большей помехоустойчивости восприятия приближающихся сигналов и об отсутствии преимуществ в восприятии приближения и удаления звука на фоне шума средней интенсивности.

В электрофизиологическом исследовании сравнивались амплитуды длиннолатентных слуховых вызванных потенциалов в ответ на сигналы, моделирующие приближение и удаление звукового источника [7]. В тишине величи-

ны вызванных ответов на «приближение» и «удаление» звукового источника также различались в 1,5–2 раза за счет различий в начальных интенсивностях звукового сигнала. На фоне непрерывного шума ситуация изменилась неожиданным образом: если на удаление ответ уменьшился примерно вдвое, то на приближение — почти не изменился. Эти показатели электрической активности мозга четко коррелировали с правильностью оценки направления движения. Действительно, высокая амплитуда ответа определяет «четкость» полученной слуховой системой информации о сигнале и соответственно возможность правильной ее идентификации. Малая амплитуда, наоборот, свидетельствует о неопределенности информации и коррелирует с большим числом ошибок при ее оценке. Эти данные соотносятся также с большей биологической значимостью именно приближения, а не удаления звучащего объекта.

Чтобы избежать столкновения со звучащим объектом, нужно не только его обнаружить, но и узнать, в каком направлении он движется. Известно, что при уменьшении длительности звучания сигнала оценить направление его движения трудно или даже невозможно. Минимальная длительность сигнала, при которой еще можно дать точную оценку направления его движения, по нашим данным, в условиях тишины составляет 400 мс [7]. Непрерывный шум с уровнем интенсивности до 40 дБ не влияет на этот параметр восприятия, а потому фоновый шум среднего уровня интенсивности не может стать помехой при определении направления движущегося звукового источника и соответственно — относительно безопасен.

Все, что обсуждалось до сих пор, касалось действия не-

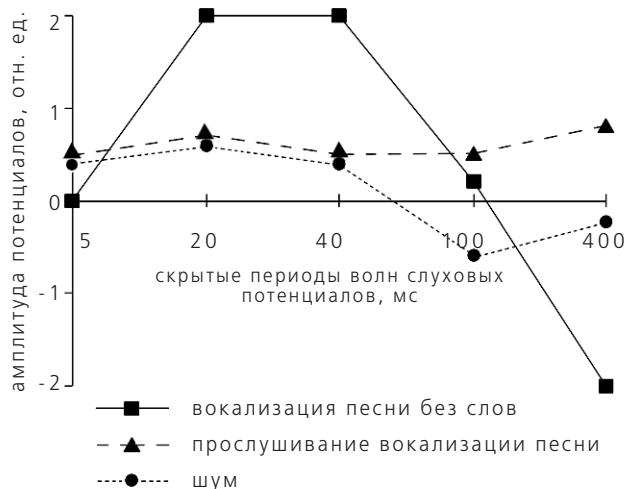


Психоакустические (слева) и электрофизиологические показатели восприятия радиального движения источника звука в тишине и на фоне шума.

прерывного шума, в реальных же ситуациях шумовая помеха имеет непостоянный, прерывистый характер. Если сигнал и шум разделены во времени, то говорят о последовательной маскировке, которая в зависимости от последовательности шума и сигнала может быть прямой или обратной. Действие прямой маскировки, когда первым звучит шум, определяется главным образом механоэлектрическими процессами в периферических отделах слуховой системы и завершается в течение 50 мс. При обратной маскировке, когда первым звучит сигнал, ее действие связано также и с анализом информации в центральных отделах слуховой системы, и процесс распознавания сигнала длится существенно дольше. При модельном исследовании действия обратной маскировки на восприятие радиального дви-

жения мы обнаружили, что такая маскировка может не только затруднять анализ признаков сигнала, но и при определенном интервале времени между сигналом и маскером ускорять принятие решения при оценке направления движения [8]. Так, уменьшение времени реакции выбора наблюдалось при задержке маскера относительно сигнала на 500 мс.

До сих пор мы рассматривали шум как нечто внешнее, привнесенное. А как же будут вести себя различные отделы слуховой системы человека — воспринимающие, передающие и обрабатывающие информацию о внешних звуках на фоне собственной речевой активности? Попытка ответить на этот вопрос была сделана с помощью электрофизиологического метода [2]. У здоровых людей с хорошим слухом регистрировали слу-



Изменение амплитуды волн слуховых потенциалов с различными скрытыми периодами на разном звуковом фоне. Амплитуда волн, возникающих в ответ на короткий звук без фона, на графике соответствует нулевому значению. Приведены усредненные данные для 12 испытуемых.

ховые потенциалы, которые возникали в ответ на щелчок. При активном пении, когда человек воспроизводит мелодию, электрическая активность слухового нерва на щелчок незначительно возрастает или не изменяется вообще, как и при действии внешнего шума. Слуховой вход остается «открытым» для всех звуков. Иная картина наблюдается для волн со скрытыми периодами до 20—40 мс, которые отражают активность подкорковых слуховых ядер. Амплитуда этих волн немного увеличивается на фоне шума и прослушивания записанного на магнитофон пения испытуемого (внешний звук), но резко возрастает при включении собственного голоса. Следовательно, на уровне подкорковых отделов мозга работает не только механизм выделения сигнала из шума, но и механизм «усиления» внешних сигналов на фоне звуков, активно продуцируемых человеком. «Уси-

ленный» потенциал имеет больше шансов перераспределиться в равных долях по разным отделам мозга. Волны со скрытыми периодами до 100 мс, отражающие приход сенсорного стимула в кору головного мозга, мало изменяются по величине на любом звуковом фоне: даже при активации собственного голоса они почти не отличаются от потенциалов, зарегистрированных в тишине. Это значит, что такие волны приходят к коре уже после перераспределения слуховой информации на подкорковом уровне и слабо отражают процессы взаимодействия сигнала и голоса. В то же время волны потенциалов со скрытыми периодами более 200 мс резко уменьшаются при голосовой активности. Если учесть, что корковые потенциалы со скрытым периодом порядка 300 мс (225—400 мс у разных людей) соотносятся с окончательным опознанием стимула, с его идентификацией, то уменьше-

ние именно этого комплекса волн на фоне собственной речи может включать механизм выбора, в основе которого всегда лежит подавление одной реакции за счет другой. Поскольку в наших исследованиях человек по инструкции должен был следить за правильным использованием голоса, не исключено, что уменьшение поздних корковых волн слухового потенциала было связано также и с направленностью внимания.

Итак, широкополосный шум низкого и среднего уровня интенсивности не препятствует человеку удовлетворительно анализировать звуковую информацию и выполнять сложные задачи, связанные с анализом признаков звука. Мы обнаружили две ситуации, в которых действие шума даже улучшало восприятие полезного звукового сигнала. В одной из них действие шума слабой интенсивности (до 20 дБ) заглушает внутреннюю шуму организма и создает своеобразный звуковой «комфорт»; в другой — шум, следующий за сигналом через определенный промежуток времени (0.5 с), улучшает его распознавание.

Кроме того, на фоне собственной речи человек получает звуковую информацию извне без помех, и лишь процессы, происходящие на уровне коры головного мозга, вероятно связанные с направленностью внимания, влияют на ее дальнейшее осознание и использование человеком.

Каков же диапазон практического приложения результатов исследований, о которых шла речь? От звукового оформления компьютерных игр и создания виртуальной акустической реальности — до подготовки летного состава различного назначения и оценки условий работы космонавтов. Проблема имеет также медико-технический и чисто медицинский аспекты.

В первом случае речь идет о разработке методов защиты от разных по природе и уровню шумов. Во втором — о возможностях компенсации собственных ушных шумов и снижения помехоустойчивости слуха при патологических процессах и травмах. Эти и многие другие вопросы на-

ходятся в сфере нашего внимания и будут исследоваться при выполнении текущего гранта. Мы искренне надеемся, что их теоретические и экспериментальные разработки будут в ближайшем будущем затребованы в практической работе как врачей, так и создателей новых поколе-

ний тренажеров для профессионального обучения летчиков, водителей транспорта, диспетчеров и др. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 97-04-48224 и 00-04-48600.

Литература

1. *Вартамян И.А., Андреева И.Г.* // Физиология человека. 1998. Т.24. №1. С.40—45.
2. *Вартамян И.А.* // ДАН. 1998. Т.358. №5. С.692—694.
3. *Альтман Я.А.* Локализация движущегося источника звука. Л., 1983.
4. *Middlebrooks G.C., Green D.M.* //Annu. Rev. Psychol. 1991. V.42. P.135—159.
5. *Вартамян И.А.* //Физиология человека. 1995. Т.21. №5. С.29—35.
6. *Вартамян И.А., Андреева И.Г., Мазинг А.Ю., Маркович А.М.* //Физиология человека. 1999. Т.25. №5. С. 38—47.
7. *Вартамян И.А., Андреева И.Г., Малинина Е.С., Маркович А.М.* // Рос. физиол. журн. им.И.М.Сеченова. 2000. Т.86. №7. С.820—832.
8. *Андреева И.Г., Вартамян И.А.* // Физиология человека. 2000. Т.26. №4. С.164—166.

Солнечная электростанция станет туристическим объектом

Первая в мире солнечная электростанция «Теми» была построена в Восточных Пиренеях (Таргассон, Франция) и введена в эксплуатацию в 1983 г. Сейчас она оказалась нерентабельной. Стоимость вырабатываемой ею электроэнергии в 50 раз выше, чем у современной АЭС, поэтому вскоре эксплуатацию «Теми» прекратят.

100-метровую башню, предназначенную для улавливания солнечных лучей, предоставят астрофизикам: чистый воздух делает эти места идеальными для наблюдений за космосом. Чтобы найти средства на исследования, решили организовать на «Теми» экскурсии для туристов (подобные проводятся на расположенной поблизости солнечной печи «Одейло»).

Предполагается превратить «Теми» в крупный центр научно-промышленного туризма (Science et Vie. 2000. №994. P.32. Франция). Компания «Электри-

сите де Франс» уже инвестировала на обустройство района станции 3 млн франков, два из которых предназначено для туристического проекта.

Как сохранить луизианские болота?

Штат Луизиана занимает самое нижнее течение р.Миссисипи и центральную часть северного побережья Мексиканского залива. Из 120 тыс. км² территории более 10 тыс. — это болота, марши (солончатые приморские топи), а также барьерные острова. Наступление моря приводит к массовому сокращению суши: за полвека ушло под воду более 3100 км², а в последние десятилетия — по 65–90 км² в год. Уникальному ландшафту реально грозит полное исчезновение.

В 1990 г. сенат США принял закон о защите и восстановлении прибрежных переувлажненных земель; ежегодно на эти нужды ассигнуется от 40 до 50 млн долл. Но это капля в море. В середине 90-х годов по иници-

ативе весьма влиятельной общественной организации, сосредоточившей усилия политиков, экологов, университетских специалистов, студентов, юристов и представителей некоторых промышленных и финансовых кругов, был составлен список проектов и методов предотвращения утраты земель (Science. 2000. V.289. №5486. P.1860. США). После доработки и одобрения общественностью документ под названием «Coast-2050» («Побережье-2050») был представлен в Конгресс США. Он включает более 500 отдельных, но связанных между собой проектов, на выполнение которых требуется 14 млрд долл. Решение по ним еще не вынесено, но для экспериментальной их оценки отведена местность вдоль залива Баратария (к востоку от русла Миссисипи) и выделено по 6 млн долл./год на ближайшее время.

При осуществлении проекта встают три главные трудности. Первая — геологическая. Давно известно, что район дельты Миссисипи испещрен подземными трещинами, рассекающими

Вампейская

ми его на тысячи отдельных блоков. Один из приморских блоков площадью около 4100 км² с начала века сползает в воды Мексиканского залива. По оценкам, только этот оползень ответственен примерно за 60% утраты суши в здешнем районе с 1890-х годов. Темпы сползания блока возросли в 60-х годах, что в основном связано со второй трудностью, возникшей вследствие искусственного обвалования Миссисипи. Когда-то река ежегодно выносила в дельту примерно по 400 млн т осадочных пород. За последние 7 тыс. лет она создала шесть далеко выходящих в Мексиканский залив выступов суши. Примерно раз в тысячелетие Миссисипи прокладывала новое устье. На месте пересыхавшего старого русла возникали барьерные островки, по весне заливаемые пресной водой и покрывавшиеся растительностью. Но после катастрофического наводнения 1927 г., затопившего более 70 тыс. км², берега Миссисипи обложили бетонными блоками. Этот высокий вал успешно предотвращает наводнения, но он же препятствует сносу в реку осадочных пород; кроме того, более половины осадков удерживают четыре крупные плотины, возведенные выше по течению. Стекающие с рекой 150 млн т тяжелой глины и песка выталкиваются водой в глубокий донный желоб, врезанный в континентальный шельф, откуда попадают в открытое море. Все это нарушает естественную систему сохранения береговой линии.

Третья проблема связана с активным судоходством, требующим поддерживать в миссисипских протоках и каналах общей протяженностью 13 тыс. км соответствующие условия. Волны, поднимаемые тяжелыми и быстроходными судами, размывают берега на протяжении 60 км с большой скоростью. Эти каналы отвечают за

30% утраты земель; они же изменяют гидрологическую обстановку маршей: приливы и ветры сравнительно легко доставляют соленые воды в глубь территории, в результате там гибнет растительный и животный мир, приспособившийся к относительно пресной воде. Предлагается закрыть ряд каналов, но в ближайшее время главное – направить потоки в них так, чтобы вода хотя бы частично возвращалась в пересохшие марши, восстанавливая экологическую обстановку.

Выяснилось далее, что некоторые барьерные острова подвергаются эрозии со скоростью до 20 м/год; одни за XX в. потеряли половину своей площади, другие обречены на исчезновение в ближайшие 20-50 лет. И тогда обширные просторы увлажненных земель окажутся незащитными перед эрозионными силами моря: приливные волны вырастут более чем на 1 м. Планы предусматривают укрепление островов путем доставки грунта и массового высева трав и кустарников на насыпной стороне.

Гидролог и эколог Дж.Мендельсон (J.Mendelsson), изучающий проблему на протяжении 20 лет, считает, что сама природа предоставила наглядные примеры решений: так, р.Атчафалайа, отнимающая у Миссисипи примерно 30% стока около Симмерспорта, порождает отличные марши и создает свою небольшую, но растущую дельту, возникшую лишь после наводнения 1973 г. Это одно из немногих в Луизиане мест, где марши не сокращаются, а расширяются. Оптимистической точки зрения придерживается и глава Национального центра исследований увлажненных территорий при Геологической службе США в Лафайетте Дж.Джонстон (J.Johnston), который также входит в руководство «Coast-2050».

Спасти историю от затопления

Более 100 лет назад ученые обнаружили в центре Южной Турции, в верхнем течении Евфрата, руины древнеримского г.Зьюгма. Однако, если не считать узких специалистов, в мире мало кто знал об этом «историческом музее», и заботы о нем практически не было.

В декабре 1999 г. турецкие гидростроители перекрыли Евфрат для создания водохранилища, предназначенного снабжать окрестные иссушенные поля водой, а города и поселки – электроэнергией. Зьюгме предстоит уйти под воду, а историческим ценностям – исчезнуть навсегда (Science. 2000. V.288. №5473. P.1961. США). Это стало сигналом тревоги для мировой общественности. Особую роль сыграла передовица «Нью-Йорк Таймс», рассказавшая о Зьюгме и ее предстоящей судьбе.

Демонстрируя свое внимание к международному мнению, турецкое правительство решило повременить с затоплением, отложив его на... 10 сут. Но даже это кое-что дало: Гуманитарный институт в Лос-Альтосе (штат Калифорния, США), содержащийся на средства американской компании «Паккард», немедленно выделил 5 млн долл. на срочные работы по спасению того, что еще можно уберечь. На дне будущего водохранилища развернулись лихорадочные раскопки и эвакуация находок. Из 200 га, что должны были подвергнуться затоплению, археологи полностью обследовали 20, обнаружив при этом несколько интересных мозаичных панно и фресок.

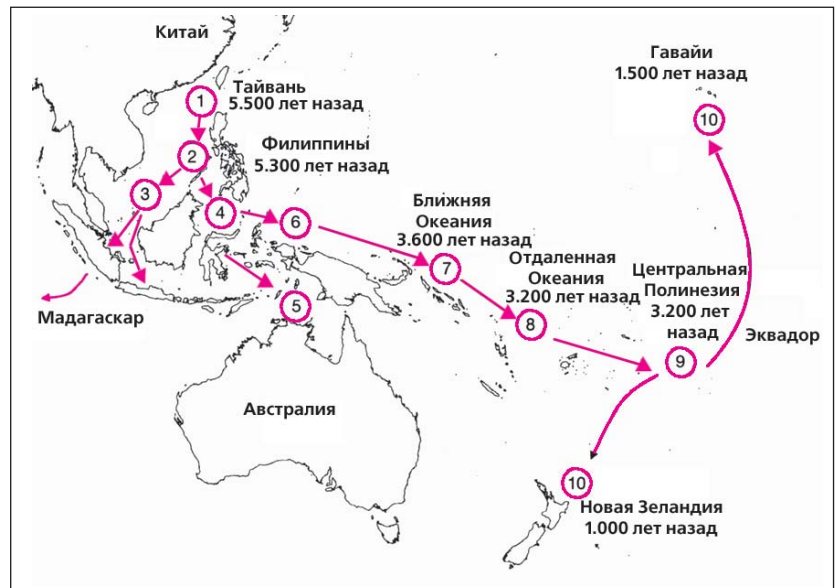
Конечно, Зьюгма – отнюдь не «вторые Помпеи», а всего лишь провинциальный городок Римской империи. Но и здесь должно было существовать немало свидетельств культуры и быта той далекой эпохи.

Лингвисты используют молекулярную биологию

К.А.Гилярова
Москва

Хотя еще Дарвин отмечал, что развитие языков во многом напоминает эволюцию видов животных и растений, удачных попыток использовать методы филогении для лингвистического анализа почти не было. На фоне обычного страха филологов перед строгими количественными методами кажется весьма смелым исследование, проведенное Р.Грэйем и Ф.Джордан¹ из Университета Окленда (Новая Зеландия). Они попробовали восстановить генеалогическое древо австронезийских языков с помощью одного из кладистических методов, используемого в молекулярной биологии для описания изменений ДНК. Попытка не только удалась, но и помогла историкам разрешить вопрос о вторичном заселении людьми островов Тихого океана.

Известно, что первые люди появились на о-вах Бисмарка, Фиджи, Новая Каледония и Вануату около 33 тыс. лет назад. Они пришли из Юго-Восточной Азии через Новую Гвинею, а их потомки сейчас говорят на папуасских языках. Переселенцы второй волны начали свой путь из Южного Китая

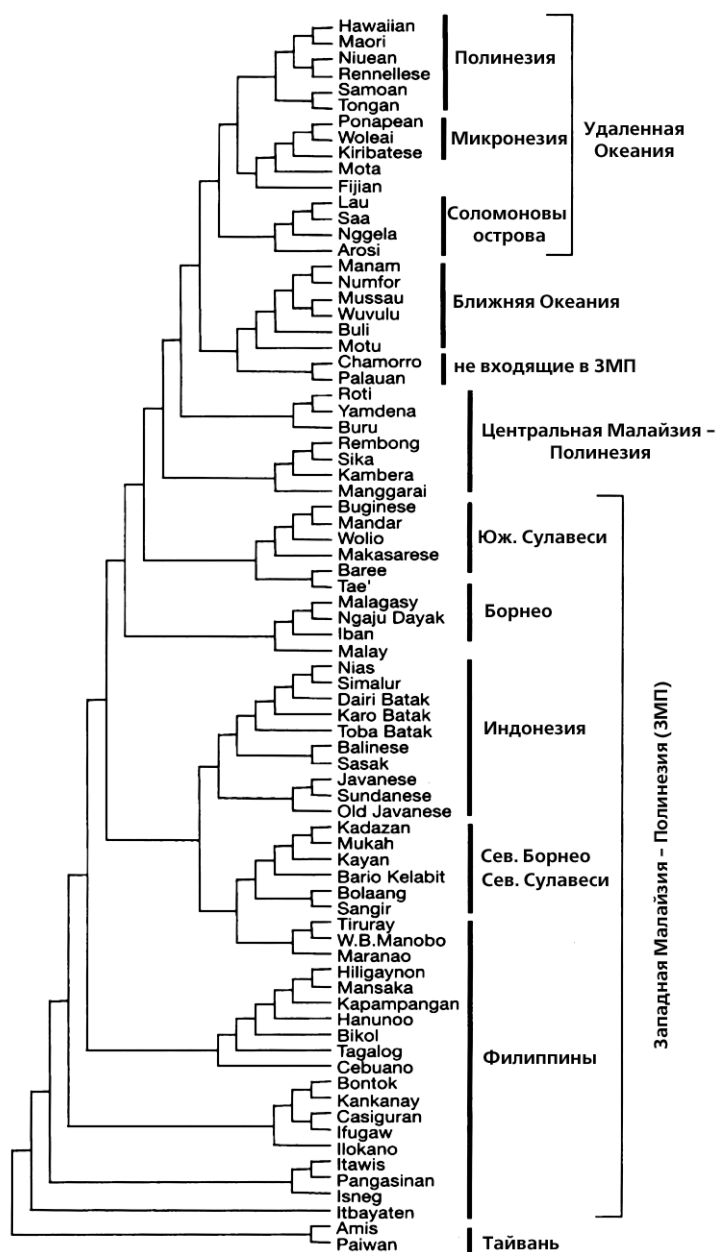


Последовательные этапы в освоении островов Тихого океана.

и с о.Тайвань 6 тыс. лет назад и достигли Полинезии в удивительно сжатые сроки, преодолев, по некоторым данным, расстояние в 10 тыс. км всего за 2 тыс. лет. Предположение о быстром освоении Пацифики было названо биологом Дж.Даймондом гипотезой «экспресса». Генетические исследования показывают, что переселенцы второй волны по пути

смешивались с жителями побережий Папуа—Новой Гвинеи и Вануату. Археологическим подтверждением служит найденная в тех местах характерная глиняная посуда. Основываясь на данных генетики и археологии, Даймонд выделил последовательные «остановки» — этапы в освоении островов Тихого океана. Однако существует и конкурирующая ги-

¹ Gray R.D., Jordan F.M. // Nature. 2000. V.405. № 6790. P.1052—1055.



Филогенетическое древо австронезийских языков.

потеза — «модель заросшего берега»², согласно которой заселение происходило медлен-

нее и не так целенаправленно. Потомки переселенцев второй волны сейчас говорят на

² Авторы обсуждаемой работы пишут, что употребили это выражение вслед за Терелом, но у биологов невольно возникает ассоциация с Дарвином, который использовал метафору «заросший берег» (entangled bank) в «Происхождении видов» для характеристики сложности взаимосвязей в природе.

языках австронезийской семьи, число которых около 1200. Грэй и Джордан опробовали гипотезу «экспресса», построив с помощью компьютерной программы PAUP (Phylogenetic Analysis Using Parsimony) филогенетическое древо 77 австронезийских языков. (Исходные данные — 5000 лексических единиц — были взяты из неопубликованного «Австронезийского сравнительного словаря» Бласта.) Далее исследователи сгруппировали языки по их географическому расположению в соответствии с 10 предполагаемыми Даймондом останковками (Тайвань, Филиппины, Борнео и т.д., вплоть до Восточной Полинезии) и построили еще одно древо, после чего сравнили то и другое. Если заселение Пацифики происходило в соответствии с гипотезой «экспресса», то последовательные ответвления языкового древа (кладограммы) должны соответствовать этапам этого процесса. Результат, полученный Грэйем и Джордан, не вполне идеален: схема Даймонда насчитывает 9 этапов, а филогенетическое древо австронезийских языков — 13 уровней. В пользу того, что выявленная структура не случайна, свидетельствует принятая Греем и Джордан моделирование процесса преобразования одного из 77 австронезийских языков в другой. Подобное преобразование, соответствующее как бы случайному блужданию мигрантов по островам, проигрывали на модели 200 раз. Оказалось, что в среднем для одного преобразования требуется 49 шагов (промежуточных «станций»), т.е. значительно больше, чем предполагается гипотезой «экспресса», которая получила таким образом дополнительную поддержку. ■

Полынья на банке Кашеварова

К.А.Рогачев

В центре Охотского моря располагается вытянутое на 200 км поднятие дна, названное в прошлом веке банкой Кашеварова. Ныне почти забытый моряк и гидрограф Александр Филиппович Кашеваров (1809—1865), сначала поручик корпуса флотских штурманов, впоследствии начальник Гидрографического департамента, сделал немало открытий на севере Тихого океана. Но сегодня речь пойдет не о его судьбе, а о любопытных явлениях, замеченных на банке, носящей его имя.

Она привлекла к себе внимание исследователей, когда на спутниковых фотографиях, сделанных в зимний период, над банкой, рядом с ней и над соседней банкой Ионы обнаружилось постоянное разряжение ледяного покрова — полыньи и разводья, часто меняющие очертания.

Обычно широкие или узкие пространства открытой воды в Охотском море появляются у побережья. Они возникают зимой, когда температура воздуха становится гораздо ниже температуры замерзания морской воды. Сильному ее охлаждению способствует и сильный ветер, и существо-



Константин Анатольевич Рогачев, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института Дальневосточного отделения РАН. Занимается климатом океана и динамикой синоптических вихрей в океане. Участник и руководитель экспедиций на научно-исследовательских судах РАН в Охотском море и в северо-западной части Тихого океана.

вание на поверхности слоя относительно пресной воды, и широкий северный шельф Охотского моря. Как только лед образуется у берега (он, как правило, неровный, и поэтому воздушный поток воздействует на него значительно), его уносит сильный северный ветер, начинается быстрый дрейф льда от берега, и образуется так называемая подветренная полынья. Однако как может возникнуть пространство открытой воды в центре моря — на банке Кашеварова, расположенной

вдали от побережья? К этому вопросу мы вернемся немного позже, обратив сначала внимание читателей на некоторые общие сведения.

Полыньи — это своеобразные окна в глубины моря. Зимой они поставляют соленую и плотную воду («рассол») в его глубокие слои. Через полыньи происходит практически весь обмен теплом между водой и воздухом, когда море покрыто льдом. Весной участки открытой воды поглощают практически всю солнечную радиацию, которая в то же

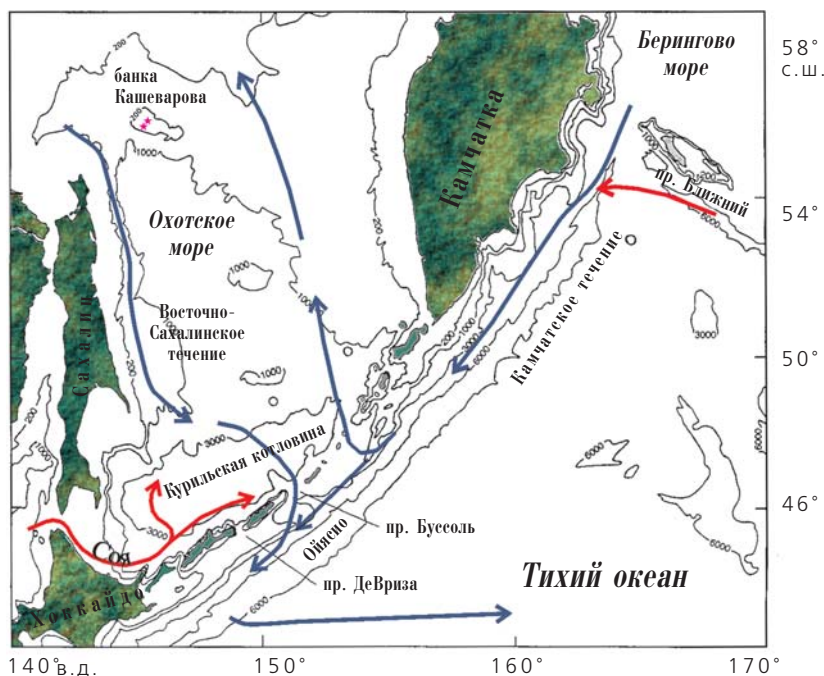
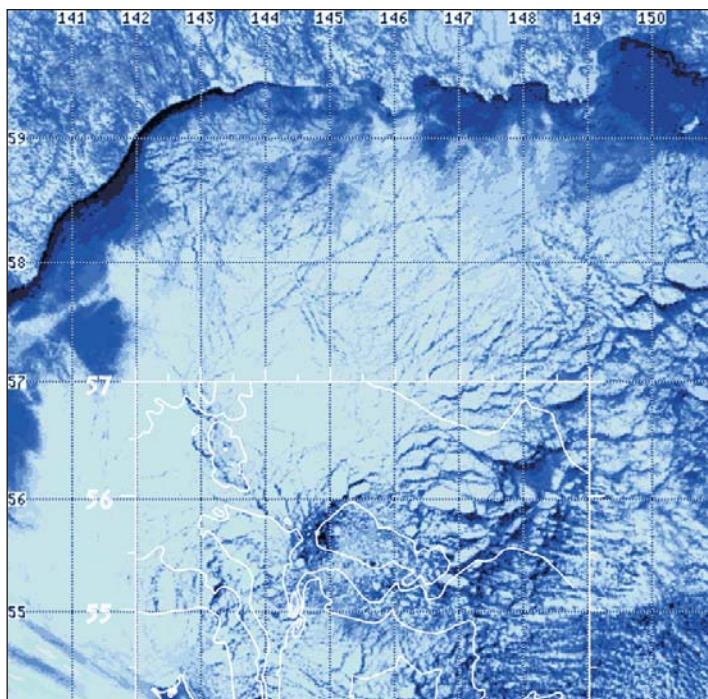


Схема течений в Охотском море (на изобатиях — глубина, м). Звездочки — места установки измерительных приборов на дне в районе банки Кашеварова.

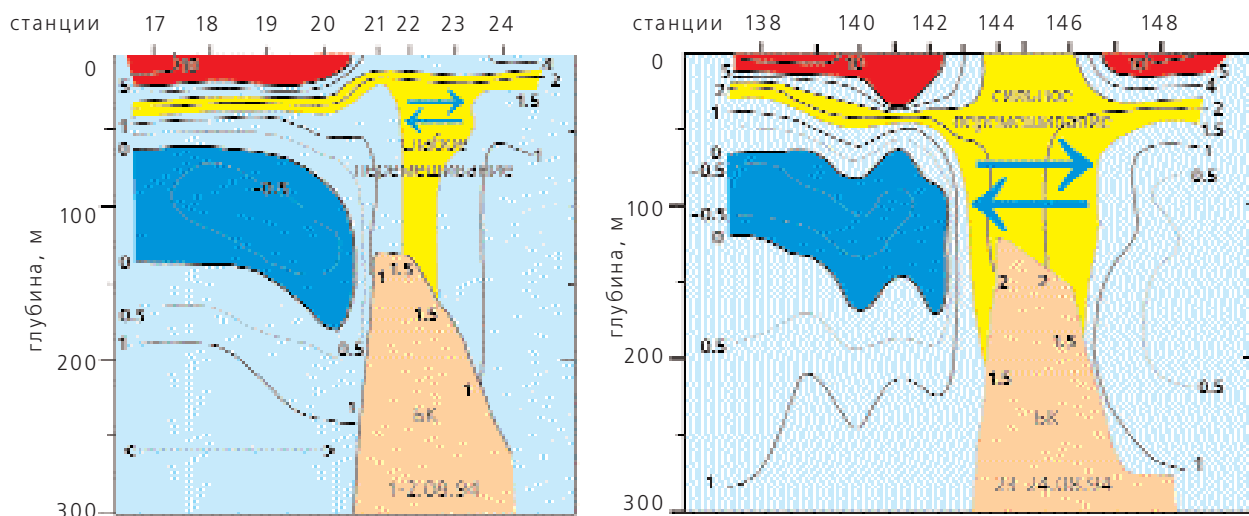


Дрейфующий лед в районе банки Кашеварова. Снимок сделан из космоса 25 марта 1999 г., во время максимальных скоростей приливных течений. Белые линии — изобаты. Хорошо видна полынья на западной границе банки.

время отражается от покрытого снегом льда. Большие потери тепла во время охлаждения моря компенсируются двумя механизмами, работающими на сохранение открытой воды. Первый — выделение скрытой теплоты кристаллизации во время формирования льда, второй — поставка значительного тепла из глубоких слоев моря (оба механизма не исключают друг друга и вносят свой вклад в поддержку полыньи, в том числе на банке Кашеварова).

Из высоких широт Тихого океана теплая вода проникает в Охотское море с Аляскинским течением через глубокие проливы между Курильскими о-вами. На глубине около 200—400 м ее температура составляет (у пролива Близкий) около 3.8—4°C [1], но она постепенно остывает на пути от Камчатки до самого глубокого пролива Буссоль. Другой источник — теплое течение Соя, воды из Японского моря, проникающие через пролив Лаперуза, не достигают северной части Охотского моря. Поступающая же в него теплая тихоокеанская вода расположена довольно глубоко. Кроме того, на поверхности располагается относительно пресная вода, а в глубоких слоях — соленая. Примерно такая же картина получается, когда теплые и соленые воды Атлантики входят в Северный Ледовитый океан и погружаются под холодные и менее соленые воды, согревая его глубокие слои. При этом сильное приливное перемешивание — тот механизм, с помощью которого тепло поступает из глубоких слоев моря.

Главная особенность Охотского моря — большие приливы и сильные приливные течения. Приливной энергии здесь поглощается больше, чем во всем Северном Ледовитом океане [2]. Этой энергии иногда достаточно, чтобы смешать верхний и нижний слой

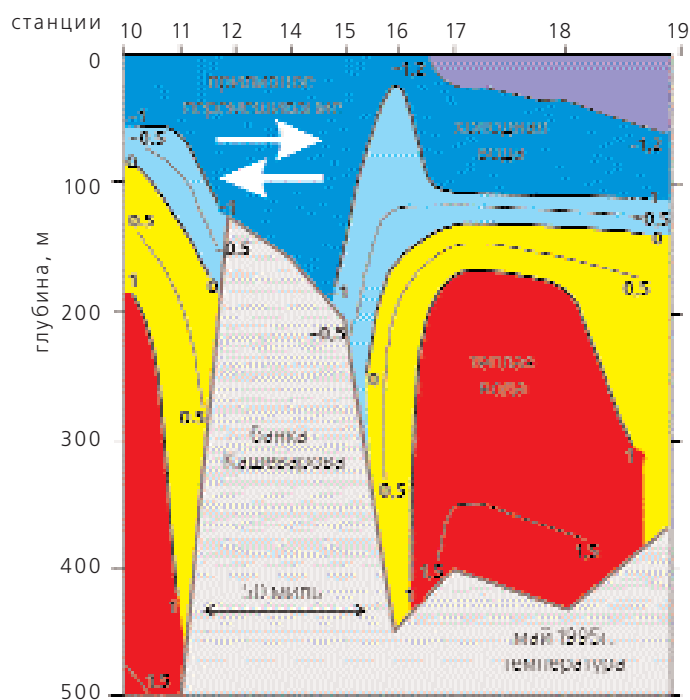


Температурные разрезы (числа на изолиниях, °С) через банку Кашеварова (БК), в направлении с юга на север, выполненные в разные фазы двухнедельного цикла. Ширина области перемешивания (желтый цвет) меняется с периодом около двух недель и увеличивается при усилении приливных течений. Синий цвет — холодные промежуточные воды, красный — теплые поверхностные.

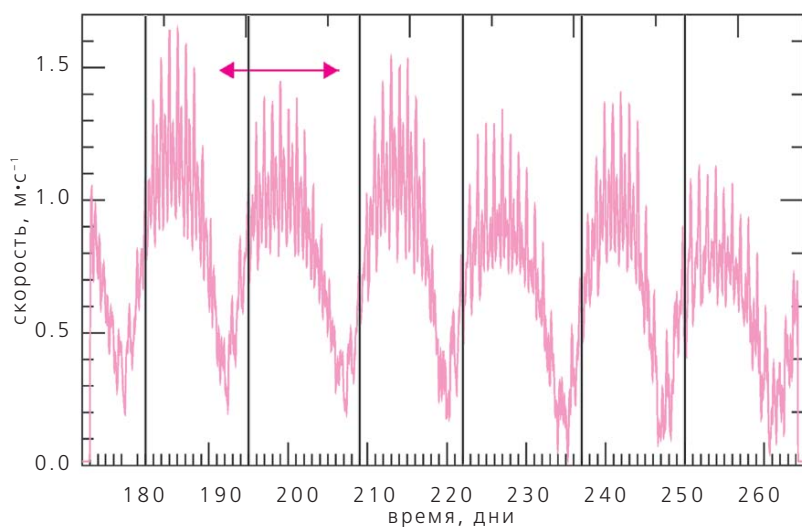
воды и воспрепятствовать образованию льда. Например, в Пенжинском заливе, на самом севере моря, где приливы самые большие в России, ледяной покров не устанавливается даже зимой. Но поскольку приливы — явление не строго постоянное, их изменчивость оказывает значительное влияние не только на лед, но и на биологические процессы и продуктивность моря.

В сердце холодного моря

Структура вод в северной части Тихого океана зависит от их вертикального перемешивания синоптическими вихрями, которые растянуты вдоль Курильских о-вов в области Камчатского течения и течения Ойясио. Но на севере Охотского моря картина иная. Здесь все определяется приливным перемешиванием на банке Кашеварова, охватывающим весь 200-метровый слой воды. Этот вывод удалось сделать после нескольких экспедиций в район банки, прове-



Температурный разрез (числа на изолиниях, °С) через банку Кашеварова с запада на восток в весеннее время, когда на поверхности моря все еще лед. Поступление теплой воды из промежуточных слоев вызывает образование полыньи на банке.

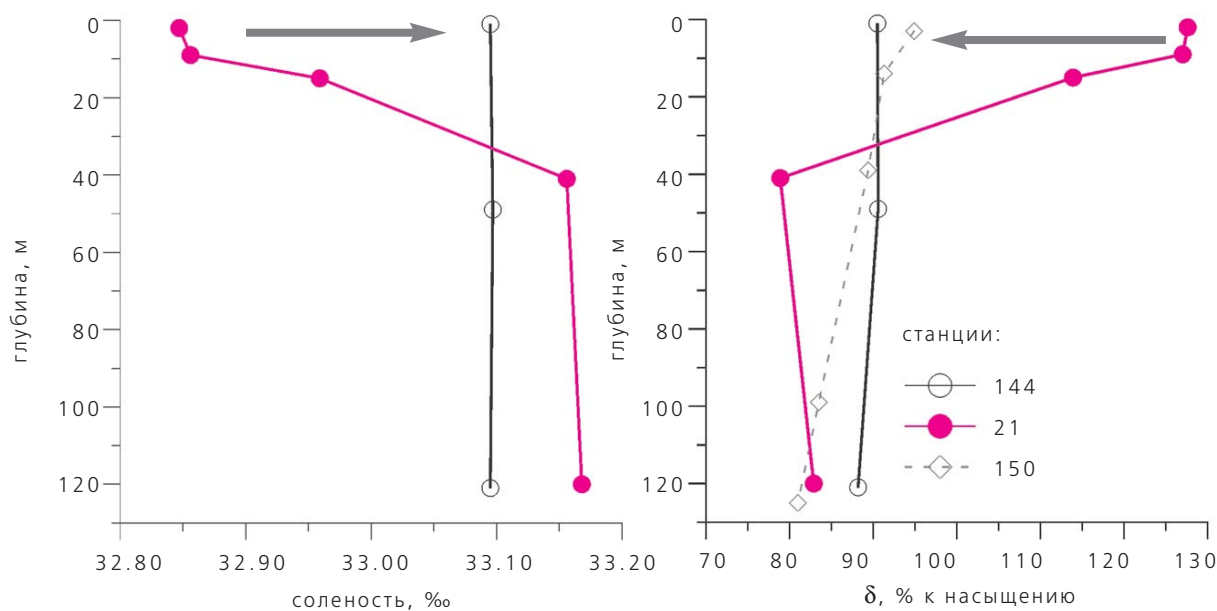


Скорость течения на банке Кашеварова в 1996 г. Двухнедельный цикл, вызванный изменением склонения Луны, отмечен стрелкой, дни с максимальным склонением — вертикальными линиями. Хорошо видны сильные суточные приливные течения.

денных научно-исследовательскими судами Тихоокеанского океанологического института РАН, а также обработки фотографий, сделанных со спутников «NOAA» и японского геостационарного спутника «GMS-5», в Институте автоматизации и процессов управления ДВО РАН М.Г.Алексаниной [3].

На инфракрасных снимках банка выглядит летом как пятно холодных вод, что характерно для приливных фронтов северной части Охотского моря. Однако уже на глубине 100 м эта область превращается в широкую зону относительно теплых вод, которая захватывает уже не только банку

Кашеварова, но и банку Ионы, расположенную к северо-западу от нее. Причина существования такой необычной структуры — сильное приливное перемешивание. Дело в том, что на шельфе Охотского и Берингова морей стратификация — разделение вод моря на опресненный поверхно-



Изменения вертикального распределения солености (слева) и концентрации растворенного кислорода на банке Кашеварова. Стрелка указывает на смену вертикального распределения в разные фазы двухнедельного цикла.

стный слой и придонный холодный с высокой соленостью — хорошо выражена. Галоклин (зона с резким изменением солености) в этом районе, как и в арктических морях, поддерживается адвекцией холодных, плотных и соленых вод с континентального шельфа (их температура около -1.8°C , при которой замерзает морская вода), а также потоком пресной воды из разных источников (речного стока, дождей и таяния льда), благодаря чему верхний опресненный слой хорошо прогревается летом.

В глубокой части моря даже в теплое время года (с мая по сентябрь) формируется холодный промежуточный слой с температурой около -1.5°C (он имеется также в океане к востоку от Курильских о-вов и у Камчатки, но там температура этого слоя гораздо выше). Вблизи банки этот слой расположен на глубине около 120 м. Когда верхний слой моря смешивается с этими водами, вода на банке охлаждается, а галоклин разрушается. Таяние льда, поступление речных вод и сильные дожди, наоборот, восстанавливают стратификацию, что изолирует поверхностные и глубинные воды друг от друга. При глубине банки 140–200 м, чтобы полностью разрушить стратификацию от поверхности до дна, требуется скорость приливного потока 1.5–2 м/с. При первоначальных расчетах распределения скоростей с помощью численной модели Охотского моря скорость приливных течений на банке оказалась в 10–20 раз больше (~ 2.6 м/с на ее вершине), чем в окружающих водах. Этого вполне достаточно для полного перемешивания всего столба воды.

Однако прямые измерения скорости приливов и течений стали возможны только в 1994 и 1996 гг., когда на банке работали наши экспедиции. Стан-

ция 1996 г., установленная на глубине около 140 м, была снабжена измерителями придонного давления (или уровня с точностью ± 2.7 см) и скорости течения. (Эти инструменты любезно предоставили нам канадские океанологи Э.Кармак и Р.Лейк). Они простояли под водой более трех месяцев, прежде чем были подняты на борт научного судна. В результате в центральной части Охотского моря впервые были проведены инструментальные наблюдения большой точности. Оказалось, что амплитуда приливных течений и степень перемешивания имеют ярко выраженный двухнедельный цикл с периодом 13.66 сут [4]. Его существование связано с двумя близкими по частоте суточными приливными гармониками (одна из них с периодом 25.82 ч, а другая 23.93). Их сложение дает модуляцию скорости приливного течения и тем самым степени перемешивания вод в море. Этот эффект связан прежде всего с изменением склонения (но не фазы) Луны. Знание амплитуд и фаз этих гармоник позволяет прогнозировать амплитуду скорости приливных течений.

Ритм непреодолимой силы

Приливы на банке очень велики и доминируют в наблюдениях над придонным давлением. Диапазон изменения уровня моря превышает здесь два метра, несмотря на отдаленность банки от берега. Приливы доминируют и над течениями. Выделяются две суточные приливные гармоники — колебания определенной частоты, динамика которых определяется прежде всего склонением Луны. При этом полусуточные гармоники в приливных течениях меньше суточных в пять раз и более. Максимальная амплитуда ско-

рости течений достигала ≈ 2 м/с, а минимальная за двухнедельный цикл опускалась десятикратно и более. Приливное перемешивание настолько сильно, что приводит к однородной стратификации всего слоя воды над банкой, на глубине около 140 м. Кроме того, приливные течения создают достаточно мощный средний поток, направленный с севера на юг, а его скорость также меняется в двухнедельном цикле. Такое течение эффективно выносит лед в море и способно создать полынью.

На температурном разрезе через банку в августе выделяется подступающий к ее границам слой холодных вод. Придонное давление и температура на банке связаны друг с другом, но если в изменениях уровня характерны суточные и полусуточные гармоники, то для температуры преобладают только суточные. Таким образом, изменения температуры зависят от выноса холодных промежуточных вод глубокой части Охотского моря на банку. Во время ослабления приливных течений температура повышается и холодные воды промежуточного слоя смешиваются здесь с поверхностными. В результате холодные и соленые промежуточные воды возвращаются в верхний слой моря, что хорошо заметно на инфракрасных спутниковых снимках. А на глубине около 100 м, в пределах банок Кашеварова и Ионы, появляются теплые промежуточные воды, в то время как вокруг этих участков, включая воду над впадиной Дерюгина (к югу от банки Кашеварова) и на шельфе, температура на тех же глубинах составляет всего -0.7°C .

Амплитуда скорости течения на банке в двухнедельном цикле сильно меняется, превосходя суточную изменчивость в пять раз. Поэтому и степень перемешивания



Кораллы, поднятые со дна банки Кашеvaroва.

должна меняться именно с двухнедельным периодом, поскольку во время него действительно существенно изменяется стратификация, соленость, содержание растворенного кислорода и концентрация питательных элементов. Многократное увеличение численности клеток фитопланктона на банке происходит во время усиления стратификации, сразу после фазы перемешивания.

Положение стратифицированных и хорошо перемешанных вод (так называемого приливного фронта) можно определить простым отношением глубины и скорости приливного потока (H/u^3). Когда этот параметр больше определенной величины, устанавливается стратификация, когда меньше – весь столб воды перемешивается. При этом, если модуль скорости течения в двухнедельном цикле меняется в 10 раз, параметр стратификации — в 1000, и следует ожидать значительных по-

следствий такой изменчивости. Выявленная двухнедельная модуляция степени перемешивания приводит к периодическому восстановлению стратификации в этом слое.

Такая смена режима водной толщи — от однородной до расслоенной — сильно влияет на биологические процессы в ней, поскольку от этого зависит ее обогащение питательными веществами. Так, продукция фитопланктона в верхнем слое будет наибольшей, если периоды перемешивания и стратификации чередуются. Вспышки «цветения» могут появляться во время ослабления прилива, когда стратификация распространяется в зону, обогащенную ранее питательными веществами в результате вертикального перемешивания.

Двухнедельный приливный цикл задает совершенно определенный ритм жизни живым организмам, населяющим активную приливную область. Если в областях со слабым приливым перемешиванием

наблюдается только весеннее «цветение» фитопланктона, то на банке Кашеvaroва в теплое время года оно может повторяться каждые 14 дней. Любопытно, что на ней обнаружена даже колония красных кораллов. По-видимому, они поселяются здесь, в центре холодного моря, именно из-за обилия пищи, приносимой приливым течением, и из-за «привлекательности» дна, сложенного чистой, крупной галькой.

Итак, физические и биологические процессы в Охотском море тесно связаны между собой. А небольшая по размерам банка Кашеvaroва, видимо, играет исключительно важную роль не только для динамики вод, но и для сообществ живых организмов во всем море. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект № 97-05-65782.

Литература

1. Rogachev K.A. // Progress in Oceanography. 2000. V.47/2–4. P.299–336.
2. Kowalik Z., Polyakov I. // J. Geophysical Research. 1999. V.104. P.5361–5380.
3. Алексанина М.Г. // Исслед. Земли из космоса. 1997. №3. С.44–51.
4. Rogachev K.A., Carmack E.C., Salomatin A.S. // J. Oceanography. 2000. №4. V.56. P.439–447.

Кто любит пиво, а осьминог — бутылку от пива

К.Н.Несис,
доктор биологических наук
Москва

В жизни донных осьминогов главное место, пожалуй, занимает нора. Без норы любая хищная рыба может съесть осьминога. Хорошая нора — та, что с узким входом, широким обзором перед ним, а внутри темная и просторная. Узкий вход очень важен: ведь осьминог без костей, и даже крупный, в несколько килограммов весом, может пролезть в дырочку диаметром с пятирублевик. А защитить узкий вход от вторжения нетрудно. В скалах, в развалах камней найти хорошую нору не проблема. Но как быть на песчаном либо илистом дне, где водится немало вкусной добычи? Тут можно поселиться разве что в пустой раковине моллюска, да только ее скорее отыщет и оккупирует рак-отшельник! В таких местах убежище — самый острый дефицит и главный лимитирующий фактор в жизни осьминогов. Особенно если осьминог маленький.

Но в последние десятилетия у маленьких осьминогов (и по вполне понятной причине) именно вблизи песчаных пляжей появился новый «сорт» отличных убежищ — бутылки и жестянки из-под пива! Жестянки очень хороши: простор-

ные и темные внутри. Но у них есть недостаток — острые края отверстия, и крышка мешает, если не оторвана. А вот стеклянные пивные бутылки лучше всего: стекло, как правило, темное, горлышко гладкое и сами кубастенькие — отношение высоты к диаметру оптимально для осьминога. Теперь во всех морях, кроме разве что в районе Антарктики, осьминоги стали селиться в пустых бутылках. Мне однажды повезло вытралить три

пивные бутылочки в Индийском океане у Мозамбика — и в каждой сидел самец осьминога нового, еще не описанного вида!

Естественно, что зоологи, исследующие осьминогов, обратили внимание на такое новшество в осьминожьей жизни. Несколько лет назад Дж.Войт, работавшая в Аризонском университете, использовала «метод пивных бутылок» для сбора живых и здоровых осьминогов [1]. На пес-

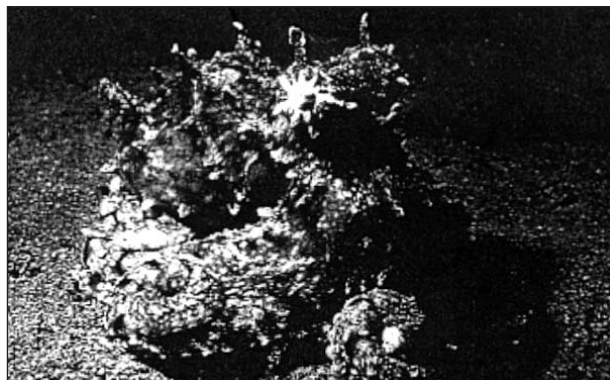
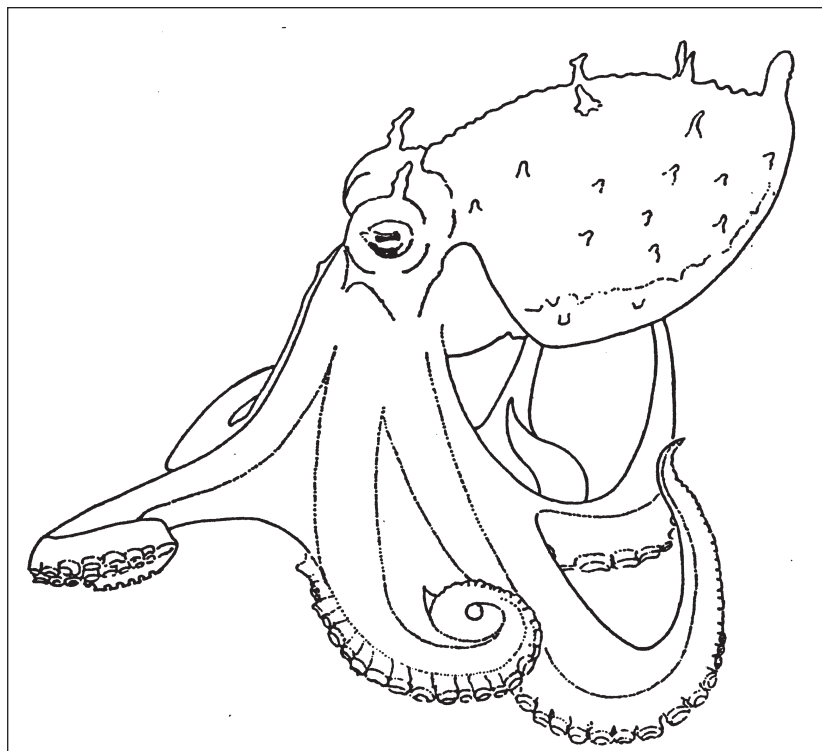


Красный осьминог *Octopus rubescens*.

Фото П.Алмеда, Суэгл (<http://is.dal.ca/~ceph/TCP/redocto.html>)

© К.Н.Несис

Красный осьминог *Octopus rubescens*. Вверху — рисунок А.Герра по фотографии М.Снайдермана; внизу слева — осьминог в покое: бугорки и папиллы на теле незаметны (фото Ф.Хохберга), справа — испуганный: все бугорки и папиллы подняты (фото С.Миллера).



чаном пляже в северном углу Калифорнийского залива, где высота приливов достигает 7 м и где в изобилии водятся эндемичные мелкие осьминожки *Octopus digueti*, она раскладывала в отлив цепочки из нанизанных на электрический шнур бутылочек из-под местного мексиканского пива «Корона» емкостью 335 мл и проверяла их раз в сутки. Обычно осьминоги этого вида обитают в пустых раковинах моллюсков, но предложенные убежища им так понравились, что в расчете на каждую сотню бутылок поселялось 14 осьминогов, а в излюбленных ими мес-

тах даже 18! Селились в бутылках особи обоего пола и разного возраста. Средняя ширина головы осьминогов (17.8 мм) была чуть больше диаметра горлышка (17 мм), а у самого крупного — в полтора раза больше (25 мм). Бутылочный метод оказался пригодным не только для сбора материала в целях проведения экспериментальных работ, но и для мониторинга популяции осьминогов, изучения их распределения.

Недавно этот метод использовали Р.Андерсон из Ситлского аквариума на западном побережье США и его кол-

леги из Летбриджского (Канада), Вашингтонского и Пенсильванского (США) университетов, изучавшие питание красного осьминога *Octopus rubescens* [2]. Этот хотя и маленький по размеру (длина туловища максимум 8–10 см, длина с руками до 25 см, масса до 400 г, но обычно не более 200 г), но самый многочисленный и потому промысловый вид распространен от Алеутских о-вов до Калифорнийского залива, от уреза воды до глубины 300 м. В прибрежной полосе Калифорнии находили этих осьминогов в раковинах, пустых домиках крупных бая-

нусов, бутылках, старых выброшенных сапогах и др. Питание красного осьминога хорошо изучено в неволе, где он охотно поедает разнообразных крабов, брюхоногих и двусторчатых моллюсков и мелкую рыбу, но как оно происходит в природных условиях, мало известно. Дело в том, что донные осьминоги большинства видов утаскивают схваченную во время охотничьих вылазок добычу в нору, там ее спокойно поедают, а остатки — раковины моллюсков, панцири крабов, кости рыб и т.п. — аккуратно складывают в кучку рядом со входом. По этим «мусорным кучам» легко найти осьминожку нору и определить, чем осьминог питается. Но красный осьминог мусорных куч почему-то не делает!

Исследователи подобрали на дне 32 старые пивные бутылки, обросшие актиниями и усоногими раками, и разложили там еще 30 новых. Использовали бутылочки из-под американского «Будвайзера» (355 мл, диаметр горлышка 18 мм). С них смывали этикетки и окрашивали в черный цвет, кроме донышка — чтобы было

видно, есть ли там кто-нибудь. Собранные со дна бутылки промывали струей воды над ситечком, после чего осьминогов запускали обратно и относили на место, в море, а все, что оставалось на сите, разбирали. Как оказалось, осьминоги (исключительно молодь, хотя иногда в бутылках селятся и взрослые) сидели в половине старых бутылок, но только в тех, что из темного стекла (таких было занято 70%), светлые же не были заселены. Из 30 новых бутылок за 66 дней было занято лишь две, возможно потому, что опыт ставили зимой, когда молодые особи на дно не оседают, а взрослые (в окрестностях почти миллионного города!) уже «жилем» обеспечены. А вот причина отсутствия у красного осьминога мусорных куч выяснилась сразу: эти неряхи не выбрасывали остатки пищи наружу, но оставляли все в доме!

Оказалось, что состав пищи красных осьминогов в море существенно отличался от того, что они предпочитали в аквариуме. Основной их пищей были мелкие брюхоногие мол-

люски из родов *Olivella*, *Alia*, *Kurtziella* и *Nassarius*. Гораздо реже попадались раковины двустворок и лишь один раз — остатки краба. Часто встречались обломки домиков усоногих раков баянусов (*Balanus crenatus*), но похоже, что баянусов осьминоги не ели, только использовали остатки от пиршеств морских звезд, главных врагов баянусов. А использовали они их, чтобы лучше забаррикадироваться в норе, прикрыть «дверцей» горлышко бутылки!

Но вот правильно ли я сделал, назвав их неряхами? Быть может, они считают: лучше терпеть беспорядок в доме, чем демаскировать нору мусорной кучей.

В общем ясно: что для нас отбросы и мусор, для кого-то — жизненно важный и ценный ресурс. Благодаря бутылкам и жестянкам из-под напитков осьминоги, в первую очередь мелкие, получили возможность использовать богатую кормовую базу песчаных и илистых грунтов, почти лишенных естественных убежищ, а это обогащает прибрежную экосистему. ■

Литература

1. Voight J.R. // Amer. Malacol. Bull. 1988. V.6. №1. P.45—48.
2. Anderson R.C., Hughes P.D., Matber J.A., Steele C.W. // Malacologia. 2000. V.41. №2. P.456—460.

Национальный центр США по изучению ураганов (Майами, штат Флорида) назвал пять штатов, над территориями которых в течение 1899-1999 гг. пронеслось наибольшее число ураганов. Это Флорида (60), Техас (37), Северная Каролина (29), Луизиана (26) и Южная Каролина (15). Сообщены также имена пяти самых мощных и разрушительных ураганов разных лет (с указанием года и размера нанесенного ущерба, в млрд амер. долл.): Эндрю (1992;

30.5), Хьюго (1989; 8.5), Агнес (1972; 7.5), Бетси (1965; 7.4) и Камилла (1969; 6.1). (Ущерб определен в ценах 1996 г.)

National Geographic. 2000. V.198. №3. P.12 (США).

Ухудшение качества окружающей среды отрицательно влияет не только на физическое, но и на психоэмоциональное состояние человека — к такому выводу пришел английский социолог К.Уильямс (C.Williams). Он полагает, что

виной тому две причины: с одной стороны — все возрастающее воздействие свинца, который выбрасывается в атмосферу автомобилями и промышленными предприятиями, с другой — нехватка в овощах необходимых микроэлементов (железа, йода и др.) из-за эрозии почв, неуклонно усиливающейся в результате интенсификации сельского хозяйства.

Science et Vie. 2000. №994. P.28 (Франция).

Взлетки и наблюдения Корольки

В.И.Булави́нцев

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

Островок старого ельника, чудом избежавший губительной судьбы елового массива, давно уже порушенного топорами, темнел среди низинных березняков, выросших на его месте. Ближайшая автомобильная трасса пересекала окрестные леса километрах в пятнадцати, и ее свинцово-дымный шлейф не достигал живой зелени елей, распростерших замшелые, в сизых лишаях, лапы над лесным ручьем, говорливым по весне и покойно ленивым в прочее теплое время года. В сумрачной прохладе полога, нерукотворной обители вечности, где отпускает душу суетность обыденной жизни, была зеленая вселенная крошечных существ — желтоголовых корольков (*Regulus regulus*), птах немногим длиннее спичечного коробка, северных колибри наших хвойных лесов.

К исходу марта весна изрядно подъела снег. Ноздреватый и посеребривший, в полсапога глубиной, обреченно, с печальным шелестом оседающий под ногами, он продержится еще пару недель и уйдет талой водой в лесные ручьи. Но пока понизу от него тянет холодом. Зато вверху, в залитых солнцем кронах, тепло и уютно.

© В.И.Булави́нцев

Парочка корольков приглядела огромную шатровую ель с ветвями, расчесанными на пробор — сверху вниз. Присмотрели они ее сразу после зимних кочевок по заболоченным березнякам.

Корма в старом ельнике было вдоволь. Кокконы мелких, с булавочную головку, пауков, яйца и личинки малых невзрачных мошек, бабочек и жучков. Ничто не ускользало от взгляда птичек-крошек, неутомимо копошащихся в дебрях мохнатых ветвей.

Назойливо наглых ворон, бандитов, изводящих птичью мелочь, здесь не оказалось. Они повывелись года три назад, вскоре после того, как в ельнике поселились ястребы-тетеревятники, большие любители до голубей и серого воронья. Сами корольки для желтоглазых хищников — не добыча, а мелочь, недостойная внимания. Зеленовато-серые пташки с белыми полосками-зеркальцами на мягких крылышках, тельцем с наперсток и граммов пять весом, в золотисто-оранжевых шапочках. Удивительно хрупкие создания дикой природы, привычные к российским морозам и метелям, беспомощно трогательные комочки перьев.

Тем временем весна правила бал. Тепло и море солнечного света бередили птичьи сердца,

рождая весенние гимны во славу любви и жизни на Земле. Крошка королек не отставал от других, без усталости распевая свою негромкую песню, сообщая ей о намерении защищать выбранное место от непрошенных соперников. Территория корольков подстать самим малюткам птичкам. Старая ель с гнездом да еще несколько кормовых деревьев в радиусе двадцати метров, вот и вся ответственность супружеской пары на время вывода птенцов.

На окрестных пашнях, по краям сырых западин, подсыхающих только к середине лета, сели на яйца чибисы. Над опушками и просеками откружили свое, справляя весенние свадьбы, длинноносые увальни вальдшнепы.

Весна клонилась к лету. К началу мая гнездо корольков было почти готово. Плотно свитая из травинок, мха и паутинок корзиночка, подвешенная к низу еловой лапы высоко над землей, совершенно терялась в зелени ветвей. Птицы трудились над гнездом вторую неделю, оставалось совсем немного — выстлать его изнутри мягким пухом и перышками. Но погода распорядилась по-своему. Вернувшиеся вдруг холода сыпанули с осевшего тяжелыми тучами неба ледяной, молочно-серой крупой, засви-



Гнездо королька.



Один из мелких паучков — пища для корольководителей и их потомства.

Фото автора

стели рвущим ледяным ветром в уже тронутых зеленым дымом березовых ветвях, заметно охладив любовный пыл птичек. Завершение гнезда затянулось на целую неделю.

Но весенняя непогода — всего лишь малый каприз природы. К середине мая о холоде уже и не помнилось.

В соседнем березняке только пролилась чистой флейтой первая песня иволги, а в уютном, теплом гнезде корольков уже лежало шесть крошечных светлых, в бурых крапинках, яичек.

Любовь творит на Земле чудеса. Из самой малости, взору человеческому вовсе недоступной, рождает она жизнь. Зыбка незримая грань между жизнью и смертью, тонкой паутинкой дрожит она на ветру вечности, прикрытая только материнским теплом. Две недели самочка королька заботилась о яйцах. Согревала их в свежие майские ночи, прикрывала собой от дождей. Если отлучалась, то только чтобы в спешке перехватить комаров да мошек, тут же рядом,

на еловых ветвях, и снова в гнездо, к яйцам. Зародыши дышат, и яйца нужно время от времени переворачивать, чтобы не залежались на одном боку. В жаркие дни она давала им немного остыть, ведь для неокрепшей жизни, чуть мерцающей во тьме небытия, одинаково губельны и недостаток тепла и его избыток.

Птенцы появились на свет дружно. Первый — под утро, еще в темноте, последний — уже ближе к вечеру. Забот в семействе корольков сразу прибавилось. Крохотные, едва различимые комочки розовато-красной, голой, полуглухой и слепой плоти требовали постоянного тепла, а чуть позже уже и корма. Родители старались, как могли. Набив клювики паучьей и мушиной мелочью, собранной на еловых ветвях, спешили к требующей пище ораве птенцов. И так без конца — с восхода до темноты, по триста раз в день. Зато птенцы росли быстро. Уже через десять дней стало тесно в гнезде, и они начали из него выбираться, рассаживаясь на

колкой лапе, надутые, вечно голодные крошки, покрытые пушком и перышками.

Теплые дни летели незаметно, погода словно оберегала птенцов. К концу июня их было не узнать. Оперившиеся, но еще чуть короткохвостые, они ловко лазили и перепархивали в кроне родной ели, пытаясь самостоятельно отыскивать корм. Родители еще кормили их, но не столь часто. А еще через неделю повзрослевшие и полностью оперившиеся птенцы окончательно покинули родное дерево, чтобы вести самостоятельную жизнь.

Взрослым королькам сучать о покинувших детях не приходилось — до осени предстояло вырастить еще один выводок птенцов. Все начиналось сначала, с постройки нового гнезда, с забот, радостей и тревог птичьей жизни.

Как сложится эта недолгая, но по-своему неповторимо прекрасная жизнь? Пусть это останется тайной старого ельника. Пройдет время, и он поведаст ее тому, кто сможет рассказать о ней людям. ■

Вести из экспедиций

Разломы дна Центральной Атлантики

А.А.Пейве,

кандидат геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

В апреле прошлого года научно-исследовательское судно РАН «Академик Николай Страхов», предназначенное для изучения строения дна океана, вышло в свой 22-й рейс из венесуэльского порта Лагуайра в Центральную Атлантику. Работы проводились в соответствии с российской государственной программой «Мировой океан», но состав экспедиции был международным. Кроме 14 специалистов из нашего института в рейсе приняли участие 12 итальянских ученых (Институт морской геологии, Болонья). Это была уже шестая российско-итальянская экспедиция: наше сотрудничество в области изучения геологии Атлантического океана началось в 1992 г. Научным руководителем 22-го рейса стал академик Ю.М.Пущаровский.

Предстояло провести геолого-геофизические исследования на трех участках океанского дна с различной структурой. Все они связаны с Срединно-Атлантическим хребтом — тектоно-вулканическим поднятием, в пределах которого образуется океаническая кора. Этот процесс сопровождается спредингом — раздвижением плит. В осевой части

хребта (рифтовой зоне) происходят активные вулканические извержения, с излиянием на поверхность базальтов. В ряде мест эти процессы приводят к формированию сульфидных и железомарганцевых руд. Срединно-Атлантический хребет разбит целой системой широтных разломных зон, по которым смещаются его отдельные сегменты.

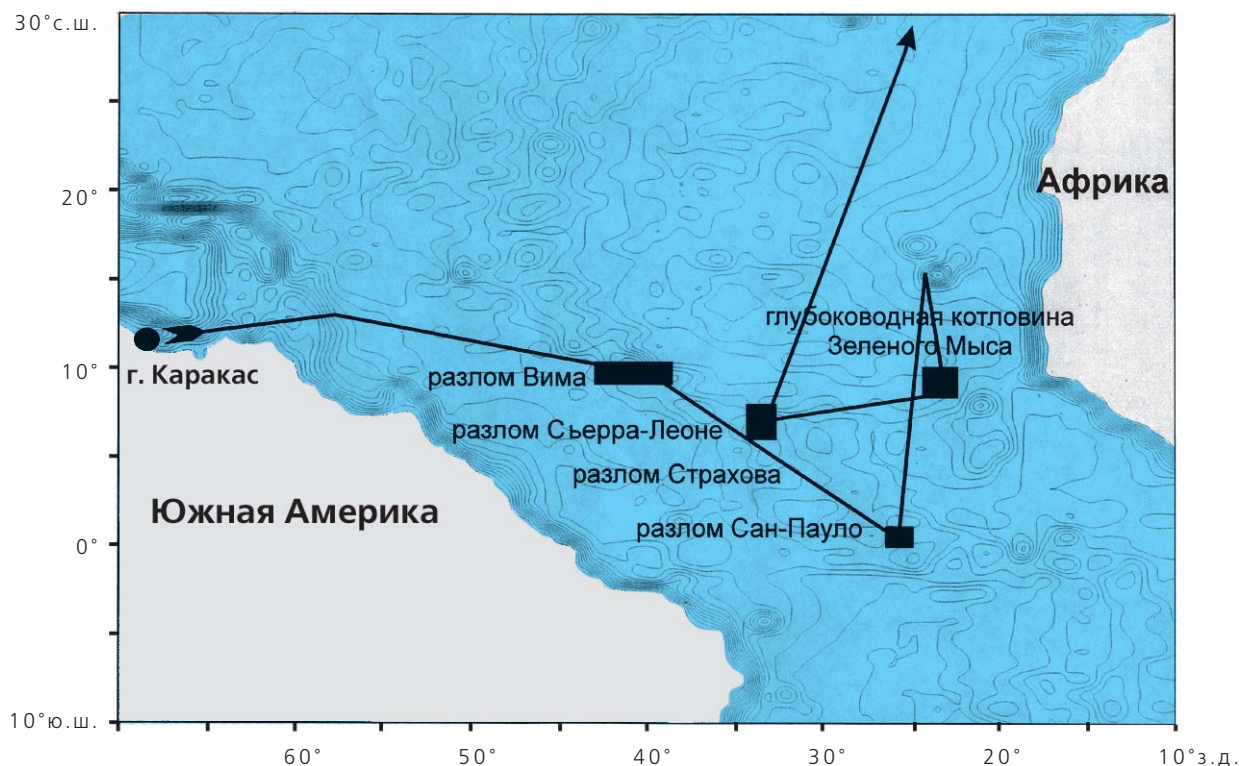
Первым полигоном нашей экспедиции стал разлом Вима, где предстояло изучить уникальный и почти ненарушенный разрез океанической коры. Ее реликты в пределах континентов, так называемые офиолиты, давно известны и хорошо изучены. Если представить себе вертикальную ненарушенную последовательность пород этой серии, то внизу окажутся глубинные ультраосновные породы (расслоенный комплекс габбро и гипербазитов). На них залегают массивные габбро, образовавшиеся на меньших глубинах, дайковый комплекс (система подводных расплав каналов), затем подушечные базальты и осадочные породы. Как правило, такого полного разреза океанической коры на дне океанов не встретишь. Глубинные породы можно наблюдать только там, где они выводятся к поверхности тек-

тоническими процессами — обычно это происходит в разломных зонах. При этом отдельные фрагменты дробятся и перемешиваются, что существенно затрудняет восстановление исходного строения коры.

Однако в пределах южного борта разлома Вима, на протяжении около 270 км, обнажается относительно ненарушенный разрез океанической коры в его классической последовательности. Поскольку магнитные аномалии позволяют оценить скорости спрединга (в этом районе средняя величина 1.4 см/год), можно считать, что океаническая литосфера обнажается по его направлению более 15 млн лет.

Это дает возможность изучить временные вариации мощности океанической коры, а также структуру, состав и термальную историю океанической верхней мантии. Кроме того, появляется возможность проверить модели, предполагающие цикличность поступлений магмы в рифтовую зону и амагматического растяжения (когда базальты не изливаются, а пустоты заполняются мантийным веществом) при формировании океанической литосферы в пределах срединно-океанических хребтов. Преимущество ис-

© А.А.Пейве



Маршрут 22-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Николай Страхов». Залитыми прямоугольниками показаны районы детальных исследований.

пользования мантийных ультрабазитов для изучения временных вариаций состава мантии в том, что, хотя эти породы претерпевают различные вторичные изменения и серпентинизацию, в них обычно сохраняются реликты первичных мантийных минеральных фаз — таких как оливин, орто- и клинопироксен и шпинель. Элементный и изотопный составы этих минералов могут дать информацию об особенностях мантии на момент, когда минералы находились с ней в равновесном состоянии.

В экспедициях 1998 и 2000 гг. здесь получен не только огромный (около 2 т), но уникальный по составу каменный материал из зоны перехода мантия—кора практически на всем протяжении южного борта разломной долины. Драгировки проводи-

лись через каждые 5—6 км (драги собирали материал на 200-метровом участке). Анализ образцов показывает, что процессы образования океанической коры в Центральной Атлантике на протяжении значительных отрезков времени существенно варьировали. Периоды выплавления базальтов и соответствующее им формирование мелких габбровых плутонов в теле тугоплавкого остатка (рестита) сменялись «амагматичными» периодами, после которых или во время которых сформированный и частично остывший литосферный блок выводился в верхние горизонты океанической коры.

Следующим полигоном нашей экспедиции стал участок разлома Сьерра-Леоне. Он представляет интерес как переходная область, расположенная на границе двух круп-

ных и по-разному построенных сегментов Срединно-Атлантического хребта. Кроме того, в этом районе геолого-геофизические исследования ранее не проводились (известны лишь три драгировки, сделанные в середине 70-х годов).

Исследования в районе разлома Сьерра-Леоне выявили сложную картину формирования сегмента Срединно-Атлантического хребта в интервале 5°—7°20'с.ш. По своему строению он резко отличается от сегментов, расположенных севернее 7°20'с.ш. и южнее (между 5°с.ш. и разломом Страхова), изученных ранее в экспедициях на судне «Академик Николай Страхов». Здесь отсутствуют крупные разломы с существенным смещением рифтовой долины, но в то же время он не прямолинеен, как сегмент на



«Академик Николай Страхов».

Здесь и далее фото А.А.Пейве

5°с.ш. — разлом Страхова. Судя по морфологии структур и соотношению различных типов пород, можно предположить, что в его пределах, изученных в 22-м рейсе, практически отсутствует океаническая кора в классической последова-

тельности. На поверхность в результате тектонических процессов выведены в различной степени серпентинизированные и тектонизированные ультрабазиты с небольшим количеством габброидов, представляющих собой фрагменты

магматических камер в ультрабазитах. Отсутствует базальтовый слой. Маломощные потоки базальтов слагают практически только самое дно рифтовой долины, изливаясь в основном прямо на серпентинизированные ультрабазиты.



Долериты, поднятые в районе разлома Сьерра-Леоне.



Ультрабазиты из разлома Вима.

Эхолотная лаборатория.



ты. Кроме того, здесь нами обнаружены прямые признаки широко распространенной гидротермальной активности — сульфидное оруденение по трещинам долеритов и широкое распространение гидротермальных минералов.

Третий крупный объект, где проводились исследования в 22-м рейсе — зона схождения (выклинивания) крупных разломов на востоке океана, в котловине Зеленого мыса. Строение этой пограничной области до недавнего времени оставалось неизвестным. В то же время она имеет исключительно важное значение для понимания геодинамики Центральной Атлантики.

Работы настоящего рейса в этой области имели ознакомительный, рекогносцировочный характер. Были проведены эхолотная и геофизическая съемки только небольшого ее фрагмента (в районе между $26^{\circ}30'$ и $28^{\circ}30' \text{з.д.}$). Учитывая большую и неравномерную

мощность осадочного чехла этого района, нельзя делать окончательные выводы о его строении, основываясь только на батиметрических данных. Собранные геофизические материалы потребуют основной обработки. В то же время выявлен ряд ранее неизвестных особенностей строения этой области. В первую очередь это признаки разнонаправленных и разновременных (вплоть до почти современных) деформаций, зафиксированных методом непрерывного сейсмопрофилирования в осадочном чехле. Имеются морфологические признаки достаточно молодого внутриплитного вулканизма — конусообразные постройки, по форме схожие с близлежащими вулканическими островами. Обнаружены также аномально углубленные локальные впадины, достигающие глубины более 6 км, в которых мощность осадков существенно различна. Формы и соотно-

шения хребтов и впадин этого района весьма сложны и не укладываются ни в одну из существующих схем образования. Все эти факты свидетельствуют о значительной тектономагматической активности района в течение длительного времени. Однако необходимы дополнительные работы для понимания процессов формирования этой зоны. Ее можно считать одним из ключевых структурных участков при планировании дальнейших исследований в Атлантическом океане.

Два месяца мы проработали в Центральной Атлантике. Надеемся, что данные, полученные в рейсе, могут уточнить представления о деформациях океанского дна, магматических и структурных провинциях, металлогенических особенностях разломных структур, а также особенностях формирования молодого, новообразованного океана, каким является Атлантика. ■

Роль галогенеза и гравитации в формировании месторождений полезных ископаемых

Л.Г.Богашова

Галогенные процессы на Земле имели чрезвычайно широкие пространственные и временные масштабы. Только на континентах площади соленосных отложений занимают более 34%, но есть районы, где эвапоритовые бассейны в своем развитии не достигали стадии седиментации солей, и единственными свидетелями бывшего существования таких бассейнов остались захороненные соленые воды и рассолы с минерализацией до 100–150 г/кг. Есть много доказательств того, что контуры распространения соленосных толщ значительно сократились под влиянием тектонических факторов, в результате воздействия вод поверхностного генезиса, а также вовлечения солей и рассолов в высокотемпературные метаморфические процессы.

С различной интенсивностью галогенез шел в течение всего фанерозоя — более 570 млн лет, хотя нет оснований исключать его и на более ранних этапах развития Земли. Естественно, что такие масштабы вкупе с крайне высокой химической агрессивностью галогенных рассолов не могли не оказать влияния на геоло-



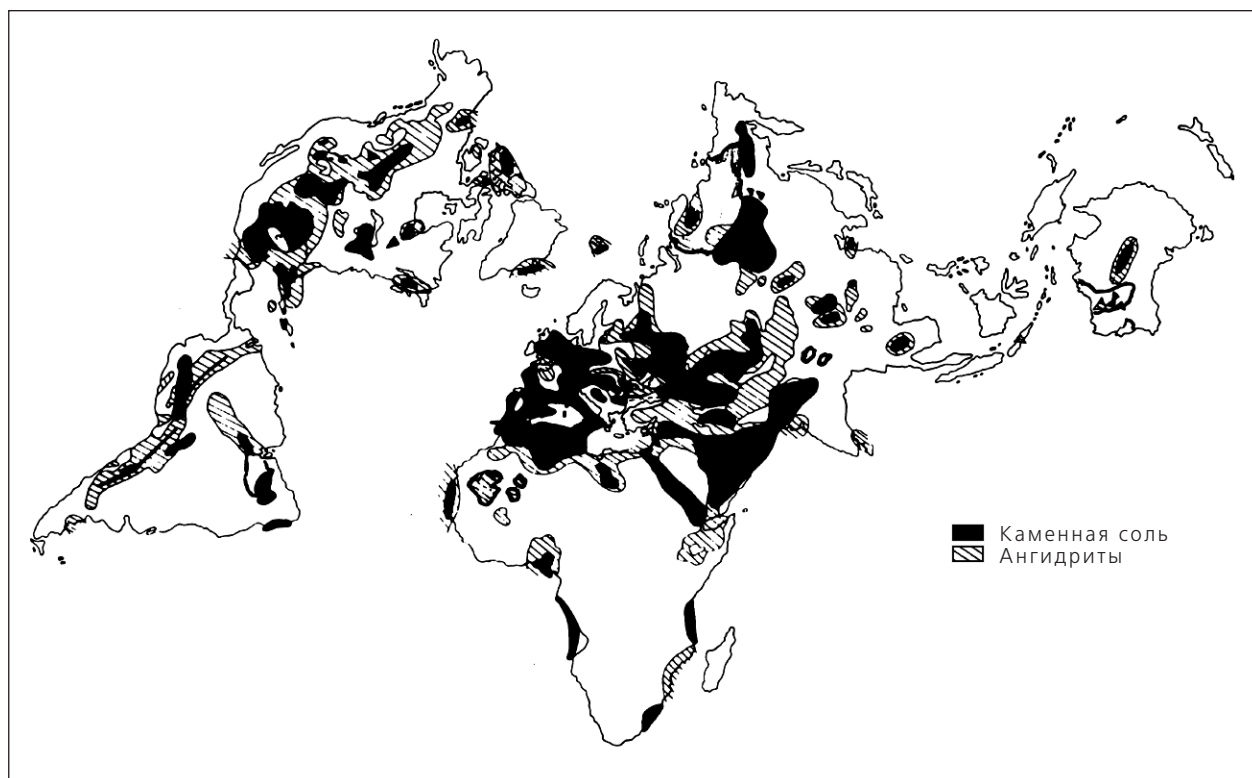
Людмила Геннадьевна Богашова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры геохимии геологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Научные интересы лежат в области геохимии галогенных рассолов и их роли в формировании месторождений металлов и углеводородов.

гические и геохимические процессы, протекающие в земной коре, особенно в ее верхней осадочной оболочке.

Хорошо известен факт соседства месторождений нефти, углеводородных газов и полиметаллов с солеродными бассейнами. Однако роль галогенных процессов в формировании этих месторождений, а также в формировании подземной гидросферы до этого времени не получила должной оценки. И обусловлено это не только малой информированностью о масштабах

галогенеза в истории Земли и недооценкой роли его жидких продуктов — рассолов, но и разобщенностью геологических и геохимических исследований солевиков, рудников и нефтяников.

Солеродные бассейны былых эпох представляли собою обширные (десятки и сотни тысяч км²) и неглубокие, хорошо прогреваемые моря, на что указывает присутствие в соляных залежах первично-седиментационных минералов, требующих для своего образования температуры более



Распространение солеродных бассейнов в фанерозое [1].

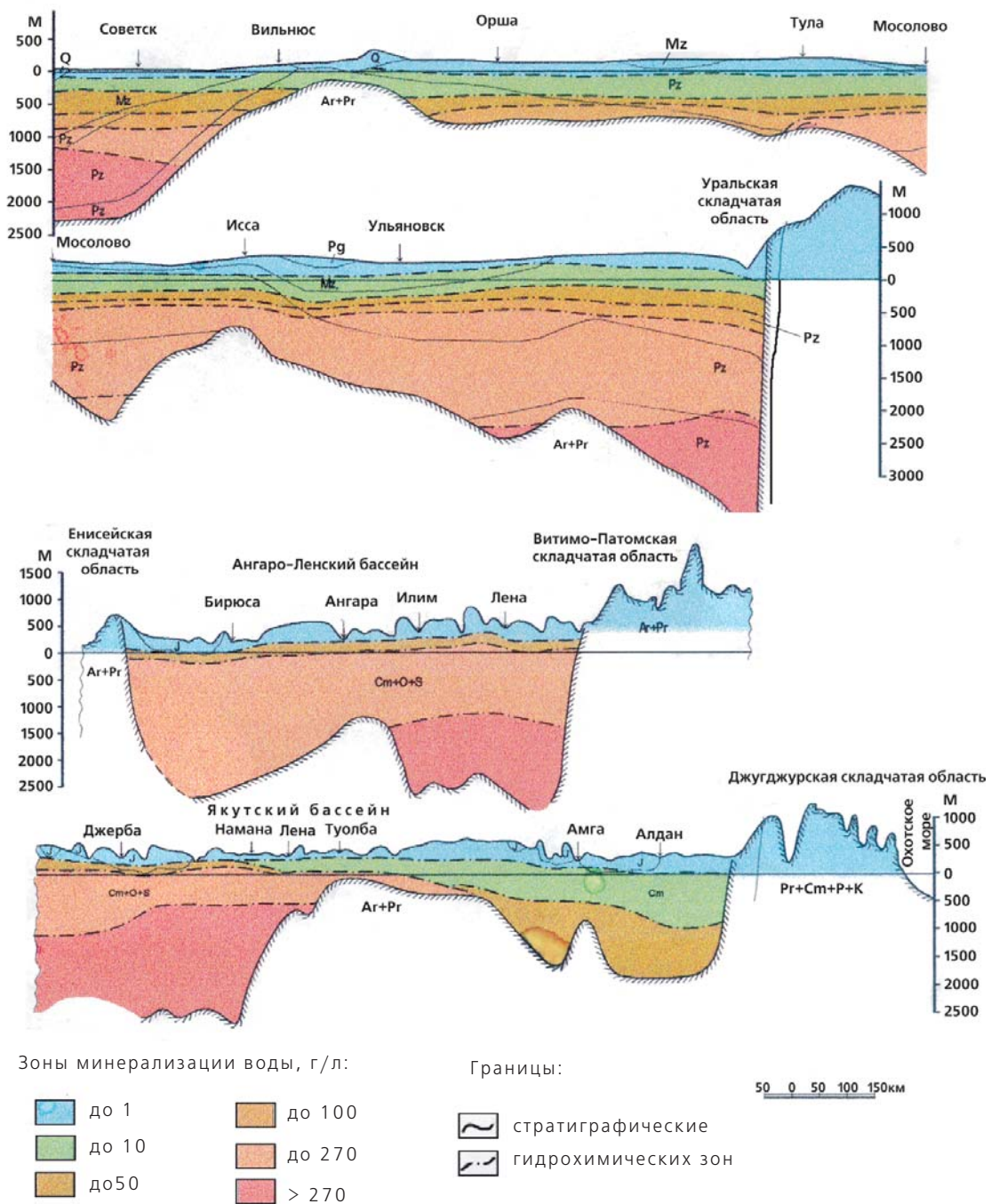
+45°C. Огромные площади солеродных палеобассейнов (см. таблицу) свидетельствуют о том, что на этих территориях сотни миллионов лет назад был жаркий аридный климат, и в условиях интенсивного и длительного испарения морских вод формировались колоссальные объемы солей и рассолов.

Развитие солеродных бассейнов и нисходящая фильтрация рассолов

В своем развитии солеродные моря проходили ряд последовательных стадий, каждая из которых характеризовалась все возрастающей минерализацией рапы (насыщенного соляного раствора) и определенным составом твердой фазы. Плотная рапа

Площади распространения сульфатов кальция (ангидритов и гипсов), каменной и калийных солей в гигантских и некоторых крупных солеродных бассейнах палеозоя [2].

Бассейн	Период	Площадь бассейна, км ²	Площади эвапоритов, км ²		
			сульфатов кальция	каменной соли	калийных солей
Восточно-Сибирский	Є	4,5·10 ⁶	2·10 ⁶	1,5–2·10 ⁶	6·10 ⁴
Ирано-Пакистанский	Є	5·10 ⁶	3·10 ⁶	2·10 ⁶	-
Канадского Арктического архипелага	O-S	7·10 ⁵	1,5·10 ⁵	1·10 ⁵	-
Северо-Сибирский	D	2,5·10 ⁶	1,5·10 ⁶	1,36·10 ⁵	-
Чу-Сарысуйский (Казахстан)	D	3·10 ⁵	2·10 ⁵	5·10 ⁴	-
Верхнедевонский Русской платформы	D	1,5·10 ⁶	8,5·10 ⁵	6,8·10 ⁴	2·10 ³
Западно-Канадский	D	1·10 ⁶	6·10 ⁵	3,5·10 ⁵	7·10 ⁴
Маритайм (Канада)	C	6·10 ⁵	3·10 ⁵	2·10 ⁵	3·10 ⁴
Восточно-Европейский	P	2,5·10 ⁶	2·10 ⁶	7,3·10 ⁵	3·10 ⁵
Мидконтинент (США)	P	1,3·10 ⁶	1·10 ⁶	6·10 ⁵	7·10 ⁴
Центрально-Европейский	P	1,2·10 ⁶	1·10 ⁶	7·10 ⁵	4·10 ⁵
Чу-Сарысуйский	P	2,5·10 ⁵	8·10 ⁴	3,15·10 ⁴	-



Схематические гидрохимические разрезы артезианских бассейнов Русской (вверху) и Восточно-Сибирской платформ [5]. Самые глубокие водоносные горизонты заполнены наиболее концентрированными рассолами.

оказывалась неустойчивой в гравитационном поле Земли и погружалась в нижележащие отложения, вытесняя из них менее соленые поровые воды. Погружение плотных вод и всплывание более легких осуществлялось струя-

ми, что препятствовало заметному их смешению и приводило к гравитационному перераспределению как по плотности, так и по составу. Экспериментально процесс струйного гравитационного перемещения растворов был

детально исследован М.Г.Валляшко и А.И.Поливановой [3], а А.Б.Ронов еще в 1945 г. впервые связал генезис подземных рассолов с их гравитационным перетеканием из эвапоритовых бассейнов в подсолевые толщи [4].

Подтверждением гравитационного перераспределения вод в осадочной оболочке в течение всего периода формирования эвапоритовых бассейнов на Земле служат следующие факты:

- повсеместное пространственное сонахождение подземных рассолов и твердых эвапоритов и размещение основной массы рассолов в подсолевых отложениях;

- совпадение контуров размещения рассолов с концентрацией до 270 г/л с гипсоносными отложениями, а более концентрированных – с галито- и калиеносными;

- увеличение степени метаморфизации рассолов с глубиной (повышение содержания Са и отношения Ca^{2+}/Mg^{2+}), обусловленное взаимодействием эвапоритовых рассолов, содержащих магний, с кальцийсодержащими подсолевыми отложениями;

- соответствие составов поровых рассолов морских подсолевых глинистых отложений и рапы солеродного бассейна, в котором происходило осаждение солей, залегающих стратиграфически выше;

- включения эвапоритовых минералов (гипса, ангидрита, галита) в породах подсолевых осадочных комплексов;

- высокая магниальность карбонатов и силикатов в подсолевых осадочных породах (источник магния — морские рассолы);

- нисходящая фильтрация рассолов в районах отвалов и хранилищ технологических хвостов современных соляных производств.

В результате гравитационного погружения рассолов сформировалась вертикальная гидромимическая зональность осадочного чехла — с глубиной менее соленые воды сменяются более солеными, т.е. самые глубокие водоносные горизонты заполнены наиболее концентрированными рассолами. Но при этом

в некоторых бассейнах обнаруживается снижение концентрации рассолов в наиболее глубоких отложениях (3–4 км). Такие инверсии солености связываются с возможной разгрузкой менее минерализованных вод или с дегидратацией минералов и высвобождением значительных объемов воды.

В том случае, когда процесс галогенеза шел по нарастающей, с образованием все более и более плотных рассолов, глубокие водоносные горизонты заполнялись сначала менее плотными и лишь впоследствии вытеснялись более концентрированными рассолами поздних стадий. Поэтому в наиболее глубоких отложениях до наших дней сохранились реликтовые максимальной степени осолонения рассолы пермских, девонских и даже кембрийских солеродных бассейнов. Их возраст подтверждается соответствующими анализами. Объемы древнейших рассолов безусловно уменьшались за счет вовлечения в высокотемпературные процессы метаморфизма и разгрузки в зонах разломов.

Необходимо подчеркнуть еще одну важную черту рассматриваемого процесса: глины не являются водоупорами для рассолов. Поровые растворы подсолевых глинистых отложений, сформированных в морях с нормальной соленостью, всегда представлены рассолами, соответствующими стадии садки солей, залегающих стратиграфически выше. Относительно легкое проникновение рассолов в глины объясняется тем, что при замещении менее соленых вод более солеными снижается набухаемость глин, а следовательно, увеличивается свободная пористость.

Значительную роль в пластовой вертикальной и латеральной миграции рассолов играла и доломитизация карбонатов. При воздействии вы-

сокомагниальной рапы на такие породы происходило замещение Ca^{2+} на Mg^{2+} (их ионные радиусы — 1.06 и 0.78 соответственно), что приводило к появлению дополнительной пористости, компенсирующей ее снижение при уплотнении пород в диа- и катагенезе. Разуплотняющее влияние погружающихся рассолов подтверждается и пористостью подсолевых глинистых отложений, которая всегда в 2–3 раза выше, чем в породах на тех же глубинах в бассейнах без галогенных формаций.

Нисходящая фильтрация рапы осуществлялась фронтально (а не только по разломам, как считают некоторые исследователи) на огромных площадях и продолжалась до тех пор, пока ее концентрация в бассейне повышалась. Этот процесс только в одном цикле солеотложения нередко охватывал сотни тысяч лет. Весь же период «жизни» крупных солеродных бассейнов подчас продолжался несколько геологических периодов. Так, Чусарьсуйская впадина пережила эвапоритовую седиментацию в верхнем девоне — нижнем карбоне, а затем вновь в нижней перми. Дважды были солеродными бассейны Мидконтинента — Виллстонский (в O_{2-3} и S) и Мичиганский (в S и D_2).

Обменные процессы в системе рассол—порода

Длительность галогенных процессов даже при малых скоростях нисходящей фильтрации рассолов (около 10 см/год) обуславливала контакт терригенных отложений с рассолами, значительно превосходящими по объему поры. Активная поверхность дисперсных пород для подсолевых терригенных отложений колеблется в интервале 80–140 м²/г. При со-

отношении жидкой и твердой фаз $j:t = 1:10$ один грамм порового раствора контактировал с породой на площади 800—1400 м².

Агрессивные соленые воды и рассолы при фильтрации через терригенные и терригенно-карбонатные толщи осуществляли перераспределение многих макро- и микроэлементов в системе вода—порода. Расшифровать эти обменные процессы позволило изучение состава подсолевых пород и поровых связанных растворов (которые мы рассматриваем как промежуточное генетическое звено между эвапоритовой рапой бассейна и пластовыми седиментационными рассолами), а также модельные эксперименты по фильтрации рапы под давлением через глинистые породы [6].

Подсолевые осадочные породы формировались в морях, уже находящихся в теплом климате, способствующем накоплению в осадках органического углерода. Содержание его в соленых водах и рассолах (до 400 мг/л) указывает на высокую десорбирующую способность этих вод по отношению к рассеянному в породах органическому веществу. Погружаясь в осадочные толщи и транспортируя десорбированный растворенный органический материал на глубины более 1.5—2 км (глубина главной фазы нефтеобразования), соленые воды и рассолы тем самым обеспечивали условия ($t > 50—60^{\circ}\text{C}$), необходимые для термokatалитической трансформации органического вещества (главным образом органических кислот) в первичную микронепть. Учитывая объемы погружающихся рассолов (а наши расчеты показали, что они соизмеримы с объемами самих подсолевых пород), можно предполагать, что при содержании растворенного органического вещества 10—100 мг/л этот источник мог быть основным при

формировании месторождений нефтегазообразующих углеводородов [7].

Химизм процесса миграции рассолов по подсолевым толщам включал прежде всего обмен магния и калия на поглощенный кальций пород. Последний с сульфат-ионом переходил сначала в твердую фазу в виде гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), а по мере исчезновения сульфат-иона из рассолов накапливался в них, переводя их из сульфатного типа в хлоркальциевый. И чем больший путь по подсолевым породам проходили рассолы, тем большей степени метаморфизации ($\text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Ca}^{2+}$) они достигали. Именно поэтому в подавляющей массе подземных рассолов кальций — главный или второй после натрия катион. Вхождение магния и калия в твердую фазу приводило к образованию доломита ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]$), магнезита (MgCO_3), магниевых и калиевых силикатов. Экспериментальные исследования показали, что натрий в обменных процессах играл второстепенную роль.

Генетическое единство солеродных бассейнов и рудных месторождений

По мере концентрирования рассолов в эволюционирующих бассейнах активизировалась десорбция из подсолевых пород таких металлов, как свинец, цинк, ртуть, медь, никель и др., образующих устойчивые комплексы с бромом и хлором.

Анализы подземных рассолов в разных по возрасту и геологическим условиям бассейнах показали, что все седиментогенные метаморфизованные рассолы с минерализацией более 200—250 г/кг содержат рудные элементы в количествах, характерных для рудообразующих рас-

творов (10—100 мг/кг). Для накопления в рассолах подобных концентраций металлов вполне достаточно их обычных, кларковых содержаний в породах. Это установлено экспериментально при фильтрации под давлением малых объемов рассолов через глины ($j:t = 1:5; 1:10; P = 800—1200$ атм). Подтверждением десорбции рудных элементов из подсолевых глинистых пород может быть понижение их концентраций в 1.5—2 раза по сравнению с кларковыми в глинах и морских осадках. Последние рассматриваются как аналоги материнских пород для подсолевых отложений.

Расчеты, основанные на результатах изучения Предкарпатского солеродного бассейна, показали, что массы рудных элементов поровых рассолов подстилающих пород мощностью в 1 км малого солеродного бассейна ($S < 10$ тыс. км²) достаточны для образования нескольких рудных месторождений ($\text{Pb} \sim 13$ млн т, $\text{Zn} \sim 29$ млн т). При этом необходимо учитывать, что за период формирования солеродных бассейнов через подстилающие отложения мигрировали массы соленых и рассольных вод, в несколько раз превышающие объем пор, а мощность этих отложений отнюдь не ограничивалась величиной в 1 км. Разгрузка рудоносных рассолов в краевых частях бассейнов (или в пределах бассейнов по разломам) сопровождалась формированием сульфидных руд преимущественно стратиформного типа. Источниками серы могли быть широко распространенные в солеродных районах сероводородные (пресные или солоноватые) воды, сульфаты кальция, восстанавливаемые с участием растворенного в рассолах органического вещества, сероводородные газы.

О генетическом единстве стратиформных гидротер-

мальных месторождений и солеродных бассейнов свидетельствует множество фактов. Прежде всего близость химического состава флюидных включений в рудах и вмещающих их породах и седиментогенных эвапоритовых рассолов. Затем, современные рассольные рудообразующие системы (Челекенская на Каспии, Калифорнийская, Красноморская). Далее, территориальное совместное нахождение рудных минерализаций и соле- и рассолоносных отложений. В наше время на территории практически всех солеродных палеобассейнов (или в граничных с ними областях палеоподнятий) выявлены стратиформные оруденения и месторождения металлов. Многочисленные месторождения свинца, цинка, меди и других металлов на территории европейских государств (в том числе и такие крупные, как Силезско-Краковское свинцово-цинковое месторождение) связаны с обширными солеродными бассейнами Центральной и Западной Европы. Крупнейшая в мире металлогеническая провинция Мидконтинент, заключающая в себе более половины мировых запасов свинца и цинка, также приурочена к солеродным бассейнам, сформировавшимся в этом регионе от силура до перми. И таких примеров можно привести множество.

Важнейший признак стратиформных месторождений и солеродных бассейнов — их обширные площади. Так, металлогеническая провинция Мидконтинента охватывает территории семи североамериканских штатов. Лишь одно из месторождений этой провинции — Три-Стейт занимает площадь в 5 тыс. км², а рудный район Иллинойс-Кентукки — 7 тыс. км². Площадь соответствующих солеродных бассейнов превышает 1 млн км².

Огромными размерами характеризуется Атласская рудная провинция Средиземноморья. Ее протяженность в северо-восточном направлении по территориям Марокко, Алжира и Туниса составляет около 2 тыс. км при ширине 300—350 км. Соответственно площадь провинции превышает 600 тыс. км². Еще большими размерами (> 2 млн км²) обладал триасовый солеродный бассейн этого региона — Пиренейско-Атласский.

Генетическая связь руды и галогенеза часто прослеживается во временном отношении. Рудная минерализация либо одновозрастна с солеродными бассейнами, либо размещается в более древних осадочных отложениях, что вполне объяснимо с позиций плотностной конвекции эвапоритовых рассолов. Многие оруденения характеризуются широким размахом в литологическом разрезе: они разме-

щаются в отложениях нескольких геологических периодов. Аналогичная ситуация характерна и для процессов галогенеза. Наконец, площади распространения стратиформных рудных месторождений так обширны (сотни тысяч км²) и массы руд (1—10 млн т) столь велики, что для их формирования были необходимы огромные объемы рудообразующих растворов (10—100 км³). Такие объемы могли обеспечивать лишь длительно действующие гидродинамические системы, каковыми и были эволюционирующие солеродные бассейны с постоянным гравитационным оттоком рапы в подстилающие отложения. По нашим расчетам, объемы рассолов, продуцируемых в течение сотен тысяч лет крупными солеродными бассейнами, составляли 10⁴—10⁵ км³.

* * *

Роль нисходящих переток галогенных рассолов не ограничивается выносом рудных компонентов и органического вещества из подсолевых отложений и формированием вертикальной гидрохимической зональности. Огромную роль рассолы, вероятно, играли и как поставщики щелочей, при гранитизации. Однако расшифровка этой стороны галогенного процесса еще ждет своей очереди. ■

Литература

1. Kozary M.T., Dunlap J.C., Humpfrey W.E. Incidence of saline deposits in geologic time // Saline Deposits, Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 1968, №88. P.43—57.
2. Жарков М.А. История палеозойского соленакопления. М., 1978.
3. Валяшко М.Г., Поливанова А.И., Жеребцова И.К. Происхождение подземных рассолов // Геохимия природных вод. Тр. II Междунар. симпоз. Л., 1985. С.271—284.
4. Ронов А.Б. // Докл. АН СССР. 1945. Т.58. №5.
5. Каменский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И. Гидрогеология СССР. М., 1958.
6. Богашова Л.Г. Галогенез и стратиформное рудообразование. М., 1991.
7. Богашова Л.Г. // ДАН. 1997. Т.357. №2. С.226—228.

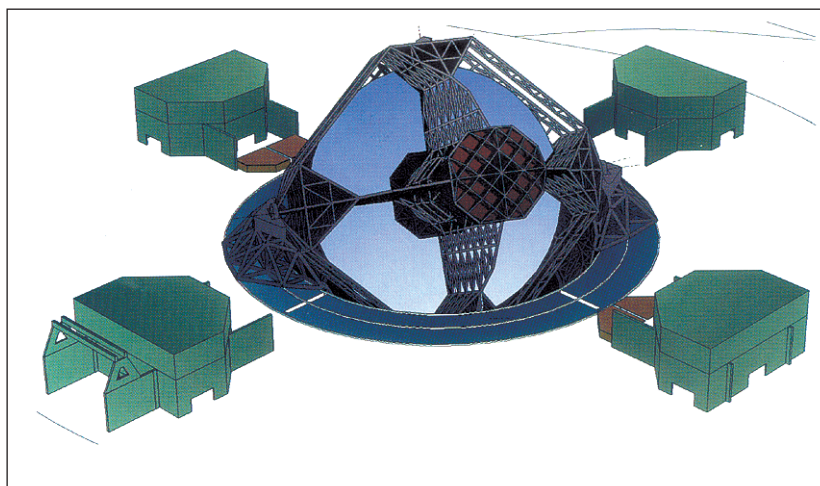
Проект Ошеломляюще большого телескопа

Д.З.Вибе,
кандидат физико-математических наук
Москва

В Европейской южной обсерватории (ЕЮО) начата подготовка к разработке проекта Ошеломляюще большого телескопа (OverWhelmingly Large telescope — OWL). Это название может показаться слишком напыщенным, но все более скромные эпитеты, по-видимому, уже использованы: работает Очень большой телескоп (Very Large Telescope — VLT); есть, правда пока только в проекте, Чрезвычайно большой телескоп (Extremely Large Telescope). Да и как еще, скажите, назвать оптический телескоп со стометровым зеркалом?

Чтобы осознать всю грандиозность этой величины, немного углубимся в историю. На приведенном графике показано, как менялся со временем диаметр телескопов. Первый линзовый телескоп Галилея (1609) имел диаметр объектива около 5 см; у последних из действующих телескопов-близнецов Кек-1, 2 (1992, 1996) составные сегментированные зеркала имеют эффективный диаметр 10 м. Сопоставив этот график с историей развития астрономической науки, можно прийти к выводу: чтобы произвести революцию в наблюдательной астрономии, нужно увеличить диаметр объектива телескопа примерно на порядок.

Первый такой переворот со-



Так будет выглядеть Ошеломляюще большой телескоп.

вершил Галилей: диаметр объектива его телескопа приблизительно на порядок превышает размер зрачка человеческого глаза. Собственно говоря, Галилей не делал переворота в наблюдательной астрономии — он ее основал, впервые доказав, что небеса скрывают в себе нечто такое, чего простым глазом не увидишь.

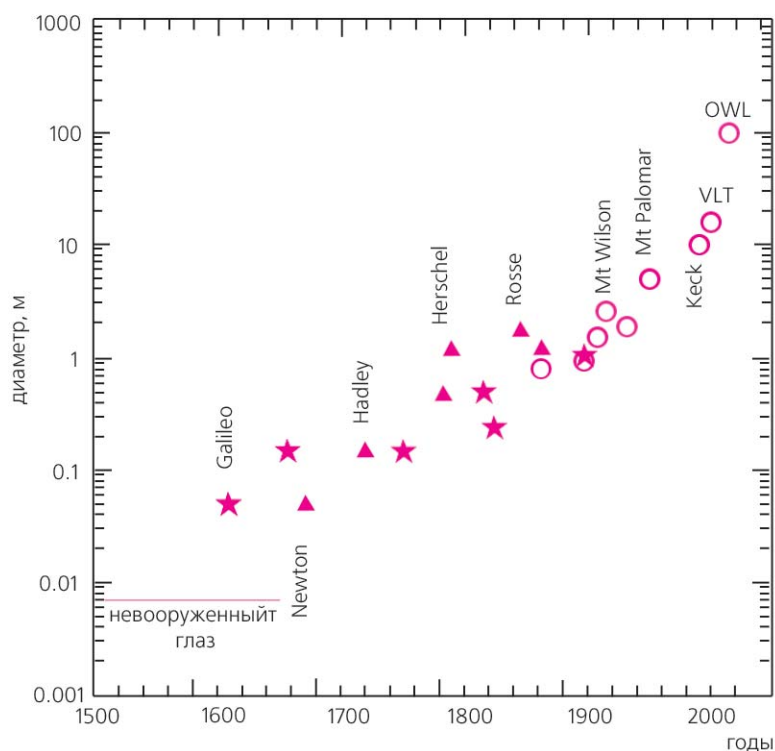
Другой большой шаг связан с именем Уильяма Гершеля, который положил начало систематическим исследованиям небесных объектов. Свои главные открытия в конце XVIII в. он совершил при помощи самодельного телескопа-рефлектора с диаметром зеркала 18 дюймов (46 см).

Вслед за этим прорывы в астрономии происходили уже при помощи телескопов-рефлекторов с многометровыми зеркалами. В 20-е годы XX в. на 2,54-метровом телескопе обсерватории Маунт-Вилсон (США) астроном Эдвин Хаббл получил снимки, доказывающие, что помимо нашей Галактики во Вселенной существует множество других звездных систем; кроме того, он обнаружил, что эти звездные системы удаляются от нас тем быстрее, чем дальше находятся, открыв тем самым закон расширения Вселенной. На этом же телескопе, а впоследствии и на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт-Пало-

мар (США) Вальтер Бааде заложил основы исследований структуры галактик. В наши дни астрономы наблюдают галактики на самом краю Вселенной и обнаруживают планеты у других звезд, используя: 6-метровый БТА (Большой телескоп азимутальный) Специальной астрофизической обсерватории РАН, расположенной на Кавказе; систему из четырех 8.2-метровых телескопов VLT Европейской южной обсерватории (Чили); 10-метровые телескопы им.Кека на Гавайских о-вах.

Строго говоря, в наше время столь яркая закономерность может несколько нарушиться. От диаметра объектива телескопа зависят две его важные характеристики: во-первых, чем больше объектив, тем больше он собирает света и тем более слабые объекты можно на нем наблюдать. Во-вторых, чем больше объектив, тем выше его разрешающая сила, т.е. способность различать мельчайшие детали наблюдаемого объекта. Так вот, разрешающую силу астрономы уже давно научились улучшать, не увеличивая диаметр объектива. К тому же главным фактором, который определяет (точнее, ухудшает) разрешающую силу оптических инструментов, является не диаметр объектива, а атмосферная турбулентность. Борьба с ней удастся двумя способами. Можно вывести инструмент за пределы атмосферы — вот почему почти все наиболее яркие астрономические открытия последних лет в области оптических наблюдений получены на Космическом телескопе им.Хаббла с диаметром зеркала всего 2.4 м. Можно делать зеркало-объектив достаточно тонким и в ходе наблюдений менять его форму таким образом, чтобы оно компенсировало искажения, внесенные атмосферной турбулентностью.

Когда влияние атмосферы ослаблено, можно для повышения разрешающей силы одновременно наблюдать один и тот же объект на двух инструментах, превращая их в один составной телескоп с эффективным диаметром объ-



Крупнейшие телескопы своего времени.

ектива, равным расстоянию между телескопами. Именно в таком режиме и предполагается использовать «Кеки» и телескопы VLT.

К сожалению, ни один из этих методов не улучшает первую характеристику телескопа: количество собираемого им света. Это соображение привело астрономов из ЕЮО к выводу: чтобы двинуться дальше и совершить очередной переворот в астрономии, нужны не новые методики наблюдений (хотя и без них, конечно, не обойтись), а телескоп с очень большим зеркалом. На самом деле это будет не одно монолитное зеркало, а набор из 1600 двухметровых сегментов, вместе составляющих один большой объектив с эффективным диаметром 100 м.

По оценкам специалистов ЕЮО, современный уровень развития телескопостроения вполне позволяет замахнуться на такую задачу. Стоимость 100-метрового инструмента составит около 1 млрд долл., а время, необходимое для его создания, займет 10—15

лет. Конечно, миллиард долларов — сумма немалая, но в астрономии не новая: создание и эксплуатация Космического телескопа им.Хаббла уже обошлись в три раза дороже. Одной стране строительство Ошеломляюще большого телескопа не потянуть, но в качестве международного проекта он вполне реален. А перспективы его использования действительно ошеломляющи.

Гигантская собирающая поверхность в сочетании с управляемой формой зеркала (точнее, зеркал) позволят фиксировать Сверхновые практически на любых расстояниях, можно будет непосредственно наблюдать внесолнечные планеты, различать коричневые и белые карлики в других галактиках, измерять яркость цефеид на расстояниях до нескольких миллиардов световых лет. Одним словом, авторы проекта утверждают: создание Ошеломляюще большого телескопа станет следующим гигантским скачком в познании. ■

Брыкин Бор

Ю.Н.Киселев,
М.А.Колотова

Окский биосферный государственный заповедник

Сосновый лес, протянувшийся от Окской поймы вдоль правого берега р.Пры, издавна зовется Брыкиным Бором. По существующей легенде, в давние времена эти места облюбовал разбойничий атаман Брыкин. Его люди нападали на суда, проходившие по Оке. Утверждают, что где-то на Пре Брыкин «зарыл лодку с золотом». Бор, в котором разбойник устроил свое логово, стал называться Брыкиным.

Со временем там, где сливаются поймы Пры и Оки, на восточной оконечности Брыкина Бора, возник поселок и принял его название. Сейчас здесь центральная усадьба Окского заповедника.

В поселке сохранились остатки древнего славянского городища. Располагалось оно на выступе высокого берега Пры и было защищено рвом и земляным валом. Когда-то по краю обрыва и валу городище было обнесено частоколом и стало фактически крохотной крепостью. По данным археологов, расцвет городища пришелся на II в. н.э. Прошли столетия. В 1967 г. оно было включено в список памятников археологии государственного значения.

Высокие и сухие, поросшие сосной песчаные бугры, где теперь расположился поселок, выходят прямо к Пре. Бугры не отрезаны от реки, как в других местах, ни заболоченным ольховым лесом, ни полосой затопляемых весной дубрав. Здесь Пра вплотную прижимается к своему исконному берегу, и никакое половодье не может ни залить, ни отрезать его от остальной суши. Трудно найти более удобное для поселения место.

Пески и болота Мещеры — главное препятствие для развития земледелия, поэтому она сохранилась до наших дней как «край лесов и болот». Правда, в прошлом веке правительство пыталось провести широкомасштабное осушение Мещеры и с этой целью организовало экспедицию генерала Жилинского. Он работал несколько лет, проектировал и сооружал каналы, которые, однако, не привели к существенному осушению местности. Напоминанием о деятельности этой экспедиции на территории заповедника стала «казенная канава» — спрямленное русло р.Ламши.

История заповедника и его центральной усадьбы — пос.Брыкин Бор — тесно связана с землевладением помещицы Елизаветы Федоровны

Беклемишевой, на землях которой впоследствии и возник Окский государственный биосферный заповедник.

Судя по всему, Беклемишевы управлялись со своей землей умело — хозяйство их было прочным и процветающим. Дом помещицы находился в пос.Лакаш, в 6 км от Брыкина Бора. Он цел и поныне, сейчас в нем — лакашинская больница. От помещичьего дома в сторону озера простирался парк, в котором была устроена оранжерея экзотических растений. К сожалению от былых красот осталось только озеро, да и оно выглядит иначе — без некогда плававших по нему лебедей. Сохранились и другие кирпичные строения Беклемишевых, в которых впоследствии размещались сельский совет, правление совхоза «Лакашинский», гаражи.

В хозяйственной деятельности помещицы значительное место отводилось молочному животноводству. Молоко перерабатывали на собственном заводе (который продолжал работать до недавнего времени). Владела помещица и местным спиртзаводом.

Федор Андреевич Беклемишев, отец помещицы, ранее построил в урочище Славянка (на нынешней территории заповедника) стекольный завод,

производивший главным образом зеркальное стекло. К заводу были проложены хорошие по тем временам дороги, построен мост через Пру. Стекло везли в Брыкин Бор, где его шлифовали. В связи с зеркальным производством уместно вспомнить о бывшей лакашинской церкви, на месте которой теперь находится Дом культуры. Ее крест был сделан из зеркала. Он ослепительно сверкал на солнце и достаточно ярко при луне, благодаря чему был виден издали днем и ночью. Шлифовальный цех стекольного сохранился до наших дней.

Была у помещицы и водяная мельница, построенная у подножия древнего городища на Пре. Беклемишевы ее отдали в аренду мельнику. Здесь стоял его дом, была переправа на другой берег. Мельница обслуживала не только ближайшие деревни, приезжали крестьяне и из более отдаленных мест, даже из сел Касимовского уезда.

Помещица отнюдь не чуралась технического прогресса: имение обеспечивал электроэнергией локомобиль, а усадьба, помимо печей и каминов, обогревалась водяным паром.

В отношениях с крестьянами Беклемишева отличалась немалым либерализмом, порой охотно помогала нуждающимся, устраивала для их детей новогоднюю елку с раздачей подарков. Хотя в Лакаше и была начальная школа, помещица построила еще одну, которая соответствовала школе-семилетке. В ту пору ее называли семинарией.

Пахотной земли у Беклемишевой было сравнительно немного, но поля хорошо удобрялись и давали немалые урожаи. Работа на них велась по-прежнему, и крестьяне охотно брались за нее. Расчет управляющий производил в тот же день. Были в имении и постоянные наемные рабочие: скотники, кучер и др. Помещичий

покос крестьяне убирали на определенных условиях: часть сена — владелице, часть — себе. При этом покосники, разумеется, не упускали случая тайно нарушать договоренность в свою пользу.

В 1898 г. в Брыкином Бору началось грандиозное строительство нового крупного стекольного завода под эгидой Русско-Бельгийского общества. В нем участвовало местное население и приезжие рабочие — всего от двух до трех тысяч человек.

В 1901 г. строительство было завершено. Новый завод занял площадь в 3 га. Под землей, в кирпичных подвалах, разместились машинные отделения и плавильные печи, сверху — в одноэтажных корпусах — цеха. В небо вознеслись 80-метровые кирпичные трубы котельной, имевшей три огромных паровых котла. Дополняли пейзаж трубы электростанции. Самое высокое место поселка отдало под огромные железные чаны; в двух из них хранилась нефть, используемая как топливо, в третьем — вода. Одновременно с заводом появились дома для рабочих и мастеров. Построили также баню, двухэтажный дом для директора завода, дом для приезжих, здание конторы.

Дороги значительно усовершенствовались, протянув целую сеть насыпей (сохранившихся и поныне). По одной из них проложили рельсы к Пре, где соорудили эстакаду. В половодье или при высоком уровне воды сюда причаливали баржи, на которых вывозили готовую продукцию. Впрочем, отправляли ее не так далеко — до пристани Красный холм на Оке. Завод выпускал зеркальное стекло высокого качества, в частности — настольное «под мрамор». Песок для варки брали поблизости — с территории нынешнего заповедника.

На бланках нового завода значилось: «Бывшая фирма

Ф.А.Беклемишева» — характерная деталь, свидетельствующая о высоком авторитете прежнего хозяина.

Тем не менее проработал завод недолго. Владельцы конкурирующего стекольного производства в Екатеринбург добились согласия прекратить производство стекла в Брыкином Бору за крупную компенсацию. В 1903 г. завод был остановлен и законсервирован, рабочие разъехались в поиске других мест.

А поселок продолжал жить. Работала лесопилка, водяная мельница. Иногда наезжала с многочисленными гостями Беклемишева. В 1905 г. к прочим постройкам присоединился дом лесничего. Он цел и по сей день, хотя изменен последующими перестройками.

В 1914 г. началась война, которая резко изменила жизнь. В Брыкином Бору появились беженцы из Польши. Они приехали на своих лошадях, работали у Беклемишевой на лесозаготовках. И сама помещица не осталась в стороне от потрясений, вызванных войной. В Москве она учредила госпиталь для раненых, который содержала на собственные средства; участвовала в инспекции казенных госпиталей.

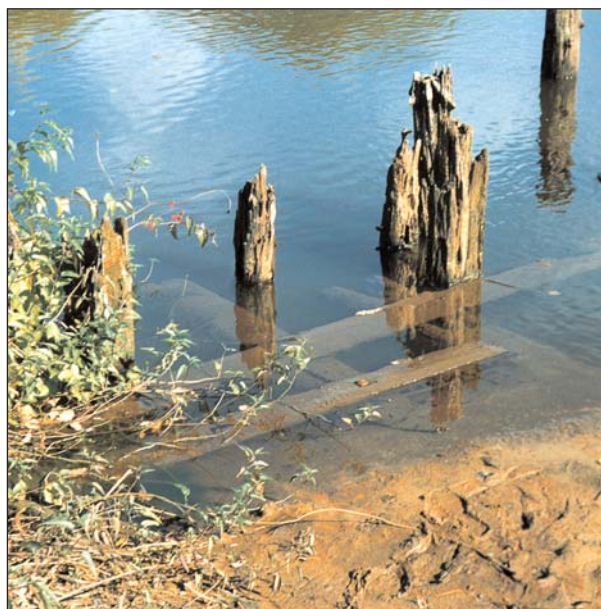
Февральская революция 1917 г. не произвела заметных сдвигов в жизни местного населения. Октябрьская также поначалу ничем себя не проявила. Но в деревню стали возвращаться местные жители, ранее переселившиеся в города (Астрахань, Ригу, Ростов), где устраивались бондарями на рыбных промыслах. Они принесли с собой лозунги и идеи Октябрьской революции. Озлобление населения против затянувшихся тягот военного времени и порух в личном хозяйстве достигло высокого накала, а агитация только подливала масла в огонь. И вот, когда обоз с му-



Усадьба Е.Ф.Беклемишевой.



Развалины молокозавода.



Мельничная плотина.

кой для Беклемишевой шел от мельницы, группа крестьян д. Папушево остановила подводы и растащила мешки. Лакашинские крестьяне было возмущались этим и потребовали собрать сход. Однако под влиянием вернувшихся из города революционно настроенных рабочих сход решил разделить имущество помещицы между крестьянами, и те, не откладывая дела в долгий ящик, тут же принялись за дележку: начали выгонять скот, со спиртзавода выкатывать бочки.

Увидев, как разоряют ее хозяйство, Беклемишева произнесла вешние слова. Она напомнила мужикам о «бычьем ярме» и посоветовала его взять тоже, так как оно им еще пригодится. Помещица уехала в Москву, и больше никто о ней ничего не слышал. Прощаясь с кучером, бывшая барыня подарила ему лошадей — ей они были уже ни к чему.

Между тем в Папушево доставили причитавшуюся долю добычи. На одном из огородов стали резать помещичьих свиней и делить спирт. Сколько в семье людей — столько ей и ведер спирта. Семьи же были немаленькие, поэтому под спирт занимали всякую свободную посуду, какую находили в доме: чугуны, ушаты, самовары... Затем длительное повальное пьянство охватило участников дележки. Несколько человек умерло от опоя.

Но спирт был выпит, и оставшиеся в живых снова направились к спиртзаводу — на этот раз, чтобы разломать его. Навстречу им вышел винокур. Из толпы, вооруженной ломками, кричали: «Ленин сказал — все наше!» Но винокур убедительно возразил: «Ленин сказал: “Земля — крестьянам, фабрики — рабочим!” Вот землю и берите, а завод — не ваш. Да и какая вам польза, если вы его сломаете? Заводик — маленький, достанется вам каждому всего по двадцать кирпи-



Здание школы-семинарии, построенное Беклемишевой.

чей. Что вы из них сделаете? А вот вырастите картошку, привезете мне — я из нее спирт выгоню. И вам хорошо, и мне неплохо...»

Спиртзавод остался цел. Однако другим постройкам, принадлежавшим Беклемишевым, повезло меньше. Были разрушены коровники и телятники, сгорели некоторые деревянные дома. Крестьяне прогнали мельника (он был не из здешних), сожгли его дом.

Они рассчитывали пользоваться мельницей безвозмездно. Но лишенная надлежащего присмотра и ухода, мельница пришла в упадок и в конце концов развалилась.

Стекольный завод оставался в полной сохранности. Его охраняли красноармейцы, поочередно присылаемые из Спасска. Но в 1924 г. из Москвы приехал уполномоченный ЦИКа для ликвидации завода. Начали ломать постройки,

продавать дома, кирпич и пр. Именно тогда в Папушеве появились кирпичные строения. Металлический лом отвозили на чугунолитейный завод в Сынтул, близ Касимова. Завод был полностью разрушен. От него остались лишь выложенные кирпичом подземные сооружения.

В 1920 г. в Брыкином Бору организовали леспромхоз, начались усиленные лесоразработки. Молодых людей, которым пришло время отбывать воинскую повинность, в армию не брали, а передавали как рабочую силу в леспромхоз. Одновременно в Мещерских лесах разворачивали свою деятельность частные промышленники — «сыновья» нэпа. Один из них, Полунина, учредил лесопильный завод в нынешнем 117 квартале заповедника. Лесопилка работала от огромного парового котла. По некоторым сведениям, это был один из трех котлов, которые некогда стояли в котельной стекольного завода. Доставили его в глубь лесов на деревянных салазках, которые тянули несколько пятерок лошадей.

Там, где когда-то визжала лесопилка Полунина, теперь расположен кордон заповедника — Полунино. А части парового котла и массивные металлические детали до сих пор лежат возле кордона.

Приближались к концу 20-е годы, и вместе с этим наступала пора новых потрясений. Пришло время коллективизации. Здесь под раскулачивание попадали крестьяне, имевшие какую-либо сельскохозяйственную машину (например, молотилку) или державшие лавочку с мелочной торговлей... Но коллективизация шла туго. Крестьяне то подавали заявления о вступлении, то забирали обратно. Жившие до того неразделенными, семьи стали делиться. Отделяли даже неженатых сыновей с тем, чтобы, будучи в колхозе, сохранить за

собой как можно больше скота. Но однажды утром скот с крестьянских дворов стали выгонять, оставляя хозяевам — по их выбору — только одну из коров. Остальной скот, в том числе и всех лошадей, погнали на общий двор. Так возник колхоз «Большевик».

В 1929—1930 гг. в Брыкином Бору организовали совхоз: построили коровники и согнали в них коров, отобранных у местных «кулаков». Напоминает о той поре название затона Пры у Брыкина Бора — «Совхозный водопой». В 1937 г. совхоз ликвидировали, коров передали в соседний — «Яльдино».

В 1930 г. стали сводить старый ольховый лес между Лакашем и Папушевом. Еще до революции на краю его был небольшой карьер, где вручную добывали торф для нужд имения. Теперь готовились к более широким разработкам. Добытый торф стали использовать как топливо для спиртазавода, который работал на нем долгие годы. Но в конце 50-х котельную перевели на мазут и добычу торфа прекратили. После торфоразработок осталась сеть заполненных водой карьеров, называемых торфболотом.

Вместе с раскулачиванием и коллективизацией был ликвидирован нэп. На лесоразработках исчезли частные предприниматели. Но лес не перестал усиленно вырубаться. Теперь кроме местного леспромхоза заготовкой древесины стали заниматься и сторонние организации (заводы, шахты и т.д.), которым отводили деланки.

Раскулачивание, коллективизация, ликвидация нэпа совпали по времени с началом преследования церкви. На первых порах здесь оно выразилось в том, что служителей культа отправляли на лесоразработки. Леспромхоз имел барак на нынешней территории заповедника — имен-

но там и поселили это «пополнение».

Но леса оставалось все меньше, он быстро исчезал под топорами многочисленных заготовителей. И наступило время, когда «бывшие помещичьи леса» стали просто бывшими лесами. Нынешняя территория заповедника представляла собой огромную вырубку. И тогда, в 1935 г., было принято решение о создании Окского государственного заповедника.

Тогда же упразднили леспромхоз ввиду полного истощения сырьевой базы. На память в поселке остался лишь дом, выстроенный его работниками. Долгое время там размещалась контора, а Брыкин Бор служил центром двух организаций: Окского заповедника и Лакашинского лесничества. Во второй половине 80-х лесничество подчинили управлению заповедника.

Бывший шлифовальный цех стекольного завода на Славянке во времена деятельности леспромхоза использовался под контору и склады. Опустев, он разрушился и простоял бесхозным до 50-х годов. В то время планировали пустить здание на слом ради кирпича, но позднее передали Окскому заповеднику. После капитального ремонта в нем разместились управление заповедника и Музей живой природы. Позже управление переехало в опустевшее здание турбазы, некоторое время существовавшей в Брыкином Бору, здесь оно сейчас и находится.

Всматриваясь в историю пос. Брыкин Бор, трудно не заметить, что в ней удивительно точно отражается история нашего Отечества за последние 100 лет. Тут и бурное развитие капитализма на рубеже XIX—XX вв., и разрушительные последствия первой мировой войны и следующих за ней революций с их попытками насильственной переделки жизни... ■

СЭР БОРИС П. УВАРОВ

Полководец противосаранчовых армий

О.Л.Крыжановский,
доктор биологических наук

Среди русских ученых, вынужденных после революции навсегда покинуть Россию, одним из самых талантливых и знаменитых на Западе был энтомолог Борис Петрович Уваров (1888—1970). Свою долгую жизнь он посвятил прямокрылым насекомым, главным образом саранчовым.

Опустошительные нашествия саранчи известны человечеству со времен седой древности. О них говорилось в летописях Древнего Египта, Передней и Центральной Азии, Индостана, Китая. В Ветхом завете и Апокалипсисе саранчу называли бичом Божиим.

Ныне в мировой фауне мы знаем около 10 тыс. видов этих насекомых. Очень большая их часть приходится на аридные ландшафты — степи, пустыни и саванны. Много их также на сухих или влажных лугах, в лесах умеренной и субтропической зон, в высокогорьях. Крайне своеобразна и богата, хотя довольно плохо изучена, фауна влажных тропиков. Нет саранчовых только в тундрах. Но в лесотундре и тундростепи они еще встречаются.

Уваров стал не только основоположником современного учения о саранчовых, но и верховным авторитетом в этой области науки. Он обладал блестящим организаторским талантом, который, как и научный, проявился на мировом уровне: руководимые Уваровым противосаранчовые кампании спасали целые страны (главным образом африканские) от опустошения и голода. Заслуги Бориса Петровича были оценены по достоинству. Он стал кавалером орденов разных государств, в том числе французского ордена Почетного легиона. В Великобритании, где Уваров прожил большую часть жизни, он был удостоен рыцарского ордена «Крест св.Михаила и Геор-



Борис Петрович Уваров (1888—1970).

гия». Его имя стала сопровождать дворянская приставка «сэр».

Однако фамилии ученого, увенчанного мировой славой, нет в наших справочных изданиях советского времени — ни в 3-м издании БСЭ, ни в биографическом словаре «Биологи». Впервые для широкой аудитории оно прозвучало в «Золотой книге эмиграции» (М., 1997).

Призвание

Родился Борис Петрович Уваров в 1888 г. в Уральске (нынешний Западный Казахстан). Как вспоминал А.А.Любищев, Борис Петрович говорил, что по происхождению он из мужиков и ничего общего с графами Уваровыми не имеет. Учился в единственном тогда в городе среднем учебном заведении — Уральском войсковом реальном училище, которое содержало Уральское казачье войско. Рано почувствовал интерес к живой природе и начал коллекционировать насекомых.

В 1904 г. он поступил в горнопромышленное училище в Екатеринославе (Днепропетровск, Украина), а в 1906 г., сдав экзамен на аттестат зрелости, перешел на естественное отделение Санкт-Петербургского университета. Насколько известно, он при этом получил стипендию от Уральского казачьего войска. И оправдал ее, сразу же проявив себя на редкость талантливым студентом.

В эти годы среди университетских преподавателей было немало ярких фигур, в том числе такие крупные зоологи-беспозвоночники, как профессора В.Г.Шевяков и В.М.Шимкевич, приват-доценты (позже ставшие известными профессорами) С.В.Аверинцев, В.А.Догель, Н.Я.Кузнецов, один из основоположников российской генетики Ю.А.Филипченко.

Университетскими сверстниками и коллегами Бориса Петровича оказалась группа будущих больших ученых: В.М.Беклемишев, Д.Н.Бородин, А.М.Дьяконов, А.А.Любищев, С.И.Малышев, Д.М.Федотов, И.И.Филиппов, Б.Н.Шванвич.

Молодых людей объединяла общая доминанта. Они образовали студенческий кружок на кафедре зоологии беспозвоночных, участвовали в работе общества естествоиспытателей при университете и Русском энтомологическом обществе. Собирались на квартирах, чаще всего у Бородина или Любищева. Там шли страстные дискуссии по разнообразным биологическим вопросам.

Особый интерес у Бориса Петровича к изучению саранчовых и других прямокрылых возник, по-видимому, под влиянием двух обстоятельств. Первым из них было обилие и разнообразие этих вредных насекомых на его родине, в Уральской области. Вторым — появление в 1903—1905 гг. превосходной монографии Г.Г.Якобсона и В.Л.Бианки «Прямокрылые и ложносетчатокрылые Российской империи и сопредельных стран».

Прямокрылые Уральской области стали темой дипломной работы Уварова и его обстоятельной статьи о них в «Трудах Русского энтомологического общества» (1910. Вып. XXXI), где были предложены важные экологические подходы, которые в те годы только начинали проникать в зоологические исследования.

Летом 1910 г. Борис Петрович блестяще окончил курс, и, если бы он того пожелал, его оставили бы при университете. Однако он предпочел заняться практической работой и получил назначение энтомологом на Мургабскую станцию хлопководства в Байрам-Али (ныне Туркменистан), куда отправился вместе с молодой женой Анной Федоровной (в девичестве Проданюк).

Через год его командировали в Ставропольскую губернию для изучения биологии саранчовых и методов борьбы с ними. Это был период вспышки размножения перелетной саранчи в низовьях Кумы и Терека, а в сухих степях — мароккской. Оба вида наносили огромный ущерб. Уваров организовал, главным образом на средства губернского земства, Ставропольское энтомологическое бюро и в 1912—1915 гг. состоял его директором. Под его руководством велась борьба с обоими видами саранчи, а также с другими вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. Именно тогда была заложена основа фундаментальных знаний, которые позднее позволили Уварову предложить теорию фаз и массовых размножений саранчи и других вредителей.

В 1915 г. Борис Петрович переехал в Тифлис, где также организовал и возглавил бюро по борьбе с вредными насекомыми, причем первоначально это бюро обслуживало почти все Закавказье. Кроме того, он состоял хранителем энтомологического отдела в Кавказском музее (позже преобразованном в Музей Грузии) и начал читать лекции в только что организованном Тбилисском университете.

В 1920 г. в Тифлисе вышла его книга «Сельскохозяйственная энтомология», которую он посвятил вредным насекомым Грузии и мерам борьбы с ними. Одновременно Уваров крайне интенсивно накапливал теоретические представления и другую информацию о составе и географическом распределении прямокрылых Кавказа и Западной Азии в целом. Он написал определитель видов, характерных для этих регионов, который, однако, по обстоятельствам того времени не был напечатан.

Бурные события 1918—1920 гг. в Закавказье лишили Бориса Петровича возможности интенсивно работать. Вспыхивали национальные конфликты. Во время своих многочисленных поездок он постоянно рисковал жизнью. Когда в 1920 г. английские войска уходили из Закавказья, Борис Петрович и его семья приняли предложение выехать в Англию.

Повторное начало. Теория фаз

Так началась новая, зарубежная жизнь Уварова. Он получил место энтомолога в известном Имперском бюро (позже Институте) по эн-

томологии в Лондоне. Важнейшей задачей бюро был выпуск ежемесячного реферативного журнала «Review of Applied Entomology», который до второй мировой войны был единственным изданием, охватывавшим всю литературу по сельскохозяйственной, лесной и медицинской энтомологии.

Основные и очень трудоемкие обязанности Бориса Петровича состояли в определении прямокрылых (а порой и других насекомых), которых присылали в бюро из всех регионов мира. Чтобы иметь возможность изучать этот материал, он интенсивно работал в гигантской коллекции отдела энтомологии Британского музея естественной истории. И очень много писал.

Первые публикации английского периода появились уже в 1921 г. Фактически они, конечно, были продуманы и подготовлены еще до отъезда. Одной из них была предварительная ревизия рода *Doclostaurus*, к которому принадлежит, в частности, мароккская саранча — один из вреднейших стадных видов, распространенный от южных районов Западной Европы и Северной Африки до юга Казахстана, Средней и Передней Азии. Нужно отметить также небольшую, но очень важную зоогеографическую статью о прямокрылых Кавказа и Западной Азии.

Наконец, за очень короткое время Уваров создал свой, может быть, наиболее замечательный и принципиально важный труд — подробное исследование перелетной саранчи (роды *Locusta* и близкий к ним африканский *Locustana*), ее изменчивости и миграций. Он предложил теорию фаз у стадных видов, которая стала общепринятой и послужила основой для борьбы с саранчой.

Сущность ее проистекает из своеобразной способности саранчовых (как, впрочем, и некоторых других массовых растительноядных насекомых) изменять свой облик и физиологические характеристики в зависимости от степени скученности. При развитии личинок в условиях повышенной скученности (например, при нескольких сотнях личинок на 1 м²) образуется стадная фаза, в противных случаях — одиночная.

Эти фазы резко различаются окраской, строением и пропорциями некоторых органов и физиологическими признаками, но при изменении степени скученности могут переходить одна в другую. В природных условиях типичная стадная фаза возникает только у стадных видов саранчовых (перелетная, пустынная и немногие другие); для их обозначения употребляется слово «саранча». Другие виды даже при массовых размножениях в природных условиях не дают типичной стадной фазы; их называют не стадными саранчовыми, или кобылками.

Постоянное взаимодействие сконцентрированных особей саранчи приводит к тому, что у них возникает условный рефлекс стадности; при

этом они живут и передвигаются скоплениями (кулигами — у личинок, стаями — у взрослых насекомых). Для них характерны более яркая окраска, более энергичные движения и усиление обмена веществ. Процесс размножения у стадных видов становится более интенсивным, происходит их массовое расселение (порой на сотни и даже тысячи километров), приносящее огромные хозяйственные потери.

Перемены фаз у стадных саранчовых были замечены еще в прошлом столетии, но только Уваров определил их значение — первоначально на видах из фауны России, а в дальнейшем на пустынной саранче и некоторых африканских видах. Наконец, он обратил внимание на значение этих процессов не только для стадных саранчовых, но для ряда других насекомых. Основные положения этой теории стали содержанием современных представлений о популяционной динамике организмов.

Поразительная работоспособность и выдающийся талант Бориса Петровича позволяли ему почти одновременно вести крупные исследования по разным направлениям. Так, за десятилетие 1922—1931 гг. он опубликовал длинный ряд важных статей по систематике саранчовых (в том числе по трудной трибе *Cyrtacanthacridini*, в которую входит пустынная саранча) и издал две интереснейшие книги «Insect nutrition and metabolism» (1929) и «Insect and climate» (1931).

Живя в Англии, Уваров продолжал — пока это было возможно — тесно сотрудничать с советскими учеными. Так, в нашей стране вышли составленные им определители «Саранчовые европейской части СССР» (М., 1925) и «Саранчовые Средней Азии» (Ташкент, 1927). Уварову принадлежит описание прямокрылых тараканов, богомолов и ухверток в «Определителе насекомых европейской части СССР», вышедшем под редакцией И.И.Филиппева (Л., 1928). Борис Петрович выпустил также превосходную, очень богатую информацией книгу «Саранчовые и кобылки» (М., 1927), изданную несколько позже и на английском языке — «Locusts and grasshoppers» (L., 1928).

Борис Петрович любил полевые исследования, но обязан был вести чисто кабинетную работу. В 1928 г. в письме тогда молодому русскому энтомологу Г.Я.Бей-Биенко (впоследствии члену-корреспонденту АН СССР и в 1965—1971 гг. президенту Всесоюзного энтомологического общества) он высказывал сожаление по этому поводу.

Однако наступил памятный 29-й год, когда полчища пустынной саранчи наводнили Юго-Западную Азию, Северную и Восточную Африку, глубоко проникли в Среднюю Азию, на юг Закавказья и в Южное Средиземноморье. Сельскому хозяйству многих стран был нанесен тяжелый ущерб.

В Лондоне вспомнили о скромном кабинетном специалисте по прямокрылым.

Полководец противосаранчовых армий

Для Уварова опять началась новая жизнь. При Институте энтомологии была создана небольшая, но постепенно увеличивавшаяся группа сотрудников, которая стала под его руководством вести исследование поведения, географических особенностей, динамики численности и периодичности расселения вредных саранчовых в странах Азии (до запада Индостана), Северной (до Судана) и Восточной Африки.

Работой группы заинтересовались официальные лица. С участием ученых и правительственных чиновников ряда стран было проведено несколько международных конференций. Группу назвали Международным центром по изучению саранчи. В работу включились французские, бельгийские, египетские, индийские и южноафриканские энтомологи. Уваров организовал сбор информации о местах размножения (так называемых breeding areas), очагах вспышек (outbreak areas), миграциях стадных видов саранчи. Проводился обстоятельный анализ предшествующих и текущих эколого-географических данных о четырех наиболее вредных видах саранчи: пустынной — в аридных частях Африки и Юго-Западной Азии, мароккской — в Передней Азии и странах Средиземноморья, африканской перелетной и красной — в тропической Африке.

Эти исследования, которые позже стали относить к «прикладной биогеографии», позволили накопить огромный фактический материал и выявить в ареале каждого вида постоянные гнездилища и очаги вспышек. Тем самым были созданы основы предупредительной стратегии в борьбе с перелетной и красной саранчой (с помощью химических препаратов). Результаты удалось обобщить в семи обзорах, охватывающих период с 1925 по 1937 г. Вышел из печати ряд общих и инструктивных работ по саранчовой проблеме. В 1929 г. — в год налета саранчи на территорию СССР — на русском языке появилась небольшая, но очень полезная брошюра, содержащая сведения об этом виде.

С 1937 г. широкий интерес к изучению саранчи, в частности пустынной, стал заметно снижаться в связи с затуханием вспышки. А затем началась вторая мировая война, стало не до саранчи. Борис Петрович вновь переключился на кабинетную работу: написание популярных статей, таксономические исследования по отдельным группам афро-азиатских саранчовых, наконец, на подготовку большой работы о результатах изучения их строения и физи-

ологии. Разросшееся до обширных размеров учение о саранчовых получило название «акридология».

Выезды Уварова в страны Юго-Западной Азии и Африки возобновились в 1943 г. Особенно участились они после войны, когда снова были отмечены большие вспышки саранчовых очагов. Группа исследователей, руководимая Борисом Петровичем, в 1945 г. обрела самостоятельный статус и стала называться Противосаранчовым исследовательским центром (ALRC), который вырос в научно-исследовательское учреждение, пользующееся международной известностью. Финансирование его велось в основном Международной организацией питания (FAO), созданной Организацией Объединенных Наций. В библиотеке центра хранилось около 30 000 публикаций по прямокрылым.

Значительную часть персонала составляли выходцы из России. Среди них были сестры Валовы (Z. and N. Waloff), Г.В. Попов, бывший киевлянин В.М. Дирш (специалисты из тропической Африки М. Волконский и Б. Золотаревский стали французскими гражданами).

После второй мировой войны известность Уварова необычайно возросла. Ученый международного масштаба, он все чаще выступал как эксперт и крупный организатор. В 1951 г. его избрали членом Королевского общества.

Противосаранчовые кампании, действовавшие под научным руководством Бориса Петровича, использовали большие моторизованные соединения и сотни самолетов из многих стран. В борьбе с саранчой участвовали многие сотни квалифицированных инженеров и десятки тысяч местных рабочих. Успехи этих кампаний, реально спасавшие от голода обширные регионы, которым угрожала саранча, зависели от рациональной научной стратегии, разработанной на основе подробного изучения сезонных и годовых циклов, зон размножения и мигрирующих стад. Руководя своим штабом, Уваров действовал подобно полководцу. Он умел сосредоточивать силы в наиболее важных и опасных очагах и, когда это требовалось, перебрасывать свою армию из одной страны в другую. Успешно организованные мероприятия по борьбе с саранчой предотвратили многие продовольственные и финансовые трудности.

Среди немногих таксономических работ, которые Уваров имел возможность сделать в это время, выделялось его большое исследование по саранчовым Анголы и Северной Родезии (теперь Замбии), опубликованное в 1953 г. В нем он, в частности, описал почти 100 новых видов и форм и установил 18 новых родов, еще раз показав, какие фаунистические богатства могут быть открыты в тропических странах даже в наши дни.



Сэр Борис П.Уваров среди участников XIII Московского энтомологического конгресса. Москва, август 1968 г.

Фото В.В.Благовещенского

«In Memoriam Sir Boris Uvarov»

В 1959 г. Борис Петрович ушел с поста директора Противосаранчового центра, но остался там в качестве консультанта. Его избрали на традиционный двухлетний срок президентом Лондонского энтомологического общества. Свою президентскую речь он посвятил важнейшей биологической проблеме — качественным и количественным изменениям в популяциях насекомых в зависимости от плотности их населения. В частности — современным представлениям о фазовой изменчивости и ее роли в популяционной динамике животных. В те же годы он опубликовал ряд важных обзорных статей об изменениях фауны в развивающихся странах под влиянием деятельности человека.

В этот заключительный период своей жизни сэр Борис Уваров усиленно работал над созданием обширного руководства по нестадным и стадным саранчовым — «Grasshoppers and locusts» («Кобылки и саранча»). Первый том опубликован в 1966 г. Второй вышел в свет уже после смерти Бориса Петровича, в 1977 г.

В августе в 1968 г. в Москве состоялся XIII Международный энтомологический конгресс. Он проходил в Университете на Ленинских горах и собрал более 4 тыс. участников. Уваров председательствовал на одном из заседаний секции сельскохозяйственной энтомологии и сделал доклад «Настоящее и будущее проблемы акридологии». Волею судьбы этот доклад ока-

зался его лебединой песней — последней крупной прижизненной публикацией.

После конгресса Борис Петрович совершил поездку в Среднюю Азию, где впервые побывал почти 60 лет назад. Это было его завершающее путешествие. 18 марта 1970 г. он скончался в своем доме в Лондоне.

Теперь совершенно ясно, что он был одним из наиболее ярких и оригинально мыслящих биологов нашего столетия. Научное наследие Уварова огромно. Как систематик он открыл и описал почти тысячу новых видов и подвидов насекомых (главным образом саранчовых) и установил более 200 новых родов. Свыше половины — во время работы в Африке. Тем самым он по существу открыл новую, до того не известную фауну насекомых. А многие формы, установленные другими учеными, были названы его именем, например род *Uvarovium* из Туркменистана и Ирана.

Круг научных интересов Бориса Петровича был обширен. В основном он, конечно, занимался своей любимой акридологией, но при этом касался всех ее разделов — фаунистики, систематики, биогеографии, экологии, популяционной биологии, защиты растений в целом и борьбы с саранчовыми, в частности.

Работая в Англии, Уваров тщательно следил за нашей текущей научной литературой, писал для зарубежных исследователей, одновременно информируя советских ученых о трудах запад-

ных коллег. В значительной мере благодаря работе Бориса Петровича в круг мировой литературы вошли труды советских ученых — С.А.Знаменского, В.А.Плотникова, С.А.Предтеченского, Г.Я.Бей-Биенко, Л.С.Зимины и многих других. Даже в самые мрачные годы сталинщины в библиотеки СССР поступали его работы. В 1943—1946 гг. контакты между советскими энтомологами и Уваровым стали несколько теснее, но затем почти угасли. Они возобновились сразу после хрущевской «оттепели» и уже не прекращались. В 1961 г. его избрали иностранным почетным членом Всесоюзного энтомологического общества.

Пожалуй, лучшей из работ о жизни и деятельности Уварова осталась брошюра, изданная Противосаранчовым научным центром. Она называется «In Memoriam Sir Boris Uvarov, K.C.M.G., F.R.S., 1888—1970» и подписана директором этого центра П.Т.Хаскелом.

Строками из этой брошюры хочется завершить статью о Борисе Петровиче. Хаскел хорошо рассказал о характере этого прекрасного человека и большого ученого, который сумел, сделавшись английским рыцарем и членом Королевского общества, остаться русским патриотом в лучшем смысле этого слова.

«Несмотря на мощь интеллекта, порой просто подавляющего, он был удивительно внимателен к другим и никогда не относился свысока к молодым ученым. Он воодушевлял многих энтомологов и дал толчок к началу их деятельности. <...>

Он был непритязательным человеком с простыми вкусами, с острым чувством юмора и удивительным отсутствием личного честолюбия. Он глубоко любил природу и никогда не казался таким счастливым, как во время полевой работы, с сачком в руке и среди его любимых аридных местообитаний».

Воспоминания вместо предисловия

А.М.Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

Публикуемая ниже переписка — это фрагмент диалога двух замечательных биологов, родившихся в России в конце XIX в., учившихся вместе в Петербургском университете, посещавших один неформальный студенческий кружок, но потом волею судеб оказавшихся разделенными немалыми расстояниями и почти непреодолимыми государственными границами. Имя одного из них, Александра Александровича Любищева* (1890—1972), известно в нашей стране очень хорошо. О

другом, Борисе Петровиче Уварове (1888—1970), знают у нас значительно меньше, хотя его труды гораздо более признаны, чем работы Любищева. Но о каждом по порядку.

Любищев родился в Петербурге, где потом и учился — сначала в реальном училище, а затем на физико-математическом факультете университета, который и закончил в 1911 г. Потом он недолгое время работал в Крымском университете в Симферополе, а после — в Перми, Самаре, Ленинграде, Киеве, Пржевальске, Фрунзе, а с 1950 г. и до конца своих дней в Ульяновске. Скончался он в Тольятти, куда приехал для чтения небольшого курса лекций. Круг интересов Любищева необычайно широк. Это и энтомология (в частности, систематика одного семейства жуков — земляных блошек), и

применение статистики в биологии (то, что раньше называли биометрией), и общие вопросы эволюционной теории, и философские аспекты таксономии, и критический анализ дарвинизма. По долгу службы Любищеву приходилось много заниматься сугубо прикладными проблемами, например оценкой вредности тех или иных насекомых. Но делом жизни он считал разработку философских проблем биологии, и одна из них — прослеживание линий Демокрита и Платона в трудах по систематике и эволюции.

В моей жизни случилось так, что сначала я Любищева увидел, а потом уже услышал о нем. Как-то в 60-х годах, будучи студентом, я вернулся вечером домой, и открывший мне дверь папа (зоолог Меркурий Сергеевич Гиляров) сказал, что

* Прекрасный биографический очерк написан дочкой А.А.Любищева — Е.А.Равдель. См.: Александр Александрович Любищев. 1890—1972 / Ред. П.Г.Светлов. Л., 1982. С.9—37. Обстоятельный анализ трудов Любищева по общим проблемам биологии дан С.В.Мейеном и Ю.В.Чайковским. См.: Любищев А.А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., 1982. С.5—23.

у нас гости — энтомолог из Ульяновска Любищев и его супруга. Войдя в столовую, я увидел за столом крупного пожилого человека с большим лысым черепом, вытянутым назад и вверх, и большим, как бы нависающим сверху носом. При этом взгляд у него был молодой и даже какой-то озорной. Говорил он очень громко, и казалось, что плохо слышит (ведь люди с нарушенным слухом часто говорят излишне громко). За ужином была еще пара гостей, но Любищев явно доминировал в застольной беседе: больше говорил, чем слушал. Помню, что жена Любищева рассказывала, как Александр Александрович раз подивился красивому морозному узору на стекле, и она ему предложила: «А ты сними!» И вот с тех пор в его коллекции уже несколько сотен (произносилась, конечно, точная цифра, но я ее не помню) снимков морозных узоров.

Второе воспоминание о Любищеве можно датировать точно — 27 февраля 1967 г. Большая зоологическая аудитория на ул.Герцена (теперь Б.Никитской) полна народу — на заседании Московского общества испытателей природы выступает Любищев. Ведет заседание Николай Николаевич Воронцов. После доклада в прениях среди прочих выступил А.А.Малиновский, хорошо известный тогда своими работами в области теоретической биологии. Когда Любищев стал отвечать Малиновскому как совершенно незнакомому человеку, у меня промелькнула мысль, что ведь почти наверняка они знают друг друга, но один Александр Александрович (Любищев) просто не узнает другого Александра Александровича (Малиновского). Так оно и оказалось. Малиновский сам представился Любищеву. Тот взмахнул руками: «Александр Александрович!». В ответ, конечно: «Александр Александрович!» И через се-

кунду они уже стоят обнявшись, аудитория аплодирует, а мой друг Борис Гончаров, сидевший рядом, говорит: «Вот она — живая история! Сколько раз давал себе слово — всегда иметь при себе фотоаппарат». Но есть моменты, которые запечатлеваются в нас не хуже самого лучшего снимка.

Борис Петрович Уваров — человек совсем другой судьбы. Во время гражданской войны Уваров и его жена Анна Федоровна уезжают из Грузии вместе с уходящими английскими войсками. Вот как этот факт спустя много лет прокомментировал Любищев: «Поскольку мне известно, Уваров выехал не из СССР или РСФСР, а из независимой Грузинской республики. Если угодно, в этом можно видеть приемлемую форму для «оправдания» этого обстоятельства. Но для свободомыслящих людей никакого «оправдания» не нужно. Прогрессивные люди считают, что человек имеет право избрать то место жительства, которое соответствует его идеологии, а для Уварова был неприемлем (и остался неприемлемым до самой смерти) всякий режим диктатуры. В этом он был сходен с другим знаменитым эмигрантом, композитором Рахманиновым»**.

Безусловно, наибольшую известность в биологическом мире принесло Уварову открытие так называемой фазовой изменчивости, свойственной тем немногим видам саранчовых (*Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, *Nomodacris septemfasciata* и некоторым другим), которые время от времени могут образовывать огромные стаи и совершать опустошительные нашествия. Профессор О.Л.Крыжановский в своей статье, которая, к сожалению, публикуется уже после его кончины, уделил замечательному откры-

тию Уварова достаточно внимания. Однако напомним, что начало этим работам положили наблюдения, сделанные Уваровым еще в России в 1913 г., когда он собственными глазами увидел, как из яиц отложенных *Locusta migratoria*, стали развиваться особи, часть которых можно было уверенно отнести к типичным *Locusta danica*. Поскольку у представителей одного вида не могут рождаться особи другого вида (такое утверждал только Лысенко), стало очевидно, что речь в данном случае может идти только о разных формах (Уваров назвал их «фазами») одного вида.

Трудами Уварова и его коллег (в частности, большое значение имели эксперименты В.И.Плотникова) было показано, что в периоды между вспышками численности мигрирующие виды саранчовых представлены одиночной фазой и встречаются в небольших количествах на весьма ограниченных территориях. Однако в какой-то момент (видимо, когда после засухи восстанавливается растительность богата азотом) выживаемость нимф существенно увеличивается, а повышенная плотность в скоплениях этих насекомых стимулирует переход к стадной фазе. Плодовитость «стадных» особей меньше, чем «одиночных». Это может показаться странным, но на самом деле биологически оправдано: из более крупных яиц развиваются нимфы, выживаемость которых выше. При переходе в стадную фазу громадное значение имеют контакты между особями — тактильные (ощупывание усиками), а также химические и зрительные. Эффект нарастает по принципу обратной связи, и вскоре уже громадная стая саранчи начинает миграцию в поисках новых возможных мест обитания (на самом деле эти саранчовые капризны в выборе биотопов, которые

** Любищев А.А. Воспоминания о Борисе Петровиче Уварове (1970) // Архив НА.Панчинской (внучки Любищева).

должны характеризоваться довольно редким сочетанием условий). Область распространения насекомых стремительно увеличивается в сотни и даже тысячи раз. Размер же возможного ущерба для сельского хозяйства легко себе представить из следующего примера:стая *S.gregaria*, налетевшая в 1957 г. на Сомали, состояла из $1.6 \cdot 10^{10}$ особей, а масса ее достигала 50 тыс. т. Съедает же за день одна саранча примерно столько, сколько весит сама.

Очевидно, что эти исследования Уварова имели громадное практическое значение.

Прожив большую часть жизни в эмиграции, Уваров всегда старался поддерживать контакты с коллегами из России, ведя с ними переписку, присылая в библиотеки свои работы и принимая у себя гостей с родины (когда в пору хрущевской оттепели это стало возможным). Хотя вообще-то связи с эмигрантами советские власти, мягко говоря, не одобряли, отношение к Уварову было более или менее терпимым. Дома я слышал рассказы об Уварове от папы, который посетил его в конце 50-х годов в Англии, и от Г.Я.Бей-Биенко — ленинградского энтомолога, крупного специалиста по прямокрылым. Судя по этим рассказам, жена Уварова относилась к советскому режиму очень критически и порой придиралась даже к мелочам. Она не без язвительности спрашивала, например, папу, как едят в Советской России грейпфрут. Никаких грейпфрутов в ту пору у нас не продавалось, и никто не знал, что это такое. Папа привез тогда несколько грейпфрутов и объяснял нам, что у плода надо срезать ножом верхушку, прокромсать мякоть внутри специальным ножиком, добавить сахар, а потом выедавать ложечкой мякоть из естественной чаши. В дорогу жена Уварова дала папе две герметически закрывающиеся стеклянные банки — одна с кофе, другая с чаем. На-

до заметить, что ни чай, ни кофе вовсе не были тогда дефицитными товарами в СССР, и дома были слегка удивлены таким подарком. Но и чай и кофе были отменными, а одна из тех стеклянных банок до сих пор стоит у нас на кухне: в ней лежит кофе в зернах, и фамилия «Уваров» всплывает в памяти, чуть ли не каждый раз, когда я наполняю кофемолку.

Летом 1968 г. в Москве собрался XIII Международный энтомологический конгресс. Это было поистине грандиозное мероприятие — около 4 тыс. участников со всего света, открытие в Кремлевском Дворце съездов, заседания и экскурсии. Председателем оргкомитета был Г.Я.Бей-Биенко, а секретарем (кажется, генеральным) был папа. Конечно, приехало много именитых гостей, но у меня сохранилось ощущение, что был на конгрессе один человек, окруженный каким-то особым всеобщим почетом и глубочайшим уважением. Человек этот был Борис Петрович Уваров. Помню, как старались проявить к нему заботу и внимание и мои родители, и Бей-Биенко и многие другие коллеги. Дома у нас Уваров был на праздничном обеде. С большим удовольствием он ел черный хлеб (говорил, что такого в Англии, конечно, нет) и особенно — мамин фирменный пирог с рыбой (рецепт которого, к сожалению, утрачен). У Бориса Петровича была замечательная русская речь, свободная от наших языковых штампов и уже этим невольно обращающая на себя внимание. Очень хорошо помню, как за столом возникла явная неловкость, когда знаменитый энтомолог Евгений Сергеевич Смирнов (человек вообще-то в высшей степени светский) вдруг несколько театрально (и в диссонанс общей беседе) спросил: «Борис Петрович, а что бы вы хотели пожелать нашей молодежи?» Уваров в ответ чуть не поперхнулся, нахмурился и очень сердито

ответил: «Многое, очень многое!». Потом замолчал и после общей напряженной паузы, уже более спокойным голосом: «Прежде всего контактов — больше контактов с зарубежными коллегами...» (и что-то еще в развитие этой мысли).

Помню, что родители мои возили Уварова на академической машине в Абрамцево, где на даче жил с женой Е.С.Смирнов. «Дача» эта представляла собой крошечный домик шофера, построенный на большой территории дачного участка какого-то академика. Все такие поездки требовали специальных разрешений, согласований и т.п., но как-то все же удавалось их «пробить». Уварова возили и по Москве, мама показывала ему Крутицкое подворье, другие уголки старого города.

Затем Уваров в сопровождении одного молодого энтомолога из Зоологического института поехал в Среднюю Азию, туда, где он когда-то начинал изучать саранчовых. В каком-то аэропорту наши доблестные «органы» его задержали, хотя, конечно, все разрешения и согласования были заранее получены. Когда об этом по телефону сказали Бей-Биенко, он чуть не упал в буквальном смысле слова, но потом все как-то более или менее благополучно разрешилось. Эта поездка Уварова за пределы Европы стала для него последней.

Подводя итоги этим воспоминаниям, я невольно сам себе задаю вопрос: что же объединяло Уварова и Любищева — двух безусловно замечательных, но имеющих столь разные судьбы, ученых? Конечно же, бесконечная преданность науке, которой они посвятили свои жизни, конечно же, глубочайшая порядочность, бескомпромиссность и стремление помочь другим, но наверное самое главное — это мятежный дух и независимость суждений, так или иначе проявлявшиеся в жизни каждого из них.

Диалог с А.А.Любичевым

Воскресенье

Уваров — Любичеву

Лондон, 22/XI 1954 г.

Дорогой Александр Александрович!

Вы меня чрезвычайно обрадовали своим дружеским письмом, т.к. я тоже не знал, живы ли Вы, где и что делаете.

Я посылаю Вам брошюру, где описана история противосаранчовых исследований за период 1929—1951 годов, инициатива которых была моя и до сих пор остается, хотя теперь работа делается десятками людей в разных странах. Кое-чего удалось достигнуть и практически, и в смысле изучения, но каждый решенный вопрос влечет за собой несколько новых. Кое-что из наиболее интересных печатных работ тоже посылаю, т.к. многие из них, вероятно, Вам не известны.

Очень тронут поздравлением с избранием меня в Королевское Общество — это случилось в 1951 году, и я, конечно, очень это ценю. С.М.G. — это Орден Св.Михаила и Георгия, полученный за саранчу; кроме того, получил орден Льва от Бельгийского правительства и Почетный легион от французского. Пишу не для того, чтобы похвастаться, а потому, что это может быть интересно.

По систематике саранчовых работаю теперь мало, т.к. время уходит на организацию саранчового изучения другими, но все же надеюсь к ней вернуться.

Буду рад узнать **Ваши интересы и планы** — кроме того, что Вы уже написали. Вообще же будет приятно и просто иметь переписку.

Prof. Gray в Cambridge'e работает главным образом по механизму локомоции. Он один из руководящих зоологов здесь.

С искренним дружеским приветом

Ваш

(Б.Уваров)

Любичев — Уварову

Ульяновск, 4/III 1957 г.

Дорогой Борис Петрович!

Очень был рад получить от Вас письмо и известие, что здоровье Ваше в порядке. В нашем возрасте приходится радоваться даже каждому году, и я опять-таки радуюсь тому, что между нами небольшая разница лет. Я Вас считал более старшего возраста по двум соображениям: 1) я лично был самым молодым студентом на курсе, так как кончил не гимназию, а реальное училище (там срок обучения на год меньше), и в реальном я был самым молодым учеником, так что поступил в университет 16 лет; 2) Вы же среди товарищей произ-

водили впечатление наиболее серьезного, солидного студента, поэтому мы считали Вас старше Вашего действительного возраста. Я рад, что ошибся. <...>

Перед войной у нас с Вами установился обмен книгами, сейчас Вы мне доставили ряд ценных изданий, и я чувствую себя перед Вами в долгу. Может быть, Вас интересуют какие-либо издания, научные или художественные, и я охотно их Вам вышлю. Ульяновск представляет большие удобства по сравнению с Москвой или Ленинградом, так как там так много желающих приобретать новинки или подписываться на издания, так что получить популярное издание нелегко. Для моей внучки и некоторых знакомых я подписываюсь здесь.

Еще один вопрос от моего старого приятеля М.Л.Пятакова (возможно, что и Вы его помните, я с ним встречался на биологических станциях в Вилла-Франке, Мурманске, а потом в Крыму). Он сейчас на одном рыбноводном заводе в Закавказье, работает по дафниям. Не знаете ли Вы кого-либо, кто работает по дафниям: если да, то сообщите.

Пока всего лучшего.

Ваш старый друг

(А.Любичев)

Уваров — Любичеву

Лондон, 11/IV 1960 г.

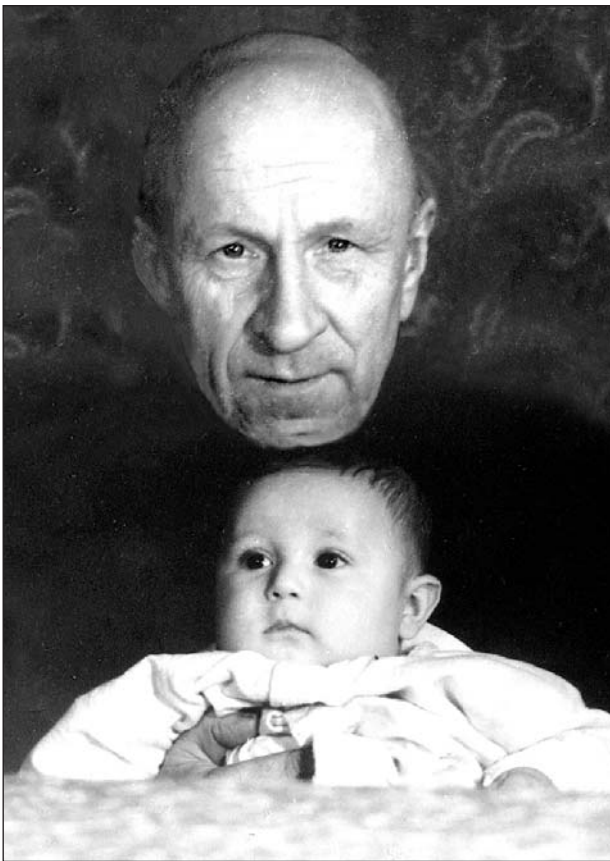
Дорогой Александр Александрович!

Спасибо за письмо от 29 марта и за оттиски, посланные в октябре, которые прочел с интересом. Благодарю за поздравление по поводу моего президентства в (Королевском Энтомологическом обществе). Должность эта очень почетная, особенно для полуиностранца. Избрание на 3 года. Как президент я очень сожалел, что столетний юбилей Энтом. Общества был проведен, как чисто домашнее дело. Если бы было хотя бы извещение, что юбилей предполагается, то наше Общество сочло бы долгом и честью послать теплое приветствие. Я даже писал об этом заранее своим друзьям, но они на это даже не отозвались. Очень, очень жаль.

Р.Фишера¹ я видел в ноябре в Австралии, когда ездил на месяц по приглашению местной энтомологической организации для советов по организации изучения саранчи.

Вы правы, что после моего ухода в отставку у меня дела прибавилось: приходится перечитать, переварить невероятное количество литературы по всем от-

¹ Роналд Фишер (Fisher R.A.) (1890-1962) — известный английский специалист в области математической статистики и теоретической генетики.



Александр Александрович с внуком Борисом. Такую же фотографию Любичев послал Уварову, о чем говорится в одном из его пока не напечатанных писем.

раслям саранчовой биологии, что теперь включает физиологию, биохимию и прочие направления, в которых простому энтомологу разобраться крайне трудно, т.к. специалисты пишут все на своих особых языках, мало понятных для других.

Сердечный привет. (Б.П.Уваров)

Уваров — Любичеву

Лондон, 24/VIII 1961 г.

Дорогой Александр Александрович!

Спасибо за теплое письмо от 15 августа. Вы правы, что я давно не писал и причину тоже угадали правильно. Занят очень весь день, а по вечерам избегаю работать и даже писать письма, т.к. устаю.

Книга подвигается, но решил ее разбить на две части. Первая включает только (!) морфологию, анатомию, физиологию и основы таксономии и ограничивается гл. образом лабораторными данными. Эту часть рассчитываю закончить до конца года. Вторая часть — поведение, экология, биогеография, принципы (только) техники и организация борьбы; на нее

надо еще пару лет и надеюсь, что сил хватит. <...>

Работы Ваши в свое время получил, но сознаюсь, что об этом не писал. В компенсацию посылаю кое-что и своих и чужих публикаций по интересующим Вас вопросам.

Могу сообщить перемену в моей номенклатуре: меня произвели в «рыцари» (knight) за долгую работу и заслуги, так что теперь меня зовут не Dr. Uvarov, а Sir Boris Uvarov (сэр Борис Уваров). Кроме таковой новой синонимии, это ничего не дает, но важно то, что признана ценность работы, которая вряд ли была бы даже начата в таком объеме, если бы не было иностранцев.

С искренним приветом

Ваш

(Б.Уваров)

Любичев — Уварову

Ульяновск, 15/IX 1961 г.

Дорогой сэр Борис!

Очень рад поздравить Вас с превосходной оценкой Ваших заслуг. Дело, конечно, не в титуле, а в признании Вашей научной роли не только среди ученых (это давно известно, не так давно про Вас читал как про one outstanding fig в деле изучения саранчовых и организации борьбы с ними), но и среди руководящих кругов Англии. Получил и три оттиска: Ваш доклад и два других. Все прочел, с особым интересом, конечно, Ваш доклад. Сейчас с количественным учетом не занимаюсь и заниматься не думаю, но у нас математики заинтересовались проблемой количественного учета и динамики популяции, в том числе самый крупный наш математик Колмогоров. С ним консультирует по этому же вопросу один молодой, очень талантливый математик, с которым я очень подружились во время трех совещаний по применению систематики к биологии. Ему я передал все оттиски по количественному учету, которые у меня имеются: передал в хорошие руки.

Что касается Вашего доклада, то он доставил мне величайшее удовольствие. <...>

Для меня самое интересное в явлениях фаз — это параллелизм изменчивости, захватывающий самые разнообразные признаки. Сам факт изменений под влиянием скученности, оказывается, наблюдается не только у прямокрылых в старом смысле слова (кузнечики, тараканы, сверчки, фазмиды), но даже у клопов и бабочек.

Конец статьи Вы посвящаете критике некоторых догматов наших генетиков, в частности и твердой убежденности в отсутствии наследования приобретенных свойств. Я с Вами совершенно согласен, что блестящие достижения отнюдь не исчерпывают эволюционных факторов, но думаю, что исследования по фазам говорят скорее в пользу номогенеза, а не ламаркизма в обычном понимании. Ведь поразительно именно повторение сходных свойств у разнообразных организмов. Внешние факторы не творят что-то новое, а пробуждают дремлющие потенции. Номогенетические идеи сейчас снова всплывают, и я был бы

очень рад, получив от одного американца (Sokal) письмо с просьбой прислать ему мою старую работу 1923 года, которой он и еще некоторые ученые сочувствуют. Сейчас моя очередная работа — подведение философского основания, вернее, борьба с философскими предрассудками, мешающими продвижению общебиологических идей.

Пока всего лучшего. Я очень рад, мой дорогой старый друг, что Вы сейчас с полной свежестью мысли подводите итог своей плодотворной жизни и надеюсь, что Вы и после подведения итога будете иметь возможность высказаться еще по общебиологическим вопросам, по которым у нас всегда было больше родства идей. А писать часто не нужно.

Пока всего лучшего.

Ваш

(А.Любичев)

Уваров — Любичеву

Лондон, 26/IX 1961 г.

Дорогой Александр Александрович!

Спасибо за теплое и интересное письмо.

Вы упоминаете совещания по применению математики к биологии, и я просил бы сообщить, напечатаны ли их отчеты и где их достать.

Президент Лондонского Энтомологического Общества выбирается на 3 года, и мой срок истек в 1961 году (февраль). Перевыборы не допускаются, чтобы не создавать засилья личности, но могут быть через несколько лет.

Самый существенный пункт фазового полиморфизма не его параллелизм, а факт накопления результатов в течение нескольких поколений и такое же постепенное возвращение к прежнему, если плотность населения изменена в обратную сторону. Нужны большие ухищрения генетиков, чтобы это объяснить. Во всяком случае, ген перестал быть мистическим зерном, а стал комбинацией нуклеопротеинов, что делает возможным перекомбинации под влиянием гормонов, выделение которых стимулируется внешними условиями, в том числе скученностью, т.е. взаимным влиянием особей. Это грубая схема, но в ней нет догмы ортодоксальной генетики. Я только что говорил на эту тему с Добжанским, и он говорит, что фазы — «very unusual»; очевидно, поэтому генетики избегают этой темы. Что касается «unusual», то я привел в своей речи только несколько примеров, а они сейчас умножаются быстро. Во всяком случае, я не раскаиваюсь в своем раннем, слишком уверенном отношении к фазовой изменчивости. Многое надо изменить (я это сейчас делаю), но сущность остается.

Искренний привет.

Ваш

(Б.Уваров)

Уваров — Любичеву

Лондон, 10/V 1969 г.

Дорогой Александр Александрович!

На днях получил оттиск Вашей статьи о философии таксономии от Annual Review of Entomology, и

это напомнило мне, как я был огорчен, что не удалось повидаться с Вами в Москве во время Энтомологического конгресса. Причину этого я знаю и надеюсь, что Вы вполне поправились.

Не писал Вам раньше, т.к. вскоре после возвращения у меня случилось сердечное недоразумение — физическое, конечно. Пришлось пробыть около месяца в госпитале, а потом три месяца уже сижу дома. Могу работать (над вторым томом моей книги), но приходится избегать физических усилий из-за одышки. Однако дело идет на поправку. На днях еду в «деревню» (отель в лесу) на три недели в надежде, что это меня «поставит на ноги». Конечно, приходится считаться и с возрастом — в ноябре будет 80 (!), чему как-то не верю.

Статью Вашу прочел с большим интересом, хотя сознаюсь, что мое философское образование не позволяет ее вполне оценить. Я все же был узким специалистом, о чем приходится пожалеть, но исправить это уже поздно.

Интересно, что Вы нашли хорошую иллюстрацию Ваших идей в звуковых органах саранчовых. К сожалению, как я отметил в своей книге, внимание биологов сосредоточилось на роли звуков и слуха в половом процессе, а они могут иметь значение и просто во взаимоотношениях особей вида. Вообще же это частный аспект поведения, которому уделяется слишком много внимания, отчасти потому, что его можно изучать с помощью сложных приборов и выражать цифрами, с которыми потом можно манипулировать независимо от их биологического значения.

Вижу из библиографии, что выходит — или вышла — Ваша русская книга о проблемах систематики, и очень надеюсь ее видеть.

Я очень рад, что мне удалось содействовать изданию перевода книги С.И.Малышова об эволюции *Hymenoptera*. Многое из того, что он описывает, нелегко поддается рутинным «объяснениям».

Искренний привет от старого друга.

Нас уже мало осталось!

(Б.Уваров)

Любичев — Уварову

Ульяновск, 16/X 1969 г.

Дорогой Борис Петрович!

Давненько получил от Вас письмо от 10 мая. Надеюсь, Вы хорошо отдохнули в отеле в лесу и вернулись в хорошем здоровье. Я на сердце не жалею, но хожу все еще с костылями, которые вполне освоил. За это время (с 1 июня) мы переехали на новую квартиру. Новый адрес: Ульяновск, 11. Средний венец, 23, кв.12. Новая квартира несколько меньше старой, но нам вдвоем больше и не нужно (две комнаты). Но дом новый, центральное отопление, ванна, в новом районе, едва ли не лучше во всем Ульяновске. С одной стороны дома фруктовый сад, с другой — только что заложенный парк с великолепным видом на Волгу.

Посылаю Вам две фотографии: одна — подъезд, другая — молодой парк, по другую сторону дома. Энтомологу приятно, что на цветах много бабочек, осо-

бенно много было репейниц, летают божьи коровки, бегают мелкие жужельницы. Воздух чистейший, движения мало, но улицы асфальтированы, так что грязи нет.

Я все лето ежедневно совершаю прогулки.

Вчера я послал заказной бандеролью Вам три фотографии, снятые Ниной Николаевной Благовещенской², которая говорила о Вас. Там и Вы фигурируете, это Вам на память.

Скоро Вам исполнится возраст, после которого человека называют «долгожителем». От всей души поздравляю и желаю еще долгих лет здоровья. Из моих знакомых могу привести еще здравствующих долгожителей, продолжающих научно работать: Николая Александровича Ливанова в Казани, ему уже 92 года, и академика Константина Ивановича Скрябина, которому тоже недавно исполнилось 90 лет. Много сейчас бодрых и продуктивных старичков. Надеюсь следовать их примеру. Мне тоже исполнится 80 лет 5 апреля 1970 г.

Сейчас у меня у старшей дочери трое детей; дочь кончила университет по тюркскому отделению, сын-геолог тоже кончил ЛГУ, а младший сын только что поступил в Химико-технологический институт. У сына в Минске (он канд. медицинских наук) один сын еще в школе. Покойному моему сыну сейчас бы уже было 53 г. Как у Вас с потомством?

Моя статья «Проблемы систематики» (примерно два печатных листа) вышла в новом непериодическом сборнике «Проблемы эволюции» I (в печати уже второй выпуск), но оттисков я не получил и не знаю, будут ли. Тут вышло, видимо, какое-то недоразумение. Редактировался сборник в Новосибирске, а печатался в Москве, и, видимо, московские издатели, не привыкшие давать оттиски к книгам, решили, что их не нуж-

² Благовещенская Нина Николаевна — сотрудница Любищева по Ульяновску.

но. Я догадался выписать через «Книгу—почтой» это издание, а сейчас, наверно, его уже раскупили, т.к. имею сведения, что его достаточно усиленно читают.

Английскую статью о философских аспектах таксономии собираются печатать по-русски (я даже получил на это от редакции разрешение), но не знаю, удастся ли: идеологически он может вызывать большие возражения у наших ортодоксов.

Ряд статей в печати готовлю еще и много работаю по блошкам; в июле 1970 г. будет съезд Энтомологического общества в Воронеже.

Вы совершенно правы, что сейчас чрезмерно увлекаются сложными машинами там, где они совершенно неуместны. В «Журнале общей биологии» скоро выйдет моя статья «Об ошибках при применении математики в биологии»³. Оттиски журнал дает (хотя немного, всего 25) и Вам я его непременно пошлю, вероятно, это будет в начале 1970 г.

Еще раз всего лучшего. Обнимаю и крепко жму руку старому другу.

Ваш

(А.Любищев)

© Публикация В.А.Гуркина

Ульяновск

Письма воспроизводятся по копиям, хранящимся в Ульяновском областном краеведческом музее им.И.А.Гончарова, в фонде А.А.Любищева. Оригиналы документов находятся в Санкт-Петербургском филиале Архива Российской академии наук. Ф.1033.

³ Статья Любищева «Об ошибках в применении математики в биологии» на самом деле представляет собой серию из двух статей. Первая имеет подзаголовок «Ошибки от недостатка осведомленности» (Журн. общ. биологии. 1969. Т.30. №5. С.572—584), а вторая «Ошибки, связанные с избытком энтузиазма» (Журн. общ. биологии. 1969. Т.30. №6. С.715—723).

Из переписки с В.И.Вернадским

Предварительная справка

Историко-научная легенда гласит, что импульс для зарождения исследований биогеохимической энергии живого вещества в России дала заметка в 41-м томе известного английского журнала «Nature»: в 1890 г. здесь появился сделанный английским натуралистом доктором Г.Карутерсом (G.Carruthers) расчет массы саранчи в одной туче, пронесшейся над Красным морем — с берегов Северной Африки в Аравию, в течение одного дня — 25 ноября 1889 г. Оказалось, что пространство, занятое такой тучей, равнялось 5967 км², а весила она более 42 млн т — величина, сопоставимая со всем количеством меди, цинка и свинца, изготовленного человечеством в течение целого прошлого столетия. Именно образ саранчи из статьи Карутерса станет исходной посылкой и овестьеленной метафорой биогеохимической энергии живого вещества для создателя биосферной концепции В.И.Вернадского, в течение многих лет хранившего эту заметку «Nature». «Перед лицом разнообразия и необычайного величия Живой Природы туча саранчи незначительный и мимолетный факт», — напишет спустя 30 лет академик и затем сравнит работу «живого вещества» (саранчи) с «движущейся горной породой, одаренной свободной энергией»*.

* Вернадский В.И. Очерки геохимии // Избр. соч. М., 1954. Т.1. С.55—56.

О личных и научных контактах академика Владимира Ивановича Вернадского (1863—1945) и выдающегося русского энтомолога, для которого саранча была главным предметом его исследований, — Бориса Петровича Уварова почти ничего не известно. Едва ли не единственным свидетельством их общения пока остается сохранившаяся в Архиве Российской академии наук (Ф.518. Оп.3. Д.1662) переписка ученых, носящая преимущественно деловой характер. 15 писем Б.П.Уварова и одна копия письма Вернадского к нему хронологически охватывают 1929—1944 гг.

Первое письмо Уварова датировано 24 января 1929 г., последнее — 24 сентября 1944-го, и неизвестно, с учетом условий прохождения почты в военное время, успел ли с ним ознакомиться Вернадский, скончавшийся в начале января 1945-го. Помимо самого факта свободной переписки «советского» ученого с «эмигрантом» на всем протяжении 30-х годов, этот эпистолярный диалог — еще одно документальное свидетельство того, как формируется и работает научная network** — тот «невидимый колледж», который объединяет профессионалов независимо от политических, конфессиональных,

** Этот многослойный и многозначимый английский термин невозможно адекватно его смыслу перевести на русский язык одним словом. Словарь дает «простые» значения — сеть, цепь, сообщество.

социальных и тому подобных различий.

Как следует из первого письма Уварова, инициатором переписки с Вернадским был он. Несмотря на отъезд из России в 1920 г., Уваров сохранил на родине, как говорится в одном из писем, сеть «заочных учеников и постоянных корреспондентов», в числе которых был В.М.Дирш, сотрудник Зоологического музея АН УССР, после поездки Вернадского в Киев в 1928 г. приглашенный им участвовать в полевых работах по оценке биохимических постоянных различных саранчовых. В свою очередь Дирш немедленно связался с Уваровым, который вскоре обратился к Вернадскому с просьбой поделиться получаемыми сведениями и предложением привлечь к этой работе другого своего ученика, Г.Я.Бей-Биенко, работавшего тогда в Омске. Так была намечена «биогеохимическая ось»: Омск—Киев—Ленинград—Лондон, один из неформальных департаментов «международного института живого вещества», о создании которого Вернадский мечтал еще в годы гражданской войны.

Другой и вполне формальный «департамент» этого воображаемого института действовал в Ленинграде под названием Биогеохимическая лаборатория АН СССР, организации которой Вернадскому удалось добиться от советских властей благодаря согласию вернуться в СССР из длительной зарубежной командировки

в 1926 г. Лаборатория выпускала «Труды», возможностям продвижения которых в западном научном мире преимущественно и посвящена переписка Вернадского и Уварова 30-х годов. Постоянный сотрудник «Nature», Уваров летом 1934 г. опубликовал в журнале обзор работ Биогеохимической лаборатории под названием «Geochemistry of Living Matter». «Мое главное стремление было, — объяснял он Вернадскому, — упомянуть о всех главных пунктах, по которым работы фактически производятся, а теоретическую часть пришлось сильно урезать <...> у англичан больше склонности

к фактам, чем к теориям, в особенности таким широким, как Ваши». Возможно, по этой же причине — теоретической новизне и насыщенности — при жизни Вернадского так и не появился английский перевод его «Геохимии»***, хотя сам ученый связывал это с «национальными границами в распространении научных идей» и ограниченностью английской мысли «своим языковым ареалом»****.

*** Рецензию на эту книгу см.: Nature. 1931. V.127. P.368—369.

**** Bakhmeteff Archive of Russian and East European History and Culture, Columbia University. Vernadsky Coll. Box 12.

Помимо коллегиальных отношений и интереса к научным работам друг друга, Уварова и Вернадского объединяла еще одна, в известном смысле символическая, линия связи. Фактически именно Уваров реализовал тот сценарий судьбы русского ученого, к которому после 1917 г. стремился Вернадский: покинув Россию, он сумел сделать научную карьеру в Англии и создать противосаранчовый научный центр с международным статусом. Изгнание оказалась свободой, потеря — обретением.

© М.Ю.Сорокина
Москва

1935 – 1944

Уваров — Вернадскому

Лондон, 5/II 1935 г.

Дорогой Владимир Иванович!

Спасибо за письмо и за книгу¹. Просить у меня отзыва о ней — простое недоразумение, так как предмет ее очень от меня далек. Начало и некоторые наиболее для меня интересные и понятные главы я прочитал. Вижу только одно — что книга написана чрезвычайно ярко и убедительно и открывает невероятные горизонты. Издать ее по-английски очень необходимо, но едва ли удастся сделать что-либо в этом направлении, пока не приедете сюда, как собираетесь. Перевод можно будет сделать здесь, это устроим.

Крайне интересно то, что Вы пишете по поводу концентрации радия и мезотория животными. Однако по поводу намечаемой работы над животными и растениями из вавилонских «центров разнообразия» я не могу не высказать своих соображений². Эти «центры» для меня мало убедительны, так как основа-

ны на культурных растениях главным образом. Если принять во внимание, что почти все эти центры совпадают с наиболее древними районами цивилизации, притом большей частью очень гористыми, то этим факторам можно приписать очень большую роль в сортовом разнообразии. Затем обращает на себя внимание то, что многие из этих центров лежат в районах геологически очень древней суши, где довольно естественно ожидать значительного видового разнообразия уже в силу большого периода эволюции. Если обратиться, наконец, к «диким» организмам, то едва ли удастся найти такие общие многим группам центры видообразования. Напротив: мы видим, что виды одного рода очень многообразны в одной области, а другой род там же представлен 1—2 видами, тогда как и он дает богатую серию вариаций в другой области. Для каждого рода есть такая «центральная» область (или области), и совпадения их не наблюдается.

Поэтому к этому вопросу надо бы подойти не в такой общей форме, а в приложении к определенным систематическим единицам в разных районах их распространения. Надо брать широко распространенный вид, который в определенной части своего ареала сильно изменчив, а в других — постоянен в своих признаках. Думаю, что ботаники смогут дать Вам такие примеры. В отношении саранчовых Вам может помочь в выборе такого материала И.А.Рубцов, аспирант Зоологического института Академии наук,

¹ По-видимому, речь идет о втором русском издании «Очерков геохимии» В.И.Вернадского (М., 1934). По-английски книга не издавалась, хотя в 30-е годы целый ряд попыток предпринимался.

² О научных и личных взаимоотношениях В.И.Вернадского и Н.И.Вавилова, в том числе о планах совместных исследований живого вещества, см.: Савина Г.А. Чистые линии: В.И.Вернадский о Н.И.Вавилове // Трагические судьбы: репрессированные ученые Академии наук СССР. М.: Наука, 1995. С.7—45.



Владимир Иванович Вернадский с женой Натальей Егоровной, ее братом П.Е.Старницким и детьми, еще совсем юными, о которых он упоминает в письме Уварову. Снимок сделан примерно в 1912 г.

который как раз работает по индивидуальной изменчивости в связи с географическим распространением. Я Вам о нем уже говорил однажды, но не знаю, удалось ли Вам его использовать. У него очень подходящее направление для сотрудничества в биогеохимической работе, т.к. он работает и по потенциальной способности размножения, колебаниям численности и т.п. общим вопросам.

Что касается материала по саранче, то все мои просьбы пока остались тщетны. Собрать только сухой материал — легко, но как начнешь добиваться, чтобы его дополнили взвешиванием живой массы, а еще более — сбором в абсолютный спирт, так начинаются практические возражения, по существу очень веские. Все же буду пытаться еще, т.к. сам заинтересован этим чрезвычайно. Советую, однако, связаться и с русскими саранчистами, в частности с Г.Я.Бей-Биенко³, который заведует селекцией саранчовых в В[сесоюзный] инст[итут] защиты растений (ВИЗР), на Елагином Острове. В частности, было бы хорошо, если бы они достали Ваш материал по азиатской саранче (), т.к. я не теряю надежды достать материал по ней же из тропической Африки и будет интересно произвести параллельный анализ.

³ Бей-Биенко Григорий Яковлевич (1903—1971) — выдающийся энтомолог, член-корреспондент АН СССР (1953). Сотрудник Всесоюзного института защиты растений (1929—1938), заведующий лабораторией Зоологического института АН СССР (1947—1971). Президент Всесоюзного энтомологического общества (1966).

Пишу Вам по прежнему адресу. Сообщите, до какого времени он действителен. Сердечный привет от наших.

Искренне Ваш

Б.П.Уваров.

Вернадский — Уварову

Москва, 6/III 1944 г.

Дорогой Борис Петрович,
прошла целая вечность после того, как я писал Вам.

Два с лишним года я пробыл в Боровом, в Азии, вместе с рядом академиков. Это большой курорт около Акмолинска, в районе Щучинска.

Я воспользовался этим временем для того, чтобы связать биосферу с геологической картой и сравнить химический состав биосферы с другими оболочками нашей планеты.

Пересмотр основных геологических представлений для геологии и для биологии был для меня чрезвычайно полезен. Я начал эту работу в 1940 г. и теперь вчерне первые два тома готовы к печати, кончая третий том¹. Я постарался оставить в стороне гипотезы (кроме рабочих) и философские обобщения.

Отобрал только эмпирические обобщения, которые иногда называют законами природы.

¹ Имеется в виду монография «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения»; впервые издана с купюрами только в 1965 г. Переиздана в 1987 г.

Сейчас в печати отдельные мои работы с основными выводами.

Я пишу Вам в связи с этой моей работой. Насколько правильно и точно установлено, что для саранчи, кажется, через каждые 12 лет, появляются взрывы жизни? Как будто бы 1944 г. — год такого взрыва.

Может быть, Вы можете указать лучшую сводку по этому вопросу?

Мне сейчас скоро 81 год, я чувствую мою мысль совершенно молодой, но силы уже не те.

В Боровом мне пришлось пережить большое испытание. Умерла моя жена Наталия Егоровна, с которой мы прожили больше 56 лет душа в душу.

Мечтаю по окончании вчерне указанных работ кончить жизнь с моей единственной внучкой, которая живет с матерью, моей дочкой, около Бостона². Моя дочь стоит во главе большого госпиталя на 700 человек и работает не только как врач, но и научно.

Сын мой — бездетный, профессор Йельского университета в Нью-Хейвене³.

Всегда вспоминаю с хорошим чувством наши свидания в Лондоне и буду рад получить от Вас весточку.

Я не думаю сделаться американцем, но хочу кончить жизнь со своей внучкой.

Думаю, это будет не раньше лета.

Сердечный привет Вашим.

² Внучка В.И.Вернадского — Татьяна Николаевна Толль родилась 9 мая 1929 г. в Праге в семье Нины Владимировны (ур. Вернадской, 1898—1987) и Николая Петровича Толлей (1894(?)—1985). В начале 20-х дочь Вернадского училась в Военно-медицинской академии в Петрограде; в 1922 г. вместе с отцом выехала за границу и осталась в Праге, где в конце 1926 г. вышла замуж за русского эмигранта, археолога и искусствоведа, сотрудника Кондаковского института Н.П.Толля. В 1939-м Толли переехали в США. Здесь Нина Вернадская завершила медицинское образование, практиковала как врач-психиатр в больницах штата Коннектикут, а затем возглавляла в Миддлтуэне частную психиатрическую клинику. Опубликовала несколько научно-популярных работ в американской периодике; см., напр. ее работу, посвященную восприятию В.И.Вернадским идей И.П.Павлова: Toll N. // *International Journal of Neuropsychiatry*. 1967. V.3. №6. P.439—440.

³ Сын В.И.Вернадского — Георгий Владимирович (1887—1973) — историк, один из основоположников евразийства. После эвакуации осенью 1921 г. из Крыма с войсками барона П.Н.Врангеля жил в Константинополе, затем в Афинах. В марте 1922 переселился в Прагу, где стал одним из основателей *Seminarium Kondakovianum*, преобразованного затем в институт. С осени 1927 г. преподаватель, с 1946 г. профессор истории Йельского университета США. О нем см.: *Сорокина М.Ю.* Георгий Владимирович Вернадский // *Природа*. 1999. №2. С.89—102.

Уваров — Вернадскому

Лондон, 24/IX 1944 г.¹

Дорогой Владимир Иванович,

Ваше письмо от 6 марта только теперь дошло сюда, но все равно доставило большую радость — узнать после такого долгого перерыва, что Вы живы, здоровы и работаете.

Прежде всего, ответу на Ваш вопрос о периодичности саранчи. Последняя работа по этому вопросу (Паскье, 1942) установила для пустынной саранчи

(шистоцерка грегария) за период 1843—1942 наличие циклов, колеблющихся от 9 до 14 лет, начало усиленной активности (появление первых стай) более или менее совпадает или с концом минимума солнечных пятен или с началом максимума (реже), или же с периодом их нарастания, и только в одном случае — с периодом убывания пятен. Окончание стадной активности в общем происходит во время убывания и в начале минимума. Для Северной Африки начало вспышек вероятно (7 шансов против 2) в течение 0—4 лет после минимума пятен. Автор полагает, и я склонен согласиться, что связь возможна через погоду, именно потому, что началу образования стадной формы благоприятствуют резкие колебания в осадках, что характеризует периоды минимума пятен.

В этом или 1945 году должен быть максимум развития пустынной саранчи, которая начала проявлять активность около 1940 года. Приблизительно около того же года начался новый период активности южноамериканской саранчи (шистоцерка паранензис).

Вот цитата работы Паскье: R.Pasquier. Prevision et periodicite des invasions de la Semterelle Pelerina en Afriquodu Nord — *Bull. Soc. Agric. Alger*. Vol.85, 1942. Pp.51—70.

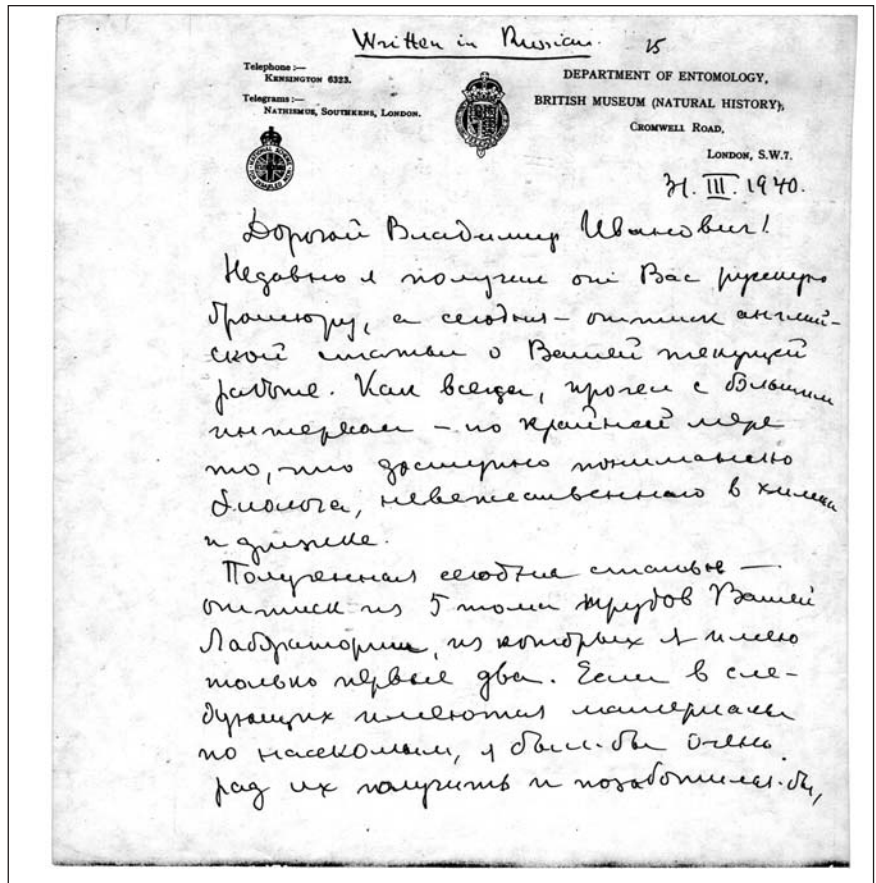
Эта вспышка пустынной саранчи на Ближнем Востоке, в Восточной Африке и Индии определила военную работу всего учреждения, и вот уже четвертый год, как мы занимаемся только этим. Благодаря работе предыдущих лет удалось не только заблаговременно предупредить все страны о новом периоде, но и дать подробные планы противосаранчовых кампаний в таком масштабе, который раньше и не снился: вместо десятка разрозненных кампаний в разных странах теперь удалось создать организацию, ведущую координированную борьбу повсюду. Военные условия в этом отношении очень помогли, так как есть возможность использовать механический транспорт даже в таких странах, как Аравия, которую наши моторизованные противосаранчовые отряды изъездили во всех направлениях. Наша задача заключается в непрерывном собирании и изучении отчетов о движении саранчи по всему громадному району и в выработке месячных сводок и прогнозов, на которых базируются полевые планы. Работа очень живая, интересная и дающая удовлетворение, так как пока только дважды мы серьезно ошиблись в предсказаниях и оба раза в лучшую сторону — саранча не прилетела туда, куда мы ее ожидали. Неожиданных же появлений не было нигде, и пока нигде еще не было серьезных потерь, так как удается всюду вовремя организовывать сопротивление.

Конечно, благодаря этой практической работе накопляется большой научный материал, главным образом в отношении биоклиматики саранчи и, в частности, связи миграций с передвижением погодных систем. Постепенно это обрабатывается и углубляется, так что со временем мы сможем дать связную картину явлений.

В связи с организацией борьбы мне пришлось немало полетать по свету — был в Северной и Восточ-

¹ Письмо написано на бланке Anti-Locust Research Centre.

Фрагмент одного из писем
Б.П.Уварова.



Восстанавливаем

ной Африке, по всему Ближнему Востоку до Тегерана, где в прошлом году имел удовольствие встретиться для совещаний с советскими коллегами, которые принимают деятельное участие в противосаранчовой кампании, получившей вполне международный характер.

В остальном жизнь идет благополучно — если забыть несколько лет, прошедших под воздушными бомбардировками. Нам повезло: дом, в котором Вы у нас бывали в последний приезд, был почти разрушен фугасной бомбой, упавшей на соседний дом, но мы остались невредимы. После этого немало было разрушений поблизости, но все обошлось благополучно и вся семья жива и здорова. Музей пострадал несколько раз, но все ценные коллекции были вывезены заранее в провинцию. Но из персонала музея за это время умерли Смес Вудворд, Слатер (убит бомбой), Шербори.

Здесь теперь громадный интерес к России и всему советскому и большое желание побольше узнать о советской научной работе. К сожалению, печатные работы получают очень медленно и не систематично, даже издания Академии наук. Если можете употребить влияние для высылки не только журналов, но и научных книг в редакцию «Найчер», сведения о них будут появляться регулярно.

Очень здесь озабочены также потерями научного персонала, особенно в Ленинграде, но известно

очень мало. Было бы очень полезно сообщить сведения об умерших и погибших ученых: многие здесь недостаточно представляют размер лишений, причиненных советской науке фашистами. Нужно бы также сказать подробно о потерях советских научных учреждений, лабораторий, библиотек — все это тоже мало известно, а есть громадная готовность помочь в их восстановлении.

Если осуществляются Ваши планы — ехать к дочери в Америку, мы очень надеемся, что не минуете Лондона. Мы теперь живем только вдвоем с женой в большом доме, и место для гостя всегда найдется. Сын с женой в провинции, где он преподает в средней школе. Племянница — ветеринарный врач в окрестностях Лондона.

Буду благодарен, если при случае передадите мой сердечный привет всем друзьям и коллегам в Академии. Пожалуйста, сообщите, жив ли А.П.Семенов-Тянь-Шанский² и где он.

Искренний привет и самые лучшие пожелания
Сердечно Ваш Б.П.Уваров

**Публикация и комментарии
М.Ю.Сорокиной**

² Семенов-Тянь-Шанский Андрей Петрович (1866—1942) — энтомолог, с 1890 до конца жизни служил в Зоологическом музее АН, много лет возглавлял Русское энтомологическое общество. Умер в блокадном Ленинграде.

Новости науки

Космические исследования

Готовится смена «Хаббл»

В начале 2000 г. комиссия из ведущих американских астрономов завершила подготовку планов дальнейших исследований Вселенной с помощью телескопов, запускаемых в космос. Рассчитанная на 10 лет работы обсерватория «NGST» («Next Generation Space Telescope») должна прийти на смену продуктивно функционирующему ныне Космическому телескопу им.Хаббла.

Основная научная цель новой космической обсерватории — исследовать процессы, происходившие в период, когда галактики еще только начинали формироваться. «NGST» будет находиться в точке Лагранжа, примерно в 1.5 млн км от Земли. Предполагается, что главное зеркало нового космического телескопа будет иметь диаметр около 8 м, втрое превысив зеркало «Хаббла», что позволит соперничать с крупнейшими из современных наземных инструментов. Масса и размеры такого зеркала слишком велики, чтобы доставить его на орбиту сразу и целиком. Следовательно, инженерам предстоит разработать методику вывода в космос его сегментов и дальнейшей их сборки.

На конференции Американского астрономического общества (Рочестер, июнь 2000 г.) представители НАСА заявили, что техническая сложность предложенной программы заставляет перенести ее практическое осуществление почти на 10 лет. Признано целесообразным сначала создать и вывести на орбиту обсерваторию «Nexus» («Связка»), которая послужит действующей моделью «NGST»

в масштабе 1:3, а эта работа может завершиться не ранее 2009 г.

На борту «Nexus» будут смонтированы три зеркальных сегмента на круге диаметром 2.8 м. Хотя диаметр зеркала у «Хаббла» меньше, его светосилу новый прибор не превзойдет, так как сегменты покрывают лишь часть круга. Кроме того, у него будет лишь одна простая фотокамера. Так что главная задача «Nexus» — отработать техническую сторону вопроса.

На октябрь 2001 г. назначено первое испытание солнцезащитной системы «NGST». Астронавты на борту очередного «шаттла» развернут в космос модель (в масштабе 1:3) надувного тента «ISIS» («Inflatable Sunshade In Space»). Ему предстоит защищать телескоп от перегрева, не сбывая, однако, его точнейшей настройки на объект наблюдения.

Разработку технических систем «Nexus» готовы взять на себя конкурирующие компании «Локхид Мартин» и «TRW/Ball Aerospace». В 2001 г. НАСА примет решение, какую из них предпочесть. Выигравшая конкурс должна будет за три года построить аппарат, на что ассигнуется 200 млн амер. долл. Общий бюджет программы составляет 1.3 млрд долл. Научным руководителем проекта назначен Дж.Матер (J.Mather; Центр космических полетов им.Годдарда в Гринбелте).

Science. 2000. V.288. №5473. P.1944 (США).

Астрофизика

Что происходит «за спиной» у Солнца?

Солнце вращается вокруг собственной оси, поэтому каждая конкретная его точка на довольно

длительное время (полный оборот наша звезда совершает за 27 земных суток) оказывается «по другую сторону» светила, и что в это время там происходит, можно лишь догадываться.

Несколько лет назад для диагностики состояния обратной стороны Солнца был предложен метод, основанный на принципах гелиосейсмологии. Любое крупное возмущение в недрах Солнца сопровождается сильным солнцетрясением, порождающим акустические волны. К нам через безвоздушное космическое пространство они дойти не могут, но на поверхности Солнца присутствие этих волн уверенно фиксируется. За ними-то и нужно следить, чтобы не упустить потенциально опасных явлений.

Экспериментальные наблюдения такого рода проводят Д.Браун и Ч.Линдси (D.Braun, Ch.Lindsey; американская корпорация «Solar Physics Research»). Первые полученные ими акустические голограммы оказались несколько мутными, но в ближайшем будущем ожидается их значительное улучшение. Используемые авторами изображения поступали с борта ИСЗ «SOHO» («Solar and Heliospheric Observatory») в апреле—мае 1998 г.; их обработка осуществляется под руководством астронома Б.Флека (B.Fleck; Европейское космическое агентство).

Известно, что под самой поверхностью Солнца возникают конвекционные ячейки площадью около 700 тыс. км², внутри которых происходит бурное движение газов, возбуждающее низкочастотные акустические колебания. Многие из таких вибраций взаимно уничтожаются или поглощаются, а некоторые резонируют друг с другом, усиливая звуковые волны.

На борту «SOHO» установлен интерферометр, который фиксирует акустические волны по доплеровскому сдвигу излучения Солнца. Так регистрируются все колебания поверхности, которая в течение всего нескольких минут может понижаться или подниматься на десятки километров. «Вдохи» и «выдохи» сопровождаются ускорением акустических волн, когда они вступают в область высокого давления и температуры в недрах Солнца или в область сильного магнитного поля у его поверхности. Солнечные пятна и другие активные центры, именуемые хромосферными флоккулами (или факелами), обычно располагаются в пределах обширного, мощного и зачастую «запутанного» магнитного поля. Подобные магнитные поля «продавливают» солнечную поверхность на сотню-другую километров вниз, сокращая расстояние, которое преодолевают акустические волны, так что отражение их в обратную сторону происходит быстрее. Отразившиеся в таком районе волны несколько выходят из фазы с остальными и ослабляют резонансы.

Свидетельства подобных явлений и обнаружили Линдси и Браун при изучении данных за 8 апреля 1998 г., когда крупная активная область появилась на восточном краю Солнечного диска. Рассматривая ее ретроспективно, авторы вычислили, что соответствующий район лежал на обратной стороне Солнца, как раз напротив точки нахождения «SOHO» 28–29 марта. Действительно, период прохождения акустических волн сократился за это время примерно на 6 с, что незначительно по сравнению с теми 3,5 ч, которые потребовались, чтобы волна прошла между ближней и дальней сторонами светила, но достаточно, чтобы зафиксировать задержку. Последующий тщательный анализ позволил исследователям построить голограмму, показывающую строение невидимого для нас факела в пределах 300 кв. градусов поверхности Солнца. Разумеется, это слишком большое пространство, чтобы

судить о деталях. Исследователи работают над улучшением разрешающей способности их методики. Следует также иметь в виду, что именно крупные активные области представляют наибольший интерес для прогноза космической «погоды». Теперь наблюдению доступны районы, лежащие примерно в 50 угловых градусах от центра противоположной от нас стороны светила.

Прежде максимальная заблаговременность прогноза коронального выброса и вспышки на Солнце составляла одну неделю. Теперь она сократится вдвое.

Science. 2000. V.287. №5459. P.1726, 1799 (США).

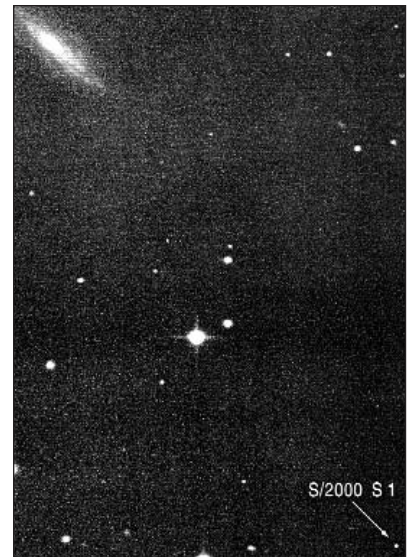
Астрономия

Новые спутники Сатурна

Сатурн вновь стал чемпионом по числу спутников: недавние открытия довели их до 22, тогда как у бывшего чемпиона — Урана — известен только 21.

Четыре последних спутника Сатурна (S/2000 S1, S2, S3 и S4) обнаружены в августе—сентябре 2000 г. на различных обсерваториях мира международным коллективом астрономов. Среди них — весьма известные исследователи Солнечной системы: Б.Глэдмен, Ж.-М.Пти и Г.Шоль (Франция), Ж.Кавеларс (Канада), М.Холмен, Б.Марсен, Ф.Николсон и Дж.Барнс (США). Для наблюдения использовались довольно крупные телескопы-рефлекторы диаметром от 1,52 до 3,6 м.

Размеры новых спутников Сатурна невелики: от 10 до 50 км в поперечнике; движутся они довольно далеко от планеты по весьма вытянутым орбитам, указывающим, что скорее всего это захваченные планетой астероиды. Понадобится еще несколько месяцев наблюдений, чтобы точно вычислить их орбиты и окончательно доказать, что это — спутники Сатурна, а не случайно пролетающие мимо него ядра комет или астероиды из группы кентавров — малых планет Солнечной системы, движущихся между орбитами Юпите-



Один из новых спутников Сатурна (указан стрелкой). В противоположном углу снимка — спиральная галактика; остальные объекты — звезды. Сам Сатурн оказался за пределом кадра.

ра и Нептуна. Однако и сейчас уже в этом практически нет сомнений.

Любопытно, что обнаруженные объекты существенно пополняют группу иррегулярных спутников Сатурна, в которую до сих пор входило лишь одно тело — далекая Феба, открытая У.Пикерингом в 1898 г. Напомним, что регулярные спутники планет движутся почти по круговым орбитам, лежащим недалеко от планеты, вблизи ее экваториальной плоскости. И обращаются все регулярные спутники в одном направлении — в направлении вращения самой планеты. Все это говорит о том, что сформировались они в газо-пылевом облаке, окружавшем планету в период ее собственного образования. Иррегулярные спутники движутся по орбитам, расположенным далеко от планеты и ясно указывающим, что эти тела были захвачены ею сравнительно недавно.

У Юпитера девять иррегулярных спутников, один из которых был открыт в 1999 г.; у Нептуна — два, а Уран имеет пять таких спутников (обнаруженных этой же группой астрономов в 1997 и 1999 гг.). По-видимому, подобные открытия будут происходить

и в ближайшие годы: перепись Солнечной системы далека от завершения.

ESO Press Release 26 October 2000.

<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2000/phot-29-00.html>

Астрономия

Тонка ли «талия» у Клеопатры?

Среди множества сравнительно мелких небесных тел, образующих Главный пояс астероидов между Марсом и Юпитером, выделяется объект N 216, носящий собственное имя — Клеопатра. Этот астероид десятилетиями привлекал внимание астрономов как своим размером, явно превосходящим поперечники большинства соседей, так и переменной яркостью: свечение возникало, усиливалось и пропадало через нерегулярные промежутки времени.

В состав Главного пояса входит 42 тела, спектры отражения которых говорят о присутствии в их составе сплавов никеля с железом. Некоторые из подобных металлических астероидов, возможно, — «прародители» падающих на Землю железных метеоритов. В первый миллиард лет существования Солнечной системы их материнские тела успели расплавиться, дифференцироваться по составу, отвердеть, а затем претерпеть столкновения с другими телами, при которых их железное ядро обнажилось. Но эта космическая «биография» все еще остается гипотетической.

Надежды на получение более подробной информации о малых планетах возлагались на космический аппарат «NEAR» («Near Earth Asteroid Rendezvous» — «Встреча с околоземным астероидом»), который, став искусственным спутником астероида Эрос, присылал на Землю ценные сведения о нем (в феврале 2001 г. он должен был уйти от Эроса). Однако сотрудники ряда американских университетов сумели доказать, что не отжили еще и якобы «устаревшие» методы наземного наблюдения. В этом им помогла гигантская

(300-метровая) чаша радиоастрономической обсерватории Аресибо на о.Пуэрто-Рико, недавно модернизированная.

В конце 1999 г. они использовали эту антенну как радар, посылающий в сторону Клеопатры радиосигналы с частотой 2380 МГц (длина волны 12.6 см). В отраженных сигналах удавалось различить неоднородности ее поверхности размером не менее 15 км. Было уточнено время обращения астероида вокруг собственной оси — 5.39 ч и подтверждены крупные размеры Клеопатры: $217 \times 94 \times 81$ км³ (возможная ошибка 25%). Довольно необычной оказалась ее форма: больше всего она напоминает гантель или «собачью косточку» с выступами на концах — два неправильных шара соединены узкой перемычкой. Этим и объясняется казавшееся странным изменение светимости астероида, отражающего солнечные лучи то одной, то другой своей «неправильной» стороной.

Астроном-теоретик У.К.Хартман (W.C.Hartmann; Институт планетных наук в Тусоне, штат Аризона) ранее уже указывал, что объекты подобных очертаний могли бы образоваться после развала небесных тел в результате катастрофических столкновений. Обломки, движущиеся в хаотично расширяющемся облаке, могут оказаться в пределах достаточно сильного взаимного притяжения, а значит, и объединиться, причем на относительно малой, неразрушительной скорости.

Узкая перемычка, соединяющая два шаровидных образования «гантели», имеет длину около 100 км. Общий объем всего этого «оружия» 670 000 км³. Средняя плотность Клеопатры 3.5—7.5 г/см³. При поверхностной плотности около 3.5 г/см³ и вероятной пористости пород, достигающей 60%, ландшафт этого астероида выглядит как некая «металлическая пустыня» — железо-никелевый песок глубиной по колено!

Исследователи видят в строении Клеопатры указание на то, что в прошлом ее части были самостоятельными телами. Если это

окажется действительно так, теория Хартмана получит реальное подтверждение.

Science. 2000. V.288. №5467. P.769, 820, 836 (США).

Планетология

Плутон и Харон: неожиданные новости

Плутон и открытый лишь в 1978 г. его спутник Харон можно рассматривать как «равноправных» членов планетной системы Солнца и как наиболее ярких представителей пояса Койпера (скопления сравнительно мелких небесных тел, обращающихся вокруг Солнца далеко за орбитой Нептуна).

Харон и Плутон обращаются вокруг общего центра масс, находясь весьма близко друг к другу — на расстоянии всего в 19.6 тыс. км. Радиус планеты 2370 км, спутника — 1252 км. Близость и сравнимые размеры тел вызывают значительные трудности при попытках наблюдать их порознь и отличать спектры каждого из них в отдельности.

Многое говорит о том, что эта пара, образующая свою собственную небольшую систему, сохранила первичные материалы (в том числе — с немалой летучестью), которые остались со времен возникновения Солнца и его главных планет.

В течение первого десятилетия со дня открытия Харона его спектр был зафиксирован лишь однажды — при наблюдении затмений компаньонов друг другом в 1987 и 1988 гг.

В 1999 г. на семинаре в Ловелловской обсерватории (Флагстафф, штат Аризона) были представлены результаты спектроскопических измерений этой системы, проведенных дважды с помощью Космического телескопа им.Хаббла и один раз — наземного Оптического телескопа им.Кека. При изучении спектров обоих объектов в ИК-диапазоне длин волн от 1.0 до 2.5 мкм выяснилось, что спектр Харона сильно отличается от спектра Плутона: водный

лед в кристаллической форме почти полностью покрывает поверхность спутника, тогда как на поверхности соседнего Плутона преобладает изморозь CH_4 , CO и N_2 . Кроме того, анализ спектра показал присутствие на поверхности Харона аммиачного льда, на что ранее ничто не указывало.

Science. 2000. V.287. №5450. P.53, 1007 (США); www.lowell.edu/workshop/.

Планетология

«Бродячий» вулкан на Ио

Самое «неспокойное» небесное тело в Солнечной системе — Ио, спутник Юпитера. Даже на фоне множества других его вулканов особенным выглядит вулкан Прометей. Эту крупную «горячую точку» на Ио открыл еще «Вояджер» в 1979 г., во время своего первого пролета. С тех пор плюм вулкана (фонтан раскаленных материалов над поверхностью) отмечался на всех космоснимках этого района. Однако теперь, при систематических и близких облетах Ио аппаратом «Галилео», выяснилась его уникальная характеристика, не свойственная ни одному из вулканов Земли.

Как оказалось, за последние 20 лет плюм «переехал» в западном направлении на 75–95 км. Однако, несмотря на перемещение, очертания вулканического источника и оптические свойства извергающихся материалов остались прежними. Этот феномен изучила на базе всего массива имеющихся данных группа американских и канадских исследователей, включающая сотрудников Лаборатории реактивного движения в Пасадене и Аризонского университета в Тусоне.

Установлено, что источники изверженных пород, открытые еще «Вояджером», соединены темноокрашенным лавовым потоком с наблюдаемыми аппаратом «Галилео» ныне. По-видимому, в последние четыре года слои лавы просто нагромождались один на другой, смещаясь к западу, чему, вероятно, способствовала топография местности.

Вокруг плюма и, вероятно, под ним лежит «снежное поле», образованное серой или ее диоксидом (возможно, и тем и другим). Мощность и протяженность такого покрытия, возникшего, несомненно, за длительное время непрерывного извержения, аналогов на Земле не имеют. Отсюда делается вывод: вещества, приводящие в движение плюм и откладывающиеся на поверхности, проходят через стационарный выводной канал и представляют собой магму, насыщенную серой, ее диоксидом или их смесью.

Вулканы, нередко получающие название по именам мифических и легендарных персонажей, далеко не всегда соответствуют поведению своих древних «тезок». Так, античный Прометей был прикован к скале и осужден на неподвижность, а одноименный вулкан на Ио преградами не ограничен. Мы не знаем, сколько времени продлится его извержение. Если оно закончится, Прометей-«странник» станет воистину прикованным Прометеем.

Science. 2000. V.288. №5469. P.1207 (США).

Физика атмосферы

Проект исследования облаков «CloudSat»

Влияние облачности на климат не менее существенно, чем парниковых газов, антропогенных аэрозолей и других глобальных факторов. Недаром в резолюциях Всемирной метеорологической организации (ВМО) 1995 г. признается, что основные неопределенности при моделировании климата возникают из-за неадекватного учета облачности.

Помимо ключевого участия во влагообмене атмосферы, облака регулируют энергетический баланс Земли, охлаждая, с одной стороны, ее поверхность путем отражения солнечной радиации в космос, а с другой — способствуя разогреву планеты путем удержания теплового излучения, исходящего от подстилающей поверхности и нижних слоев атмосферы;

наконец, облачный покров сглаживает различия в солнечной инсоляции полярных и экваториальных регионов. Отсутствие количественных параметров, характеризующих прямые и обратные связи в системе атмосфера—океан—Земля, — нетерпимое положение в климатологии, метеорологии и океанологии.

Этим и объясняется энтузиазм специалистов, вызванный новым начинанием ВМО — проектом «CloudSat», в котором принимают участие американские ученые из Лаборатории реактивного движения (Пасадена), Университета штата Колорадо (Форт-Коллинз), научных отделов ВВС и Министерства энергетике, а также специалисты Космического агентства Канады (Торонто) и ряд ученых Японии и Германии.

Проект предусматривает запуск в марте 2003 г. на общую орбиту высотой 705 км трех искусственных спутников Земли: «CloudSat», «Picasso-Cena» и «EOS-PM». Первые два образуют тесную пару аппаратов, а третий будет удален от них на расстояние ≈460 км. Время совместной работы всей системы — минимум два года, что позволит изучать облачный покров в течение двух сезонных циклов. (Полезная нагрузка спутника «EOS-PM» около 700 кг.)

В научные цели эксперимента входит определение вертикальной структуры облаков и содержания в них влаги (как в жидком, так и в замерзшем состоянии) с помощью радаров, работающих на частоте 94 ГГц, оптических приемников изображений и спектрометров, позволяющих вести наблюдения весьма тонкого слоя облаков, а в соединении с радиолокатором — строить профили, отображающие их физические и оптические свойства. В эксперименте будет использовано и другое современное оборудование.

Собранные данные составят базу для разработки надежных моделей всей толщи атмосферы, что поможет уточнить характер глобальных изменений климата.

Обработку основного массива информации и ее хранение взял

на себя Объединенный институт исследования атмосферы при Университете штата Колорадо.

Workshop on Cloud Processes and Cloud Feedbacks in Large-Scale Models. World Meteorological Organization/JD. №993. Geneva. 2000 (Швейцария).

Химия атмосферы

Еще один опасный парниковый газ

Киотский протокол 1997 г., подписанный большинством государств мира, предусматривает решительные меры против загрязнения атмосферы Земли парниковыми газами. К основным из них были отнесены CO_2 , CH_4 и N_2O . Однако уже и тогда было известно, что целый ряд менее распространенных газов столь же активно поглощают инфракрасное излучение. Таков, например, элегаз (SF_6), используемый в кабелях, конденсаторах и другой высоковольтной аппаратуре как превосходный изолятор. Хотя содержание этого исключительно антропогенного газа в атмосфере крайне невелико (4 части на 1 трлн), однако по способности задерживать ИК-излучение он превосходит CO_2 в 22 тыс. раз.

Еще большую угрозу парникового воздействия обнаружила группа химиков-метеорологов у родственного ему, также антропогенного, газа трифторметилпентафторида серы (SF_5CF_3). Поглощение теплового излучения в атмосфере при содержании этого газа 1 ч/млрд очень велико — около 0.57 Вт на 1 м². В расчете на одну молекулу ни один иной известный ныне газ такой способностью не обладает!

Группа английских полярников во главе с Р.Малвени (R.Mulveney; Британское управление антарктических исследований) провела бурение фирна на ледниковом куполе Конкордия в Восточной Антарктиде (75° ю.ш., 123° в.д.) на высоте 3233 м над ур.м. и взяла из скважины, на глубинах от поверхности до 100 м, образцы заключенного во льду воздуха. Установлено, что содер-

жание в фирне упомянутого «рекордсмена» в конце 60-х годов было нулевым, а в 1999 г. достигло 0.12 частей на 1 трлн, т.е. ныне рост составляет около 6% ежегодно. Измерения в стратосфере указывают на довольно длительный срок существования этого вещества — порядка 1 тыс. лет. Такие показатели получены при подъеме метеозондов не только в Антарктиде, но также в средних и высоких широтах Северного полушария. Повсюду концентрация этого газа с высотой медленно убывала.

Приходится признать, что отныне человечеству предстоит бороться еще с одним классом загрязнителей атмосферы, способных существенно искажать естественные климатические процессы. Для начала же необходимо определить конкретные антропогенные источники «новых» парниковых газов.

Science. 2000. V.289. №5479. P.611 (США).

Химия. Технологии

Как избавиться от «ненужных» денег?

В то время как рядовой труженик озабочен проблемой добычи денег, государство просто не знает, куда их девать. До сих пор выходящие из оборота бумажные деньги шинкуют на специальных машинах; брикеты из такой бумажной лапши сжигают или заполняют ими шахты и склады, как обычным мусором. Вместе с дымовыми газами в атмосферу изгорающей денежной массы поступают ртуть, мышьяк, кадмий, цинк, свинец. Это вредно и к тому же недешево: на сжигание 1 кг денег требуется 1 л керосина.

Б.А.Пономарев (кафедра химии и технологии органического вещества Российского химико-технологического университета им.Д.И.Менделеева) и сотрудники Бийского технологического института В.А.Харитонов, С.В.Харитонов и В.А.Куничан предложили получать из бумажных денег карбоксиметилцеллюлозу — ценное сырье для современного химического производства.

«Спецмакулатура» состоит на 90% из целлюлозы, а 10% составляют меламиноформальдегидная смола, поливиниловый спирт и диоксид титана. Красочный слой на денежном билете толщиной 2—6 мкм представляет собой смесь продуктов отверждения алкидных смол и мела. Превратить нерастворимую целлюлозу в растворимую карбоксиметилцеллюлозу ученые предложили методом обработки денежных знаков щелочью и натриевой солью монохлоруксусной кислоты.

Этот новый безвредный способ позволит избавиться от старых купюр, которые в свою очередь могут стать дешевым вторичным сырьем для получения важного химического продукта. Экономический расчет показал целесообразность такого производства. Карбоксиметилцеллюлоза и ее соли используются в качестве загустителя и стабилизатора суспензий при бурении нефтяных и газовых скважин, ресорбента загрязнений в моющих средствах, флотоагента при обогащении медно-никелевых руд; они пригодны в текстильном производстве и в получении ионообменных материалов. Однако пока стоит воздержаться от применения этих продуктов в качестве загустителей зубных паст, косметических средств и пищевых продуктов: все-таки в каких только руках не побывал исходный материал.

Химия в России. 2000. № 5—6. С.6 (Россия).

Биология

Эль-Ниньо и судьба коралловых рифов

В большинстве тропических районов Мирового океана 1997—1998 гг. оказались трагичными для мелководных участков коралловых рифов¹. Наступившее тогда сильное повышение температуры воды в центральной и западной областях Тихоокеанского региона, вызванное исключительно сильным явлением Эль-Ниньо — Южная осцилля-

¹ Done T, Allison W, Richmond R, Ransom R. // Science. 2000. V.288. №5468. P.941.

ция, привело к массовому побелению кораллов.

Как и все кишечнорастворимые, кораллы питаются зоопланктоном. Однако хорошо прогретые тропические мелководья — основные районы распространения коралловых рифов — крайне бедны пищей, зоопланктона здесь кораллам не хватает. Очень многие виды рифостроящих организмов, а также мягкие кораллы, актинии и медузы содержат в своих прозрачных тканях зооксантеллы. Это фотосинтезирующие на свету симбиотические одноклеточные желто-зеленые водоросли (простейшие из типа динофлагеллят), преимущественно из рода *Symbiodinium*. Кораллы поставляют необходимые для их развития органические вещества в микроколичествах, а сами зооксантеллы выделяют излишнюю органику (уже в макроколичествах!), которой и питается полип. Классический пример симбиоза!

Слабое место этого симбиоза — очень высокая чувствительность ассоциации коралл—зооксантеллы к повышенной температуре: стоит ей подняться с обычных для тропиков 28–29°C до 30–31°, как коралловые полипы начинают изгонять из своих тканей зооксантелл и терять желтовато-зеленый цвет — белеть. Это явление так и называется — побеление или выцветание кораллов. Согласно одной из гипотез, побеление обусловлено тем, что при высокой температуре зооксантеллы выделяют токсичные для полипов вещества; стремясь защититься, полипы изгоняют зооксантелл, однако, лишившись их, погибают от голода. Отмершие скелеты быстро зарастают многоклеточными зелеными водорослями.

Теплоемкость океана очень велика, так что сильный его прогрев наблюдается только на самых мелководных участках рифов — в лагунах атоллов, на осушке в прилив и т.п. В местах, где глубже, прогрев кораллам не угрожает, зато там меньше света, а значит, слабее фотосинтез зооксантелл! Вот в этом узком пространстве между Сцил-

лой (жарой) и Харибдой (темной) и живут коралловые рифы!

Размножаются кораллы личинками — планулами. Они очень требовательны к свойствам той поверхности, на которую оседают. На мертвых, обросших зелеными водорослями, кораллах планулы закрепиться не могут.

Австралийский ученый Т.Дан исследовал коралловые рифы Лаккадивских о-вов в Индийском океане. В 1998 г. они побелели и превратились в подводное кладбище. Посетив острова в марте 2000 г., Дан с удивлением обнаружил большое количество новых коралловых побегов, размеры которых говорили, что они начали расти приблизительно тогда же, когда шло побеление основной постройки. Дан предположил, что токсины, выделяемые зооксантеллами во время потепления, не слишком опасны для молодых кораллов просто потому, что в них еще очень мало зооксантелл. Поэтому планулы, отрожденные кораллами на глубине или на мелководье, но в затененных участках (например, в щелях и трещинах рифа), могут успешно осесть еще до того, как риф зарастет водорослями, и успеют превратиться в молодых полипов, которые не лишатся своих зооксантелл, пока не окончится, наконец, губительное повышение температуры воды.

Тогда же подобное явление наблюдали У.Эллисон на Мальдивских о-вах в Индийском океане и Р.Ричмонд у о-вов Белау в Тихом океане. По мнению Ричмонда, личинки кораллов осели уже после побеления.

С другой стороны, биолог из США Р.Ренсом, обследовавший в феврале 2000 г. рифы у берегов Белиза (Карибское море), не обнаружил никаких признаков выздоровления кораллов, очень сильно пострадавших от Эль-Ниньо 1997–1998 гг. По его мнению, случаи возрождения коралловых рифов, которые наблюдали другие специалисты, — разрозненные явления, происходившие там, где не было факторов, подавляющих восстановление кораллов.

Кораллы и коралловые рифы существуют на нашей планете миллионы лет, и за это время они успешно справлялись и с понижением уровня океана на сотню с лишним метров в периоды оледенений, и с исключительно быстрым его повышением, когда льды таяли, и со значительно более высокой, чем сейчас, температурой воды в межледниковые периоды. Наверное, справятся и теперь. Но вот вопрос: сколь быстро справятся и сколь полно восстановятся, если потепление будет длительным и глобальным?

© К.Н.Несис,

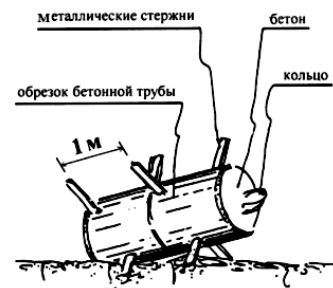
доктор биологических наук
Москва

Охрана природы

Противобраконьерные «ежи» вполне надежны

Проблема защиты морских биоресурсов от незаконного вылова стоит не только перед Россией. В разных странах изобретаются различные способы защиты, в том числе и пассивные, не требующие оперативных действий береговой охраны или подобных ей структур. В последнее десятилетие все большее признание получает создание защитных искусственных рифов.

Изначально искусственные рифы были придуманы для привле-



Защитный «еж».

чения донных животных и рыб и повышения местной биопродуктивности, но позже возникла мысль, что они годятся и для других целей. В частности, систему рифов, препятствующих тралениям, стала развивать Испания. Недавно группа испанских исследователей оценила эффективность такой системы в Кадисском заливе, недалеко от мыса Трафальгар, на участке площадью 270 км², при глубине около 35 м. Защитная система в этом районе состоит из 611 легко сооружаемых конструкций, сделанных из залитых бетоном обрезков бетонных труб метрового диаметра и металлических штырей, отдаленно напоминающих противотанковые ежи. Эти сооружения были установлены на дне в местах, где обнаружены следы нелегальных тралений, и сгруппированы в 11 барьерных рядов таким образом, чтобы идущий трал наверняка зацепился бы за один из бетонных обрезков. Расстояние между рядами около 1,5 км — как раз необходимое траулерам, чтобы только опустить и поднять сети. При весе конструкций в 6 т их не могут сворочить даже самые крупные браконьерские траулеры.

Через полтора года район обследовали вновь. Из 611 конструкций 66 оказались слегка сдвинутыми с места (обрывки рыболовецких сетей были обнаружены на осмотренных «ежах»). Однако эти подвижки не смогли нарушить «линию Трафальгарской обороны», и, по наблюдениям, попытки нелегального рыболовства в этом районе практически прекратились. Однако восстановления ранее нарушенного уровня биопродуктивности еще не произошло — оно требует, очевидно, большего времени.

Авторы специально отмечают, что сами по себе конструкции, сделанные преимущественно из бетона, не вредят морским экосистемам и даже, наоборот, подобно другим искусственным рифам, могут привлекать животных-обитателей и рыб.

Bulletin of Marine Science. 2000. V.67. №2. P.761–772 (США)

Геология

Возраст индийских базальтов

Одна из величайших вулканических провинций на нашей планете — деканские траппы, расположенные на северо-западе п-ова Индостан. Появление траппов (от швед. trappa — лестница) — результат мощных вулканических извержений и внедрений базальтовой магмы в платформенную область земной коры. Такие внедрения и образовали ступенчатое каменистое плато Декан. Когда именно произошли извержения, с точностью судить трудно, потому что за прошедшие миллионы лет магматические породы подверглись существенным изменениям. Отсюда — и разнобой в вопросе о возрасте деканских траппов. Американский геохимик Хофман (Hoffman) и его коллеги вносят некоторую ясность в эту проблему.

Из застывших лавовых потоков, пришедших с глубин до 2500 м, они взяли образцы плагиооклазов — минералов из группы полевых шпатов (алюмосиликатов натрия, калия и кальция), а затем измерили в них соотношение изотопов аргона ⁴⁰Ar и ³⁹Ar для определения возраста этих минералов.

Оказалось, что в большинстве случаев извержения, вынесшие минералы на поверхность, произошли примерно 65,5 млн лет назад, на границе мелового и палеогенового периодов. Причем сам процесс их подъема занял очень короткий по геологическим меркам отрезок времени: менее 1 млн лет.

Earth and Planetary Science Letters. 2000. V.180. P.13 (США); Science. 2000. V.289. №5480. P.697 (США).

Геофизика

Пути следования ураганов

Климатологи давно знают, что развитие штормовой активности в Атлантике идет в противофазе с тихоокеанским явлением Эль-

Ниньо — Южная осцилляция. Во время мощного Эль-Ниньо, когда значительно повышаются температуры в Центральной Пацифике, штормы в Атлантике ослабевают и, напротив, при слабых Эль-Ниньо — усиливаются. Такая корреляция помогает устанавливать примерное число предстоящих ураганов, но не указывает, где именно они пройдут.

На конференции Американской ассоциации развития науки (Вашингтон, март 2000) Дж.Элснер (J.Elsner) изложил результаты изучения данной проблемы на новом материале. Он проанализировал пути продвижения ураганов и сопоставил их с развитием Северо-Атлантической осцилляции (интенсивностью колебаний в этой области атмосферного давления). Известно, что когда осцилляция усиливается, над северной частью Центральной Атлантики устанавливается гребень высокого давления со спокойной погодой; если же осцилляция ослабевает, бермудская область высокого атмосферного давления смещается к юго-западу, в сторону п-ова Флорида.

Статистическое сопоставление параметров Северо-Атлантической осцилляции с путями следования ураганов и местами их выхода на сушу, охватывающее последние 150 лет, позволило сделать важный вывод. Оказалось, что в годы с интенсивной осцилляцией большинство мощных ураганов огибают Бермудский антициклон с юга, а затем поворачивают на север, обрушиваясь на восточное побережье США. Когда же Бермудская область высокого давления продвигается далеко к югу, она оттесняет интенсивные штормы через Карибское море в Мексиканский залив.

Подобные явления более или менее периодически сменяются каждые 10 лет. В течение примерно этого времени наиболее сильные штормы разыгрываются в каком-либо одном регионе — либо в акватории Мексиканского залива, либо вдоль Атлантического побережья Северной Америки; в следующее десятилетие ураганы со-

средоточиваются в другом регионе. Некоторые климатологи утверждают, что в отдельных случаях Северо-Атлантическая осцилляция может «направлять» ураганы в определенный регион в течение значительно более длительного времени. Об этом говорят древние слои песка, перемещенного в глубь суши мощными ураганами. На берегах Мексиканского залива, например, следы таких постоянных штормов отмечены на протяжении 2500 лет, затем последовало тысячелетие относительного покоя. Отложения вынесенных морем осадочных продуктов на Атлантическом побережье штата Виргиния и на мысе Кейп-Код (штат Массачусетс) свидетельствуют о том, что спокойное состояние атмосферы и моря в акватории Мексиканского залива соответствовало бурному состоянию стихий у восточного побережья США и — наоборот.

В случае подтверждения такой статистики другими специалистами можно будет усовершенствовать метеопрогноз, указывая, какой из регионов побережья Северной Америки в предстоящий сезон будет подвержен особенно сильным ураганам.

Science. 2000. V.287. №5458. P.1581 (США).

Климатология

Область уникального микроклимата на Памире

Район сравнительно теплого микроклимата был обнаружен нами на Памире, в горах Сарыкольского хребта¹, еще в 1995 г. Сделать это помогла бабочка *Parnassius charltonius mistericus*, найденная здесь годом ранее².

¹ Каабак Л.В., Сочивко А.В. Бабочки о климате // Природа. 1997. №3. С.120—121; Индийский муссон на Памире // Там же. 1998. №5. С.55—60.

² Каабак Л.В., Сочивко А.В., Титов В.В. // Atalanta. 1996. V.27. P.195—198, 452—453.

Ежегодный лёт прекрасной бабочки с двухлетним циклом развития навел на мысль, что в окрестностях Дункельдыка, в отличие от других мест на Памиро-Алае, лежащих на высоте более 4000 м над ур.м., никогда не было сильных летних заморозков, способных уничтожить популяцию *P.cb.mistericus* в стадии имаго (бабочки). Во время пяти летних экспедиций (1994—1997, 1999 гг.), в период с 15 июля по 10 августа, на высоте 4300—4650 м мы ни разу не видели, чтобы здесь шел снег или сыпала крупа — осадки всегда выпадали в виде дождя.

В 1997 г. мы обнаружили бабочку и на небольшом хребте правобережья р.Сулуистык, примерно в 8—10 км от р.Аксу. Таким образом, местообитание *P.cb.mistericus* оказалось шире описанного ранее, поскольку этот участок находится западнее на 10—15 км. Чтобы определить, летает ли мистерикус в низовье Сулуистыка и в четные годы, сюда в 2000 г. снова отправилась экспедиция: В.В.Лесин и авторы этой заметки. И мы вновь встретили эту бабочку. Ее лёт и в четный и в нечетный (1997) годы свидетельствует о том, что в низовье Сулуистыка — левобережного притока Аксу — губительных для бабочки заморозков ни разу не было. Температура воздуха даже ночью не опускалась ниже 5°C. Причем *P.cb.mistericus* обитает на больших высотах (до 4500—4650 м), чем все другие известные на Памиро-Алае и Гиссарском хребте подвиды *P.charltonius*.

Все это позволяет полагать, что область с необычно теплым микроклиматом в окрестностях оз.Дункельдык на самом деле может быть расширена за счет смежного участка низовья Сулуистыка площадью 80—100 км².

Можно надеяться, что эти уникальные климатические условия когда-нибудь будут использованы для акклиматизации и интродук-

ции культурных растений на Юго-Восточном Памире.

© Л.В.Каабак,
доктор химических наук
© А.В.Сочивко
Москва

Археология

Почему островитяне Тихого океана утратили гончарное искусство?

При изучении истории освоения тропических островов Тихого океана народами Юго-Восточной Азии ученые задавались вопросом: почему переселенцы со временем переставали заниматься гончарным делом?

Ранее причиной считалось отсутствие глины, однако недавно английский ученый П.Рэйнбёрд (P.Rainbird) высказал иное мнение: на самом деле этого материала на островах достаточно, а постепенное угасание гончарного искусства было связано с изменением у этих людей верований и их отражением в символике. В странах Юго-Восточной Азии, прародине островитян, керамические сосуды предназначались для хранения выращиваемых ими зерновых; на островах же они отсутствовали, поэтому глиняные изделия утратили свое утилитарное назначение. Вместе с тем на многих из островов встречаются сосуды антропоморфного вида с глиняными осколками внутри. Ученый считает, что таким образом островитяне хранили память о предках.

Эти выводы подтверждают раскопки на о.Понпеи (Каролинские о-ва). Его заселение началось 2000 лет назад, а через 750—950 лет традиции гончарного искусства были утрачены; в тот же период островитяне приступили к сооружению мегалитических надгробий.

La Recherche. 2000. №327. P.9 (Франция).

Рецензии Справочная литература по интегральным уравнениям

В.М.Александров,
доктор физико-математических наук
Институт проблем механики РАН
Москва

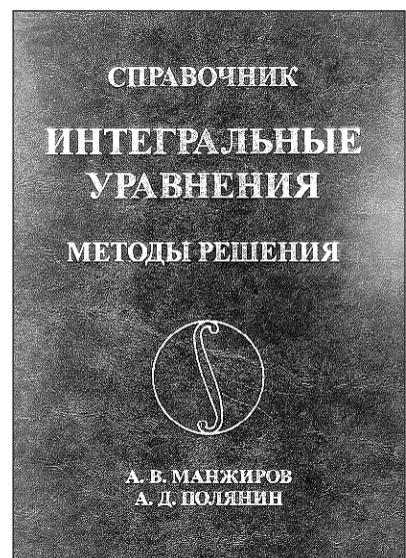
В свет вышла книга, которая представляет собой справочник по методам решения интегральных уравнений. Последние встречаются в различных областях науки и многочисленных приложениях (теории упругости, теории пластичности, гидродинамике, теории массо- и теплопереноса, теории управления, химической технологии, биомеханике, теории массового обслуживания, экономике, медицине и инженерных науках).

Систематические исследования в теории интегральных уравнений начались в конце XIX в. Становление этой ветви математики связано в первую очередь с именами В.Вольтерры (V.Volterra) и И.Фредгольма (I.Fredholm), изучавших уравнения с переменными и постоянными пределами интегрирования. Начало XX в. отмечено выходом в свет ряда монографий, среди которых следует отметить книгу Т.Лалеско (T.Lalesco) и особенно богатую по содержанию работу Э.Гурса (E.Goursat), вышедшую в многотомном издании курса математического анализа. В России первые книги по интегральным уравнениям как отечественных, так и зарубежных авторов были изданы в 30-е годы XX в.

© В.М.Александров

Прошедшее столетие ознаменовано бурным развитием теории интегральных уравнений и многочисленных ее приложений. Помимо изданий, посвященных исключительно интегральным уравнениям, различные аспекты их теории можно найти в книгах по функциональному анализу, теории операторов, уравнениям математической физики, механике сплошной среды, теории волноводов, теории дифракции и др. Даже краткий обзор вышедших за это время монографий и учебников, написанных выдающимися или известными учеными, может быть предметом отдельной статьи. Поэтому ограничимся ссылками только на опубликованную справочную литературу, наиболее близкую по своим задачам к рецензируемой книге.

В первую очередь отметим коллективную монографию П.П.Забрейко, А.И.Кошелева и др. «Интегральные уравнения» (М., 1968), вышедшую в серии «Справочная математическая библиотека». Эта несомненно замечательная книга содержит большой объем теоретического материала и предназначена для специалистов, знакомых с функциональным анализом и теорией операторов. Справочное пособие А.Ф.Верлания и В.С.Сизикова «Интегральные уравнения: Методы, алгоритмы,



А.В.Манжиров, А.Д.Полянин. Справочник по интегральным уравнениям: Методы решения.

М.: Факториал Пресс, 2000.
384 с.

программы» (Киев, 1986) содержит большой теоретический и вычислительный материал по интегральным уравнениям Фредгольма, Вольтерры и ряду нелинейных интегральных уравнений. В нем имеются также пакеты программ на различных алгоритмических языках. Книга Л.Я.Цлафа «Вариационное исчисление и интегральные уравнения» (М., 1970) дает краткую сводку результатов по теории интегральных уравнений и доступна студентам и специалистам математических специальностей. В этом ряду следует отметить также и небольшую по объему, но хорошо написанную книгу М.Л.Краснова, А.И.Киселева, Г.И.Макаренко «Интегральные уравнения» (М., 1976), доступную и для технических специалистов.

Авторам рецензируемого справочника удалось объединить лучшие черты предыдущих изданий, основные из которых следующие.

Во-первых, широта охвата материала. Помимо уравнений Фредгольма и Вольтерры рассмотрены уравнения Винера—Хопфа (N.Wiener, E.Norf), парные интегральные уравнения, сингулярные интегральные уравнения, уравнения Урысона (П.С.Урысон), Гаммерштейна (A.Hammerstein) и ряд других. Излагаются точные, приближенные аналитические, асимптотические и численные методы решения линейных и нелинейных интегральных уравнений. Наряду с традиционными методами представлены современные подходы, например методы дробного интегрирования и дифференцирования, метод модельных решений.

Во-вторых, акцент на практической стороне вопроса, т.е. авторы при отборе материала отдают предпочтение конструктивным методам, позволяющим эффективно строить решения. Данное обстоятельство несомненно привлечет специалистов прикладных областей.

В-третьих, доступность материала для широкой аудитории, не обладающей высокой матема-

тической подготовкой. Это достигается расположением материала всех разделов по принципу «от простого к сложному», минимальным использованием или отсутствием в большинстве разделов понятий и терминологии теории операторов, функционального анализа и других специальных разделов математики, а также достаточно большим числом представленных примеров решения конкретных уравнений.

В-четвертых, простота поиска информации, обеспеченная продуманной структурой книги, подробным оглавлением и обширным предметным указателем.

И наконец, в-пятых, самодостаточность справочника, т.е. наличие в нем практически всего необходимого для работы материала, что обеспечивается десятью разделами приложений. Последнее обстоятельство весьма привлекательно для пользователя, поскольку обычно избавляет его от необходимости поиска дополнительной литературы.

Заинтересованному читателю будет полезно знать, что в 1999 г. издательство «Факториал» выпустило в свет сокращенный вариант рецензируемого справочника с заглавием «Методы решения интегральных уравнений: Справочник».

Говоря о «Справочнике по интегральным уравнениям: Методы решения», нельзя не сказать несколько слов о другой книге А.Д.Полянина и А.В.Манжирова, которая называется «Справочник по интегральным уравнениям: Точные решения» (М., 1998. 432 с.). Издание содержит более 2100 интегральных уравнений с решениями. Особое внимание в нем уделено уравнениям общего вида, которые зависят от произвольных функций или содержат много свободных параметров. Авторами приведено много новых точных решений линейных и нелинейных уравнений. В целом в справочнике по точным решениям описано на порядок больше конкретных интегральных уравнений, чем в существующих книгах других авто-

ров. Следует особо отметить характерные для справочника четкую классификацию уравнений, подробное оглавление и, как следствие, простоту поиска информации. Весьма интересным является приложение, где впервые приведены точные решения целого ряда функциональных уравнений.

Две упомянутые книги образуют по существу один полновесный справочник по интегральным уравнениям, который можно сравнить по структуре и функциональным возможностям (в своей области) с известными справочниками И.С.Градштейна и И.М.Рыжика «Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений» (М., 1975) и Э.Камке (E.Kamke) «Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям» (М., 1976). Авторам удалось в значительной степени вывести интегральные уравнения из ряда элитарных и малодоступных разделов математики в ряд разделов, идеи и результаты которых могут успешно использоваться специалистами в различных приложениях (как используются, например, дифференциальные уравнения).

Издание справочников по точным решениям и методам решения интегральных уравнений — несомненная удача авторов. Эти книги не имеют аналогов в мировой литературе. Их своевременность и востребованность подтверждается, например, выходом в свет различных версий справочников на английском (Polyanin A.D., Manzhirov A.V. Handbook of Integral Equations. N.Y., 1998) и немецком (Polyanin A.D., Manzhirov A.V. Handbuch der Integralgleichungen: Exakte Losungen. Heidelberg; Berlin, 1999) языках.

Опубликованные в 1998—2000 гг. справочники по интегральным уравнениям будут несомненно полезны широкому кругу научных работников, преподавателей вузов, инженеров и студентов, специализирующихся в различных областях математики, механики, физики, теории управления, экономике, химии и биологии. ■

Математика

О.В.Кузьмин. Обобщенные пирамиды Паскаля и их приложения / Отв. ред. С.Н.Васильев. Новосибирск: Наука СО РАН, 2000. 294 с.

Пожалуй, одной из наиболее известных и изящных численных схем в математике стал треугольник Блеза Паскаля, французского математика и философа XVII в. Он написал специальный труд «Трактат об арифметическом треугольнике» (опубликован в 1665 г.). Однако задолго до него треугольная таблица уже была известна астроному из Ингольштадского университета Петру Апиану (1529), китайскому математику Чжу Шицзе (1303) и поэту и философу Омару Хайяму (1100).

Вышла книга, в которой изложены как классические, так и новые свойства треугольников и пирамид (арифметические, геометрические, комбинаторные), обобщающие треугольник Паскаля. Обсуждается построение и дается анализ дискретных математических моделей, описывающих некоторые структуры и процессы в технике и естествознании. Приведены разработанные комбинаторные алгоритмы применения арифметических пирамид для построения и преобразования симметричных функций и полиномов разбиений. Использованы материалы, которые ранее можно было найти только в специальных журналах, частью они публикуются впервые.

Автор на протяжении ряда лет читал спецкурсы на математическом факультете Иркутского государственного университета.

Ботаника

Иллюстрированный определитель растений Карельского перешейка / Под ред. А.Л.Буданцева и Г.П.Яковлева. СПб.: Спец-Лит; СПХФА, 2000. 478 с.

Флора Карельского перешейка достаточно богата. По данным специалистов, там произрастает около 1000 видов сосудистых растений: хвоще-, плауно- и папоротниковидные, голо- и покрытосеменные (одно- и двудольные).

Вышло новое руководство для определения местных дикорастущих и наиболее широко культивируемых сосудистых растений. Уникальность этому изданию, в отличие от других «Определителей» и «Флор», придает около 18 000 оригинальных иллюстраций, а также ключи к обозначению семейств, родов и видов. Широкая трактовка видов делает справочник доступным не только профессиональным ботаникам, но и всем любителям природы. Для каждого вида указаны латинское и русское названия, распространение на Карельском перешейке (главным образом по административным районам Ленинградской обл.) и характерные места обитания. Для некоторых кратко даны сведения по хозяйственному применению.

В книгу вошел очерк, рассказывающий о природе Карельского перешейка. Даны основные правила определения растений, а также иллюстрированный словарь научных терминов и понятий, используемых в тексте.

Издание подготовлено коллективом специалистов, работающих в Ботаническом институте им.В.Л.Комарова РАН. Все рисунки выполнены художником-иллюстратором О.В.Зайцевой.

Петрография

В.Б.Артемов, [И.В.Еремин], С.Г.Гагарин. Петрография углей и их эффективное использование. М.: Недра ЛТД, 2000. 334 с.

Петрология углей как научная дисциплина сформировалась на базе петрографии, которая стала самостоятельной ветвью геологической науки в 3-м десятилетии XX в.

В нашей стране петрология углей развивается в трех направлениях: геолого-генетическом, горно-геологическом и прикладном — технологическом. На сегодняшний день преобладает последнее. Начало этому направлению в 40-х годах положил академик И.И.Амосов, разработавший учение об основных геолого-генетических факторах углеобразования.

В книге представлены результаты исследований основных ископаемых углей: петрографический состав, стадии метаморфизма, генетические типы. Собраны и обработаны данные по основным угольным бассейнам России федерального значения — Кузнецкому, Печорскому, Донецкому и Канско-Ачинскому. Показана зависимость физико-механических и химико-технологических свойств углей от их петрографических особенностей. Есть разделы, где рассмотрены вопросы классификации углей по бассейнам, а также по единой и международной системам кодификации. Даны примеры составления кодов с использованием петрографического и технического анализа углей. Для основных угольных бассейнов России указан марочный состав углей.

Геофизика

М.В.Гзовский и развитие тектонофизики / Под ред. Ю.Г.Леонова и В.Н.Страхова. М.: Наука, 2000. 250 с.

Вышел сборник, посвященный 80-летию со дня рождения Михаила Владимировича Гзовского, доктора геолого-минералогических наук, профессора МГУ, одного из создателей

тектонофизики. Так называется новая область наук о Земле, граничащая с геологией и геофизикой.

В книге отражено становление этой науки и современное состояние исследований в области тектонофизики. Кроме научного раздела, включающего статьи российских и зарубежных специалистов, показан творческий путь Гзовского. В сборник вошла ранее не публиковавшаяся его работа о полях напряжений и разрывах в слоистых толщах, материалы по истории создания тектонофизики, а также воспоминания об ученом.

Естествознание

Новый энциклопедический словарь / Под ред. А.М.Прохорова. М.: Большая российская энциклопедия, 2000. 1456 с.

Вышел Новый энциклопедический словарь (НЭС) — универсальный справочник, отражающий все сферы современного знания. В нем собрано более 60 000 статей и около 2000 иллюстраций и карт.

В НЭС вошли статьи о всех странах мира и их столицах, городах с населением свыше 200 тыс. человек; о субъектах Российской Федерации, крупных административных единицах зарубежных государств, городах и населенных пунктах, с которыми связаны значительные исторические события; об океанах, морях, реках длиной более 500 км и о других крупных географических объектах; о народах и их языковых группах и о многом другом. В нем собраны сведения по различным отраслям научного знания (биологии, геологии, математике, технике, физике, химии, физической и социально-экономической географии).

Значительный массив издания составляют биографические статьи о людях прошлого и настоящего, оставивших заметный след в истории Отечества и мировой цивилизации.

Все даты в словаре приводятся по новому стилю. К терминам, заимствованным из других языков, дается этимологи-

ческая справка. Наименования величин и их обозначения соответствуют Международной системе единиц.

История науки. Геология. Картография

Три века геологической картографии России / Сост. А.И.Бурдэ, С.И.Стрельников, Н.В.Межеловский. М.;СПб.: ВСЕГЕИ, Геокарт. 2000. 439 с.

Возникновение первых геологических карт России обычно относят к середине XIX в. и связывают с именами русского геолога Г.П.Гельмерсена и английского — Р.И.Мурчисона. Однако это далеко не так.

Первые карты-чертежи геологического содержания появились в России еще в XVIII в., когда начала развиваться горнодобывающая промышленность и в Петербурге было учреждено Горное училище (позднее институт).

В начале XIX в. составление средне- и крупномасштабных петрографических и геологических карт становится обязанностью горных инженеров. В 1834 г. профессор (впоследствии академик) Д.И.Соколов ставит вопрос о необходимости обобщения карт горных округов и составления единой геологической карты Европейской России. За прошедшие три века неоднократно менялись теория картографирования, его организация и методика.

Вышло первое иллюстрированное систематическое описание истории геологической картографии России с XVII до конца XX в., отразившее основные периоды содержания и оформления как геологических, так и других специальных карт (тектонических, минералогических и др.). В отдельных главах представлены теоретические основы, тенденции и проблемы геологической картографии. В других — геолого-картографические школы, дано международное значение отечественной геологической картографии, а также прогноз ее развития в XXI в.

В процессе работы над книгой авторы столкнулись с про-

блемой отбора материалов и последовали совету Жорж Санд: «Нельзя знать всего, надо довольствоваться тем, что хотя бы понимаешь».

История науки

Исследования по истории физики и механики / Отв. ред. Г.М.Идлис. М.: Наука, 2000, 301 с.

Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН (ИИЕТ) подготовил и издал очередной сборник по истории физики и механики за 1998—1999 гг.

В нем четыре раздела. Первый начинается с докладов, прочитанных на конференции, проходившей в институте и посвященной 100-летию со дня рождения академика В.А.Фока (1898—1974). В завершение раздела — подборка статей по истории исследования магнитных свойств атомных ядер, включающая письма И.Е.Тамма к С.А.Альтшулеру.

Второй раздел содержит статьи о Н.А.Умове и П.Н.Лебедеве как полярных типах русского ученого-физика, материалы о физиках Саратовского университета, а также архивные документы к биографии репрессированного ученого П.А.Вальтера.

В третьем разделе представлен широкий спектр статей: от вклада П.Вариньона в науку о движении и роли физики в изменении смысла понятия «вероятность» до проблемы полноты квантово-механического описания физической реальности вообще и особенностей интерпретации квантовой механики в лекциях Л.И.Мандельштама, а также новые материалы по истории открытия радиационных поясов Земли.

В четвертом разделе дан очерк об академике А.Д.Александрове (1912—1999), выдающемся математике, который был одновременно и физиком и лириком. Сюда вошли стихи о нем и его собственные.

«Колумб Росский»

Неизвестные страницы биографии командора Алексея Чирикова

В.В.Богданов
Москва

В первой половине XVIII в. были организованы Первая (1725—1730) и Вторая (1733—1743) Камчатские экспедиции. Участники этих великих географических предприятий исследовали и нанесли на карту России арктическое побережье Азии, моря и земли северной части Тихого океана, вновь описали Сибирь и Дальний Восток. Венцом экспедиций стало открытие морского пути из Камчатки в Америку, изучение северо-западных берегов неизвестного дотоле русским континента, многих островов Алеутской гряды.

Одним из выдающихся руководителей этих экспедиций был замечательный мореплаватель и ученый Алексей Ильич Чириков. После смерти В.Беринга он принял руководство Второй Камчатской экспедицией и до конца довел выполнение ее грандиозных замыслов. Написанные Алексеем Чириковым незадолго до смерти «Предложения» дали мощный толчок развитию дальневосточного края и всего Тихоокеанского побережья России.

К сожалению, жизнь замечательного русского перво-

проходца недостаточно освещена в отечественной литературе, а иностранные историографы об открытиях Чирикова умалчивают.

Откуда пошли Чириковы

Родословное древо Чириковых корнями своими глубоко уходит в толщи родной земли. Вот что было известно: «Род Чириковых происходит от племянника царя Беркая, которому по крещению дано имя Петр. Правнук онаго, Петр Игнатъевич, служил при великом князе Дмитриии Иоанновиче в Сторожевом полку и был в сражении против Мамаю. Его потомки служили Российскому престолу в боярах, наместниками, стольниками, окольными и в других чинах» [1].

Первоначально предки будущего мореплавателя селились под Новгородом. В конце XVI в. его прадеды получали за службу поместные земли под Тарусой и Алексиным, Тулой и Серпуховым. В Госархиве древних актов найдено много записей о Чириковых как о тарусских городских дворянах.

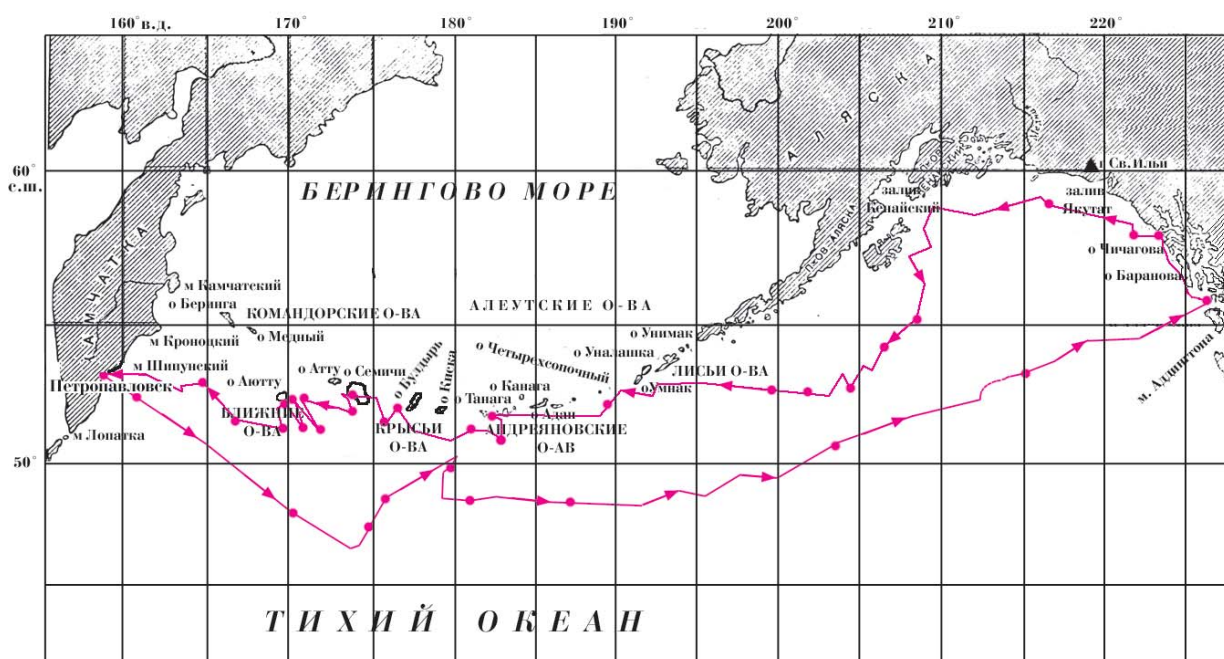
Не случайно родной дядя Алексея — Иван Родионович Чириков — в одной из чело-

битных 1722 г. писал, что «деревнишки» в Тарусском уезде принадлежали его отцу и дедам «исстари» [2].

Анализ документальных источников позволяет сделать вывод, что во второй половине XVII в. Чириковы из знатного и богатого рода превратились в захудалых мелкопоместных дворян. До сих пор мы не знаем точного места и даты рождения Алексея Чирикова. Последние архивные изыскания позволяют назвать Тарусский или Тульский уезды, где в начале XVIII в. братья Илья (отец Алексея) и Иван Чириковы жили в родовом поместье. Из челобитной самого Чирикова можно предположить, что родился он во второй половине 1702 г., а не в 1703-м, как это утвердилось в литературе [3].

Учеба и служба

Морозным январским днем 1715 г. приехали в Москву двоюродные братья Алексей и Иван Чириковы. Вскоре принесли в Московскую адмиралтейскую канцелярию челобитную, в которой пожелали зачислить их в «школу математико и навигацких наук». После проверки знаний началась



Маршрут пакетбота «Св. Павел» в 1741 г.
Сост. А.Соколов с подлинной карты А.Чирикова.

учеба, а через год способных учеников перевели в Морскую академию, что была открыта в городе на Неве.

Алексей Чириков с головой окупился в изучение астрономии и навигации, сферической тригонометрии и геодезии, «кораблеведения» и картографии. Весной 1721 г. состоялся первый выпуск учащихся Морской академии. На «досмотрении приращенных знаний» присутствовал сам Петр I. Алексей Чириков обнаружил столь блестящие знания, что его пожаловали сразу же в унтер-лейтенанты. С тех пор в адмиралтейских кругах Чирикова стали называть «ученым моряком».

После недолгой службы на корабле Балтийского флота он был назначен преподавателем в ту же Морскую академию, где обучал «разным наукам» гардемарин.

Экспедиция в места неизвестные

Еще в середине XVII в. русские землепроходцы изучали северные и дальневосточные окраины России. В 1648 г. Семен Дежнев открыл пролив между Азией и Америкой, но его донесения затерялись в сибирских приказных архивах. И потому долгое время отсутствовали научные сведения о северо-восточных окраинах России. Незадолго до смерти Петр I задумал организовать Камчатскую экспедицию с целью обследовать северные пределы и выяснить, соединяется ли Азия с Америкой.

Узнав о планируемой экспедиции под руководством датчанина Витуса Беринга, находившегося на русской службе, Алексей Чириков захотел стать ее участником. В Адмиралтействе утвердили его кандидатуру, записав при этом:

«По обучению гардемарин и морских офицеров искуснее всех явился». Покидая Петербург в январе 1725 г., вряд ли думал Чириков, что с этого момента определится вся его дальнейшая судьба...

Беринг поручил ему не только снарядить экспедицию, но и переправить обоз к восточным окраинам страны. Кроме того, Алексей Чириков в пути провел кропотливую научную работу: описал реки и условия судоходства, собрал сведения о городах Сибири, определил их географическое положение, наблюдал затмения луны в Илимске и другие природные явления.

Участники экспедиции, построив судно «Св.Гавриил», в июле 1728 г. вышли с Камчатки в море и взяли курс на северо-восток. Поначалу все шло хорошо. Но чем дальше на север, тем хуже становились ус-



В. Беринг (справа) и А. Чириков в Петропавловске-Камчатском. Худож. И. Пшеничный. Из собрания Центрального военно-морского музея (Санкт-Петербург).

ловия плавания. Беринг собрал консилиум. Ссылаясь на инструкцию государя и устные свидетельства местных жителей, он заявил, что «Чукотский Нос» отделяется от Америки морем и, следовательно, надо возвращаться назад. Капитана поддержал офицер флота М. Шпанберг. Чириков не согласился с ними, считая, что плавание необходимо продолжить вдоль берега до устья р. Колымы или хотя бы до появления первых льдов.

Через два дня Беринг отдал приказ повернуть на Камчатку. И вновь, проплывая узким проливом, они не увидели материк – Америку...

В 1730 г. Адмиралтейство, изучив полученные материалы — отчеты Беринга и дневники офицеров, — особое внимание обратило на путевые записи Алексея Чирикова. Они заинтересовали и Академию наук. В июне 1731 г. И. Шумахер писал своему переводчику: «Посланный при сем письме журнал морского флота лейтенанта Алексея Чирикова имеющегося пути от Санкт-Петербурга до Камчатки извольте перевести на французский язык неумедля, понеже в том немалая нужда» [4]. Копия этого журнала хранится в Архиве Военно-мор-

ского флота в Петербурге. А вот подлинник документа, к сожалению, утерян. Есть предположение, что он находится в одном из западноевропейских архивов.

Чириков в отличие от Беринга «проявил в вояже благо-разумную твердость», и был произведен в капитан-лейтенанты.

20 декабря 1731 г. «флота капитан-поручик Алексей Ильин сын Чириков» подал в Поместный приказ челобитную, в которой, в частности, писал: «В нынешнем 1731 г. женился он у прапорщика у Якова Семенова сына Шишкова на дочери его девице Прасковье» [5]. Забегая вперед, необходимо сказать, что Прасковья Яковлевна отправилась вскоре во Вторую Камчатскую экспедицию и самоотверженно разделила с мужем и детьми выпавшие на их долю испытания.

«Предприятие, никогда прежде небывалое»

В 1732 г. Чирикова срочно вызвали в столицу. Беринг, подводя итоги плавания, составил записку о хозяйственном развитии Камчатки

и предложил снарядить новую экспедицию. Его предложением заинтересовались. В частности, идею снаряжения новой экспедиции поддержал обер-секретарь Сената И. К. Кирилов. При его активном участии план Беринга был существенно расширен. В апреле 1732 г. вышел указ о снаряжении Второй Камчатской экспедиции под начальством Беринга. Цель — поиск северо-западных берегов Америки, открытие морского пути в Японию, а также развитие промышленности, ремесел, земледелия в Сибири и на Дальнем Востоке.

Алексей Ильич Чириков без колебаний выразил готовность отправиться во второе путешествие. На полях специальной адмиралтейской инструкции о целях и задачах предстоящей экспедиции ее основные участники сделали свои пометы. Беринг сосредоточил внимание на административно-хозяйственных вопросах. Чириков — на наиболее удобных способах переправки снаряжения, организации исследований побережий Ледовитого океана. Что касается «неведомых земель», то он считал, что Америка «лежит не весьма далече от Чукоцкого восточного угла» [6], между 50° и 65° с.ш.



Бот «Св. архангел Гавриил». Рис. А.Карелова.

должны быть населенные и богатые естественными ресурсами острова. Впоследствии данные предположения оправдались. Таким образом, Чириков опередил иностранных географов.

Более семи с половиной лет, с февраля 1733 по октябрь 1740 г., обозы экспедиции добирались до места, где позже был заложен г.Петропавловск-Камчатский. Для Алексея Ильича это были годы тяжких трудов по сбору и перевозке по сибирскому бездорожью десятков тысяч пудов провианта и корабельного снаряжения. Он лично руководил расчисткой дорог, устройством пристаней, строительством магазинов. Падали лошади, от невероятных трудов и болезней умирали люди. И здесь он проявил прекрасные организаторские способности. Его уме-

нию находить общий язык с крестьянами и приказчиками, матросами и солдатами завидовали, пожалуй, многие офицеры. Но с Витусом Берингом у Алексея Чирикова установились отношения острого соперничества и даже вражды. Однако капитан Чириков настойчиво продолжал выполнять свои обязанности.

Звездный час

Итак, они добрались, наконец, до Камчатки. Летом 1740 г. в Охотске были построены и спущены на воду пакетботы «Св.Петр» под командованием Беринга и «Св.Павел» — Чирикова. А через год, 4 июня 1741 г., корабли вышли в море «для исследования американских берегов и островов». Для капитана

Алексея Ильича Чирикова наступил звездный час, обесмертивший его имя.

Известно частное письмо Чирикова, отправленное к Д.Лаптеву. «Милостивый государь мой и друг Дмитрий Яковлевич! О несчастливом нашем мореплавании доношу. Отправились мы из здешней гавани (Авачинской бухты. — В.Б.) вместе с г-ном капитаном командором (В.Берингом. — В.Б.) мая 29 числа (1741 г. — В.Б.), а 20 июня при обычных на здешнем море туманах стал великий ветер, которым нас разлучило (так навсегда разошлись корабли Беринга и Чирикова. — В.Б.) <...> И принужден был следовать в надлежащий нам путь один. И переплыв отсюда близ полтрети тысячи (2.5 тыс.) верст, получили землю, которая у себя берега имеет <...> неприступные» [7].

К какой же части северо-западного побережья Нового Света подошло судно Чирикова? Судя по записям в вахтенном журнале, новая земля была обнаружена в районе мыса Бартоломе на юге о.Бейкер и мыса Аддингтон, что на о.Нойес. Эти небольшие острова находятся недалеко от крупного о.Принца Уэльсского. Эту «часть Америки» Чириков открыл полутора сутками ранее Беринга.

Без вести пропавшие

В плавании Алексея Чирикова есть тайна, которую до сих пор никто не может разгадать — исчезновение на американской земле части экипажа «Св.Павла». Вот как описывает случившееся сам капитан в письме Лаптеву.

«И надлежало мне об обстоятельствах оной земли проведать, чего ради послан с десятию человеками Аврам Михайлович Деметьев на лангботе. Точию общим моим и его несчастием он к нам со всеми людьми не возвратился... И мы немало об нем (Деметьеве. — В.Б.) плакали, потому что он был человек молодой, хорош собою, а притом в своей науке морской весьма искусен. И ожидая его к себе шестеро сутки, по присутствию всех офицеров, рассуждая, что не возвращается к нам за повреждением лангбота, послал на имеющейся при судне последней малой лодке мастеровых людей для починки. А для свозу их вызвался боцман Сидор Савельев. Но по несчастью и он к нам не возвратился.

А на другой день из того места, куда посланы наши суда и где раскладываван был почти беспрестанно огонь, вышли две лодки и гребли к нашему судну. Токмо к нам не приближались, но издали на судно наше посмотрели, встав на ноги, прокричали: “Агай!

Агай!” и с великим поспешанием возвратились. Тогда мы рассудили, что посланные от нас, конечно, в несчастьи: побиты или задержаны. Уже настали осьмая сутки, как послан был от меня Аврам Михайлович. Однако мы еще ожидали после выезду тамошних жителей часов 18. И не дождавши, пошли в путь свой...» [7].

О судьбе чириковцев высказывались различные предположения. Их пытались разыскать отечественные и зарубежные следопыты. Мне тоже хотелось на основе архивных и литературных источников выснить что-то новое. В ходе поиска обнаружил много интересных сведений, которые так или иначе могли касаться исчезнувших мореплавателей. Приведу здесь лишь одно из свидетельств. 28 февраля 1789 г. русский посланник в Мадриде сообщал, в частности, следующее: «Судно “Сент-Шарль” под командою капитана Горо нашло около Сент-Блаза под 48—49°с.ш. до 8 селений, в которых находилось от 16 до 20 семей, т.е. до 462 человек русских» [8]. Думается, на основании этого и других сообщений можно предполагать, что часть команды Чирикова осталась обживать американские берега.

Возвращение

Итак, судно Алексея Чирикова шло вдоль неведомой земли еще около 400 верст. Были открыты и нанесены на карту обширные пространства вдоль побережий Северо-Западной Америки от мыса Спенсера до бухты Литуя и далее. К сожалению, Чириков не называл открытые им земли. Позднее эти места посетили иностранцы, дали им наименования и присвоили открытия. Сыграло роль и то, что «Св.Павел» лишился почти четверти экипажа и обеих шлю-

пок, без которых нельзя было сойти на открытую землю.

Но и далее их бедствия не закончились. «От оскудения пищи и питья, — продолжает повествование Чириков, — и от всегданнего сырого воздуха постигла всех нас жестокая цинготная болезнь, от которой многие слегли, а остальные и насилу судном управляли. И я с 20 числа сентября и по возврат в гавань за тяжкою болезнью уже не мог выходить и наверх. И был при самой смерти не токмо на море, но уже и на берегу» [7].

Уходили из жизни товарищи по плаванию — матросы и офицеры, но Алексей Ильич переборол смерть.

Завещание

Лишь в марте 1746 г. Чириков вернулся в столицу. В мае под его руководством была составлена «Карта генеральной Российской империи, северных и восточных берегов, прилежащих к Северному Ледовитому и Восточному океанам с частью вновь найденных через морское плавание западных американских берегов и острова Япона». К ней он приложил записку, в которой с гордостью утверждал, что в результате работ Первой и Второй Камчатских экспедиций была исследована «немалая часть земноводного глобуса», открыты земли и острова, «о которых до упомянутого времени было ничего не известно».

После морских походов Чирикова и Беринга русские промышленники заселили открытые ими земли. Темпы освоения Алеутских о-вов и побережья Аляски были ошеломляющими. Русские мореплаватели совместно с купцами продолжали осваивать новые территории: на карту были нанесены вся северная часть Тихого океана, Аляска, Алеутские и Курильские острова. Таким обра-

зом, главные задачи, положенные в основу двух Камчатских экспедиций, — укрепление границ России на Севере и Дальнем Востоке, изучение и хозяйственное освоение Тихоокеанского побережья, нахождение неведомой для русских Америки и установление с другими странами и народами взаимовыгодных торговых отношений — с честью были выполнены русскими моряками и первопроходцами.

В июле 1746 г. Алексей Чириков написал последний труд — «Предложения», где подвел итоги научных исследований в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Этот документ — своеобразный наказ потомкам о путях социально-экономического и культурного развития обширнейших районов Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока, а также открытых побережий Северо-Западной Америки и островов Тихого океана.

Алексей Чириков предвидел возможность посягательства иностранных государств на русские земли. Поэтому он говорит о необходимости иметь на Дальнем Востоке свои военно-морские силы. Он считал, что следует продолжать изучение восточного побережья Камчатки, «искать натуральные гавани и рейды близ берегов», строить новые корабли, сооружать крепости.

Большое стратегическое и экономическое значение Алексей Ильич придавал Курильским о-вам, открытым русскими мореходами еще в начале XVIII в. Это обеспечивало России выход в Тихий океан, способствовало установлению торговых отношений с Японией, Китаем, Индией. Чириков предлагал более интенсивно осваивать и заселять эти острова, а также организовать на Тихоокеанском побережье систему портов.

Автор «Предложений» надеялся на инициативу и пред-

приимчивость местных жителей. Он даже предлагал правительству придать определенный статус «русским служилым людям и тамошним народам», а местным властям активнее привлекать «охотников, служилых людей и камчадалов, кои промышленя бобров, морских котов, тюленей и китов обыкновенны» [9].

Чириков советовал выдвигать на руководящие посты людей деловых, радующих за интересы Российского государства. «...Чтоб в Охотске и на Камчатке командир или воевода был добросовестный, к прибыткам не лакомый и не лихоимственный человек, и радетельный к исканию интереса и общей пользе подчиненных ему природных жителей и русских людей» [9].

Интересны пункты «Предложений», касающиеся «Новой России» — так автор мечтал назвать открытые ими земли в северной части Тихого океана. Для дальнейшего исследования американских берегов и островов необходимо снаряжать новые экспедиции. Чириков подчеркивал: «Обыскав удобное место, построить там крепость и приводить тамошних народов ласкою <...> в подданство державе Российской» [9].

В проекте Чириков затронул проблему сохранения природной среды. Наблюдая на просторах Сибири частые пожары, приносящие огромный ущерб лесному и пушному хозяйству, он предлагал конкретные меры по их охране.

Чириков выдвинул довольно неординарное предложение об изучении естественных ресурсов Сибири с помощью местных жителей. Он подчеркивает: «Понеже Сибирь так пространством велика, что одна всей Европе равняется, то не дивно быть в ней <...> богатым рудам». Поэтому нужно привлекать к разведке имею-

щихся богатств «кочующие народы», чтобы они «замечали свойства земли и привозили ее образчики». «А ежели что откроется таким образом годное, то открывателей награждать», — заключал Алексей Ильич.

Не ради славы

Вскоре Алексея Чирикова назначили начальником Московской адмиралтейской конторы. Летом 1747 г. его приняла находившаяся в Москве императрица Елизавета. Во время встречи он преподнес ей карту своего плавания к берегам Америки. 7 сентября 1747 г. вышел именной указ о пожаловании Чирикова в капитан-командоры.

Увы, слава и почести так и не дошли до одного из самых выдающихся людей России первой половины XVIII в. Чирикова одолели чахотка и другие болезни, приобретенные в дальних экспедициях. Алексей Ильич умирал в расцвете творческих сил, в нищете и безвестности. Мы даже не знаем точной даты его смерти. Лишь 7 декабря 1748 г. кто-то из чиновников Адмиралтейства записал: «А понеже бывший у отправления адмиралтейских дел в Москве капитан-командор Чириков умер, приказали <...> к управлению послать князя Волконского» [8].

Как ни прискорбно, после смерти первопроходца вдова Прасковья Яковлевна и пятеро детей влачили жалкое существование.

«В то время, как Беринг пользуется всеобщей известностью, капитан Чириков почти забыт, и его имя мало кому известно» [10]. Правдивость этих слов Жюль Верна несомненна. К сожалению, жизненный подвиг Чирикова ради отечества не оценили по достоинству его современники. Лишь позднее, в 1760 г., русский гений М.В.Ло-

моносов, откликаясь на «Историю российской империи при Петре Великом» Вольтера, напишет: «В американской экспедиции через Камчатку не упоминается Чириков, который был главным и прошел дальше, что надобно для чести нашей. И для того послать к сочинителю карту оных мореплаваний» [11].

Прошли столетия. Сегодня на карте мира можно найти несколько географических названий, носящих имя великого русского первопроходца: о.Чирикова в Аляскинском заливе (США), четыре мыса Чирикова, два из которых находятся на территории России (побережье Анадырского залива и Охотского моря),

а два — в США (архипелаг Александра в Тихом океане и о.Атту), подводная гора в Тихом океане.

Наконец, настала пора писать об Алексее Ильиче Чирикове книги, а его имя увековечить в названии нового населенного пункта, улицы и обязательно — корабля. ■

Литература

1. Общий гербовник дворянских родов Всероссийской империи. СПб., 1799. Ч.3. С.21 об.
2. РГАДА. Ф.1209. Оп.3. Д.3291. Л.178 об.
3. Вестник АН СССР. 1949. №5. С.134—135.
4. Материалы для истории Императорской Академии наук. СПб., 1886. Т.2. С.59.
5. РГАДА. Ф.1209. Оп.3. Д.3377. Л.757.
6. Экспедиция Беринга: Сборник документов. М., 1941. С.207.
7. Русский вестник. 1888. №5. С.430—434.
8. Морской сборник. 1862. СПб. Т.57. №1. С.190—191.
9. Записки Гидрографического департамента Морского министерства. СПб., 1851. Ч.9. С.453—469.
10. Верн Ж. Завоевание Земли. М., 1916. Т.1. С.144.
11. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений М.; Л., 1957. Т.10. С.278.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь

Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

Л.П.БЕЛЯНОВА

Е.Е.БУШУЕВА

М.Ю.ЗУБРЕВА

Г.В.КОРОТКЕВИЧ

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

Н.В.УСПЕНСКАЯ

О.И.ШУТОВА

Литературный редактор

М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор

Г.С.ДОРОХОВА

Перевод

П.А.ХОМЯКОВ

Набор

Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры

В.А.ЕРМОЛАЕВА

Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка

Д.А.БРАГИН

Адрес редакции:

119991, Москва, ГСП-1

Мароновский пер., 26

Тел.: 238-24-56, 238-25-77

Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 08.02.2001

Формат 60×88 1/8

Бумага типографская №1

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.

Уч.-изд. л. 12,2

Заказ 4396

Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП

типографии «Наука»

Академиздатцентра «Наука» РАН,

121099, Москва, Шубинский пер., 6