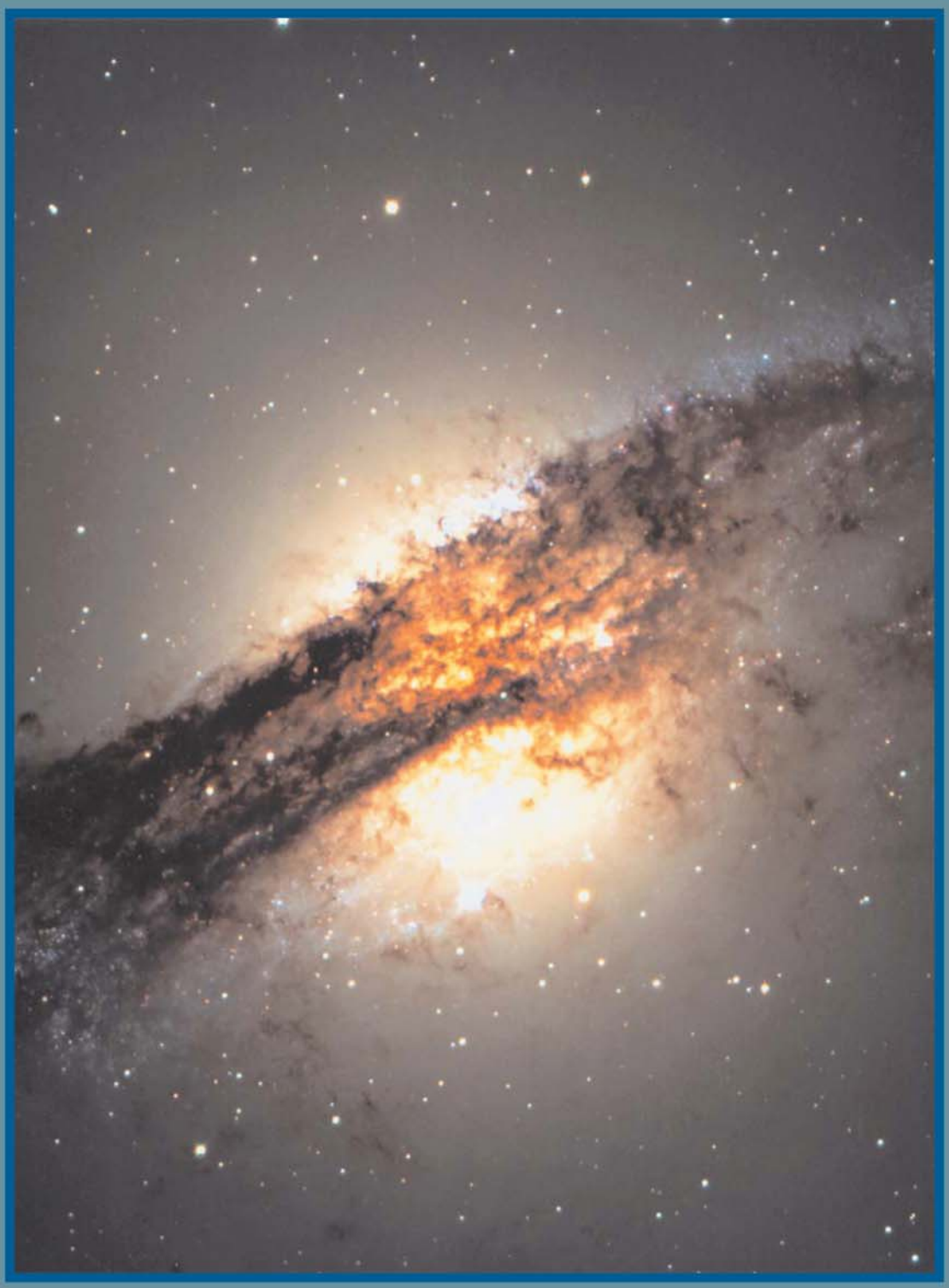
ПРИРОДА

2001 1



ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Издается с января 1912 года

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Центральная часть галактики Центавр А. Темная клочковатая полоса — облака газа, обращающиеся вокруг центра в виде экваториального диска.
См. в номере: **Вибе Д.З.** *Молекулярные оболочки вокруг галактики Центавр А.*
ESO PR Photo 05b/00. 8 Februauy 2000

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Усть-Ленский заповедник. В центре дельты р. Лены — о.Столб высотой 114 м, священное для якутов место.
См. в номере: **Чесноков Н.И.** *Эталоны земли Сибирской.*

Академиздатцентр «Наука» РАН

© Российская академия наук, журнал «Природа», 2000

В НОМЕРЕ:

3 **ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2000 ГОДА**

Копаев Ю.В.

По физике — Ж.И.Алфёров, Г.Крёмер, Дж.Килби

Кобрянский В.М.

По химии — А.Хигер, А.Мак-Диармид, Х.Сиракава

Анохин К.В.

По физиологии и медицине — А.Карлссон, П.Грингард, Э.Кендел

Глобальные проблемы

16 **Бялко А.В.**

Мир на стыке веков

Что век грядущий нам готовит? Заглянем в будущее, экстраполируя динамику мира за последние 50 лет.

Калейдоскоп

21

Австралию напоит подземное озеро (**21**). — Война в Центральной Африке угрожает обезьянам (**21**). — Сказка — быль... (**21**). — Спор о приоритете Бэрда (**53**). — Новый пенетратор (**53**). —Жемчуг по заказу (**53**).

22 **Маныкин Э.А., Ожован М.И., Полуэктов П.П.**

Конденсированное ридберговское вещество

Возможно ли существование жидкостей или твердых тел, состоящих только из возбужденных атомов? Как ни парадоксально, такое вещество удалось создать. Состояние это хотя и метастабильное, но макроскопически долгоживущее.

Научные сообщения

31 **Дмитриев Е.В.**

Тектиты, субтектиты, стримергласы и Тунгусский метеорит

Вибе Д.З.

Молекулярные оболочки вокруг галактики Центавр А (51)

34 **Бородин П.М., Поляков А.В.**

Хромосомный «портрет» бурозубки на фоне ледников

Кариотипическая изменчивость этого вида позволяет не только определить взаимоотношения различных рас, но и проследить эволюционный маршрут вида в целом.

Очерки натуралиста

41 **Смирнов Е.Н.**

Амурского тигра нельзя не сохранить!

Сейчас в уссурийской тайге отстреливается все живое, леса вырубаются и выгорают. Несмотря на безотрадную ситуацию, зоологи — соотечественники и американцы — изучают величественного хищника и пытаются отстоять его право на жизнь.

54 **Неронов В.В., Лущекина А.А.**

Степи Внутренней Монголии

В этом автономном районе Китая еще сохранились крупные массивы слабо нарушенных степей. Однако и их состояние вызывает тревогу специалистов.

62 **Сорокина М.Ю.**

В поисках затонувших кораблей

В семье чекиста Л.Н.Захарова-Мейера (1899—1937), основателя Экспедиции подводных работ особого назначения, сохранились альбомы фотографий, которые воспроизводят эпопею 20-х годов, связанную с подъемом затонувших кораблей и субмарин.

72 **Деренко М.В., Малярчук Б.А.**

В поисках прародины американских аборигенов

О происхождении коренного населения Америки существует множество гипотез. Сейчас, с привлечением молекулярно-генетического анализа, выясняется, что первопоселенцы пришли на этот континент скорее всего из Сибири.

Новости науки

79

Самая далекая Новая. **Сурдин В.Г. (79)**. — Почему иногда любят серых? **Гиляров А.М. (79)**. — Вестиментифера — рекордсмен-долгожитель. **Несис К.Н. (80)**. — Кариес у медведей **(81)**. — Аспирин опасен для детей **(81)**. — Ирландцы не похожи на других даже генетически **(81)**. — Орангутан на краю пропасти **(82)**. — Молод ли Тихий океан? **Пущаровский Ю.М. (82)**. — Кем был Мелконог? **(83)**. — Образ святой Варвары на бересте. **Янин В.Л. (84)**.
Коротко **(33)**

Рецензии

85 **Левина Е.С.**

Памяти погибших ученых

Чесноков Н.И.

Эталоны земли Сибирской (88)

Новые книги

90

Встречи с забытым

92 **Богданов В.В.**

Первая русская полярница

CONTENTS:

3 **2000 NOBEL PRIZE WINNERS**

Kopaev Yu.V.

For Physics: Zh.I. Alferov, H. Kroemer, and J.S. Kilby

Kobryansky V.M.

For Chemistry: A.J. Heeger, A.G. MacDiarmid, and H. Shirakawa

Anokhin K.V.

For Physiology and Medicine: A. Carlsson, P. Greengard, and E. Kandel

Global problems

16 **Byalko A.V.**

The World at the Turn of the Century

The age to come, what is it bearing? Let us look into the future by extrapolating world dynamics for the last 50 years.

Kaleidoscope

21

An Underground Lake Will Give Water to Australia (**21**). – Central African War Threatening Monkeys (**21**). – A Fairytale Comes True (**21**). – Controversy over Byrd's Priority (**53**). – A New Penetrator (**53**). – Pearls upon Request (**53**).

22 **Manykin E.A., Ojovan M.I., and Poluektov P.P.**

Condensed Rydberg Matter

Can there be liquids or solids consisting solely of excited atoms? Paradoxically, matter of this kind has been produced. Although metastable, this state is macroscopically long-lived.

Scientific Communications

31 **Dmitriev E.V.**

Tektites, Subtektites, Streamer Glasses, and the Tunguska Meteorite

Wiebe D.S.

Molecular Envelopes around the Galaxy *Centaurus A* (51)

34 **Borodin P.M. and Polyakov A.V.**

A Chromosome Portrait of the Shrew against the Background of Glaciers

The Kariotypic variability of this species reveals not only the relationships between different races but also the evolutionary route of this species as a whole.

Essays on Wildlife

41 **Smirnov E.N.**

The Amur Tiger Must Be Saved by All Means!

At present in the Ussuri taiga, animals are shot and the woods are cut down and suffer from fires. Despite this sad situation, zoologists, both Russian and American, are studying this magnificent predator and are trying to stand up for its right to live.

54 **Neronov V.V. and Lushchekina A.A.**

The Steppes of Inner Mongolia

In this autonomous region of China, large portions of weakly disturbed steppes can still be found. However, specialists are alarmed by their condition.

62 **Sorokina M.Yu.**

In Search of Sunken Ships

The family of the Cheka official L.N. Zakharov-Meier (1899-1937), founder of the Special Submarine Expedition preserves photo albums depicting the saga of the raising of sunken ships and submarines in the 1920s.

72 **Derenko M.V. and Malyarchuk B.A.**

In Search of the Original Homeland of American Aborigines

There are many hypotheses of the origin of America's indigenous population. Molecular genetic analysis now indicates that the first settlers came to this continent most probably from Siberia.

Science News

79

The most remote Nova. **Surdin V.G.** (**79**). – Why the Grays Are Sometimes Loved? **Gilyarov A.M.** (**79**). – Long-Lived Vestimentiferans. **Nesis K.N.** (**80**). – Caries in Bears (**81**). – Aspirin Is a Hazard to Children (**81**). – The Irish Are Quite Unlike Others Even Genetically (**81**). – Orangutan on the Brink of an Abyss (**82**). – Is the Pacific Young? **Pushcharovsky Yu.M.** (**82**). – What Was Melkonog? (**83**). – The Image of Saint Barbara on Birch Bark. **Yanin V.L.** (**84**).
In Brief (**33**)

Book Reviews

85 **Levina E.S.**

In Memory of Scientists Who Lost Their Lives

Chesnokov N.I.

Standards of Siberia (88)

New Books

90

Encounters with the Forgotten

92 **Bogdanov V.V.**

The First Russian Woman in a Polar Expedition

С наступлением НОВОГО ВЕКА, дорогие читатели!
Пусть знаменует он возрождение отечественной науки!
Нововечный ей подарок —
Нобелевская премия Жоресу Ивановичу Алфёрову

Лауреаты Нобелевской премии 2000 года

По физике — Ж.И.Алфёров, Г.Крёмер, Дж.Килби

Нобелевская премия по физике за 2000 г. присуждена Жоресу Ивановичу Алфёрову (Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург, Россия), Герберту Крёмеру (Калифорнийский университет, Санта-Барбара, США) и Джеку Килби (компания «Тэксис Инструментс», Даллас, США) за создание основ современной информационной технологии.

Жорес Иванович Алфёров родился в 1930 г. в Витебске. С 1952 г. работает в Физико-техническом институте им.А.Ф.Иоффе РАН, где в 1970 г. получил ученую степень доктора физико-математических наук. С 1987 г. — директор этого института. В 1972 г. избран членом-корреспондентом, а в 1979 г. — действительным членом АН СССР.

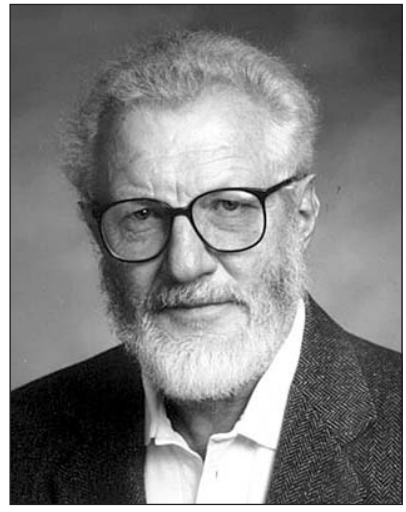
Герберт Крёмер (Herbert Kroemer) — уроженец Германии (1928). Докторскую диссертацию по физике защитил в 1952 г. в Гёттингенском университете. Работал в различных институтах и в лаборатории компании RCA (Принстон, США). Профессор физики сначала в Университете штата Колорадо (Боулдер, США, 1968—1976), а затем в Калифорнийском университете.

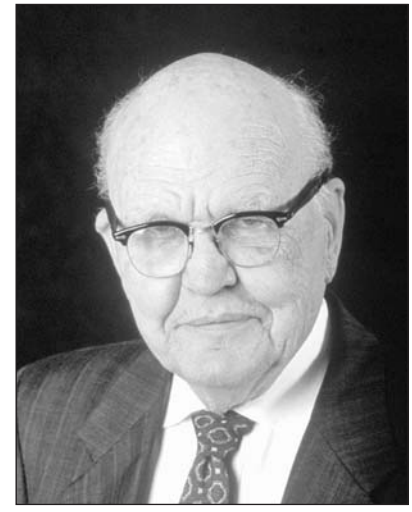
Джек Килби (Jack S.Kilby) родился в 1923 г. в Джефферсон-Сити (США). Работает в компании «Тэксис Инструментс» (Даллас) с 1958 г. В 1978—1985 гг. был профессором Техасского университета A&M.

Ж.И.Алфёров и Г.Крёмер удостоены премии за разработку полупроводниковых гетероструктур, используемых в высокочастотной электронике и оптоэлектронике. Трудно даже перечислить все области их применения сегодня. Высокочастотные транзисторы на основе гетероструктур работают, например, в линиях спутниковой связи. Диодные лазеры на гетероструктурах управляют потоками информации в волоконно-оптических кабелях системы Интернет, в проигрывателях на компакт-дисках, в лазерных принтерах. Светоизлучающие диоды на гетероструктурах заменили лампы накаливания в светофорах.

Дж.Килби награжден за вклад в изобретение интегральных схем. Микроэлектроника, выросшая на этом фундаменте, стала основой современных технологий, и теперь на микрочипах выпускается широчайший ассортимент электронных аппаратов — от часов до мощных компьютеров, способных командовать космическими зондами или решать задачи медицинской диагностики.

Началом современной полупроводниковой эры можно считать открытие транзисторного эффекта в 1947 г. Дж.Бардином, В.Браттейном и У.Шокли (Нобелевская премия за 1956 г.) В течение нескольких лет транзистор вытеснил вакуумные лампы благодаря существенно меньшим размерам и экономии энергии. Вместо нескольких тысяч компонент на вакуумных трубках появились электронные системы с несколькими десятками тысяч компонент на транзисторах, но тоже соединенных между собой припаянными проволочками. Существенным шагом на этом пути был переход от германиевого транзистора к кремниевому («Тэксис Инструментс», 1954). Преимущества последнего — более





Нобелевские лауреаты 2000 года по физике: Ж.И.Алфёров, Г. Крёмер, Дж.Килби.

высокая температурная и радиационная стабильность плюс наличие прочного окисла, образующего в приборах необходимые диэлектрические прослойки. При этом высоким на атомном уровне оказалось качество границы раздела кремния с его диоксидом.

Идея комбинировать на одном кристалле несколько транзисторов высказывалась еще в начале 50-х годов. Но тогда кощунством показалось бы использовать дорогостоящий чистый кремний для изготовления пассивных элементов (резисторов, конденсаторов и др.), которые делались из более дешевых материалов. К 1958 г. технология производства кремния стала эффективнее. Придя в 1958 г. в лабораторию компании «Тэксис Инструментс», Килби в течение одного лета продемонстрировал возможности изготовления всех дискретных элементов, включая пассивные, на кремнии как базовом материале. А 12 сентября 1958 г. Килби предъявил простейшую интегральную схему, изготовленную на кристалле германия. В феврале 1959 г. он подал патентную заявку на интегральную схему, в которой транзистор изготавливался бы по существовавшей тогда диффузионной технологии, позволяющей получить чередующиеся в перпендикулярном к поверхности направлении *p-n-p* (или *n-p-n*) слои. Для электрического подсоединения к каждому из слоев (эмиттеру, базе, коллектору) требовалось локальное вытравливание. Транзисторы и пассивные элементы соединялись золотыми проволоками, хотя в патенте упомянута возможность создания контактов путем напыления золотых полосок на предварительно подготовленный слой диэлектрика.

Тогда же специалисты компании «Фэйрчайлд Электроникс» (Калифорния, США) предложили планарную технологию получения *p-n-p* (или *n-p-n*) слоев, которая остается определяющей и по сей день. Эта технология позволяет проще реализовать электрическое соединение элементов схемы, так как все рабочие слои выходят на одну плоскость. Соответствующий вариант интегральной схемы был разработан сотрудником компании Р.Нойсом в январе 1959 г. Принципиально важный вклад Нойса – обнаружение высокой адсорбирующей способности алюминия как к кремнию, так и к его окислу, поэтому он предложил использовать в качестве межсоединений алюминиевые напыленные полоски. Хотя заявку на патент Нойс подал в июле 1959 г., т.е. позже заявки Килби, патент им был получен раньше, в апреле 1961 г., а Килби — только в июне 1964 г. Именно планарная технология и алюминий в качестве материала для межсоединений используются в современных интегральных схемах. К сожалению, Нойс скончался в 1990 г. и лауреатом Нобелевской премии стать не успел.

Естественным дальнейшим шагом в выборе базового полупроводникового материала стал переход к арсениду галлия GaAs как представителю соединений $A_{III}B_{V}$. Большая ширина запрещенной зоны E_g (1.5 эВ вместо 1.1 эВ у Si) обеспечивает более высокую радиационную стойкость и возможность работы приборов до более высоких температур. Хотя для полупроводников типично возрастание эффективной массы электронов с ростом величины E_g, в GaAs эта масса заметно меньше, чем в Si. Отсю-

да — более высокая подвижность электронов в GaAs, а следовательно, и большие предельные частоты работы приборов. Кроме того, электронное строение GaAs таково, что несколько выше дна зоны проводимости (на 0.4 эВ) находится область, в которой эффективная масса существенно больше (а значит, подвижность — меньше). С ростом электрического поля средняя энергия электронов и соответственно их число в этой дополнительной долине увеличиваются, поэтому сначала происходит замедление роста тока, а затем величина тока падает. Дифференциальная электропроводность становится отрицательной, и благодаря этому в образце возникает генерация высокочастотных колебаний. Это явление, известное как эффект Ганна, нашло практическое применение.

Все это стимулировало совершенствование методов получения GaAs. Пионерами в области физики и технологии полупроводниковых соединений $A_{III}B_{V}$ и приборов на их основе были Г.Крёмер, Г.Велькер, Н.А.Горюнова, А.Р.Регель. Однако более высокая стоимость материала GaAs, его повышенная хрупкость, а главное, отсутствие диэлектрика, подходящего в качестве изоляционного материала, не позволили арсениду галлия конкурировать на равных с кремнием в микроэлектронике.

Зато GaAs опережает кремний с точки зрения оптических свойств и использования в оптоэлектронике, поскольку вероятность излучения при рекомбинации неравновесных электронов и дырок в GaAs на несколько порядков выше, чем у кремния. Это обусловлено различием во взаимном расположении зон (проводимости и валентной) в пространстве квазиимпульсов.

Давно казалась заманчивой идея использовать вместо однородных полупроводниковых кристаллов (по-разному легированных — для создания *p-n* перехода) искусственно синтезированные гетероструктуры из различных полупроводников. Впервые ее высказал Шокли (1951), предложивший в биполярных транзисторах использовать в качестве эмиттера полупроводник с большей, чем в области базы, величиной E_g. Если подобрать такую пару полупроводников, у которых разница в величине E_g будет создаваться, например, за счет разной высоты потолка валентной зоны, то симметрию по инжекции электронов и дырок (в противоположных направлениях), присущую обычным *p-n* переходам, можно нарушить. В данном случае можно практически исключить инжекцию дырок из базы в эмиттер. Алфёров с сотрудниками показали, что при этом концентрация инжектированных из эмиттера в базу электронов может существенно превысить концентрацию доноров в эмиттере, способных поставлять электроны при ионизации (дополнительные электроны поступают из внешней цепи). Впервые наблюдать это явление суперинжекции удалось группе Алфёрова.*

Большая заслуга Крёмера в этой области состоит в предложении изменять состав полупроводникового соединения с координатой так, чтобы плавно изменять электронные характеристики, например величину E_g. Возникающее при этом «квазиэлектрическое» поле, в отличие от внешнего электрического поля и внутреннего электрического поля *p-n* перехода, может двигать электроны и дырки в одном и том же направлении. Это нашло широкое применение в приборах на гетероструктурах.

В 1963 г. Ж.И.Алфёров и Р.Ф.Казаринов и независимо Г.Крёмер придумали конструкцию инжекционного лазера на двойной гетероструктуре, подобной структуре биполярного транзистора. Предполагалось среднюю область (аналог базе) сделать из полупроводника с меньшей величиной E_g, в котором (в отличие от транзистора) состояния и электронов, и дырок лежат ниже по энергии, чем соответствующие состояния в областях слева и справа. Такие лазеры должны были бы обладать существенными преимуществами по сравнению с инжекционными лазерами на *p-n* переходах, предложенными в 1961 г. Н.Г.Басовым, О.Н.Крохиным и Ю.М.Поповым и впервые реализованными Р.Холлом в 1962 г. (За фундаментальные работы, приведшие к созданию усилителей и генераторов на основе мазерного и лазерного принципов, Н.Г.Басов, А.М.Прохоров и Ч.Таунс получили в 1964 г. Нобелевскую премию.) Но из-за больших пороговых токов лазеры на *p-n* переходах работали только в импульсном режиме и при низких температурах.

В гетеролазерах с двойной инжекцией электронов и дырок носители «квазиэлектрическим» полем могут собираться в тонкой области полупроводника с малой величиной E_g. Они будут удерживаться в этой области даже при больших смещениях в пропускном направлении (что невозможно в *p-n* переходах). Именно в этой области, где достигается инверсная заселенность, и возможна излучательная рекомбинация.

Кроме того, из-за заметной разницы в диэлектрических постоянных контактирующих полупроводников электромагнитные волны оказываются запертыми в этом среднем

* Напомним, что обычно отрицательный пространственный заряд ионизированных акцепторов, возникающий в области базы при инжекции дырок из нее в эмиттер, существенно ограничивает электронную инжекцию в противоположном направлении. В итоге плотность инжектированных в базу электронов оказывается меньше плотности основных носителей в эмиттере.

слое, поэтому последний играет роль волновода.

Оставалось найти подходящую гетероструктуру. Пара на основе Ge и Si не годилась из-за сильного различия в параметрах их кристаллических решеток.* Одной из составляющих пары мог стать хорошо исследованный к этому времени GaAs. Но на паре с почти совпадающими параметрами решетки Ge—GaAs не удалось получить даже инжекцию (1960). Примерно тогда же Крёмер начал попытки изготовить гетероструктуру GaAs—Si, в которой совмещались бы оптический элемент на GaAs и интегральная схема на кремнии, однако структуры с требуемыми параметрами до сих пор не выращены.

На гетероструктуре GaAs—$GaP_{0.15}As_{0.85}$ группе Алфёрова удалось осуществить лазерный режим, правда, только при низкой температуре.

Переломным моментом в физике, технологии и технике гетероструктур следует считать реализацию в 1967 г. уникальной структуры GaAs—AlGaAs практически с полным взаимным соответствием параметров решеток. Это одновременно и независимо было сделано группой Алфёрова и в Исследовательском центре им.Т.Уотсона (США) Х.Руппрехтом и Дж.Вудолом. Таким образом, кроме отмеченной выше определяющей роли алюминия в «содружестве» с Si и SiO_2 для технологии интегральных схем решающей оказалась роль алюминия и в «содружестве» с GaAs для технологии гетероструктур и приборов на их основе. Отметим кстати «содружество» алюминия в сплаве с железом (феррум), называемом АЛФЁР и демонстрирующим большой магнитострикционный эффект.

На этой структуре в 1969 г. группа Алфёрова создала низкопороговый импульсный лазер, работающий при комнатной температуре, и высокоэффективные светодиоды, а вскоре и целый ряд других приборов (солнечные элементы, биполярные гетеротранзисторы, тиристорные переключатели).

Настоящий взрыв интереса к гетероструктурам возник после того, как был достигнут режим непрерывной генерации при комнатной температуре в системе GaAs—AlGaAs. Сообщение об этом было опубликовано независимо двумя группами — Алфёровым с соавторами и И.Хаяси и М.Панишем (последние послали свою статью в печать на один месяц позже).

В этой же структуре методом модулированного легирования удалось увеличить подвижность электронов на много порядков по сравнению с однородными полупроводниками. Для этого донорную примесь вводят при росте части гетероструктуры с большей величиной E_g, но прекращают легирование приблизительно за 100 Å до начала роста полупроводника с меньшей величиной E_g. Энергетический уровень примесного электрона оказывается выше края зоны проводимости полупроводника с меньшей величиной E_g. Поэтому электроны уходят с примеси в эту область, а поскольку положительно заряженные ионы примеси находятся поодаль, вероятность рассеяния электронов на них резко уменьшается. Использование такой гетероструктуры в качестве канала полевого транзистора позволило довести предельную частоту его работы до 600 ГГц.

Кстати, как раз на таких — модулированно легированных — структурах впервые наблюдался квантовый эффект Холла, как целочисленный (Нобелевская премия К.фон Клитцинга, 1985), так и дробный (Нобелевская премия Р.Лафлина, Г.Штёрмера и Д.Цуи, 1998).

Очень важным вкладом в расширение возможностей гетероструктур стало использование группой Алфёрова четверных твердых растворов полупроводников группы $A_{III}B_V$, например InGaAsP, позволившее независимо изменять параметры решетки и электронного спектра. На этой основе были созданы лазеры в инфракрасной области спектра для волоконно-оптической связи и лазеры в видимом диапазоне.

Дальнейшее улучшение параметров гетеролазеров произошло при переходе к совсем узкой (100 Å и меньше) средней части. Области такой ширины (порядка длины волны де Бройля электронов и дырок) называются квантовыми ямами. В результате квантования движения электронов на таком коротком отрезке поведение электронов и дырок становится двумерным. Поскольку в двумерном случае плотности электронных и дырочных состояний не зависят от энергии, параметры работы таких лазеров слабо зависят от температуры. Уменьшение же толщины области с инверсной заселенностью не приводит к понижению мощности генерации по двум причинам. Во-первых — из-за увеличения концентрации неравновесных носителей в квантовой яме при том же токе инжекции, во-вторых — за счет фактически реализующегося сверхизлучательного состояния.*

* В последние годы достигнут значительный прогресс в получении совершенных гетероструктур на паре Si—Ge и их соединениях. Биполярные гетеротранзисторы с эмиттером и коллектором из кремния, а базой из сплава GeSi работают до частот 120 ГГц, и уже выпускаются интегральные схемы на их основе.

* Из-за квантования состояния в зоне проводимости (валентной зоне) квантовой ямы группируются в уровни, на которых электроны (дырки) характеризуются единой волновой функцией. Поэтому при движении поперек ямы у всех носителей фаза волновой функции сохраняется неизменной, при рекомбинации они излучают когерентно, и интенсивность излучения существенно возрастает.

В 1988 г. группе Алфёрова удалось на гетероструктуре с квантовой ямой снизить пороговый ток до рекордно низкой величины (≈40 А/см²). Лазеры на гетероструктурах с самоорганизующимися квантовыми точками, в которых движение электронов и дырок ограничено и квантуется по всем трем направлениям, обладают еще большей, чем лазеры на квантовых ямах, температурной стабильностью. Попрежнему во главе этого перспективного направления находится неутомимый исследователь Алфёров.

Долгое время не удавалось создать полупроводниковые лазеры, которые работали бы в голубой части спектра. Проблему решил С.Накамура, создав гетероструктуры GaN—InGaN. Сначала с их помощью он изготовил соответствующие мощные светодиоды (1994), а затем и лазеры (1996).

Таким образом, работающие сейчас при комнатной температуре светодиоды и лазеры на гетероструктурах перекрывают весь оптический диапазон. На основе их комбинации уже существуют светодиоды белого света.

В настоящее время активно началась деятельность по реализации гетеролазеров на так называемых гетероструктурах второго рода, в которых электроны и дырки пространственно разнесены (InAs—GaAs—AlSb). На перспективность таких структур указывал в своих работах Крёмер еще в 80-е годы.

А сам Крёмер сейчас занимается гетероструктурами полупроводник—сверхпроводник, исследуя проблему наведения сверхпроводимости в системе электронов квантовой ямы InAs—AlSb, контактирующей со сверхпроводящим ниобием.

Исследования полупроводниковых гетероструктур продолжаются широким фронтом*. Получен целый ряд таких важных фундаментальных результатов, как наблюдение бозе-конденсации экситонов, блоховских осцилляций электрического тока. Имеется большой задел в решении задач функциональной электроники, делаются первые шаги в создании элементной базы квантового компьютера. Поэтому можно надеяться, что за работы в этой области будет присуждена еще не одна Нобелевская премия.

©Член-корр. РАН **Ю.В.Копаев**

Москва ■

* О современном состоянии этих работ в России см.: *Копаев Ю.В., Сибельдин Н.Н., Тимофеев В.Б.* О физике полупроводников в сегодняшней России // Природа. 1998. №8. С.91—99.

По химии — А.Хигер, А.Мак-Диармид, Х.Сиракава

Нобелевская премия по химии за 2000 г. присуждена американским исследователям Алану Хигеру и Алану Мак-Диармиду и японскому химику Хидеки Сиракаве за «открытие и развитие области электропроводящих полимеров».

Алан Хигер (Alan J.Heeger) родился в 1936 г. в г. Сайоксе, штат Айова, США. Высшее образование получил в штате Небраска, доктором философии стал в 1961 г. в Университете штата Калифорния в Беркли. С 1962 г. работал в Пенсильванском университете, с 1982 г. руководит Институтом полимеров и органических твердых материалов при Университете штата Калифорния в Санта Барбаре.

Алан Мак-Диармид (Alan G. MacDiarmid) родился в 1927 г. в г.Мастертоне в Новой Зеландии. Высшее образование получил в университете своей страны, докторскую диссертацию защитил в 1953 г. в Висконсинском университете, а через два года — в Кембриджском. Гражданин США. С 1956 г. работает в Университете штата Пенсильвания и с 1988 г. занимает там должность профессора химии.

Хидеки Сиракава* (Hideki Shirakawa) родился в 1936 г. в Токио. Докторскую степень получил в токийском Технологическом институте в 1966 г. Более 20 лет занимался преподаванием и научными исследованиями в Институте материаловедения при Университете города Цукуба, с 1982 г. и по настоящее время занимает там должность профессора химии.

История создания электропроводящих полимеров, часто преподносимая как пример

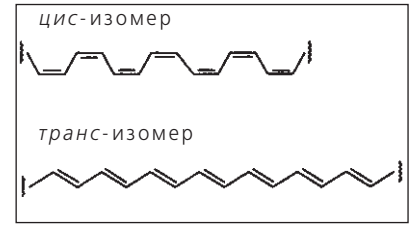
* В русской транскрипции он известен специалистам как Ширакава. — *Примеч. ред.*

Нобелевские лауреаты 2000 года по химии: А.Хигер, А.Мак-Диармид, Х.Сиракава.

случайной удачи, началась с получения Сиракавой в 1971—1974 гг. свободных пленок полиацетилена. В одном из сотен опытов по синтезу этого полимера нынешний нобелевский лауреат, а тогда научный сотрудник лаборатории химических ресурсов в токийском Технологическом институте, использовал ошибочно высокую концентрацию катализатора. Результатом этой ошибки было образование прекрасных серебристых пленок полиацетилена с характерным металлическим блеском.

Химик Мак-Диармид и физик Хигер изучали в то время в Филадельфии металлические свойства неорганического полимера — нитрида серы $(SN)_x$. Мак-Диармид впервые встретился с Сиракавой на семинаре в Токио, во время которого они обсудили удивительные свойства свободных пленок полиацетилена, и американский химик пригласил японского коллегу в Пенсильванский университет. Здесь они вместе с Хигером занялись поиском способов, которые позволили бы синтезировать полимерные пленки с электропроводящими свойствами. Исследователям удалось добиться желаемого за счет обработки полиацетилена парами галогенов — брома или иода. Удельная электропроводность первых модифицированных таким способом пленок увеличилась в миллиард раз и составила 1000 $(Ом \cdot см)^{-1}$. Через несколько лет сходные результаты были получены на десятках других полимеров с системой сопряженных связей, как и в молекуле полиацетилена. В 1977 г. Сиракава, Хигер, Мак-Диармид и др. опубликовали результаты исследований в кратком сообщении «Synthesis of electrically conducting organic polymers: Halogen derivatives of polyacetilene $(CH)_n$» («Синтез электропроводящих органических полимеров: галоген-производные полиацетилена $(CH)_n$») в журнале «The Journal of Chemical society». Позже они нашли оптимальные условия синтеза и модификации, благодаря чему удельная проводимость повысилась до уровня проводимости алюминия и даже меди.

Итак, Хигер, Мак-Диармид и Сиракава показали, что модифицированный галогенами полиацетилен может проводить ток почти как металл. За счет чего становится проводником тока органический полимер? Его молекула состоит из чередующихся, сопряженных, одинарных (σ) и двойных (σ+π) связей, при этом π-связи слабо локализованы и образуют общую π-электронную систему сопряжения, которая охватывает всю молекулу. Этот простейший по химической структуре полимер может существовать в *цис*- и *транс*-изомерных формах. Более устойчивый *транс*-изомер образуется из *цис*-формы в ходе термической, химической или фотоизомеризации и обеспечивает большинство уникальных электрофизических и оптических свойств полиацетилена. Они в свою очередь определяются такими параметрами системы сопряжения, как ширина запрещенной зоны, поляризуемость и гиперполяризуемость.



Изомеры полиацетилена $(CH)_n$.

Чтобы полимер-полупроводник (с шириной запрещенной зоны для *транс*-формы 1.5 эВ) стал проводником тока, нужно создать носители заряда вдоль полимерной цепи. Для этого необходимо один или несколько электронов удалить из системы π-сопряжения или добавить к ней. Достигнуть этого можно окислительной модификацией полимера иодом

$$[CH]_n + (3/2)xI_2 = [CH]_n^{x+} + xI_3^-, \qquad (1)$$

приводящей к изъятию электрона из системы сопряжения, или восстановительной модификацией натрием, который служит донором электрона

$$[CH]_n + xNa = [CH]_n^{x-} + xNa^+. \qquad (2)$$

В результате в полимере возникают положительно или отрицательно заряженные квазичастицы — поляроны. В молекуле каждый из них имеет противоион (1) или (2), подвижность которого вдоль полимерной цепи сильно ограничена из-за кулоновского притяжения поляроном. При высокой степени модификации поляроны объединяются в пары с образованием заряженных солитонов. Эти удивительно подвижные частицы под воздействием электрического поля и обеспечивают высокую проводимость полимеров с системой сопряженных связей. Фактически она ограничена только дефектами, которые меняют механизм проводимости и заставляют π-электроны прыгать с одной цепи на другую.

Открытие Хигером, Мак-Диармидом и Сиракавой высокой электропроводности модифицированных полимеров оказало исключительное влияние на науку о полимерах, положило начало исследованиям «синтетических металлов» и послужило основой для получения целого ряда новых материалов. Проводящие полимерные материалы стали применяться в качестве ингибиторов коррозии, антистатических покрытий, защитных экранов от электромагнитного излучения, а также служить для создания источников тока и оптических окон с регулируемой областью прозрачности.

В последние 10 лет появилась вторая генерация полупроводниковых полимерных материалов. На их основе конструируются органические транзисторы, светодиоды и дисплеи, полимерные лазеры и солнечные батареи.

Создание пленочных светодиодов и дисплеев базируется на электролюминесценции. Тонкие пленки сопряженных полимеров типа полифениленвиниленов могут генерировать свет, если они находятся между двумя электродами, один из которых служит источником электронов, а второй — дырок. Когда через такое устройство пропускают постоянный ток, электроны и дырки рекомбинируют в объеме пленки и в полимерных цепях возникают возбужденные состояния, способные люминесцировать. Длина волны (цвет) люминесценции зави-

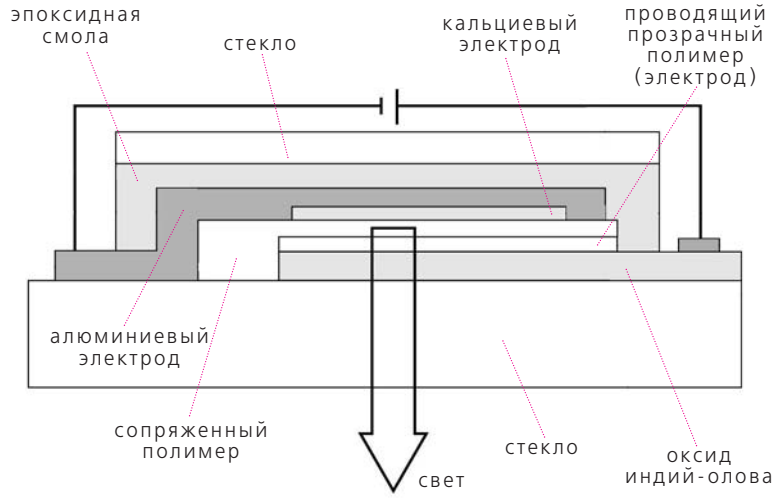
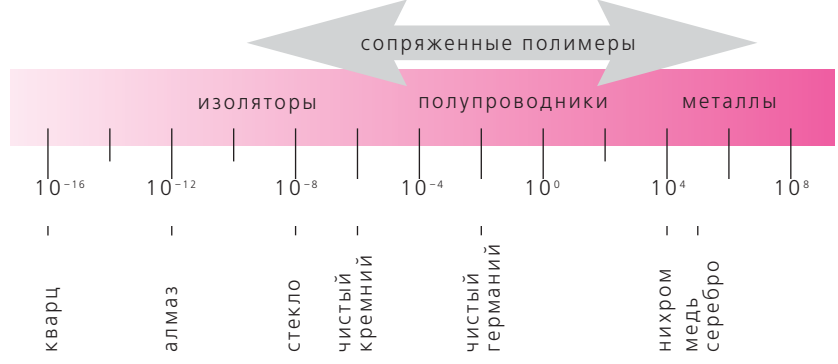


Схема светоизлучающего диода, в котором используется электролюминесценция пленки сопряженного полимера.



Электропроводность разных материалов при T=300 K, (Ом·см)⁻¹.

сит от ширины запрещенной зоны полимера и может легко регулироваться посредством химической модификации. В этом — важное преимущество органических полупроводников перед неорганическими. Уже начат промышленный выпуск полимерных пленочных дисплеев с размером изображения 100×100 пикселей.

Насыщенные полимеры — найлон, полиэтилен, полистирол и многие десятки других, — полученные в первой четверти XX в., служат человечеству в качестве конструкционных материалов, изоляционных покрытий и т.д. Многие полимерные изделия прочно вошли в наш быт. В последней трети века синтезированы проводящие и полупроводниковые полимеры с сопряженными связями. Присуждение Нобелевской премии по химии за работы в этой области стало знаменательным событием для всех, кто занимается исследованием и созданием полимерных молекулярных и нанокомпозиционных материалов.

Можно с уверенностью сказать, что в XXI в. будут открыты новые свойства полимеров с системой сопряженных связей и созданы высокоупорядоченные органические материалы. Нет сомнений, что они найдут применение в электронике (для создания оптических компьютеров), фотонике (для генерации высших гармоник и разработки лазеров нового типа) и для получения новых высокотемпературных сверхпроводников. А «виной всему» — экспериментальная ошибка Сиракавы и галогенирование полиацетиленовой пленки, выполненное нобелевскими лауреатами последнего года 20-го столетия.

© В.М.Кобрянский,
доктор химических наук
Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН
Москва

По физиологии и медицине — А.Карлссон, П.Грингард, Э.Кендел

Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2000 г. присуждена трем исследователям: шведскому фармакологу Арвиду Карлссону и двум американским нейробиологам — Полу Грингарду и Эрику Кенделу за открытия, касающиеся «передачи сигналов в нервной системе».

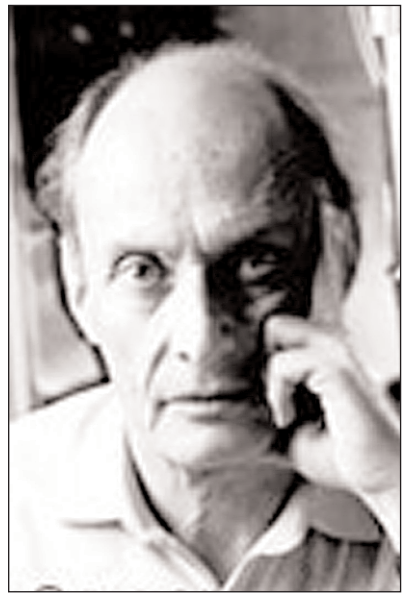
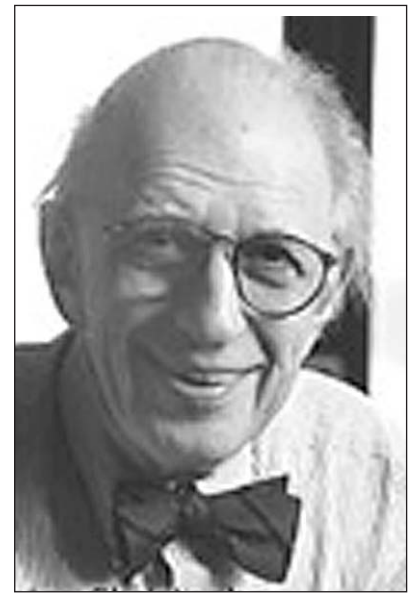
Арвид Карлссон (Arvid Carlsson), один из патриархов нейропсихофармакологии, родился в 1923 г. в Упсале (Швеция). В 1951 г. окончил медицинский факультет Лундского университета, в котором начал работать ассистентом профессора на кафедре фармакологии. В 1959 г. получил должность профессора фармакологии в Гётеборгском университете, где и проработал бессменным заведующим кафедрой до своей отставки в 1989 г. В настоящее время продолжает научные исследования на этой кафедре.

Американский биохимик Пол Грингард (Paul Greengard) родился в 1925 г. в Нью-Йорке. Степень доктора философии получил в 1953 г. в Университете им.Дж.Гопкинса в Балтиморе, после чего проработал шесть лет в разных биохимических лабораториях в Лондоне и в Бетесде. Несколько лет возглавлял биохимические исследования в фармацевтической компании Гейги, а в 1968 г. продолжил карьеру университетского ученого, вначале в Йеле, а с 1983 г. (и до сих пор) руководит лабораторией молекулярной и клеточной нейробиологии в Рокфеллеровском университете в Нью-Йорке.

Признанный пионер исследований синаптических основ обучения Эрик Кендел (Eric Kandel) родился в 1929 г. в Вене, но вскоре эмигрировал с родителями в США, где в 1956 г. окончил медицинский факультет Нью-Йоркского университета. До 1965 г. работал психиатром в Гарвардском медицинском институте в Бостоне, а затем связал свою судьбу с Колумбийским университетом в Нью-Йорке, где и сейчас возглавляет одну из ведущих лабораторий мира, занимающихся изучением механизмов памяти.

Какие работы объединяют всех трех лауреатов? По решению Нобелевского комитета, премия присуждена за пионерные открытия, касающиеся определенного вида передачи сигналов от одной нервной клетки к другой, обозначаемого как «медленная синаптическая передача». Чтобы понять, каково место и значение такой клеточной коммуникации в работе мозга, обратимся к истории исследования синаптических связей. История эта полна драматизма, научных коллизий, и многие из ее этапов уже были отмечены Нобелевскими премиями.

В XIX в. сложность строения и переплетения клеток в нервной системе давала основания

Нобелевские лауреаты 2000 года по физиологии и медицине: А.Карлссон, П.Грингард, Э.Кендел

думать, что нервные клетки соединены между собой ретикулярными или протоплазматическими связями в единую сеть. Одним из основных защитников этой теории был итальянский нейроанатом К.Гольджи, который изобрел получивший его имя способ окраски отдельных нервных клеток. Рухнула «ретикулярная теория» в значительной степени благодаря работам блестящего испанского нейроанатома С.Рамон-и-Кахаля: он использовал метод Гольджи для демонстрации дискретности нейронов, взаимодействующих друг с другом через специализированные контакты. В 1906 г. Рамон-и-Кахаль получил Нобелевскую премию, которую по иронии судьбы разделил со своим непримиримым оппонентом Гольджи.

Термин для обозначения зон контактов между нервными клетками ввел английский нейрофизиолог Ч.Шеррингтон. В 1890-х годах при подготовке раздела о нервной системе для руководства по физиологии он столкнулся с необходимостью как-то обозначить соединение между нейронами. Как позже вспоминал сам сэр Чарльз, он предложил редактору руководства М.Фостеру термин «синдесм». Однако приятель Фостера, знаток Эврипида и специалист по древнегреческой литературе Верелл посоветовал использовать слово «синапс» — термин, ставший с тех пор одним из ключевых в науке о мозге. В 1932 г. Шеррингтону (совместно с Э.Д.Эдрианом) была присуждена Нобелевская премия за исследования функций нервных клеток.

В начале XX в. среди физиологов господствовало представление, что сигналы от клетки к клетке передаются через синапс с помощью электрических импульсов. Однако исследования немецкого физиолога О.Леви, русского ученого А.Ф.Самойлова и английского исследователя Г.Дейла показали, что из окончаний нейронов выделяются химические вещества, которые передают информацию к постсинаптической клетке. Эти вещества получили название нейромедиаторов. Хрестоматийным примером стала история о том, что схему эксперимента, приведшего Леви к открытию первого нейромедиатора — ацетилхолина, — он увидел во всех деталях во сне. К середине 30-х годов химическая передача нервного импульса получила уже столько подтверждений, что в 1936 г. двум из ее первооткрывателей — О.Леви и Г.Дейлу — была присуждена Нобелевская премия.

Может быть, последним известным ученым, который, вопреки неумолимым доказательствам, упорно выступал против химической природы синаптической передачи, был ученик Шеррингтона Дж.Эклс. Его отрицание зашло так далеко, что отказываться от своих взглядов было невозможно. Так по крайней мере казалось Эклсу до тех пор, пока он не встретился во время работы в Канберре с одним из самых неортодоксальных философов XX в. К.Поппером, эмигрировавшим в Австралию из Австрии. Поппер сумел быстро доказать своему новому другу, что главный порок в науке — не совершать ошибки, а упорствовать в них. «Те из нас, кто боится подвергнуть риску опровержения свои идеи, — говорил Поппер, — не участвуют в научной игре». И в 1945 г. Эклс публично заявил об отказе от своих прошлых взглядов и приступил к изучению химических меха-

низмов синаптической передачи. Его блестящие исследования принесли ему в 1963 г. Нобелевскую премию. Эта награда зафиксировала достигнутые нейрофизиологией успехи в понимании механизмов передачи медиаторами (на примере ацетилхолина) электрических сигналов между нервными клетками.

Однако уже в 50-е годы стали появляться доказательства того, что центральная нервная система использует в синапсах не один или два, а гораздо больше нейромедиаторов. Причем некоторые из них ведут себя иначе, чем ацетилхолин.

Особенно необычными оказались катехоламиновые нейромедиаторы — дофамин, норадреналин и адреналин, — которые образуются в нервных клетках из поступающей с пищей аминокислоты тирозина посредством следующей цепи реакций: тирозин → дигидроксифенилаланин → дофамин → норадреналин → адреналин.

Одна из особенностей катехоламинов состоит в том, что в мозге очень мало нейронов, синтезирующих их. Из приблизительно 50—100 млрд нервных клеток в мозге человека, вероятно, только около 0.001% нейронов, расположенных локальными группами, используют эти медиаторы. Однако это компенсируется тем, что окончания катехоламиновых нейронов очень широко распространены по нервным структурам, буквально «заливая» выделяемым медиатором клетки мозга. Например, каждый из около 10 тыс. синтезирующих дофамин нейронов в черной субстанции мозга крыс образует примерно 500 тыс. синаптических бутонов в неостриатуме — структуре переднего мозга, связанной с регуляцией движений. У человека число бутонов одной дофаминовой клетки может достигать 5 млн.

Сначала полагали, что в цепи реакций синтеза катехоламинов дофамин лишь предшественник норадреналина и не выполняет медиаторных функций. Однако шведский фармаколог Арвид Карлссон, разработав высокочувствительный метод определения дофамина в нервной ткани, показал, что картина его распределения в мозге не повторяет таковую для других катехоламинов. В частности, чрезвычайно высоким оказалось содержание дофамина в неостриатуме. И, как и для других катехоламинов, концентрация дофамина резко падала под воздействием резерпина — препарата, истощающего запасы катехоламиновых медиаторов в синаптических пузырьках. При этом одним из побочных действий резерпина было появление у животных симптомов, напоминающих болезнь Паркинсона — заболевания нервной системы, характеризующегося тяжелыми расстройствами регуляции движений. Сопоставив все эти факты, Карлссон выступил в 1958 г. на Катехоламиновом симпозиуме в Бетесде (США) со смелой гипотезой, согласно которой дофамин — самостоятельный медиатор в мозге, чьи функции связаны с экстрапирамидной системой регуляции движений. Он также предположил, что болезнь Паркинсона вызвана ненормально низкими концентрациями дофамина в базальных ганглиях. Эта гипотеза получила подтверждение уже в 1961 г., когда в мозге пациентов, умерших от болезни Паркинсона, была измерена концентрация дофамина.

Пути распределения дофамина (выделено цветом) в мозге. Этот нейромедиатор синтезируется в черной субстанции мозга, а затем распределяется по нервным структурам, регулирующим двигательную активность. Дефицит дофамина в базальных ганглиях приводит к тремору и ригидности — характерным симптомам болезни Паркинсона.

Но Карлссон сделал следующий шаг: стал давать крысам с истощенными резерпином запасами дофамина L-дигидроксифенилаланин (L-ДОФА) — предшественник синтеза дофамина. Это не только восстановило концентрацию дофамина в мозге, но и вернуло животным способность к нормальным движениям. Отсюда следовало логическое предположение, что больных паркинсонизмом можно лечить с помощью L-ДОФА. И действительно, первые испытания, проведенные в конце 60-х годов, показали, что у таких больных, получавших в течение нескольких недель высокие дозы L-ДОФА, наступает значительное улучшение. Сегодня этот прием остается одним из самых эффективных методов терапии при паркинсонизме.*

Помимо успешной борьбы с паркинсонизмом, работы Карлссона привели к пониманию действия целого ряда других основных психотропных препаратов. Например, он показал, что нейролептики — лекарства, используемые при лечении шизофрении — влияют на синаптическую передачу

* Подробнее см.: *Каплун А.П., Жигольцев И.В., Швец В.И.* Конструирование лекарств для лечения болезни Паркинсона // Природа. 2000. №6. С.68—77.

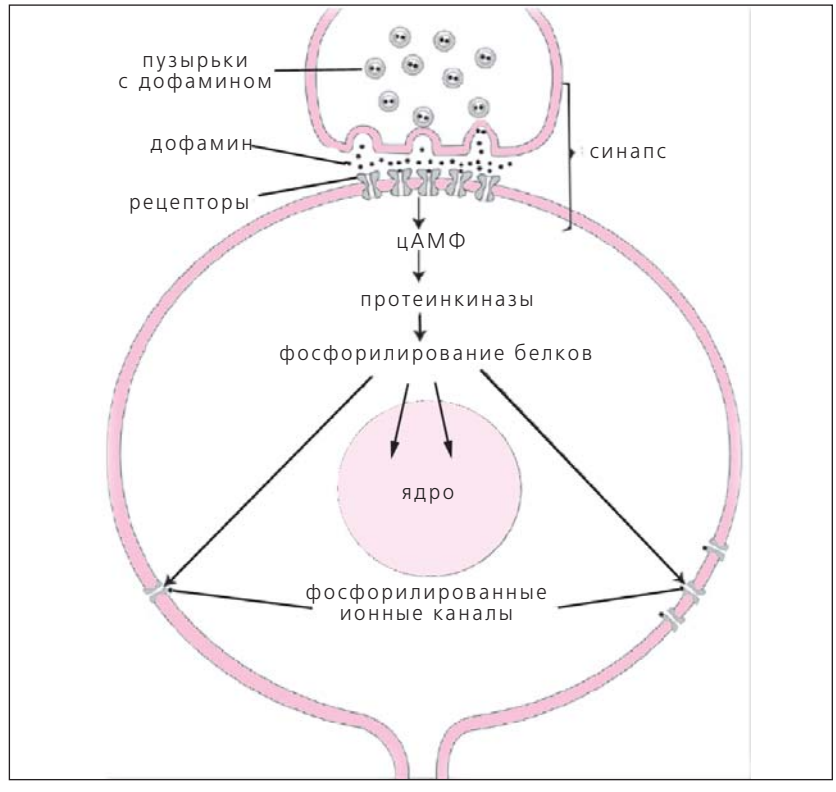
в мозге, блокируя дофаминовые рецепторы. В 1975 г. он ввел понятие «ауторецептор» для обозначения катехоламиновых рецепторов, расположенных на самих синтезирующих катехоламин нейронах и играющих важную роль в их работе. Кроме того, Карлссон внес большой вклад в создание нового поколения антидепрессивных препаратов, избирательно блокирующих обратный захват клетками из синапса еще одного медиатора — серотонина.

Итак, к началу 70-х годов выяснили, что дофамин, норадреналин и серотонин — медиаторы в центральной нервной системе, оказывающие необычное воздействие на клетки-мишени. В отличие от быстрых, наступающих за миллисекунды, эффектов классических аминокислотных медиаторов и ацетилхолина действие катехоламинов нередко развивается за сотни миллисекунд или секунды и может длиться даже часами. Такой способ передачи сигналов между нейронами назвали «медленной синаптической передачей».

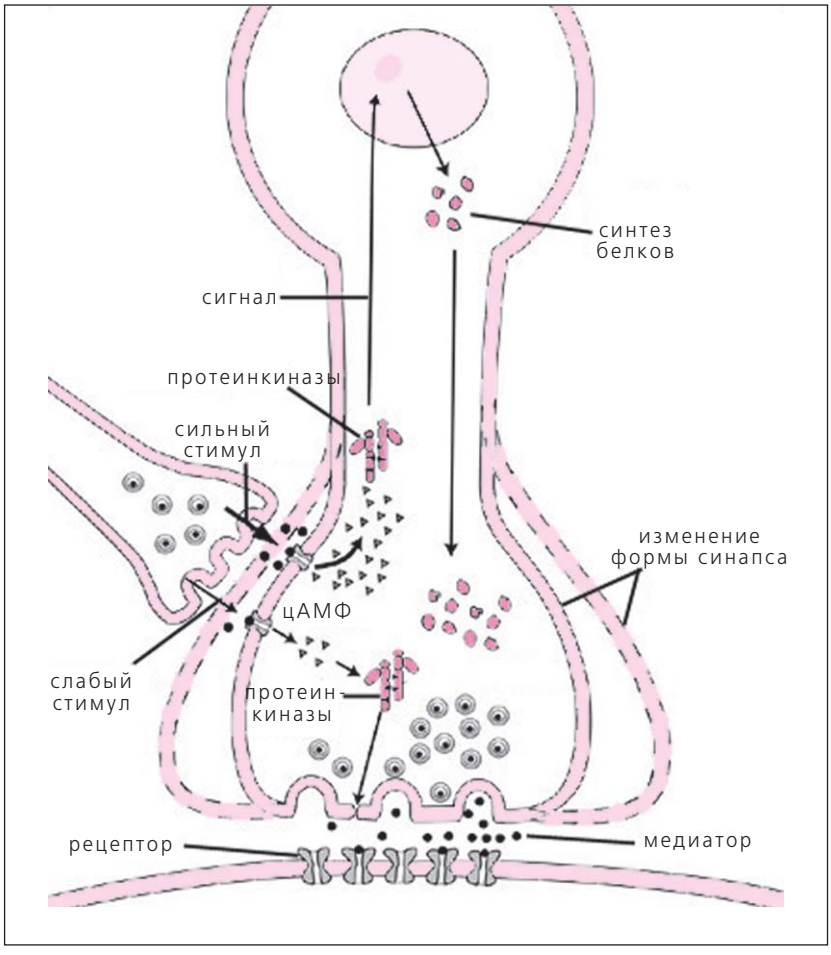
В 1979 г. Эклс в соавторстве с двумя канадскими биохимиками, супругами Мак-Гир, опубликовал статью, в которой предложил называть эффекты классических быстрых медиаторов ионотропными, имея в виду, что они воздействуют на ионные каналы в синаптической мембране, а медленные эффекты — метаботропными, предполагая, что они требуют вовлечения метаболических процессов внутри постсинаптического нейрона. Как писали эти авторы в 1978 г., полная история катехоламинов не может быть рассказана, потому что наиболее важные открытия — расшифровка их эффектов на постсинаптические клетки — еще не сделаны.

Завесу неизвестности над этим вопросом приоткрыл Пол Грингард. Он показал, что медленная синаптическая передача через метаботропные рецепторы вызывает внутри нервных клеток химическую реакцию, фосфорилирование, т.е. присоединение к белкам фосфатных групп с последующим изменением формы и функции этих белков. Грингард с сотрудниками обнаружили, что связывание дофамина с рецепторами на клеточной мембране повышает в клетке содержание «вторичного посредника» — циклического аденозинмонофосфата (цАМФ). Это активирует фермент протеинкиназу А, которая способна фосфорилировать многие белки в нервной клетке. Среди фосфорилируемых белков находятся, в частности, мембранные белки различных ионных каналов, которые контролируют возбудимость нервной клетки и обеспечивают генерацию и передачу нервных импульсов нейроном. Поэтому дофамин и другие медиаторы, действующие через метаботропные рецепторы, способны модулировать посредством этого механизма возбудимость нервных клеток и их реакции на медиаторы, действующие через ионотропные рецепторы.

Впоследствии Грингард показал, что в клетках мозга протекают еще более сложные процессы. Медиаторы, подобные дофамину, действующие через метаботропные рецепторы, могут вызывать не только фосфорилирование, но и дефосфорилирование



Механизм медленной синаптической передачи нервного импульса. Связывание дофамина с рецепторами на клеточной мембране повышает в клетке содержание «вторичного посредника» — цАМФ. Это активирует фермент протеинкиназу, которая фосфорилирует мембранные белки ионных каналов, благодаря чему осуществляется регуляция передачи нервных импульсов.



Молекулярный механизм формирования долговременной памяти. При изучении защитного рефлекса (втягивание жабры в ответ на стимуляцию сифона) у морского зайца установлено, что нейромедиаторы, действующие на клетку, вызывают в ней каскад молекулярных реакций (показано стрелками). В результате изменяется форма и функции синапсов, что приводит к длительным модификациям защитного рефлекса.

белков. При этом многие из их сложных эффектов внутри клетки опосредуются воздействием на регуляторный белок DARPP-32, который в свою очередь влияет на функции многих других белков в клетке. Эти работы Грингарда позволили также понять эффекты некоторых антипсихотропных препаратов, которые, как оказалось, специфически влияют на фосфорилирование белков в различных нервных клетках.

Таким образом, исследования Грингарда раскрыли окно в новый мир внутриклеточных эффектов медиаторов, осуществляющих медленную синаптическую передачу. Они продемонстрировали, что, помимо классических эффектов, реализующихся через ионотропные рецепторы и непосредственное изменение электрических мембранных потенциалов, многие нейромедиаторы (катехоламины, серотонин и некоторые нейропептиды) оказывают влияние и на биохимические процессы в цитоплазме нейронов. Именно этими метаботропными эффектами и обусловлено необычно медленное действие таких медиаторов и их длительное, модулирующее влияние на функции нервных клеток. Поэтому такие нейромедиаторы часто вовлечены не в передачу быстрых сигналов для восприятия, движения, речи, а в оркестровку сложных состояний нервной системы — эмоций, настроений, мотиваций. Иллюстрацией этому тезису может служить недавняя статья Грингарда и его сотрудников в «Science», показывающая, что дофамин и DARPP-32 участвуют в регуляции полового поведения у крыс.

Одну из важнейших функций мозга, в которой задействованы механизмы медленной синаптической передачи и фосфорилирования белков, многие годы исследовал третий нобелевский лауреат, американский нейробиолог Эрик Кендел. Это процессы формирования памяти.

Кендел начал изучать механизмы обучения на млекопитающих, но затем понял, что их мозг слишком сложен для расшифровки фундаментальных клеточных основ памяти. Поэтому в начале 60-х годов он поехал во Францию к выдающемуся нейробиологу чешского происхождения Ладиславу Тауку, чтобы научиться у него работать с морским зайцем (*Aplysia*). У этого моллюска относительно простая нервная система, состоящая примерно из 20 тыс. нервных клеток. Многие из них настолько велики, что видны невооруженным глазом и могут быть идентифицированы по положению в нервных ганглиях. При этом морской заяц имеет простые защитные реакции, которые можно использовать для исследования фундаментальных механизмов обучения.

Кендел обнаружил, что определенные стимулы усиливают защитный рефлекс втяги-

вания жабры у аплизии. Эта измененная реакция сохраняется на протяжении часов или даже дней и поэтому служит удобной моделью для изучения механизмов памяти и обучения. Исследования лаборатории Кендела показали, что в основе такой длительной реакции лежит повышение эффективности синаптической передачи между сенсорными нейронами моллюска и двигательными нервными клетками, которые активируют мышцы для защитной реакции.

Сначала Кендел и его сотрудники исследовали модификации защитного рефлекса, сохраняющиеся на протяжении минут или часов — аналог так называемой кратковременной памяти. Они установили, что в основе этой формы пластичности лежит усиленный вход ионов кальция в клетку, который повышает выделение нейромедиатора сенсорным нейроном при каждом нервном импульсе и, следовательно, усиливает оборонительную реакцию. Эти изменения происходят за счет фосфорилирования белков определенных ионных каналов по механизму, описанному Грингардом.

Более сильные и продолжительные стимулы формируют у моллюска разновидности долговременной памяти, которая может длиться дни и даже недели. Эти стимулы увеличивают содержание в клетке цАМФ и активируют протеинкиназу А. Далее такие сигналы через фосфорилирование определенных белков, так называемых транскрипционных факторов, достигают ядра нервной клетки, где меняют активность ряда генов. В результате синтез некоторых из белков заметно увеличивается, а других уменьшается. Многие из этих генов кодируют белки, участвующие в построении и функции синапсов. Благодаря каскаду молекулярных реакций изменяются функции и форма синапсов нейрона, что ведет к долговременным изменениям синаптической эффективности, лежащей в основе длительных модификаций защитного рефлекса у аплизии.

Таким образом, в отличие от кратковременной памяти, требующей фосфорилирования уже присутствующих в клетке белков, долговременная память основывается на экспрессии генов и синтезе новых белков. Значит, если заблокировать синтез белков в нервной системе, исчезает долговременная память, а кратковременная остается неповрежденной. Замечательная особенность этой цепи клеточных процессов состоит в том, что фундаментальные ее звенья и компоненты чрезвычайно схожи при обучении у моллюсков и у млекопитающих, оставаясь, по-видимому, неизменными на протяжении многих миллионов лет эволюции нервной системы. Это позволило Кенделу начиная с 90-х годов перенести значительную часть обнаруженных им на морском моллюске закономерностей на модели сложного обучения у мышей. Используя технологию гомологических рекомбинаций, позволяющую удалять у этих животных отдельные гены, Кендел и его сотрудники показали, что основные компоненты молекулярного каскада формирования памяти, описанные ими для аплизии, необходимы и при консолидации памяти у млекопитающих.

Подобная универсальность роли медленной синаптической передачи в формировании памяти, безусловно, открывает новые возможности биохимической коррекции нарушенной памяти у человека. Действительно, несколько лет назад Кендел основал биотехнологическую компанию, направленную на поиск принципиально новых средств регуляции памяти. Эти исследования особенно важны потому, что болезнь Альцгеймера и другие виды возрастных патологий (особенно характерных для развитых стран) начинаются именно с нарушений памяти.

Итак, Нобелевская премия 2000 г. за исследование механизмов «медленной синаптической передачи», достойно завершила историю изучения клеточных основ деятельности мозга в XX в. Что же дальше? Хочу закончить свой короткий рассказ о лауреатах премии 2000 г. следующим эпизодом.

Кендел еще в 1963 г., после известия о награждении Нобелевской премией А.Ходжкина, А.Хаксли и Дж.Эклса за изучение мембранных процессов нервного возбуждения и торможения, заявил, что следующая премия будет присуждена за исследование синаптических механизмов памяти. И взялся за изучение этого вопроса. Теперь понятно, что, хотя его труд по достоинству увенчался наградой, о которой он мечтал, Кендел ошибся как минимум дважды. Как это не раз бывало с присуждением Нобелевских премий, он получил ее за исследование не той проблемы, которой посвятил всю свою жизнь. Более того, за 37 лет, истекших с момента его предсказания, около дюжины Нобелевских премий присуждено за исследования мозга и ни одна из них — за расшифровку механизмов памяти. Современная нейронаука слишком мало знает о механизмах высших функций мозга, и на долю следующего века остается еще много фундаментальных открытий, касающихся этого самого сложного из всех известных нам во Вселенной объектов.

© К.В.Анохин,
доктор медицинских наук
Институт нормальной
физиологии им. П.К.Анохина РАМН
Москва

Мир на стыке веков

А.В.Бялко,
доктор физико-математических наук
Москва

Начало нового столетия заставляет не только оглянуться назад, но и поразмыслить о ближайших перспективах мирового развития, понять роль науки в решении проблем, стоящих перед человечеством. Работы на эту тему появляются в научных журналах широкого профиля («Nature», «Science», «American Scientist», «Природа»), а также в последних ежегодниках, издаваемых американским Worldwatch Institute («Vital Signs» и «State of the World»).

Последние 55 лет прошли без глобальных военных конфликтов и к тому же при углубляющемся, достаточно однородном по планете контроле окружающей среды, экономики и демографического состояния. Данные за этот период составляют весьма достоверную статистическую базу. Она позволяет, во-первых, провести сравнения с некоторыми (отрывочными или косвенными) данными прошлых веков и начала XX столетия, а во-вторых, сделать прогноз дальнейшего развития. Используемые в таких прогнозах экстраполяции (линейная или параболическая) показывают характерные тенденции. Однако достоверность предсказаний, естественно, падает с ростом лага, поскольку трудно или невозможно учесть новые факторы, которые могут вступить в игру. Поэтому для большинства глобальных показателей следует с большой осторожностью оценивать их будущие значения на основе принятой экстраполяции и дисперсии отклонений в прошлом. Примером может служить появление такого глобального ныне фактора, как СПИД — совершенно неожиданного еще 15 лет назад. Распространенность ВИЧ-инфекции и заболеваемость СПИДом возрастают параболически (чему, кстати, пока нет научного объяснения) и уже сказываются на общемировых демографических показателях. Среди других, не столь «экзотических», но не менее неприятных глобальных неожиданностей можно отметить различного рода катастрофы: мощные землетрясения, извержения плиниан-ского типа с массивным выбросом в стратосферу вулканического пепла, падения на Землю крупных астероидов, столкновения с кометами и пр. Хотя вероятность таких катастроф в ближайшие десятилетия, судя по оценкам, крайне мала, наступление любого подобного события может изменить климат планеты и вызвать мировой экономический кризис.

© А.В.Бялко

Народонаселение

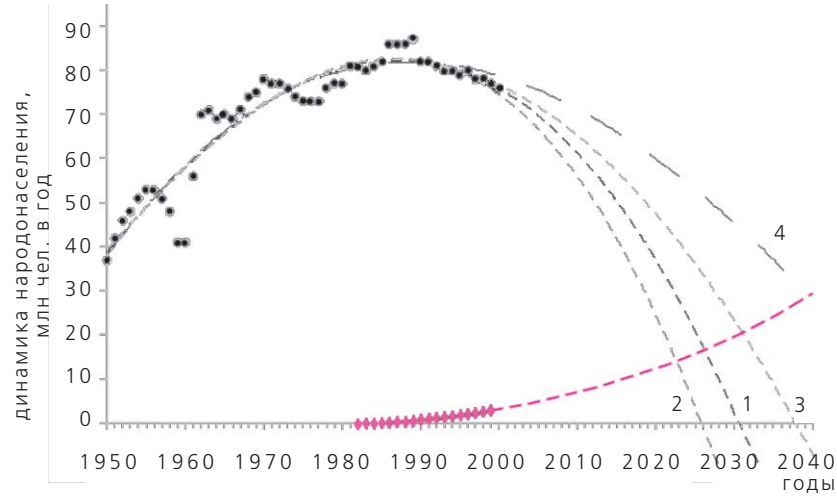
В новое тысячелетие планета Земля вступает с населением в 6.11 млрд человек. Ускоренно растет число городских жителей, в основном за счет развивающихся стран, а в индустриально развитых оно практически вышло на постоянный уровень.

Динамика численности мирового населения — достаточно гладкая функция времени, что позволяет довольно уверенно экстраполировать рост населения на характерное время жизни одного поколения (30—50 лет). На протяжении предыдущего длительного периода, охватывающего последние 650 лет после Великой чумы, наилучшая экстраполяция динамики роста — гипербола $\mathrm{const}/(t_0-t)$ с вертикальной асимптотикой при t_0 — времени, которое приходится на 2025 — 2030 гг. Продолжайся такой рост и дальше, численность популяции к моменту t_0 выросла бы до бесконечности. Однако в последние десятилетия замедление темпов стало уже заметным: годо-

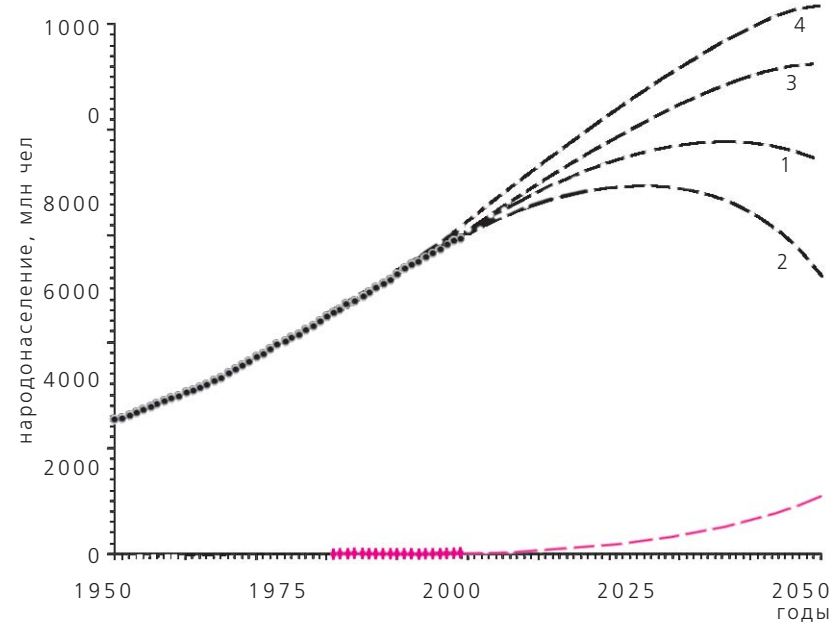
вой прирост прошел максимум в 1989 г. (87 млн/год); еще раньше, в 1963 г., зафиксирован максимум логарифмической производной (2.2% в год). На рубеже столетий прирост составляет 76 млн, или 1.27% в год. Большинство оценок на ближайшую перспективу показывает выход численности человечества на постоянный уровень в пределах 10—12 млрд. Однако, подобно многим переходным процессам, достижение горизонтальной асимптотики может оказаться немонотонным. Скорее всего характер процесса будет колебательным. Аналитическая же экстраполяция профессора С.П.Капицы [1] предсказывает монотонный рост числа людей.

В самом деле, случись глобальный экономический кризис или пандемия какого-либо заболевания, численность народонаселения Земли с большой вероятностью станет снижаться. В отдельных регионах такое снижение уже налицо в Японии — из-за высокой плотности населения, в России (с 1991 г.) — в результате экономической перестройки [2].

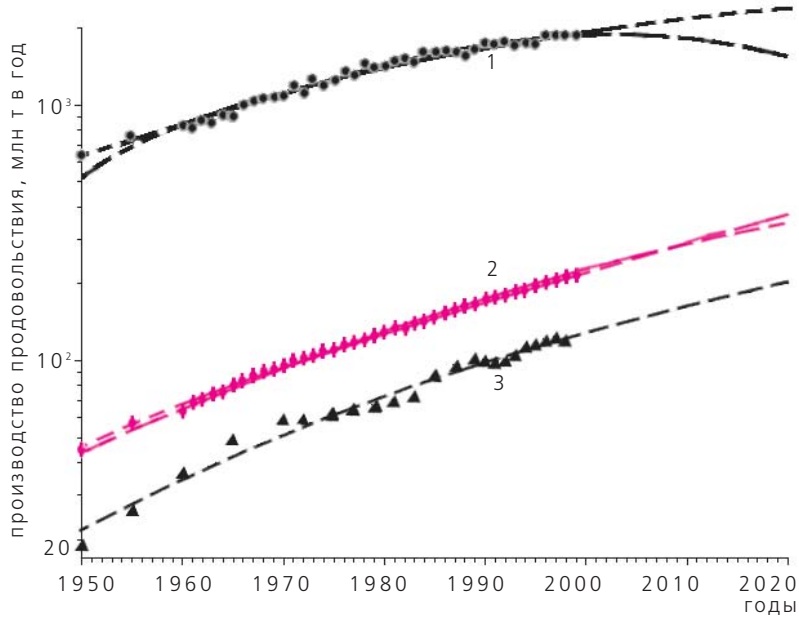
В ближайшее десятилетие основной причиной смертности в мировом масштабе станет, по-видимому, СПИД. Число ВИЧ-инфицированных уже достигло 50 млн человек, а умерших от СПИДа в 1999 г. превысило 16 млн, что уже сравнимо с годовым приростом населения. Экстраполяция сегодняшней динамики этого заболевания приводит к выводу, что с большой вероятностью прирост численности станет отрицательным уже через 20—30 лет. В принципе это обстоятельство может и не отменить долгосрочных прогнозов, так как рано или поздно эффективное средство против СПИДа будет найдено. Печальная альтернатива — вымирание всех, кто не имеет генетического иммунитета к ВИЧ-инфекции.



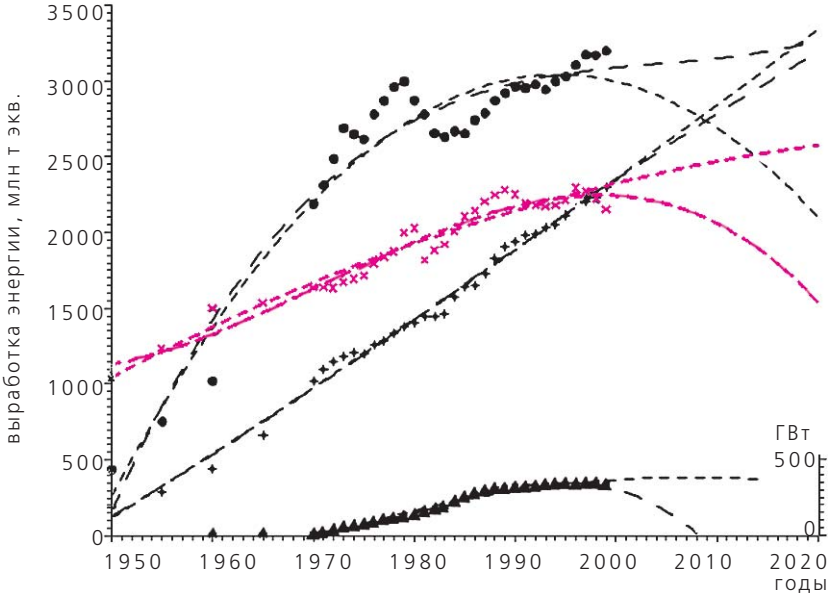
Динамика мирового народонаселения: кружками показан годовой прирост, цветом — число умирающих от СПИДа. Штриховые линии — экстраполяции: 1 — параболическая, 2 — минимальная, 3 — максимальная, 4 — прирост народонаселения по С.П.Капице.



Численность мирового народонаселения (кружки) и количество умерших от СПИДа (цвет). Штриховые линии — экстраполяции: 1 — кубическая, 2 — минимальная, 3 — максимальная, 4 — зависимость С.П.Капицы.



Производство продовольствия: 1 — зерно, 2 — мясо, 3 — рыба и аквакультура. Экстраполяции показаны штриховыми линиями: короткими штрихами — параболическая, длинными — кубическая.



Производство энергии: кружки — нефть, крестики — газ, цветные крестики — уголь (все — в млн т нефтяного эквивалента в год), треугольники — полная мощность АЭС (в ГВт). Экстраполяции показаны штриховыми линиями: короткими штрихами — параболическая, длинными — кубическая.

Продовольствие

Замедление роста численности населения, а также выведение генетически модифицированных растений, устойчивых к отдельным заболеваниям и вредителям, во многом снимают угрозу продовольственного кризиса, казавшуюся реальной всего пять лет назад [3]. Показатели производства основных продовольственных культур (зерна, мяса, рыбы) демонстрируют заметный рост. Эта тенденция существенно отличается от прогноза пятилетней давности, который предсказывал не рост, а стабилизацию уровня производства или даже его снижение. Явное расхождение демонстрирует невысокую надежность экстраполяции в данном конкретном случае. Так или иначе, угроза всемирного голода в ближайшие десятилетия не представляется достаточно обоснованной. Надежду на долгосрочный рост сельскохозяйственного производства, несмотря на зависимость от капризов погоды, вселяет ускорившаяся расшифровка геномов растений и животных, которая призвана дать агрономии и животноводству мощное оружие против вредителей, сорняков и болезней.

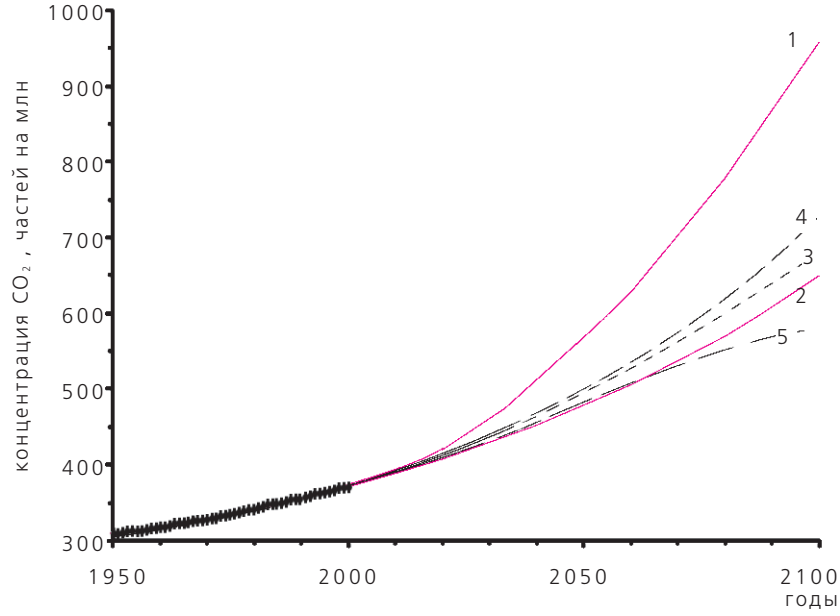
Энергетика

Добыча ископаемых видов топлива растет темпами, опережающими производство продовольствия. При этом в добыче нефти наметилась тенденция к снижению, а в газовой индустрии, наоборот, — к увеличению. Сейчас добыча газа постепенно опережает по эквивалентной энергии (выраженной в тоннах условного топлива) показатели остальных энергетических отраслей. Такому положению есть несколько причин: выработка многих низкозатратных нефтяных месторождений, лег-

кость транспортировки газа, действие Киотского протокола 1998 г. Согласно этому международному соглашению, все страны обязаны снизить до 2012 г. выбросы диоксида углерода, доведя их до уровня 1990 г. Конечно, постоянный рост добычи угля, нефти и газа несовместим с этим документом. Однако немаловажно, что при сжигании газа выделяется относительно меньше диоксида углерода в расчете на единицу энергии. Запасы угля и газа пока можно считать неограниченными. Намного раньше, чем начнет чувствоваться их недостаток, человечество столкнется с суровыми климатическими последствиями. Что касается нефти, то речь скорее идет о недостатке дешевой нефти, поэтому в будущем следует ожидать просто дальнейший рост ее стоимости.

Вследствие большой инерции энергетической отрасли тенденции ее развития не могут смениться за одно десятилетие. Поэтому ближе к 2012 г. Киотский протокол, вероятнее всего, вступит в резкое противоречие с действительностью и будет как-то пересмотрен.

Экономия энергии (теплосбережение, миниатюризация) имеет ограниченный ресурс, тем более, что при потеплении климата все возрастающую долю энергии будут поглощать кондиционеры. Единственная серьезная альтернатива традиционной энергетике — это ядерная индустрия. Однако после 1986 г. она пребывает в состоянии застоя, число действующих реакторов почти не меняется, а некоторый рост производимой электроэнергии обеспечивается заменой устаревших энергоблоков новыми, большей мощности. Развитие сдерживается двумя главными причинами: психологическим чернобыльским синдромом, а также нерешенной до сих пор проблемой захоронения ядерных отходов. Второй аспект — важная научная задача, одна из самых востребованных всей промышленностью и уже воспринятая общественным сознанием.

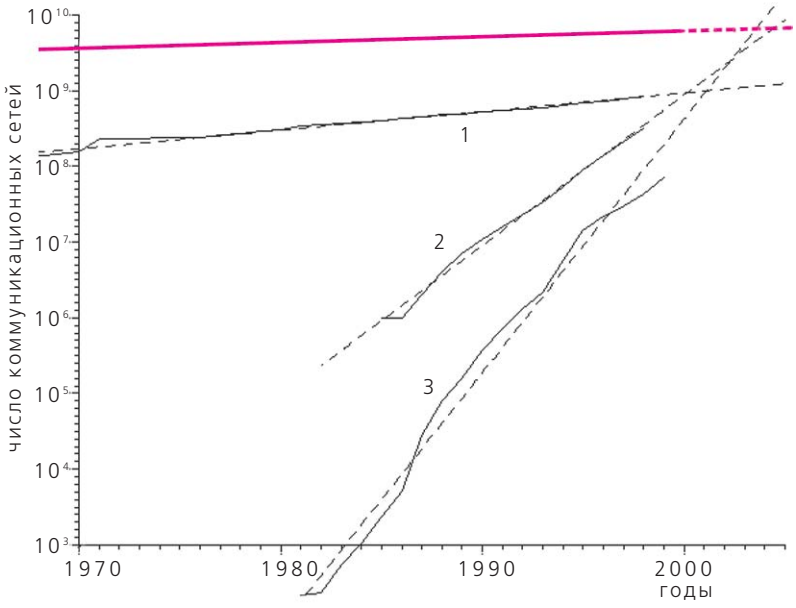


Атмосферная концентрация диоксида углерода (осциллирующая кривая) и ее экстраполяции: 1 и 2 — максимальная и минимальная (Cox P.M. et al., 2000), 3 — параболическая, 4 — кубическая (экстраполяция полиномом четвертой степени почти с ней совпадает), 5 — полиномом пятой степени.

Климат

Содержание диоксида углерода в земной атмосфере монотонно возрастало с момента изобретения тепловых машин и начала мировой промышленной революции. К концу XX в. оно увеличилось на 26% и достигло величины 368.4 частей на миллион. Несмотря на кажущуюся малость содержания CO_2, этот газ уже оказывает заметное воздействие на тепловой режим земной поверхности, создавая парниковый эффект. В результате 20-е столетие оказалось самым теплым в минувшем тысячелетии, а 90-е годы стали самым теплым десятилетием века [4]. Потепление климата имеет и позитивные (для северных районов), и негативные последствия, но в целом для планеты представляет серьезную опасность. Ожидается подъем уровня Мирового океана и сокращение поверхности суши; в связи с засухой будет затруднена сельскохозяйственная деятельность в южных районах; увеличивающееся испарение океана будет способствовать усилению циклонической активности, а значит, все более мощными и частыми станут ураганы, возрастет число паводков в средних широтах.

Недавно группа английских ученых дала прогноз возрастания концентрации CO_2 в атмосфере вплоть до 2100 г., учитывающий обратное воздействие потепления климата на углерод, который запасен в почве (в основном в виде торфяников) [5]. Прогноз выглядит ужасающим: к концу столетия количество атмосферного углерода возрастет почти втрое, средняя температура земной поверхности — на 5°С, а на суше — на 8°С.



Численность человечества (цветная линия) и динамика роста коммуникационных сетей: 1 — телефонные линии; 2 — мобильные телефоны; 3 — компьютеры, распространяющие информацию по Интернету. Штриховые линии — экспоненциальные экстраполяции.

При такой перспективе обширные пространства тропических зон могут стать непригодными для всех форм жизни. В истории Земли похожая ситуация уже однажды складывалась, когда в меловом периоде планета полностью лишилась ледников [6]. Поэтому озабоченность последствиями сжигания ископаемых видов топлива, отраженная Киотским протоколом, вполне оправданна. Выход из ситуации лежит в стратегии ускоренного развития ядерной индустрии, в неотлагательном решении проблемы ее отходов.

Вместе с тем отметим, что прогноз на столь длительное время не может учесть все новые факторы. С этой точки зрения интересно сравнить прогнозы английских ученых с простой экстраполяцией известной зависимости концентрации CO_2, аппроксимируемой полиномами разных степеней: вплоть до четвертой они возрастающие, более высокие — уже указывают на возможное снижение концентрации.

Компьютеры и связь

Компьютеризация и развитие Интернета произвели переворот в области коммуникаций. В отличие от роста промышленности и сельского хозяйства увеличение объема передаваемой в мире информации происходит экспоненциально. Столь резкая динамика, да еще при малой инерции этой отрасли, затрудняет экстраполяцию существующей зависимости в будущее, даже на короткие сроки. Так, любой прогноз легко может быть опрокинут разразившимся экономическим кризисом. Тем не менее в ближайшей перспективе ожидается быстрое развитие средств коммуникации.

Потенциально возможен еще один прорыв в развитии средств вычисления — появление квантовых компьютеров. На сегодня это пока теоретическая идея, подкрепленная лишь самыми первыми экспериментальными результатами. Но реальность квантовых вычислений и физическое воплощение квантовых компьютеров уже не вызывают сомнений. Конечно, представить себе будущее развитие квантовой информатики, как и ее воздействие на экономику, пока затруднительно.

Отметим, наконец, что все еще нерешенной остается одна из важнейших научных задач, поставленная в начале XX в.: как работает мозг животных и человека? Правда, уже можно утверждать, что мозг действует не так или не совсем так, как компьютер. Возможно, прогресс в понимании работы квантового компьютера [7] поможет нащупать пути решения этой общечеловеческой проблемы. ■

Литература

1. *Капица С.П. и др.* Синергетика и прогнозы будущего. М., 1997.
2. *Римашевская Н.М.* «Русский крест» // Природа. 1999. №6. С.3—10.
3. *Бялко А.В.* Динамика послевоенного мира // Природа. 1995. №5. С.3—25.
4. *Бялко А.В.* Статистика погоды // Природа. 2000. №12. С.6—10.
5. *Cox P.M. et al.* // Nature. 2000. V.408. №6809. P.184—187.
6. *Чумаков Н.М.* Теплая биосфера // Природа. 1997. №5. С.66—80.
7. *Манин Ю.И.* Классическое вычисление, квантовое вычисление и алгоритм факторизации Шора // Квантовые компьютеры, квантовые вычисления / Ред. В.А.Садовничий. Ижевск, 1999.

Австралию напоит подземное озеро

Почти вся внутренняя область Австралии — безводная пустыня, поэтому понятен тот энтузиазм, с каким общественность страны восприняла недавнее сообщение руководства горнодобывающей компании «Анаконда Никель» о намерении приступить к детальному изучению и последующей эксплуатации подземного озера, находящегося на территориях штатов Южная и Западная Австралия. Бурение подтвердило, что в песчаниках расположенного здесь бассейна Оффисер содержится большое количество пресной воды. (По объему бассейн занимает пятое место в стране, но превосходит другие по степени доступности и качеству воды.) Здесь предполагается построить крупный водопровод для орошения новых сельскохозяйственных угодий и снабжения водой горнопромышленных предприятий и поселков (Science. 2000. V.288, №5471. P.1581. США).

Остается выяснить, является ли подземное озеро реликтом древней акватории, или же это самовозобновляющийся резервуар.

Зоолог Б.Хамфрис (B.Humphreis) опасается, что выкачивание влаги из бассейна Оффисер может привести к гибели редкие виды организмов, обитающих в водоносном слое, однако вряд ли это остановит начатые работы.

Война в Центральной Африке угрожает обезьянам

Гражданская война, ведущаяся на территории Демократической Республики Конго (быв. Заир) и некоторых соседних государств, привела к существенному ущербу для животного и растительного мира (Science. 2000. V.287. №5462. P.2386. США). Среди зоологов и экологов этот регион известен, в частности, как место обитания одного из подвидов гориллы обыкновенной (*Gorilla gorilla*) — восточной равнинной гориллы (*G.g.manyema*). Недавно из Национального парка, находящегося у берегов оз.Киву, на границе с Руандой, пришло известие, что вооруженные повстанцы, вторгшись на заповедную территорию, перебили множество горилл. По сведениям японского приматолога Ю.Ямагивы (J.Yamagiwa), около половины из 240 горилл, которые находились под постоянным наблюдением его исследовательской группы, погибло от рук браконьеров. На территории Национального парка или вплотную к нему живет более 80% представителей этого подвида, так что угроза нависла, похоже, над всей популяцией.

Еще большие трудности возникают при попытках сохранить популяции карликового шимпанзе (*Pan paniscus*). Через главный его ареал — национальный парк «Салонга» — уже длительное время проходит линия фронта. Здесь животным угрожают не только солдаты воюющих сторон, но и многочисленные беженцы, страдающие от недоедания и охотно употребляющие мясо обезьян. Охрана парка разоружена, а на рынках Киншасы отмечены случаи продажи детенышей шимпанзе, оставшихся после убийства взрослых членов их стаи.

С тревожным обращением к общественности выступила известный приматолог С.Севидж-Рамбо (S.Savage-Rumbaugh), ведущая многолетние наблюдения за развитием навыков речи у шимпанзе в неволе. Да и в естественной среде поведение этих обезьян изучено еще слабо. Надежды возлагаются на миротворческие силы ООН, которым, возможно, удастся приостановить боевые действия и тем самым предотвратить полное исчезновение этих человекообразных обезьян.

Сказка — быль...

В сказках сквозь покров фантазии порой проступают реальные события. Американский физик Д.Олсон (D.Olson) проанализировал один сюжет из книги «Кентерберийские рассказы» зачинателя английской литературы Дж.Чосера (G.Chaucer), родившегося около 1340 г. (Science et Vie. 2000. №992. P.19. Франция). Чтобы завоевать сердце избранницы, живущей на крутом берегу Бретани, герой сказки о Франклине просит волшебника разрушить высокие скалы. После долгих вычислений положения звезд на небе чародей выполняет просьбу влюбленного, и в один из дней «дышащего ледяным холодом декабря» скалы исчезают...

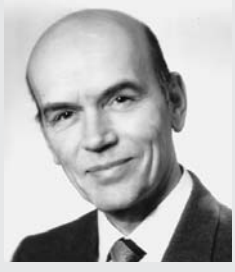
По астрономическим расчетам Олсона, 19 декабря 1340 г. произошло необычное затмение, вызвавшее очень сильные прилив и отлив. В средние века ученые не располагали точными знаниями о механизме этих явлений, но уже увязывали их с движением небесных тел. Чосер, бывший астрономом-любителем, конечно, имел собственный гороскоп, в котором отмечалось редкое расположение Луны и Солнца в указанный день. Это событие он, видимо, и использовал для завязки рассказа.

Конденсированное ридберговское вещество

Э.А.Маныкин, М.И.Ожован, П.П.Полуэктов

Помимо известных всем трех фаз — газообразной, жидкой и твердой — вещество может находиться и в менее привычных состояниях. Так, при сверхвысоких температурах это — плазма, ионизованный газ, у которого кинетическая энергия движущихся частиц превалирует над энергией их взаимодействия друг с другом. При сверхвысоких давлениях, которые бывают разве что в космических объектах, возможно существование нейтронной материи. Однако для физики интересны не только устойчивые состояния вещества в конкретных условиях, не менее привлекательны — возбужденные и метастабильные. Для молекул, атомов и ядер последние хорошо известны, как и роль, которую они играют в разных процессах. Часто переход из одного стабильного состояния в другое происходит через некоторое метастабильное промежуточное. Причем в возбужденных или метастабильных состояниях могут находиться не только отдельные частицы (ядра, атомы, молекулы), но и совокупности частиц. Существуют даже метастабильные фазы, некоторые сопутст-

© Э.А.Маныкин, М.И.Ожован, П.П.Полуэктов



Эдуард Анатольевич Маныкин, *доктор физико-математических наук, заведующий отделом нелинейной оптики твердых тел ИСФТТ РНЦ «Курчатовский институт». Область научных интересов — нелинейная и квантовая оптика, физика твердого тела. Лауреат Курчатовской премии 1987 и 1996 гг. Соавтор монографии «Оптическая эхо-спектроскопия» (М., 1984).*

Михаил Иванович Ожован, *доктор физико-математических наук, заместитель директора Центра разработки технологий и аналитического контроля НПО «Радон». Член Американского химического общества и Общества исследователей материалов, эксперт МАГАТЭ по проблеме радиоактивных отходов. В последние годы занимается термохимией радиоактивных отходов, матрицами для них. Соавтор монографии «Стекла для радиоактивных отходов» (М., 1999).*

Павел Петрович Полуэктов, *доктор физико-математических наук, заместитель директора отделения ГНЦ РФ ВНИИНМ им.А.А.Бочвара. Область научных интересов — физика твердого тела и радиоактивных сред, аэрозольных систем, научно-технические аспекты обращения с радиоактивными отходами.*

вуют человеку на протяжении его жизни, а иные остаются неизменными веками и тысячелетиями. Примером могут служить стекла и вообще стеклообразное вещество. Так, найдены образцы вулканического стекла возрастом десятки—сотни миллионов лет! А ведь стекло в принципе метастабильно и со временем обязано кристаллизоваться. Таким образом, часто *важен не сам факт стабильности изучаемого состояния, а сколь оно распространено и как долго существует.*

Мы сосредоточимся на относительно короткоживущих объектах, состоящих целиком из высоковозбужденных атомов и молекул*. Напомним, что высоковозбужденные состояния атомов называются ридберговскими. В этой связи газовые или сконденсированные фазы из таких атомов или молекул также называют ридберговскими, причем часто употребляют термин «ридберговское вещество».

В далеком 1969 г. Л.В.Келдыш пришел к неординарному по тем временам предположению: газ экситонов (элементарных возбуждений в полупроводнике, структура которых напоминает атом водорода) при достаточном сгущении должен сконденсироваться в некоторую жидкоподобную (хотя и метастабильную) фазу. Это предсказание, сделанное «на кончике пера», как это нередко бывает в науке, вскоре подтвердилось. Исследование электронно-дырочных капель продолжается во всем мире и сейчас, и весьма продуктивно. Позднее, к 80-м годам, появились теоретические работы, предсказывающие переход системы большого числа возбужденных атомов в новое, *конденсированное возбужденное состояние* [1]. В нем, как упоминалось выше, вещество состоит целиком из возбужденных атомов, и, что особенно важно, время жизни этого состояния может быть огромно — в некоторых случаях намного больше времени жизни изолированных возбужденных атомов.

Атомы возбужденные и метастабильные

Наиболее подробно изучен возбужденный атом водорода. Его энергетический спектр описывается известной формулой:

$$E_{n,l} = -me^4/2\hbar^2n^2,$$

где n — главное квантовое число. Волновые функции электрона в атоме водорода также хорошо известны для всех состояний, и с их помощью можно подсчитать средний радиус атома в каждом состоянии

$$\langle r\rangle = (a_0/2)[3n^2 - l(l+1)],$$

где a_0 — радиус Бора (0.529 Å). В отличие от энергии, которая определяется только числом n, величина $\langle r\rangle$ зависит и от орбитального квантового числа l. Как видно из формулы, наиболее «раздут» атом в сферически симметричном состоянии (когда $l = 0$): в нем электрон в среднем более всего удален от ядра. Какова же структура электронного облака, или точнее — какова вероятность обнаружить электрон на данном расстоянии r от ядра? На рис.1 показана радиальная зависимость этой величины для первых трех ($n = 1, 2, 3$) S-состояний атома водорода (сферически симметричных). Видно, что характерный размер атома действительно быстро растет; электронное облако как бы выталкивается к периферии по мере его возбуждения. При данном n и $l = 0$ электрон в среднем находится на расстоянии $3n^2a_0/2$ от ядра, проводя основное время в слое толщиной na_0.

Метастабильные атомы — это возбужденные атомы, излучательный распад которых (переход в основное состояние с испусканием фотонов) запрещен правилами отбора. Вследствие этого их время жизни может быть очень про-

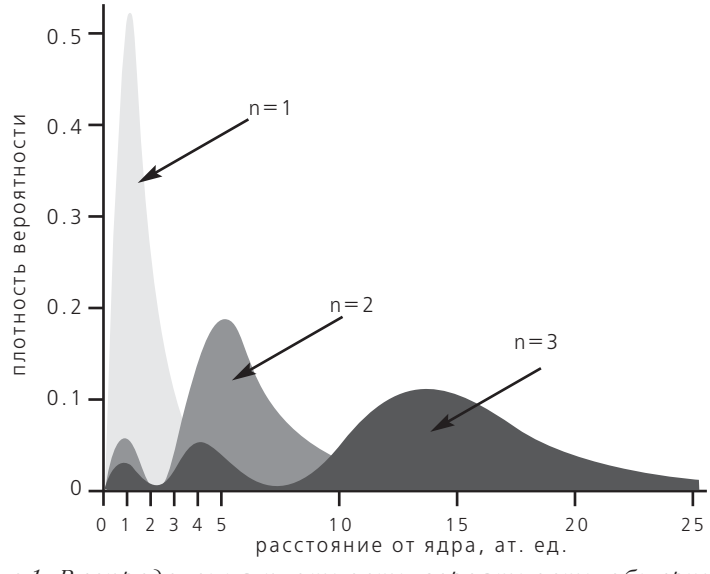


Рис.1. Распределения плотности вероятности обнаружить электрон на данном расстоянии от ядра в сферически симметричных состояниях атома водорода. С ростом уровня возбуждения полое электронное облако «раздувается».

* Современная физика интересуется свойствами и более сложных объектов: например, изучаются фазовые переходы в различных системах элементарных возбуждений в твердых телах.

должительным. Например, возбужденный атом водорода в метастабильном состоянии $2S_{1/2}$ (n =2, l =0, J = 1/2) существует ~2 мс, в то время как у обычных возбужденных атомов распад происходит за 1 мкс. Благодаря значительному времени жизни метастабильные атомы могут накапливаться до относительно высоких концентраций 10^{12}—10^{14} см$^{-3}$, оставаясь возбужденными. Снятие возбуждений в таких системах происходит вследствие межатомных столкновений и может затягиваться на макроскопические времена.

Длительное существование характерно, однако, не только для метастабильных атомов, но и всех высоковозбужденных, когда n>>1. Мы уже говорили, что такие атомы, как и их высоковозбужденные состояния, называют ридберговскими. Для атомов всех элементов эти состояния водородоподобны. Причина в том, что при n>>1 внешний электрон почти все время удален от иона на очень большие расстояния. Тем самым он движется в поле положительно заряженного атомного остатка (как в водородном атоме вокруг ядра). Отклонения от этой модели заметны только на близких расстояниях от центра. Спектр ридберговского атома весьма точно описывается формулой

$$E = -me^4/2h^2(n+\delta)^2,$$

где δ_l — это поправка Ридберга, иначе называемая квантовым дефектом, которая отражает факт отклонения поля от кулоновского на малых расстояниях. Главная особенность *ридберговских состояний — универсальный для всех атомов характер.* Время жизни этих состояний растет пропорционально $n^{9/2}$ и может достигать миллисекундных значений и более в зависимости от того, насколько велико главное квантовое число n.

Почему возбужденные атомы конденсируются

Мы уже говорили, что столкновения — основной механизм снятия возбуждений в системах метастабильных или ридберговских атомов. Однако всегда ли столкновения приводят к разрушению возбужденных состояний? Ведь, как уже доказано, газ возбужденных атомов при некоторой плотности конденсируется. Так почему же и как это происходит?

Напомним предсказание Келдыша: если газ экситонов сделать достаточно плотным, он должен сконденсироваться в электронно-дырочные капли. Похожим образом и возбужденные атомы в одних условиях могут оставаться газом, а в других конденсироваться. Понять это можно, проследив за энергией системы большого числа одинаково возбужденных атомов при постепенном увеличении их концентрации. Пусть у каждого атома есть один электрон, возбужденный в состояние n. Электрон движется в поле атомного потенциала $v(r)$, и его полная энергия — E_n. На большом расстоянии от ионного остатка потенциал имеет кулоновский вид $-e^2/r$. Пока концентрация возбужденных атомов мала, они находятся на очень больших расстояниях друг от друга и взаимодействие между ними несущественно. Энергия такого разреженного газа практически равна сумме энергий отдельных атомов. Будем теперь увеличивать его плотность. Расстояния между соседними атомами начнут уменьшаться, и, когда их волновые функции станут перекрываться, в игру вступят межчастичные взаимодействия. Возбужденные электроны, находясь почти все время вдали от своих ионных остатков, будут проникать в соседние атомы и притягиваться не только своими ионами, но и чужими. Вот тут мы и вспомним об энергии. Согласно одному из общих принципов механики, любой системе энергетически выгодней находиться в состояниях с меньшей энергией. Потенциальная энергия, отвечающая притяжению, всегда отрицательна и тем больше по абсолютной величине, чем сильнее притяжение. Поэтому в указанных условиях потенциальная энергия системы все более взаимодействующих с ионами электронов станет понижаться, обеспечивая выигрыш от увеличения плотности газа.

Полная энергия электрона складывается из потенциальной энергии взаимодействия с ионом (ионами) и кинетической энергии. Что же происходит с кинетической энергией электрона при сближении атомов? Эта сугубо положительная величина определяется характером движения электрона, т.е. видом его волновой функции. У медленного электрона волновая функция меняется от точки к точке очень плавно, у быстрого, с большой кинетической энергией, наоборот — быстро осциллирует в пространстве. Возможность заходить в соседние атомы вынуждает волновую функцию электрона изменяться. Она становится более плавной, поскольку теперь область движения частицы расширяется. Очевидно, кинетическая энергия электрона при этом несколько уменьшается. Получается, что сближение возбужденных атомов им выгодно вдвойне: и потенциальная энергия, и кинетическая падают.

Ну а что же происходит, если еще более уплотнять газ возбужденных атомов? Понять это помогает рис.2, где схематично изображен потенциал взаимодействия возбужденного электрона с ионами как при малых плотностях (тогда это по сути суперпозиция атомных потенциалов), так и больших, когда расстояния между атомами порядка их радиуса.

В первом случае мы имеем дело с газом возбужденных

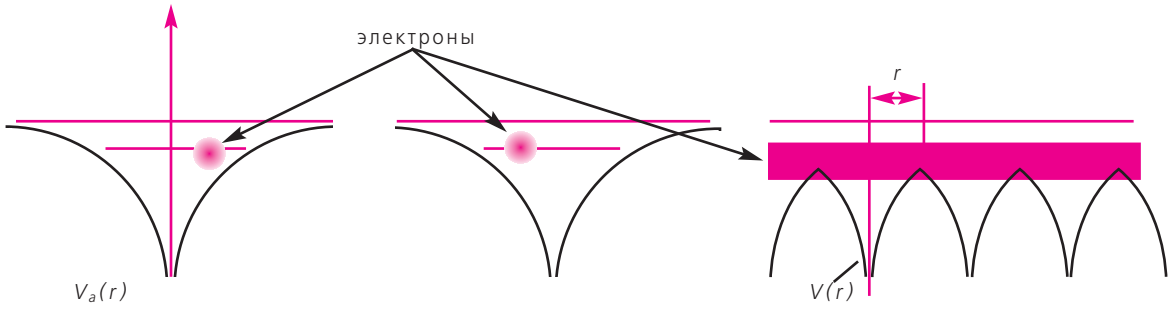


Рис.2. Картины потенциала для газа из возбужденных атомов (слева) и металлизированного состояния также из возбужденных атомов. В первом случае электрон возбужденного атома движется в поле ионного остатка, и его спектр дискретный. При достаточном сжатии газа электроны коллективизируются, что приводит к трансформации потенциала и образованию зонной структуры уровней.

атомов, каждый из которых сохраняет свои индивидуальные свойства. Во втором случае перекрытие волновых функций атомов настолько велико, что энергетический спектр системы трансформируется, приобретая зонные черты, характерные для металлов: электроны более не связаны со своими ионными остовами и движутся в некотором коллективном (образованном всеми ионами и электронами) потенциале, *V(r)*. Здесь возбужденный атом нельзя считать отдельной, выделенной единицей, ибо он полностью теряет свою индивидуальность. Можно, однако, как это делается в физике твердого тела, ввести элементарную ячейку, например ячейку Вигнера—Зейтца, которая содержит один ион, окруженный облаком с зарядом, равным электронному. Составляет этот заряд на самом деле не один какой-то выделенный электрон, а все электроны системы, которые теперь получили возможность двигаться в поле не только своего, но и всех остальных ионов. Иногда говорят, что ячейка Вигнера—Зейтца выделяет некий нейтральный псевдоатом и, мол, из таких образований и состоит конденсированное состояние.

Продолжим и дальше увеличивать плотность системы. Казалось бы, и ее энергия должна монотонно понижаться, ведь из-за больших размеров возбужденных атомов запас увеличения плотности значителен. Потенциальная энергия электронов действительно будет падать, а вот кинетическая уменьшаться слишком долго не может: как только среднее межатомное расстояние достигнет некоторого значения R_n, убыль кинетической энергии сменится очень быстрым возрастанием, ликвидируя все выгоды от сближения. Ситуация во многом напоминает поведение электрона в отдельном атоме. Здесь также необходимо понять, почему электрон не падает на ион, а в возбужденном атоме проводит почти все время вдали от ядра. Что мешает ему проникать в близкую к ядру область с низкой потенциальной энергией? Дело в том, что во внутренних областях волновая функция электрона испытывает множество быстрых осцилляций, которым отвечает большая кинетическая энергия: она «съедает» всю выгоду от понижения потенциальной. Именно поэтому в возбужденном атоме электрон старается быть подальше от внутренней области быстрых осцилляций. Квантовомеханическое описание предписывает волновой функции возбужденного электрона быть ортогональной волновым функциям всех нижележащих по энергии состояний. Чем выше уровень возбуждения, тем жестче требования ортогональности и соответственно больше радиус области (тот самый R_n) быстрых осцилляций. Чересчур сжав систему возбужденных атомов, мы заставим электроны проводить большую часть времени на меньших, чем R_n, расстояниях от ядер, где кинетическая энергия неоправданно велика. Суммарная энергия системы вместо еще большего понижения начнет быстро расти, как это показано на рис.3.

Итак, мы приходим к выводу, что полная энергия системы возбужденных атомов как функция плотности (или межатомного расстояния) имеет некий минимум. Отвечающее ему коллективное состояние *энергетически наиболее выгодно* и реализуется в виде конденсированного возбужденного состояния. Самое время вспомнить восточную мудрость, говорящую о том, что море побеждает реки тем, что расположилось ниже их!

Теоретические хитрости

Описать конденсированное возбужденное состояние помогают известные в теории

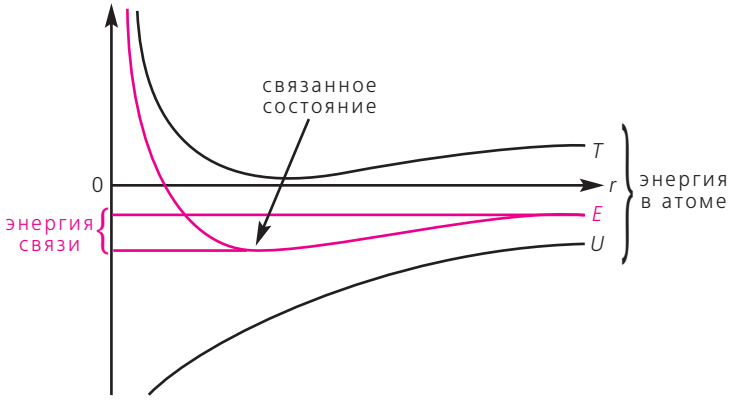


Рис.3. Возникновение связи в системе возбужденных атомов при их сближении. Здесь r — межатомное расстояние; E — полная, T — кинетическая, U — потенциальная энергии. При больших r эти параметры характеризуют отдельный возбужденный атом. Наличие потенциальной ямы в зависимости E(r) обеспечивает появление связанных состояний.

твердого тела методы, правда, после соответствующей адаптации к не совсем свойственным для них условиям. Например, чтобы найти уравнение состояния, проводят минимизацию энергии системы. Однако ридберговские атомы возбужденные, поэтому минимизирующие функции следует брать только из ограниченного класса функций, отвечающих условиям возбуждения. Далее, волновые функции электронов обязаны и в конденсате сохранять свою ортогональность функциям всех нижележащих состояний. Нельзя сказать, что это требование делает расчет невозможным, но оно его очень усложняет. Впрочем, похожую трудность твердотельщики преодолели еще на рубеже 70-х. В металлах волновая функция валентного электрона должна быть также ортогональна функциям всех нижележащих состояний, в том числе внутренних оболочек иона. Математически эту ортогонализацию учитывают введением некоторого компенсирующего отталкивающего потенциала в области внутренних оболочек. Физический смысл появления такого отталкивания как раз и отражает факт большой кинетической энергии электрона из-за быстрых осцилляций его волновой функции в этой области. Значительный шаг вперед, позволивший избежать ортогонализации волновых функций и сложных математических преобразований, — замена истинного потенциала взаимодействия в области внутренних оболочек некоторым сглаженным модельным псевдопотенциалом, сохраняющим, однако, истинное поведение валентного электрона вдали от притягивающего центра. Метод псевдопотенциала, конечно же, применим и к возбужденным атомам, поскольку в основе имеет точное математическое преобразование, а не какую-то гипотезу.

Уравнение состояния для нашей системы можно найти еще одним, близким по идеологии, методом: заменить возбужденные атомы некими невозбужденными псевдоатомами (не путать с псевдоатомами твердого тела!), спектр которых тот же, а волновые функции совпадают с атомными вдали от ядра, но во внутренних областях (на расстояниях меньше R_n) являются плавными (без осцилляций — как в невозбужденном атоме). На практике такая процедура сводится к замене истинного потенциала взаимодействия электрона с ионом неким псевдопотенциалом, в поле которого электрон находится в основном состоянии. После чего возможен расчет с применением вариационной процедуры.

Увы, здесь возникает новая трудность. Плотность конденсированного возбужденного состояния, несмотря на его металлическую природу, чрезвычайно мала. Ввиду очень больших размеров возбужденных атомов она газовая или даже вакуумная. Помимо этого, распределение электронов в пространстве крайне неоднородно. Такое сочетание для теории очень нестандартно, хотя пространственная неоднородность скорее правило, чем исключение. Более или менее равномерно электроны распределены разве что в щелочных металлах и в экзотическом металлическом водороде. Вообще же в атомах, молекулах, металлах и др. они распределены как раз неоднородно. А известная всем модель почти свободных электронов есть всего лишь приближение, впрочем, позволившее правильно описать многие свойства металлов. Эта модель применительно к конденсированным возбужденным состояниям не работает вовсе, поскольку здесь необходимо с самого начала учесть неоднородность электронной жидкости. Преодолеть эту трудность в теории конденсированного возбужденного состояния помогли методы, разработанные для описания неоднородной электронной жидкости.

Основы теории неоднородной электронной жидкости заложили П.Хоэнберг, У.Кон и Л.Шэм еще в 60-е годы. В ней исходят из принципа минимума некоторого функционала плотности электронной жидкости, причем в случае одно-

родного распределения электронов подход в точности сводится к известным теоретическим моделям. Теория успешно применяется как для описания атомов и молекул, так и твердого тела.

Таким образом, прогресс в понимании свойств конденсированного возбужденного состояния был достигнут *только после объединения методов двух теорий: псевдопотенциала и неоднородной электронной жидкости.* Схема расчета выглядит довольно простой. Сначала вводится псевдопотенциал, описывающий данное состояние возбужденного атома. Затем находится минимум энергии неоднородной системы электронов в суммарном поле псевдопотенциалов. Минимизирующие функции применяются далее для оценки различных параметров конденсата. Наиболее полные расчеты проведены для высоковозбужденных атомов. Здесь как раз и пригодилась универсальность ридберговских состояний. А особенности строения конденсата из возбужденных атомов для каждого вещества отражаются в поправке Ридберга δ_l.

Для возбужденных состояний атома цезия были получены численные данные, позволяющие судить о некоторых параметрах конденсированных возбужденных состояний. Дадим здесь лишь некоторые из них (см. таблицу).

Как же наблюдать конденсированное возбужденное состояние? Оно имеет газовую плотность, отнюдь не низкую температуру плавления, да к тому же прозрачно в видимом диапазоне. Если где-то конденсированное возбужденное состояние и появляется, скажем, в виде капелек, то мы этого никак и не заметим! Время жизни капелек, как мы видим из таблицы, отнюдь не мало. Поэтому излучение из-за рекомбинации возбуждений слишком слабое, и скорее всего мы его тоже не увидим. Разве что повезет и что-то искусственно заставит конденсат распасться.

Может быть, именно из-за неброскости конденсированное возбужденное состояние и не привлекало особого внимания к себе. Хотя теоретики, да и экспериментаторы, то и дело обнаруживали, что оно должно существовать.

Откуда берется метастабильность

Переход от изолированных возбужденных атомов к конденсированному возбужденному состоянию сопровождается ростом энергии связи и увеличением времени жизни возбуждений. Мы уже поняли механизм появления связи в конденсате, он в общем-то такой же, что и в обычных металлах. В его основе — перекрытие волновых функций возбужденных атомов, делокализация или коллективизация всех возбужденных электронов. Но почему же столь велико время жизни? Здесь есть две причины, первую из которых легко понять сходу, а о второй придется немного поговорить.

Поскольку образование конденсированного возбужденного состояния энергетически выгодно, энергетические уровни электронов в конденсате располагаются ниже начальных положений. Из приведенной выше формулы для спектра ридберговского атома видно, что чем выше уровень возбуждения, тем чаще эти уровни расположены. Энергия уровня обратно пропорциональна квадрату главного квантового числа, значит, расстояния между соседними уровнями с ростом n уменьшаются обратно пропорционально третьей степени n. Понижение уровней энергии электронов при переходе высоковозбужденных атомов в конденсированное состояние (такой конденсат называют *ридберговской материей*) делает невыгодными переходы между соседними состояниями конденсата. В ридберговской материи распад возможен только сразу в состояния, близкие к основному! А вероятность таких переходов значительно меньше, как и в отдельных атомах. Итак, это первая причина, которая, однако, далеко не главная.

Вторая причина метастабильности ридберговской материи генетически связана с неоднородностью распределения электронов в пространстве. И в обычных твердых телах (металлах) было замечено, что подобные неоднородности усиливаются так называемым обменно-корреляционным взаимодействием электронов: созданное где-то избыточное сгущение электронов благодаря этому взаимодействию еще более уплотняется. Потенциал обменно-корреляционного взаимодействия иногда называют потенциалом Слэтера или Дирака—Слэтера; он пропорционален кубическому корню из плотности электронов в данной точке. Но в обычном веществе, скажем металле, обменно-кор-

Состояние атома	Плотность, см$^{-3}$	Энергия связи, эВ	Температура плавления, К	Работа выхода, эВ	Граница прозрачности, мкм	Время жизни
12-S	$1.1 \cdot 10^{18}$	0.137	460	0.32	32	25 с
13-S	$5.3 \cdot 10^{17}$	0.113	460	0.27	46	5 с
14-S	$2.8 \cdot 10^{17}$	0.096	540	0.23	63	80 ч

реляционное взаимодействие действует на фоне очень сильного кулоновского и лишь слегка искажает общий потенциал, не изменяя его принципиально. Напротив, в ридберговской материи кулоновское взаимодействие ослаблено — ведь электроны находятся на очень больших расстояниях от ионов. Поэтому здесь даже небольшое искажение потенциала может изменить характер взаимодействия. И действительно, расчеты показали, что *для уровней возбуждения, начиная примерно с седьмого, в потенциале взаимодействия электрона с ионом возникает область отталкивания!* Она тем шире, чем выше уровень возбуждения. Взглянем на рис.4, где показана картина потенциала вблизи иона, окруженного коллективизированными электронами в конденсированном состоянии возбужденных атомов цезия при $n = 10$, $l = 0$. На расстояниях около R_{10}= 28 Å (соответствующих W_{max}) и дальше характер потенциала взаимодействия действительно отталкивающий: электроны как бы выталкиваются из псевдоатома. Псевдоатом, как и элементарная ячейка Вигнера—Зейтца, здесь сферически симметричны, и имеют радиус, равный R_{WS} = 33.5Å.

В результате электроны, которые и раньше, т.е. в возбужденном атоме, находились почти все время на больших расстояниях от иона, теперь оказываются и вовсе запертыми у периферии псевдоатомов. Раньше подходить близко к ядру им мешало возрастание кинетической энергии, теперь же для этого им нужно пройти сквозь широкий потенциальный барьер, что влечет существенное изменение волновой функции электронов во внутренней области атома, значительно понижающее вероятность их нахождения здесь.

Эффект запирания электронов у границ псевдоатомов или элементарных ячеек целиком обусловлен обменно-корреляционным взаимодействием электронов. У этого чисто квантовомеханического эффекта есть тем не менее классический аналог, замеченный Келдышем в 80-е годы. Представим себе полую металлическую сферу, в центре которой находится положительно заряженный ион и на каком-то расстоянии от него — электрон. Электрон считаем классической частицей. Без сферы ион притягивает электрон по закону Кулона на любом расстоянии. Если же они внутри сферы, то электрон, с одной стороны, притягивается ионом, а с другой — своим собственным электростатическим изображением, созданным перераспределением зарядов на сфере. Ясно, что притяжение к стенке оболочки будет превалирующим, когда электрон далеко от иона и близко к стенке.

Запирание электронов, или стягивание волновых функций к границам элементарных ячеек, как раз и выполняет роль той, второй, причины существенного увеличения времени жизни конденсированного возбужденного состояния по мере роста уровня возбуждения.

Метастабильными оказываются не все конденсированные возбужденные состояния, а только ридберговская материя. Только в таком конденсате эффекты обмена и корреляции электронной жидкости могут проявить себя в должной мере на фоне обычно более сильных кулоновских эффектов. Поэтому время жизни ридберговской материи необычайно велико в сравнении с временем жизни возбужденных атомов, составляющих его структуру. Будучи извлеченными из нее, они возвращают себе индивидуальность и теряют при этом метастабильность.

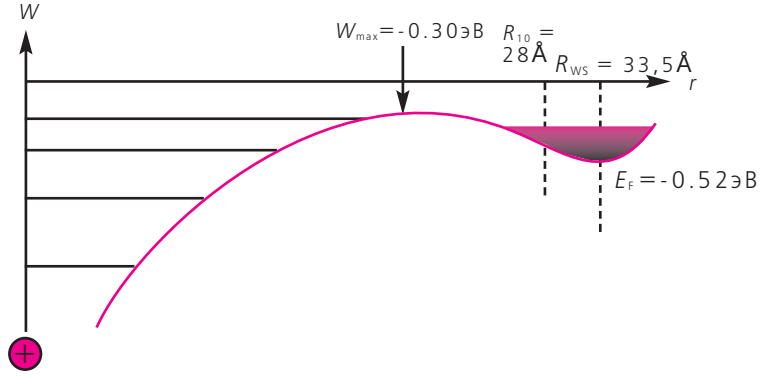


Рис.4. Энергетическая диаграмма для электронов проводимости в ридберговской материи из атомов цезия. Цветной кривой показан ход потенциальной энергии. Уровни энергии образуют дискретный спектр, когда электроны находятся во внутренних областях возбужденных атомов, и непрерывный — когда они локализуются вблизи минимума потенциальной энергии. Наличие широкого барьера затрудняет проникновение электронов внутрь атомов, запирая их на периферии.

Что показывает эксперимент?

Мы пока старались объяснить, почему газ возбужденных атомов конденсируется, и показать, за счет чего конденсированное возбужденное состояние энергетически более выгодно по сравнению с газовым. Кажется, реализовать процесс конденсации

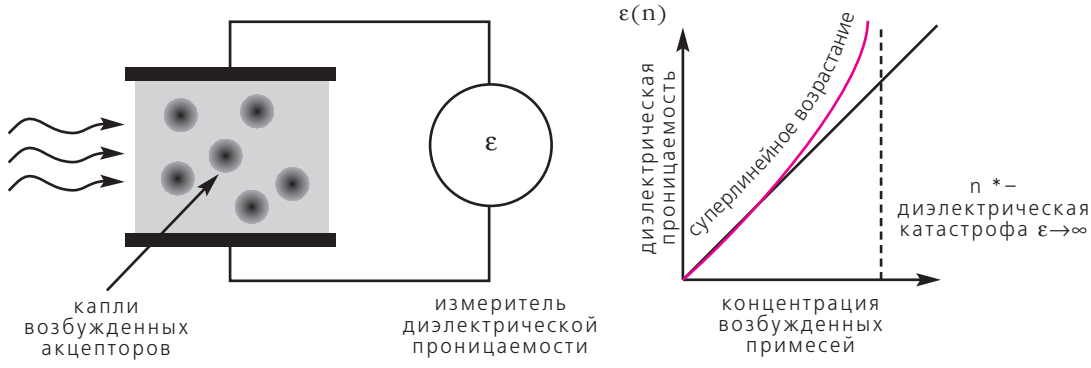


Рис.5. Косвенное наблюдение конденсации возбужденных примесей в германии по характеру изменения диэлектрической проницаемости материала. Слева — схема опыта, справа — результат, показывающий суперлинейный рост проницаемости при образовании капель возбужденных акцепторов (Ga).

совсем несложно: охладить среду до достаточно низкой температуры, когда возбужденные атомы из конденсата более не испаряются. Однако это скорее условие удержания уже созданного конденсата, а не его синтеза. Для получения конденсированных возбужденных состояний надо прежде всего собрать вместе много возбужденных атомов в метастабильных или ридберговских состояниях. Что же удалось получить в лабораторных условиях?

Рассматривая проблему несколько шире, отметим, что исторически конденсация наблюдалась впервые в системе элементарных возбуждений — экситонов. Вслед за обнаружением электронно-дырочных капель в полупроводниках появились работы [2], в которых констатировалась конденсация возбужденных мелких примесей в германии. Авторы обосновывали свой вывод фактом суперлинейного возрастания диэлектрической проницаемости полупроводника по мере увеличения концентрации возбуждений (рис.5). Затем Л.Б.Глебов и О.М.Ефимов из Государственного оптического института [3] показали, что основной причиной собственного оптического пробоя в стеклах служит образование металлизированных областей возбужденного конденсата.

Но наиболее впечатляют экспериментальные работы К.Амана, Дж.Петтерсона и Л.Холмлида из Гётеборгского университета. В 1990 г. они опубликовали результаты своих исследований больших кластеров из возбужденных атомов цезия с помощью времяпролетного масс-спектрометра [4]. На рис.6 показана схема этого эксперимента. Опыты проводились в высоковакуумной камере. Эмиттером возбужденных атомов служила нагретая до высокой температуры графитовая фольга, через которую проходили пары цезия. Анализ времяпролетных спектров показал образование в камере больших кластеров, масса которых достигала примерно 40 тыс. атомной массы цезия. И что важно, они легко ионизировались. Результаты опытов свидетельствовали о том, что кластеры целиком состоят из возбужденных атомов цезия. Значит, это — сгустки конденсата. В 1991 г. исследователи из Гётеборга измерили удельное омическое

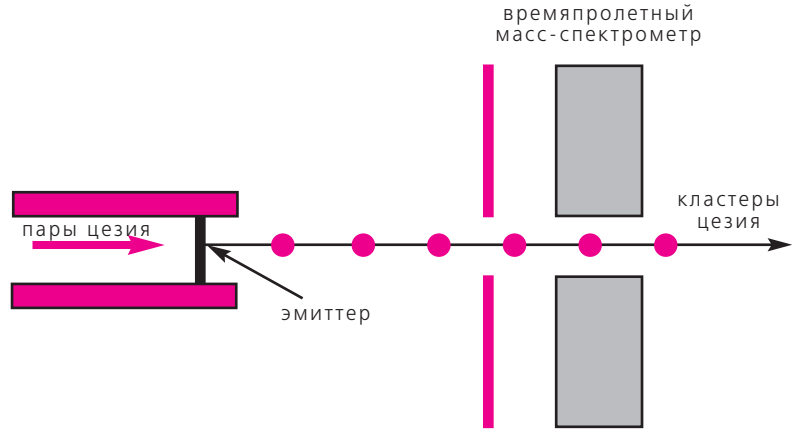


Рис.6 Схема опыта исследователей из Гётеборгского университета. Анализ времяполетного спектра показал наличие в пучке сгустков возбужденных атомов цезия с массой, в 40 тыс. раз большей атомной.

сопротивление конденсата (0.001—0.01 Ом·м); в 1992 г. им удалось собрать на азотной ловушке капельки конденсата из возбужденных атомов цезия и по характеру вспышек их люминесценции определить время жизни капелек [5]: 5—10 мин. Работа выхода электронов из конденсата оказалась равной 0.5—0.7 эВ и соответствовала ранее проделанным расчетам. Отметим, что она существенно ниже, чем у обычного цезия (1.54 эВ).

Создание и исследование ридберговской материи — большой успех шведских исследователей, умело распорядившихся имеющимся у них мощным источником (эмиттером) возбужденных атомов цезия. Но создавать возбужденные атомы в больших концентрациях можно и другими способами: короткими лазерными импульсами, мощным электрическим пробоем, ионизирующим излучением. Эти способы кажутся вполне пригодными для синтеза конденсата возбужденных атомов, но важно при этом не перегреть среду, чтобы не разрушить уже созданные капельки.

О перспективах

Повторим: конденсированное возбужденное состояние — это особая форма существования вещества, когда оно целиком состоит из возбужденных атомов, молекул, примесей в твердых телах. Более того, оно может быть создано и элементарными возбуждениями в твердых телах типа экситонов. В последнем случае конденсируется уже не вещество, образуя твердые или жидкие образования, а возбуждения в веществе. Конденсация такого сорта происходит благодаря взаимодействиям возбуждений, приводящим к образованию энергетически более выгодного, чем отдельные возбуждения, конденсата.

Что же мы вправе ожидать от исследований метастабильных состояний вещества? Для теории здесь интересны два аспекта. Во-первых — поиски и разработка новых подходов к анализу возбужденного состояния, в котором возбуждений настолько много, что они не могут больше рассматриваться как независимые. Такие условия наблюдаются сплошь и рядом, они специально и часто создаются в высокоэнергетических системах, поэтому на этом пути можно ожидать больших прорывов. Новый метод всегда ценен тем, что позволяет иначе взглянуть на мир. И часто необъяснимое становится очевидным. Феномен (которым, как пишет А.Генис, наука не занимается, ибо она старается упростить мир, сводя его к повторяющимся явлениям) после этого становится объектом науки. Быть может, новая теория позволит объяснить природу такого атмосферного явления, как шаровая молния [6]? Или понять причину космического излучения туманных скоплений?

Второй аспект — собственно создание теории конденсированного возбужденного состояния вещества. Заложены только ее контуры, поле для работы лишь обозначено.

Для исследователей конденсированные возбужденные состояния интересны и в плане их создания и наблюдения. Как синтезировать ридберговское вещество? Шведские исследователи нашли только один путь: они используют высоковакуумные установки, специальные эмиттеры возбужденных атомов. Нужны новые методы, их предстоит придумать. Другое дело, что ридберговское вещество как метастабильное состояние, не особо проявляющее себя, может создаваться во многих экспериментах, где есть высоковозбужденные атомы. Здесь задача исследователей — найти способы его улавливания и изучения.

Применение конденсированного возбужденного состояния вещества уже предложено и даже защищено патентами шведских специалистов для термоионных конверторов. Их главный аргумент — очень малая работа выхода электронов из возбужденного конденсата. Ридберговское вещество — это аккумулятор энергии возбуждений, и оно могло бы использоваться как рабочее тело для сверхмощных лазеров. С его помощью можно было бы экранировать звук и т.д. Впрочем, только время покажет, найдет ли себе применение на практике это неброское, но безусловно привлекательное состояние вещества.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 99-02-16292.

Литература

1. *Маныкин Э.А., Ожован М.И., Полуэктов П.П.* // Хим. физика. 1999. Т.18. №7. С.88—101.
2. *Bocharnikov V.I., Godik E.E., Petrov A.V.* // Proc. II Ukranian Conf. on Photoelectric Phenomena in Semiconductors. Kiev, 1982. P.63.
3. *Глебов Л.Б., Ефимов О.М.* // Изв. АН СССР. Сер. физич. 1985. Т.49. №6. С.1140—1145.
4. *Aman C., Pettersson J.B.C., Holmlid L.* // Chem. Phys. 1990. V.147. P.189—197.
5. *Pettersson J.B.C., Lindroth H., Aman C., Holmlid L.* // J. Mat. Research. 1992. V.7. P.100—104.
6. *Ojovan M.I.* // J. Meteorology. 1992. V.17. P.95—96.

Тектиты, субтектиты, стримергласы и Тунгусский метеорит

Е.В.Дмитриев
Москва

Существуют достоверные факты падения на Землю (в Монголии, Туркмении, Польше, Эстонии и других местах) так называемых псевдометеоритов, которые представляют собой шлакопемзы и по составу резко отличаются от метеоритов известных типов. Их падение продолжается и по сей день. Автором были исследованы такого рода находки, собранные в 11 точках на территории России и Казахстана.

Анализ выявил на поверхности некоторых образцов характерные следы воздействия высокоскоростных газовых потоков. Из показаний очевидцев следует, что такие обломки могли выпасть из наблюдавшихся ими болидов, а траектории болидов указывают на их вероятную связь с метеорными потоками. Химический состав образцов говорит о возможной генетической связи не только между отдельными находками, разделенными тысячами километров, но и между этими образцами и импактитами метеоритного кратера Стерлитамак и астроблемы Жаманшин, а также тектитами.

Неожиданный результат дал петрологический анализ: все исследованные образцы имеют признаки мощного электрического пробоя вещества. Такие же признаки обнаружены в фульгуритах (стеклах естественного земного происхождения), тектитах [1] и некоторых импактитах, что позволяет предположить единый механизм их образования. Обнаруженные практически во всех образцах стеклянные нити сложных форм, названные стримергласами, можно считать петрологическими признаками электрического пробоя.

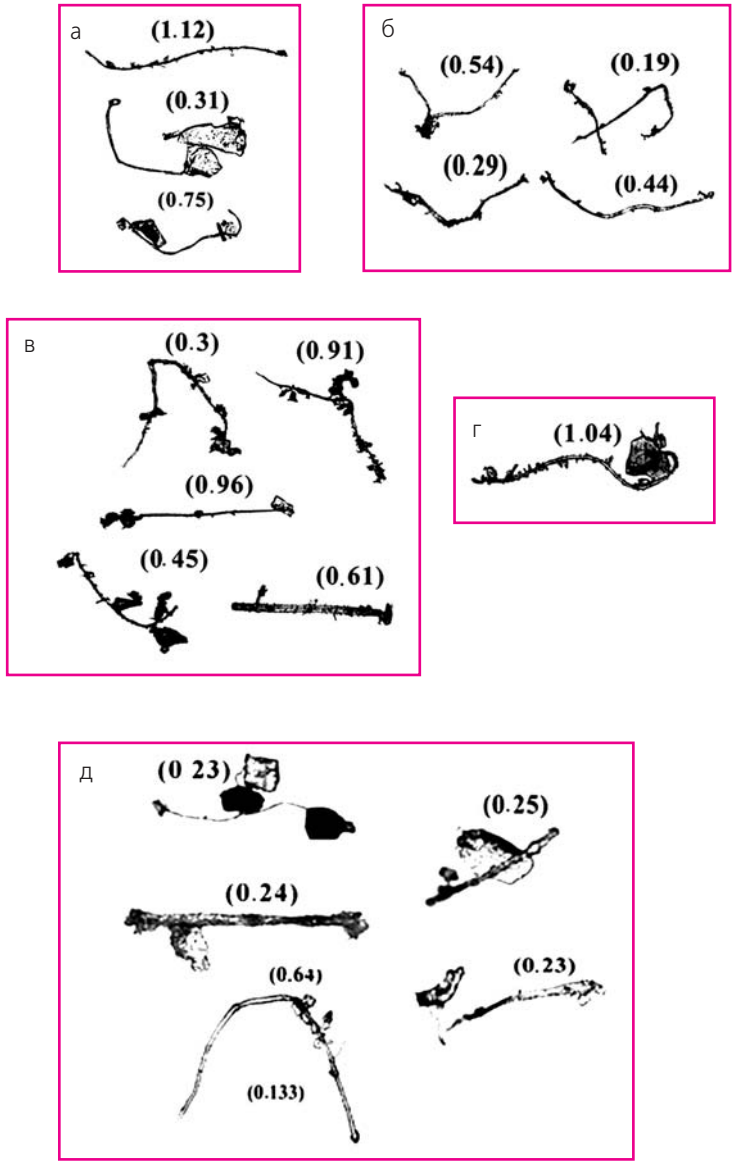
По сравнению с тектитами исследованные образцы менее проплавлены, содержат обломки и минералы родительского вещества — стекло, плагиоклаз, полевой шпат, кварц, гранат, роговую обманку, титаномагнетит, ильменит, валластонит, пироксен и др.; в одном из образцов обнаружена частица никелистого железа (12.15% Ni); кроме того они более разнообразны по химическому составу. Исходя из этого, предлагается называть их субтектитами (к субтектитам, видимо, следует отнести и импактиты, имеющие следы электрического пробоя).

Можно предположить, что субтектиты и тектиты до попадания на Землю входили в виде включений в ядра короткопериодных комет. Дифференцированный состав включений и малый возраст тектитов указывают на эруптивную природу происхождения комет. На основании проведенных исследований автор предлагает новую гипотезу происхождения тектитов.

Тектиты и субтектиты представляют собой **фульгуриты внеземного происхождения**, образовавшиеся вследствие прохождения в веществе мощных электрических разрядов, сопровождающих выброс из массивных небесных тел кометных ядер. Тектиты — это фрагменты струй расплавов, выброшенных из жерл крупных молниепроводных каналов избыточным давлением высокотемпературного газа. Субтектиты — фрагменты застеклованных стенок крупных молниепроводных каналов, разорванных внутренним давлением газа (по аналогии с фульгуритами они могут рассматриваться и как корки плавления) [2].

Менее проплавленные субтектиты несут несравнимо большую информацию о свойствах пород кометоизвергающих небесных тел и о процессах, проходящих на их поверхности и в недрах. В классификацию метеоритов предлагается добавить группу ко-

© Е.В.Дмитриев



Стримергласы, извлеченные из: а — тектитов-молдавитов, б — фульгуритов (Камерун), в — субтектитов, г — тектита-иргизита астроблемы Жаманшин, д — проб, взятых в эпицентре Тунгусской катастрофы. В скобках указан максимальный размер частиц (мм).

метных метеоритов, включающих тектиты и субтектиты и их родительское вещество, а также некоторые виды железных метеоритов.

Автором разработана методика выделения с помощью стримергласов кометного вещества из астроблем, ударных кратеров и почв в районах атмосферных взрывов крупных болидов (методика прошла апробирование в районе взрыва Тунгусского метеорита).

Ранее уже высказывалось предположение, что Тунгусский метеорит представлял собой обломок ядра эруптивной кометы, а выпавшее в районе катастрофы вещество имело дифференцированный состав, мало отличающийся от состава земных осадочных и изверженных пород. В подтверждение этой гипотезы были просмотрены по предложенной методике пробы грунта и торфа, взятые в эпицентре катастрофы. В пробах обнаружено большое количество кометных частиц — стримергласов и субтектитов, что дает основание говорить о массовом выпадении в эпицентре взрыва мелкодисперсного и раздробленного вещества [3]. ■

Литература

1. Об этого рода образованиях см.: *Дмитриев Е.В.* Появление тектитов на Земле // Природа. 1998. №4. С.17—25.
2. *Он же.* Субтектиты и происхождение тектитов // Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел Солнечной системы. Тез. докл. Обнинск, 25—29 октября 1999. С.38—39.
3. *Он же.* Концепция трех гипотез — ключ к решению проблемы Тунгусского метеорита // Там же. С.30—31.

На международном семинаре «Долгосрочный климатологический прогноз для Юго-Восточной Азии» (апрель 2000 г., г.Аспендейл, Австралия) была представлена математическая модель климата этого региона, разработанная австралийским метеорологом Дж.Макгрегором (J.McGregor). Согласно его расчетам, островные государства Тихого океана, а также Индонезию, Малайзию, Вьетнам и Камбоджу через полвека ожидает потепление примерно на 1°С и небольшое увеличение осадков. Модель связывает эти перемены с явлениями Эль-Ниньо и Ла-Нинья и показывает, как эти метеофакторы будут сказываться на производительности сельского хозяйства в прилегающих регионах.

Atmosphere. 2000. №8. P.4 (Австралия); John.mcgregor@dar.csiro.au

От соприкосновений с проводами линий электропередачи в Южной Африке гибнет множество редких птиц, среди которых журавли (в том числе венценосные), малые белые цапли, дрофы Людвига и др. Южноафриканское энергетическое предприятие «Eskom» и Управление по охране диких животных предложили использовать простое устройство — яркие пластины веслообразного профиля, которые монтируются на проводах: они хорошо заметны и звенят даже при слабом ветре.

По сообщению владельца одного из участков, на котором находится гнездовье фламинго, ежегодно терявшее около 20 птиц, случаи их гибели сократились после установки пластин на 75%.

National Geographic. 2000. V.197. №5. P.33 (США).

Морским парком объявлена акватория к востоку и юго-востоку от берегов о.Маккуори (54°37'ю.ш., 158°50'в.д.), который принадлежит Австралии. Парк делится на две зоны: 60 тыс. км^2 отведено под особо охраняемую территорию, а на акватории в 100 тыс. км^2 будут проводиться наблюдения за биотой и природоохранные мероприятия. Морской парк вошел в Список природных объектов всемирного наследия, а его новый статус позволит сохранить уникальную экосистему острова и омывающих его вод.

Antarctic. 2000. V.17. №2. P.28 (Новая Зеландия).

По расчетам специалистов Всемирной организации здравоохранения и Всемирного банка, повсеместное 10%-е повышение акциза на табачные изделия поможет предотвратить около 10 млн смертей от болезней, связанных с курением, из них 9 млн — в слабо- и среднеразвитых странах. Помимо оздоровления своих граждан, государства смогут увеличить годовой доход от продажи табачных изделий на 7%

Press Release World Health Organization. №53. 8 August 2000. (Швейцария).

Самое высокое в мире дерево (высота 367 футов 6 дюймов, или 111.97 м) — секвойя, получившая собственное имя Мендосино, — выросло на севере Калифорнии (США), причем в местах, где такие гиганты ранее не встречались. Оно было четвертым претендентом на первенство с 1995 г. — тогда рекорд в 111.36 м удерживала секвойя по имени Нэшнл Джиогрэфик. По мнению С.Силлетта (S.Sillett), измерившего Мендосино, если не произойдет надлома верхушки, нынешний рекорд останется непревзойденным.

National Geographic. 2000. V.197. №4. P.8 (США).

Американские геодезисты при поддержке Национального географического общества США установили приемную аппаратуру Системы глобального позиционирования (Global Positioning System — GPS) на вершине высочайшей горы мира — Эвересте (Джомолунгма) с целью определить с наибольшей точностью ее высоту. Она оказалась равной 8850.67 м, что на 2.13 м превышает величины, приводимые в различных справочниках (см., напр.: Географический энциклопедический словарь. 1983. С.135).

National Geographic. 2000. V.197. №4. P.78. (США).

Сотрудники Геологической службы США У.Поэг и Д.Николс (W.Poag, D.Nichols), изучая рельеф дна Чесапикского залива (38°с.ш.; 76°15'з.д.), открыли неизвестный ранее подводный кратер протяженностью в 51 милю. По их заключению, он образовался 35 млн лет назад в результате падения метеорита. Кратер рассекает дно залива вкрест его берегам, вытянутым в меридиональном направлении, вдоль восточного побережья США. Исследователи провели картографирование дна кратера и его склонов и дали прогноз возможного землетрясения, причиной которого могут стать разломы, возникшие при ударе метеорита.

National Geographic, 2000, V.197, №4, P.76, (США).

После открытия Северо-Атлантической осцилляции (аналога Южной осцилляции в Тихом океане), активно развивающейся в Северном полушарии в результате взаимодействия океана и атмосферы, швейцарские геофизики выполнили специальный перерасчет изменения общей концентрации озона в воздушных массах над Швейцарией и Исландией в зимний период и установили, что эти страны, географически удаленные друг от друга, находятся под значительным влиянием осцилляции, эффекты которой необходимо учитывать при составлении метеопрогнозов.

La Recherche. 2000. №332. P.10 (Франция).

Хромосомный «портрет» бурозубки на фоне ледников

П.М.Бородин, А.В.Поляков

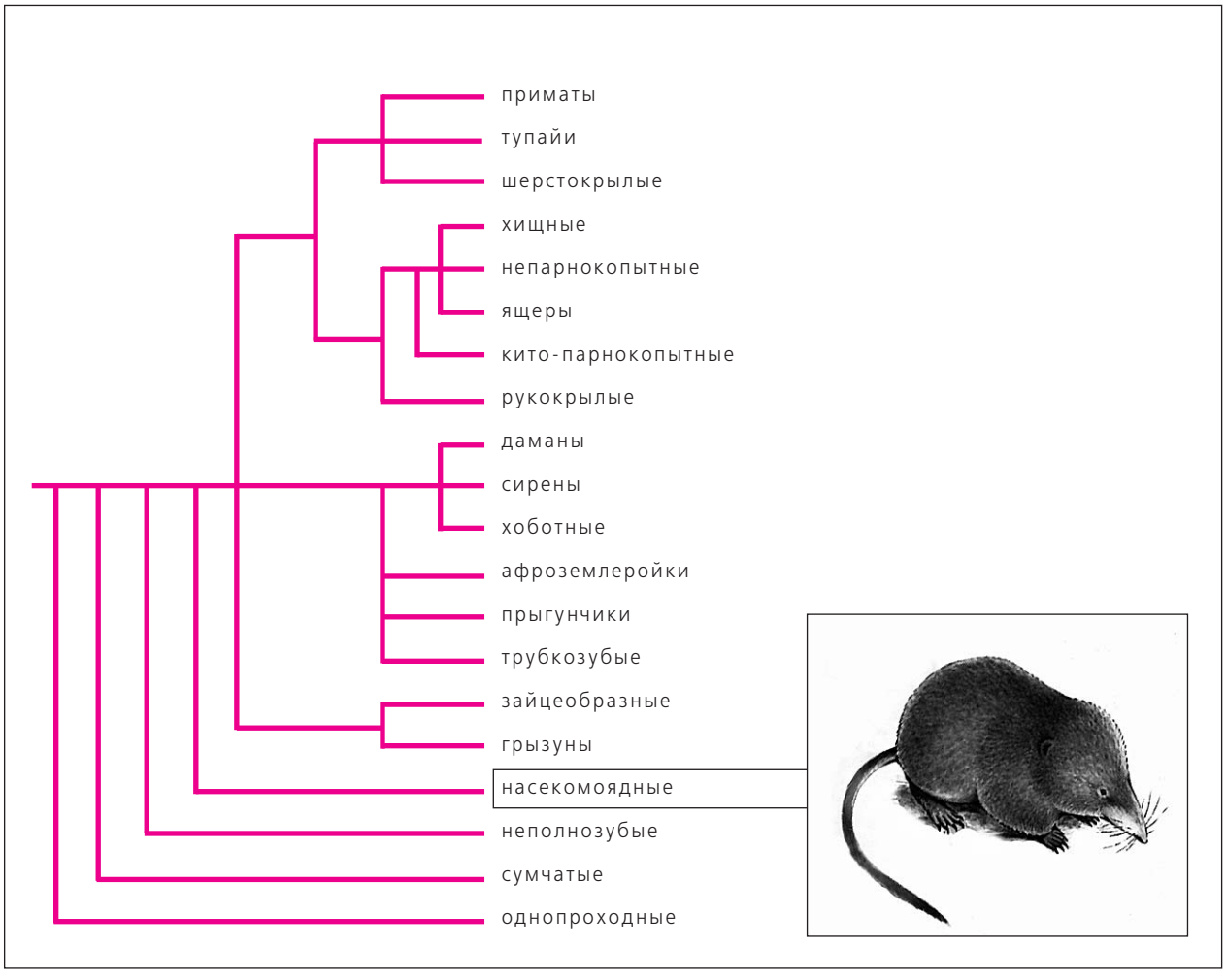
Что такого необыкновенного в обыкновенной бурозубке, чтобы писать ее «портрет», хотя бы и хромосомный, и почему непременно на фоне ледников? Кто она такая вообще?

Обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus,* L.) принадлежит к обильному видами и родами семейству землероек, которое в свою очередь вместе с семействами ежей и кротов входит в отряд насекомоядных, самый древний и примитивный из всех отрядов в классе млекопитающих. Здесь сразу стоит развеять некоторые заблуждения, возникающие при чтении всех этих таксономических названий. Во-первых, землеройки, как правило, землю не роют, а пользуются ходами, прорытыми другими животными. Во-вторых, насекомоядные едят не только и не столько насекомых. В-третьих, многие специалисты считают этот отряд и не отрядом вовсе, а «помойным ведром» (rubbish bin) систематики, в которое помещают виды, не нашедшие места в других отрядах. Совсем недавно из этого «ведра» извлекли африканскую слоновую землеройку и африканского златокрота и объединили их в один отряд

Павел Михайлович Бородин, *доктор биологических наук, профессор Новосибирского государственного университета, заведующий сектором рекомбинационного и сегрегационного анализа Института цитологии и генетики СО РАН. Основные научные интересы связаны с эволюционной цитогенетикой, генетикой мейоза.*

Андрей Викторович Поляков, *кандидат биологических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — биология популяций.*

© П.М.Бородин, А.В.Поляков



Положение обыкновенной бурозубки на филогенетическом древе млекопитающих.

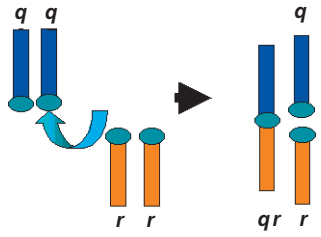
афротерриев («африканские звери») с даманом и слоном [1]. Но это отдельная история. Наша обыкновенная бурозубка пока остается среди насекомоядных. И хотя землю эта землеройка не роет, зубы у нее действительно буроватые, и встретить ее можно практически в любом лесу Евразии — от Байкала до Британских островов включительно.

Чем интересны хромосомы бурозубки? Тем, что, анализируя их, мы можем восстановить эволюционную историю этого вида и понять его современную структуру.

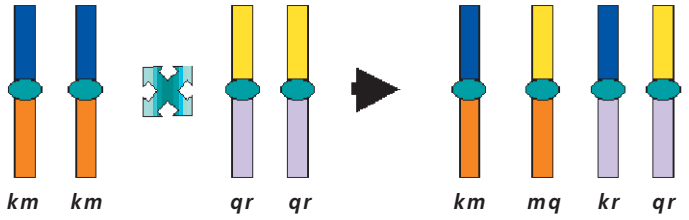
Изменчивые хромосомы

В школьном учебнике написано, что набор хромосом (кариотип) постоянен для всех представителей одного вида. Все это верно для подавляющего большинства млекопитающих, но не для обыкновенной бурозубки: число хромосом в ее кариотипе варьирует в разных популяциях от 20 до 33.

Причины такой изменчивости выяснились, когда с помощью дифференциального окрашивания хромосом появилась возможность персонифицировать каждое отдельное хромосомное плечо. Плечи хромосом, составляющих кариотип бурозубки, стали обозначать буквами латинского алфавита. Оказалось, что популяции (или группы популяций) различаются по композициям плеч в двуплечих (метацентрических) хромосомах и/или по соотношению в кариотипе двуплечих и одноплечих (акроцентрических) хромосом. 12 акроцентрических хромосом бурозубки — ***g***, ***h***, ***i***, ***j***, ***k***, ***l***, ***m***, ***n***, ***o***, ***p***, ***q***, ***r*** — составляют вариабельную часть ее кариотипа. Они могут сливаться между собой в про-



*Образование метацентрической (двуплечей) хромосомы **qr** при слиянии двух акроцентрических (одноплечих) хромосом **q** и **r**.*



*Обмен плечами между двумя разными метацентрическими хромосомами (**km** и **qr**) с образованием хромосом с новыми сочетаниями плеч (**kr** и **mq**).*

извольном порядке и образовывать 66 комбинаций метацентрических хромосом (41 из них уже обнаружена в природных популяциях [2]). Еще три пары метацентрических хромосом бурозубки (***af***, ***bc*** и ***tu***), которые тоже, видимо, возникли когда-то от слияний соответствующих акроцентрических хромосом, инвариантны — они наблюдаются у всех особей данного вида.

Как только была обнаружена кариотипическая изменчивость бурозубки, в разных частях ее ареала нашлись исследователи, которые включились в кариотипический анализ местных популяций. Они выяснили, что каждая популяция обыкновенной бурозубки отличается характерным сочетанием вариабельных плеч. Группы популяций, населяющих единую территорию и имеющих одинаковые сочетания вариабельных плеч, определили как хромосомные расы. Вскоре составили подробную карту хромосомных рас бурозубки в европейской части Палеарктики.

Пришло время гипотез: по мере накопления информации о составе и распространенности хромосомных рас обыкновенной бурозубки возникли попытки объяснить их происхождение. Один из наиболее активных исследователей, английский ученый Дж.Сирл предположил, что эволюция хромосомных рас бурозубки шла по пути фиксации вновь сформировавшихся метацентриков в микропопуляциях, которые возникали во время редукции численности бурозубок в период последнего глобального оледенения [3]. Согласно его схеме, на краю ареала некой популяции появляется хромосомная мутация: два акроцентрика, сливаясь, образуют метацентрик. При резком снижении численности ареал дробится, и вместо единой свободно скрещивающейся популяции возникает множество мелких. В одной из них хромосомная мутация может уцелеть, а в момент роста численности распространиться и занять достаточно большой ареал (зафиксироваться). По сценарию Сирла, в разных микропопуляциях независимо появляются и фиксируются разные слияния хромосом.

Почти одновременно с Сирлом исследовательница из Финляндии Л.Халка на основе анализа финских рас бурозубки предположила, что новые метацентрические хромосомы возникали за счет обменов плечами между разными метацентриками или между метацентриками и акроцентриками [4]. Такие обмены называются полноплечевыми реципрокными транслокациями. Согласно сценарию Халки, это был последовательный процесс: на границе существующей расы появлялась транслокация, она фиксировалась, образовывалась новая раса, после расширения ареала которой возникала новая транслокация и т.д.

Обе гипотезы существовали независимо друг от друга, составляя лишь предмет предпочтения их сторонников. Нужен был свежий взгляд со стороны, например из Сибири.

Сибирские хромосомные расы

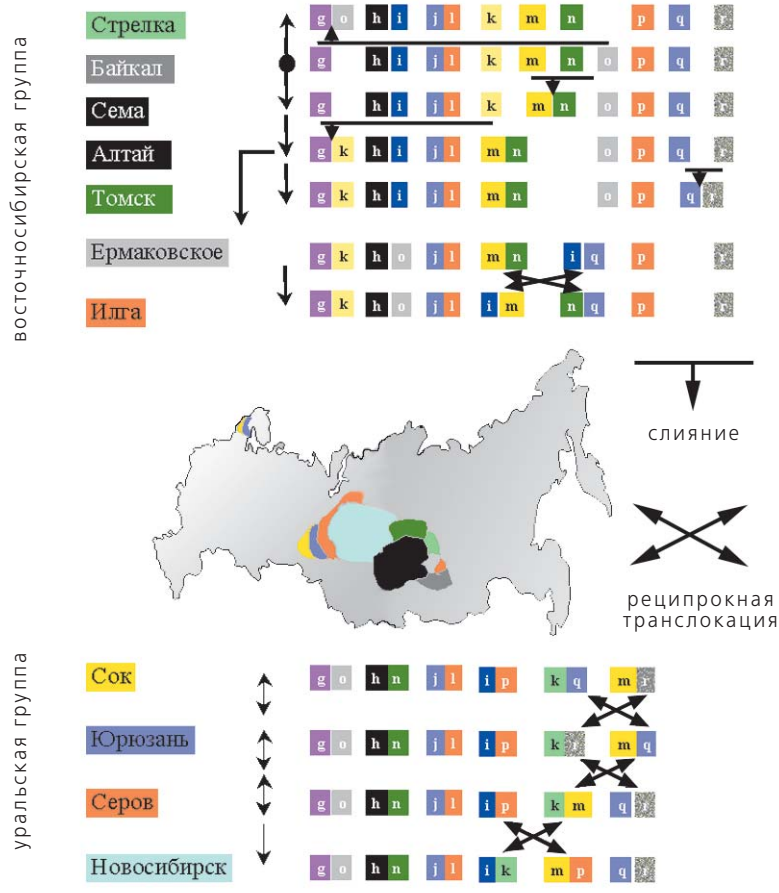
Пионерные работы в Сибири выполнили сотрудники нашего института: С.И.Раджабли, ее ученики и коллеги [5]. Однако к середине 90-х годов в Европе было описано около 40 рас, а в России, на которую приходится значительная часть ареала *S.araneus* — только пять. Таким образом, большая часть хромосомно-географической карты обыкновенной бурозубки оставалась белым пятном. Тогда мы решили включиться в этот марафон и сфокусировать свое внимание на Сибири — наиболее доступном для нас районе. За пять лет мы картировали территорию от Байкала до западных склонов Урала, и удивительная по своей

простоте и прелести картина эволюции обыкновенной бурозубки предстала во всей красе.

Начнем обзор нашей карты с Байкала — юго-восточного края ареала обыкновенной бурозубки. Раса, населяющая этот район, имеет наименьшее число акроцентрических хромосом: всего четыре из 12 плеч вариабельной части ее кариотипа объединены в метацентрики ***hi*** и ***jl***. К северу от байкальской расы обитает стрелкинская, отличающаяся от первой по одному слиянию ***go***. Двигаясь на запад вдоль южной границы вида, мы встречаем на Алтае семинскую расу, у которой помимо байкальских пар ***hi*** и ***jl*** обнаруживаем также слияние ***mn***. К северу от семинской находится алтайская раса, в кариотипе которой появляется еще одна пара — ***gk***. По 54-ой параллели алтайская раса граничит с томской, имеющей дополнительное слияние ***qr***. Таким образом, выстраиваются две довольно изящные цепочки: Байкал—Стрелка и Байкал—Сема—Алтай—Томск, где каждая раса отличается от соседней одним слиянием.

Проблемы возникают с ермаковской и иглгинской расами, которые населяют территории, расположенные между ареалами двух производных ветвей байкальской расы. Филогенетически эти близкие друг другу расы не связываются напрямую со своим окружением, а их происхождение требует дополнительных построений.

Но что совершенно невозможно, так это связать новосибирскую расу с любой из сибирских, настолько сильно она отличается от всех них. Хотя новосибирская раса занимает почти половину сибирской части ареала обыкновенной бурозубки, произошла она не от сибирских, а от уральских предков. Причем предок ее был открыт, как в свое время планета Плутон, — на кончике пера.



Распределение хромосомных рас обыкновенной бурозубки и филогенетические связи между ними. В эволюции восточносибирской группы рас (в в е р х у) основную роль играли слияния хромосом, тогда как в уральской группе (в н и з у) эволюция шла по пути фиксации реципрокных транслокаций.

В 1994 г. группа финских исследователей опубликовала схему, в соответствии с которой кариотипы рас, населяющих восток Скандинавского п-ова, через серию последовательных полноплечевых реципрокных транслокаций эволюционно связаны с кариотипом новосибирской расы. В этой серии не хватало только одного звена, который они восполнили, предположив, что где-то в Сибири должна существовать переходная раса, названная ими древней северной [6]. Год спустя нам посчастливилось обнаружить таковую в окрестностях города Серова. Эта раса, судя по исследованным точкам, распространена на всей территории восточного предгорья Урала, и даже на правом берегу Оби, севернее впадения в нее р.Иртыш. Кариотип ее, как и новосибирской расы, полностью состоит из метацентрических хромосом, и достаточно единственной полноплечевой реципрокной транслокации, чтобы одна из них трансфор-

мировалась в другую: серовская ***ip,km→ik,mp*** новосибирская.

Совершенно неожиданно оказалось, что к западу от серовской обитают две расы, кариотипы которых в точности совпадают с кариотипами двух финских рас. Мы нашли их на западных склонах Урала: юрюзаньскую — в окрестностях одноименного города в Челябинской обл., а сокскую, описанную на основе выборок из популяций, — на р.Сок в Самарской обл. и на р.Усень в Башкирии. Две последние расы, крайние в этой последовательности с запада, полностью идентичны по наборам хромосом расам Кумо и Иломантси соответственно, которые открывают на востоке последовательность скандинавских рас. Кариотипы трех смежных уральских рас отличаются друг от друга одной полноплечевой реципрокной транслокацией: Сок ***kq,mr*** ↔ ***kr,mq*** Юрюзань ***kr,mq*** ↔ ***km,qr*** Серов ***ip,km*** → ***ik,mp*** Новосибирск.

Итак, на территории Сибири и Урала нам удалось выявить две независимые филогенетические группы бурозубок. Корень сибирского древа находится на Байкале, а само оно представлено серией рас, каждая из которых отличается от соседней одним слиянием хромосом. Причем, чем дальше на север обитает раса, тем больше метацентриков в ее кариотипе. Уральская группа — это цепочка полных метацентриков, где смежные расы отличаются друг от друга комбинацией плеч в вариабельных хромосомах и в каждом случае отличие определено единственной реципрокной транслокацией.

Вот теперь, когда мы имеем хромосомный «портрет» азиатских популяций обыкновенной бурозубки, давайте рассмотрим его ретроспективно, на фоне ледников.

Сибирские бурозубки до и после оледенения

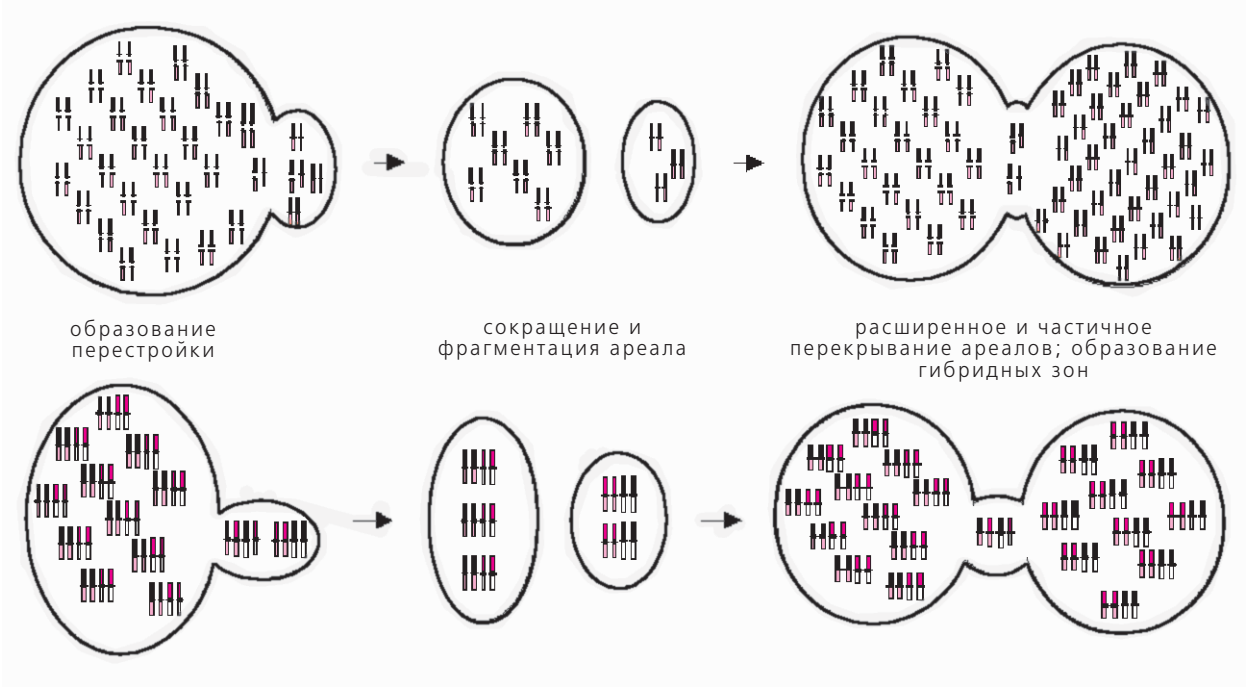
Позднейший цикл четвертичного периода охватывает около 130 тыс. лет. Он включает в себя межледниковье и последовавшую за ним ледниковую эпоху. Во время межледниковья, когда, как принято считать, и сформировался вид обыкновенной бурозубки, структура зональности в Сибири была близкой к современной.

До оледенения вдоль южной границы Палеарктики должна была располагаться популяция бурозубок с неразрывным ареалом, охватывавшим Европу и Сибирь. Реликты этой эпохи — метацентрики ***bi*** и ***jl***, — общие для всех хромосомных рас материковой Европы и Азии. По-видимому, они были первыми метацентриками (из обсуждаемой здесь вариабельной части кариотипа), которые образовались еще в доледниковый период и распространились по всему ареалу вида. Однако вряд ли можно утверждать, что этими двумя метацентриками исчерпывалось разнообразие кариотипов той эпохи. Как мы покажем позже, есть некоторые основания полагать, что и у современных рас, и у доледниковых количество метацентрических хромосом в кариотипе увеличивалось с юга на север. Но с приходом ледника почти все разнообразие хромосом пошло прахом.

В эпоху максимального похолодания, 20—18 тыс. лет назад, в Северной Евразии сложилась экстремально суровая экологическая обстановка. Это была мощная экспансия многолетней мерзлоты далеко на юг. Резко сократился и фрагментировался пояс лесов. Вместе с ним сократились и раскололись ареалы обитания лесных видов млекопитающих и, конечно же, обыкновенной бурозубки. На севере Западно-Сибирской равнины образовался гигантский ледниковый щит, препятствовавший свободному стоку вод в Северный Ледовитый океан. Вся Западно-Сибирская равнина оказалась во власти необъятного подпрудного озера, воды которого и в то время, и еще долго после пика оледенения уходили в Каспийское море через Тургайский прогиб. Урал был надежно и надолго отрезан от Сибири, в которой тогда существовали лишь три зональных типа растительности — тундро-степной, тундровый и лесотундровый. Лесотундра располагалась южнее 56-ой параллели, в приуральской и приенисейской частях равнины, а также по южным берегам приледникового озера [7]. Таким образом, от лесов, где только и могли обитать бурозубки, в ледниковый период осталась лишь узкая цепочка островков вдоль южной окраины Палеарктики. Холмы и горы юга Урала, Саян и Алтая служили тогда убежищем (рефугием) для древесных видов и для связанных с ними видов животных. Этими рефугиумами и ограничивалась, видимо, в то суровое время область распространения обыкновенной бурозубки.

По мере сокращения северной части ареала бурозубок, должно было уменьшаться и их кариотипическое разнообразие. Эволюционно продвинутые, т.е. насыщенные метацентриками, хромосомные расы, обитавшие до ледника на севере ареала, сохранились лишь кое-где. Одним из таких мест для метацентрических рас стал южный Урал, а на крайнем юге ареала в отдельных участках Саян и Алтая сохранились акроцентрические расы, подобные нынешней байкальской.

С началом потепления вновь стали распространяться на север леса. Вслед за ними расширялся ареал бурозубок.



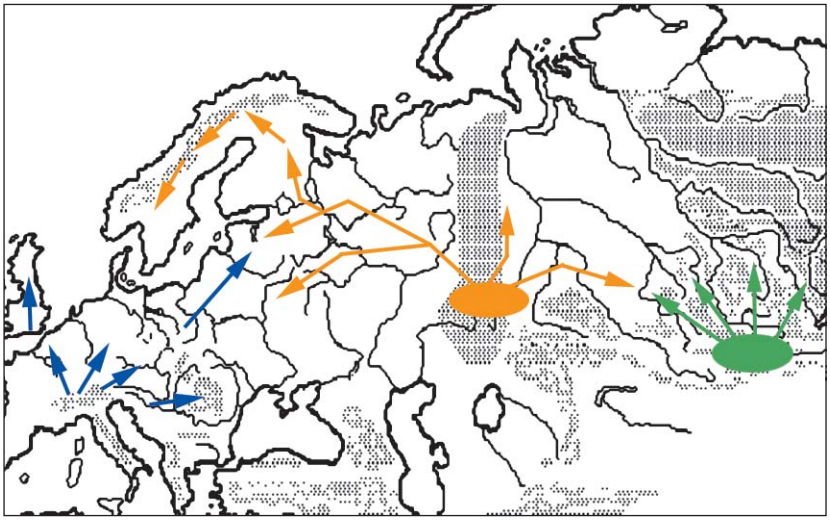
Фиксация слияний (в в е р х у) и реципрокных транслокаций (в н и з у) в малых изолированных популяциях на краю ареала. При резком снижении численности ареал уменьшался и фрагментировался. Вместо единой свободно скрещивающейся популяции возникало несколько мелких. В одной из таких мелких популяций хромосомная мутация могла уцелеть и зафиксироваться. В период возрастания численности ареалы прежде изолированных популяций перекрывались и на их границах образовывались гибридные зоны, где только и встречались гетерозиготы.

Колонизация Восточной Сибири началась с Саян и Алтая. По мере продвижения бурозубок на север на границе увеличивающегося ареала, в наиболее экстремальных и нестабильных условиях могли периодически возникать изолированные микропопуляции. Именно в них была высока вероятность сохранения и фиксации новых метацентрических хромосом, появляющихся за счет слияния акроцентриков. Образование новых метацентриков в процессе распространения бурозубок на север происходило последовательно. Другим источником послеледникового расселения бурозубок были рефугиумы южного Урала. Сохранившиеся здесь животные, в отличие от бурозубок из южных рефугиумов Сибири, обладали, видимо, полностью метацентрическими кариотипами.

Новосибирская раса произошла от серовской на восточных склонах Урала и начала свое расселение на восток, занимая территорию, высвобождавшуюся по мере высыхания Западно-Сибирского ледникового озера. На востоке новосибирская раса встретилась с восточно-сибирским комплексом рас. Этим и объясняется резкий контраст по составу хромосом между ней и смежными с ней алтайской и томской расами. Их разделяют по меньшей мере несколько тысячелетий независимой эволюции.

После отступления ледника уральские формы распространились также на запад — через север Восточной Европы в Финляндию и далее в Швецию. Об этом свидетельствует полная идентичность в кариотипах уральских и финских рас: Сок = Кумо и Юрюзань = Иломантси. (Здесь очень соблазнительно провести параллель между колонизацией Скандинавии бурозубками и расселением людей угро-финской языковой группы с Урала на северо-запад Европы.)

Что касается континентальной Европы, то здесь, как и в Сибири, мы обнаруживаем минимальное число метацентриков в кариотипах рас, обитающих на южной окраине ареала. Вероятно, европейские бурозубки прошли тот же эволюционный маршрут, что и восточно-сибирские. Их акроцентрические предки пережили пик оледенения в горных укрытиях на юге Европы



Современная структура вида обыкновенной бурозубки. Она сформировалась в послеледниковое время в процессе реколонизации ареала из ледниковых рефугиумов: саяно-алтайского (зеленый), уральского (желтый) и западноевропейского (синий).

и по мере отступления ледника вернулись в Северную Европу. Продвигаясь на север, европейские бурозубки, как и их восточно-сибирские родственники, постепенно аккумулировали метацентрические хромосомы.

Таким образом, можно предположить, что все современное разнообразие хромосомных рас обыкновенной бурозубки сформировалось в основном в ходе реколонизации Северной Евразии из трех ледниковых рефугиумов: западноевропейского, саяно-алтайского, южноуральского. Причем в первых двух пик оледенения пережили маргинальные акроцентрические расы, а в Уральском — уцелели эволюционно более продвинутые метацентрические расы.

Эволюционные взаимоотношения хромосомных рас обыкновенной бурозубки в европейской части России также становятся все более определенными благодаря активной работе наших московских коллег. Они показали, что восток этой территории населен расами уральского происхождения [8]. Многочисленные расы бурозубки, обитающие в западных областях России и в Польше, имеют, видимо, гибридное происхождение: они возникли в результате встречи двух мощных эволюционных потоков — уральско-скандинавского и европейского.

Таким образом, на основе анализа сибирских хромосомных рас складывается единая картина эволюции обыкновенной бурозубки на всем ареале вида. И не только оттого, что мы оказались самыми прозорливыми и, наконец, заполнили белые пятна на карте хромосомных рас. Дело в том, что довольно монотонные ландшафты и суровый климат Сибири привели к формированию более простой структуры вида обыкновенной бурозубки по сравнению с таковой в Европе. Это в свою очередь позволило однозначно определить филогенетические взаимоотношения сибирских рас, показать их несомненную связь с европейскими. Стало ясно, что хромосомные расы возникали не мозаично, а последовательно, одна за другой, по мере заселения территории, освобождавшейся от ледникового плена. И тем самым они маркировали последовательность этого послеледникового заселения. Но ведь этим же путем должны были идти и другие виды животных и растений. Конечно, бурозубка не была для них «лоцманом», просто благодаря ей мы теперь можем восстановить этот путь. Может быть, стоит попытаться проследить его и на других видах?

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Министерства образования России: проекты 95-04-12698, 96-15-97738, 98-04-49734, 93-1463, ЗН-226-98 ИНТАС. ■

Литература

1. *Springer M.S. et al.* // Nature. 1997. V.388. P.61—64.
2. http://meiosis.bionet.nsc.ru/isacc/listrace/race1.html
3. *Searle J.B.* //Systematic Zool. 1984. V.33. P.184—194.
4. *Halkka L. et al.* // Hereditas. 1987. V.106. P.257—275.
5. *Kral B., Radjabli S.I.* // Folia Zool. 1974. V.23. P.217—227.
6. *Halkka L. et al.* // Ann. Zool. Fennici. 1994. V.31. P.283—288.
7. *Величко А.А.* Развитие ландшафтов и климата северной Евразии. Вып.1. М., 1993. С.102.
8. *Bulatova N. et al.* // Acta Theriologica. 2000. V.45. Suppl.1. P.33—46.

Амурского тигра нельзя не сохранить!

Е.Н.Смирнов

Амурский тигр — символ Владивостока — обитатель уссурийской тайги, сказочный и легендарный, любимец цирковой публики, опасный хищник, гроза собак, лошадей и коров, грозный соперник охотников и т.д., и т.п. Те, кто знает о нем понаслышке, а их в нашем Отечестве большинство, относятся к зверю с уважением за его силу и мощь и вряд ли сомневаются в том, что его нужно сохранить в природе. А уссурийские жители делятся на две категории: одни считают, что тигр — враг и место ему в зоопарках, другие думают, что тайга без тигра — не тайга.

Позиция зоологов и всех тех, кто по-настоящему любит и ценит природу, ясна: тиграм надо помочь выжить! Но стоит ли тратить средства, силы и время, чтобы эти хищники продолжали свой род на Земле не в зоопарках, а на свободе? Может, в наш атомный и космический век не до каких-то там кошек, самим бы выжить?

Мы стоим в передней шеренге «тигриных адвокатов» и пытаемся делать все от нас зависящее, чтобы не только добыть знания о таежном хищнике, но и отстоять его право на жизнь.

Евгений Николаевич Смирнов, *кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Сихотэ-Алинского заповедника. Область интересов — охрана природы и экологическое просвещение.*

По летнему следу и зимней тропе

Изучать амурского тигра профессионально первым начал Лев Георгиевич Капланов. Не одну тысячу километров он прошел по заснеженной тайге, тропя зверя. В очень сложных условиях ему приходилось добывать крупицы знаний о жизни загадочных кошек. До конца своих дней (он погиб в 1943 г. от руки браконьеров в Лазовском заповеднике) Лев Георгиевич оставался принципиальным и верным другом тайги и ее обитателей. После Капланова много сил, времени и здоровья потратили на изучение тигров известные русские зоологи: К.Г.Абрамов, В.К.Абрамов, А.Г.Юдаков, И.Г.Николаев, Д.Г.Пикунов, Е.Н.Матюшкин и др.

Тигра изучать очень сложно. Весь бесснежный период (а в наших краях это семь-восемь месяцев в году) в тайге не только зверя, но и следы его жизни встретить непросто. Редкие отпечатки лап, поскребы на грязном кусоч-

© Е.Н.Смирнов

ке тропы, на песчаной косе возле реки или моря. И все. Летний след дает мало информации, только размер отпечатка, направление движения зверя и свежесть следа. Это лишь выпавший из книги тайги листок, указывающий на то, что написан он тигром.

Иное дело зимой. Следы на снегу расскажут многое, но еще больше зададут загадок. Почему тигр пошел по этой тропе, а не по той? Почему здесь долго стоял, что высматривал, сколько времени пролежал, и кто это — самец, самка или малыш? Знакомый зверь, след которого уже отмечен в этих местах, или другой?

По размеру отпечатков лап можно понять, оставил ли след зверь не старше полутора лет, у которого ширина пятки (подошвенной мозоли) 5—8 см, или взрослый самец (его пятка 11—13 см). Но попробуй определить по отпечатку в 8—11 см, была здесь взрослая самка или молодой тигр.

Многие охотники полагают, что можно отличить самку от самца по струе мочи — мол, самец направляет ее вперед по ходу движения, а самка приседает, как собака. Но тигрица не собака, она метит территорию, как домашние кот или кошка: поднимает столбиком хвост — и вот уже струйка мочи нанесена на пень, выступ скалы или наклоненное дерево. И самцы, и самки специально сходят с тропы, чтобы «зарегистрироваться», и делают это регулярно. Мы неоднократно находили такие отметки на высоте 30—50 см от земли. Однако отличить самца от самки по меткам мочи совсем не просто. Разве что по запаху.

Ходить по следам тигра тоже не сахар. День-два еще не беда, а если неделями, месяцами? А ежели через день-два выясняется, что уже не вы идете по тигриному следу, а он вас тропит? А тигр поступает так очень часто, почуяв навязчивого наблюдателя в своих охотничьих угодьях. Вот что писал об этом В.Д.Шамыкин, коллега Капланова. «Во время путешествий в зимний период 1944—1945 гг. по реке Колумбе я находился под “наблюдением” тигра в течение четырех дней. Днем он следовал по пятам за мною, местами по лыжнице, местами параллельно моему ходу. Ночью же отлеживался неподалеку от моего бивака. Это повторялось изо дня в день. Пока я распутывал (по следам) его вчерашнее поведение, он в это время следовал за мною, что обнаружилось при обратном ходе к биваку. Таким образом, тигр не выпускал меня из круга своего внимания до тех пор, пока я не вышел за пределы его охотничьего района. Такое длительное преследование можно объяснить двояко: или это был голодный зверь, пытавшийся промыслить себе пропитание, или же это была окотившаяся самка, которая своим неотвязным дозором охраняла подступы к логову».

По следам жизни тигра проводится и учет. Если такие учеты организовывать ежегодно, по их результатам можно судить о многолетних и кратковременных изменениях в численности, размещении и поведении хищника.

В нашем, Сихотэ-Алинском, заповеднике планомерные учеты начались в 1971 г. С того времени проложено 14 маршрутов по основным бассейнам рек и ключей общей протяженностью около 500 км. 24 сотрудника одновременно уходят в тайгу по белой тропе с тем, чтобы пересчитать ее обитателей.

К такому учету начинают готовиться заранее и серьезно. Распределяются маршруты, составляются группы участников, проводится инструктаж.

И вот легли под лыжи первые метры снежной целины, в глазах рябит от разноцветья снежных блесток. Деревья словно обсыпаны инеем, а чаща кустарника одета сказочным бисером. На первых километрах маршрута пока еще не только свежи, но и в избытке силы, невольно любуешься окружившей тебя тайгой. В очередной раз поражаешься ее неправдоподобной, сказочной красоте. Спустя какое-то время вдруг замечаешь, что воротник куртки и шапка оделись под стать тайге искрящимся в утреннем солнце инеем, рюкзак чувствуется на плечах. И именно в этот момент слышишь торжествующий голос напарника:

— Вот он!

Еще издали видна глубокая борозда следа с рыхлыми краями развороченного снега. Остановка. Рюкзак с плеч, дневник в руки. На первой странице уже есть запись о погоде, дата, маршрут и первые встреченные следы: кабан, косуля, изюбрь, несколько белок и колонков.

Промеряем след — длину, ширину, размер пятки, шаг. Свежесть. Направление движения тигра четко различимо на глубоком недавно выпавшем снегу. Теперь надо попытаться прочесть по отпечаткам, откуда зверь пришел, совершал переход или охотился, может, преследовал кого? И идем в обратном направлении, «в пятку». Тигр — зверь очень чуткий и осторожный, и все же теплится надежда на встречу.

Утром снова на тропу. Сразу за первым ее поворотом буквально натыкаемся на свежий тигриный след. Зверь вышел из распадка, спускался вниз по тропе, а не по льду реки, предпочтя ее твердь обманчивой глади льда, изобилующей пустотами и промоинами. Почуяв близость человеческого жилья, он долго стоял у поворота, даже лежал на снегу, затем свернул на лед и избушку обошел рекой. Пересек наш вчерашний след и ушел в сторону правобережного хребта.

У его подножья мы обнаружили еще три тигриных следа разной свежести, но мало отличи-

мых по размеру. Здесь, видимо, проходит постоянный маршрут тигра. Так ли это, узнаем в управлении заповедника, когда там соберутся все участники учета и кто-нибудь наверняка зарегистрирует следы и «нашего» зверя. На то и учет, чтобы создать цельную картину передвижения и мест обитания каждого тигра в заповеднике. У нас лишь кусочек мозаики общей картины.

Через несколько километров снова выходим на тропу тигра. Шел он в одном направлении с нами по свежему следу медведя! Ждем чего-то интересного. За очередным поворотом находим большой комок медвежьей шерсти, спутанной как войлок, а через некоторое время — еще два таких же. Внимательно осматриваем, чуть ли не обнюхиваем снег на тропе — ничего, что могло бы выдать драку двух огромных хищников. Борозда их следов ровно тянулась среди кедров. Идем за хозяевами тайги. Километра полтора гонки — ничего нового, только еще два комка медвежьей шерсти. Почему тигр упорно идет по медвежьему следу, а медведь, будто не чувствуя преследования, не удирает? Чтобы понять это, надо бы тропить и тропить эту пару. Но уже вечереет, и мы направляемся к избушке, на ночевку.

Утром держим путь к подножию перевала через Сихотэ-Алинь. Преодолеваем его и оказываемся на западной стороне хребта. Нигде — ни одного тигриного следа, не встречали мы их здесь и прежде. Надо возвращаться. Чуда не случилось, и взгляд стал равнодушней.

А посмотреть было на что. Здесь, на западной стороне хребта, тайга неузнаваемо переменилась. Долины развернулись, забелели чистыми заснеженными скатертями, вместо кедров стояли огромные, сплошь в белых покрывалах, словно задремавшие ели. Участки ветровальных, вывороченных с корнем елей под снегом напоминали бастионы, замки снежной королевы или обиталище лешего. После слияния сильно захламленного валежником притока с основной рекой собираемся пойти по льду, как по асфальту.

Но вышло иначе: на заснеженном льду ручья увидели с берега следы тигра, который спускался вниз, терпеливо обходя все завалы, и было это несколько дней назад. Во многих местах следы покрылись замерзшей наледью, по отпечаткам уже побегали норка и соболь. Заяц-беляк будто гнал тигра, довольно аккуратно попадая в лунки его следа.

А хищник целеустремленно шел по льду к устью притока. Именно там заканчивался наш предпоследний дневной переход. Тропой было бы быстрее, но тигр этого не понимал или не знал и заставил нас совершать акробатические трюки при переходах через заломы. В избушку мы пришли по звездам.

Последний день по воле случая оказался самым интересным. Двигаясь по тонкому слою снега на льду, отметили вчерашний след тигра и, не ожидая ничего нового, шли вдоль него рядом и громко делились впечатлениями об увиденном. Очередной поворот реки, и мы, словно споткнувшись, остановились и завертели головами — великое множество тигриных следов. Еще горячих. Вот оно — чудо! А мы шли по реке и орали на всю тайгу, даже тигры разбежались.

Один. Два. Три. Три тигренка с тигрицей. Наверное, той самой, следом которой шли вчера.

У подножия крутой сопки, в зарослях скрытого под снегом вейника, — место дневки тигриной семьи. Даже не дневки, а долгой стоянки, «базы». Снега нет, вытоптан и уже протаял, рядом белеет ободранной корой ствол ясеня. По плесу четко видны места, где тигрята лежали, кувыркались. Кое-где ярко желтели клочки тигриной шерсти.

Решаем сначала узнать, откуда они пришли, а уж затем — куда направились. Однако этого мы не выяснили: у подножия сопки тигры провели не один день, и к нашему приходу все старые следы на реке были залиты наледью.

Вечером нас ждала машина, а через три часа мы были дома в мире радио, электричества и чистых простыней.

Закончился очередной учет, полевые дневники заполнились детальным описанием встреч с животными. Одновременность выхода его участников дает возможность по размерам, свежести и направлению следов установить примерное количество и в определенной степени половой и возрастной состав популяции тигров, распределение их по территории. Подробные сведения об увиденных за весь год следах жизнедеятельности тигра заносятся в специальные карточки, анализируя которые, научные сотрудники дают в ежегодной книге «Летопись природы» обзор состояния его популяции на территории заповедника и сопредельных участках.

Если просмотреть книгу с 1935 г., первого года ее ведения, довольно отчетливо вырисовывается полувековая, напряженная, полная и обнадеживающих, и трагических событий история восстановления тигриных «поселений» в заповеднике.

1935—1951 гг. — период организации и становления заповедника, прерванный войной. Площадь— 1.8 млн га. Эта обширная территория, охраняемая от любого человеческого воздействия, помогла выстоять последним 30—40 тиграм на юге советского Дальнего Востока. И тигры не только выжили, но и заселили граничащие с заповедником территории.

1951—1965 гг. — время тяжелых переделов площади и границ заповедника. Первые 10 лет его территория урезана до 100 тыс. га, на ней могли «уместиться» лишь три-четыре тигра... На

Очерки натуралиста

Покрытые лиственным лесом сопки. В таких местах в бесснежный период трудно заметить следы присутствия тигра.

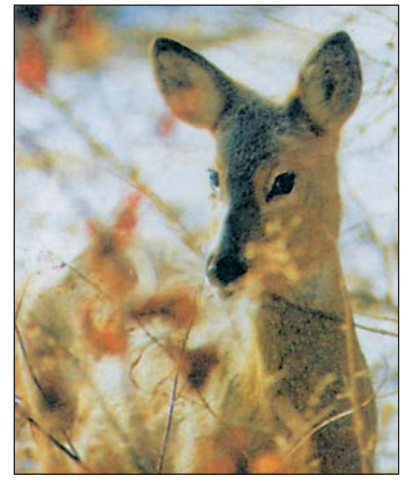
Скальные обнажения на берегу реки. Следы пребывания тигра можно увидеть здесь только на песчаной косе.

Фото Н.И. Лабецкой

Тигрица с подросшей дочкой.

Бурый медведь — еще один хозяин тайги.

Пятнистый олень, изюбрь, косуля. От обилия этих копытных зависит благополучие популяции тигра в уссурийской тайге. Иллюстрации взяты из книги «Встречи с тигром» Е.Н.Смирнова (Владивосток, 2000)



остальной, бывшей заповедной, территории началась усиленная эксплуатация природных ресурсов, в первую очередь вырубка лесов. Численность тигра резко сократилась. С 1963 по 1965 г. он в заповеднике (уже на утроенной к тому времени площади) практически не обитал.

С 1966 г. тигр постепенно осваивает заповедные и прилегающие к ним территории. За эти годы число взрослых особей в заповеднике выросло до 15—20, количество тигрят ежегодно колеблется от 6 до 13. Стало много мест со следами присутствия тигров: тропы с поскребами; с деревьями, почерневшими от почесываний и задиров кошек, медведей и кабанов; скальные обнажения с удобными нишами, где тигры устраивают логова и лежки. Попадешь в такое место и на каждом шагу будто ощущаешь, что тигр рядом, вот сейчас за кустами, за деревом, за скалой увидишь эту величавую кошку.

Многие лесники и научные сотрудники уже не просто знают тигров в лицо, а изучили даже их маршруты и расписание, по которому они появляются возле кордона, избушки или на тропе. Все говорит об устойчивом характере пребывания тигра в лесах заповедника.

Тигр — таежный хищник. Найти пропитание ему, пожалуй, труднее, чем другим. Медведь, например, хоть и хищник, но не брезгует и орехами, и желудями, и ягодами, корневищами многих трав, лакомится муравьями. Волка «ноги кормят», надо пробежать десяток километров за оленем — пробежит. А тигр бегать долго не любит и не может, быстро устает. Добычу свою берет, скрадываясь, хитростью, прекрасным знанием местности. По мнению некоторых зоологов, лишь одна-две из 10 затеянных им охот оканчивается успешно. Поэтому тигр, как, пожалуй, никто из других крупных хищников, тщательно «устраивает» свой охотничий участок. У него своя система «транспортных коммуникаций», он знает каждый камень и каждый кустик. Есть излюбленная «центральная база», где зверь проводит большую часть времени, а у самки еще и укромный уголок — «роддом» и одновременно «детская», где малыши находятся в первые месяцы жизни. Чаще всего тигр пользуется одними и теми же тропами, проложенными по наиболее удобным маршрутам. Здесь у зверя целая сеть убежищ, выбранных так, чтобы и от ветра, и от дождя была защита, и обзор широк, и к солнышку все удобно повернуты. Свой участок, простирающийся на десятки километров, он регулярно обходит и подновляет метки.

Глаза в глаза

Тигр, как правило, слышит и видит приближающегося человека раньше, чем тот зверя. И принимает меры предосторожности. И все-таки бывают неожиданные встречи. Вот рассказ В.Соломатина.

«В конце дня я отправился на соседнюю с кордоном пасеку. Дело было довольно срочное, и поэтому я быстро шел по тропе вдоль берега реки, почти не обращая внимания на окружение, к тому же эта тропа, как и все окрестности кордона, была мне знакома до мелочей. Я знал, что, поднявшись на пригорок, выйду на редину в дубняке и по ней можно будет идти быстрее. Вот и редина, поросшая дубняком и молодыми стройными кедрушками. Поворот тропы, еще поворот, изгиб ее... Тропа огибает огромный полусгнивший ствол березы, у комля которой, словно зеленый невысокий шатер, растет густая кедрушка. Я с ходу перешагнул валежину и остановился, как вкопанный, словно наткнувшись на что-то. Прямо передо мной, в двух-трех метрах, тоже внезапно, остановился... тигр!

Он тоже не ожидал встречи, поэтому мы оба замерли на полушаге, с расставленными, как при ходьбе, ногами, словно привязанные взглядами друг к другу — глаза в глаза... Тигр, не опуская и не отводя глаз, медленно опустился на брюхо. Лег, подтянул под себя лапу. Голова у самых ног, даже казалось, что она лежит на лапах, но он слегка и плавно поводит головой вверх-вниз, словно старается получше рассмотреть меня. Я стал отступать.

Непроизвольно взглянул наверх: близко ли нижние сучья? И остановился за стволом. Тигр сделал очередной переход и тоже остановился. Выставил свою огромную, несколько пригнутую к земле голову из-за комля. “Вижу! Вижу я тебя, уходи!” — своему голосу я изо всех сил старался придать как можно больше спокойствия и властности. Очень боялся обнаружить страх (вот когда он появился), который, я в этом уверен, станет понятен и зверю. После окрика тигр плавно, как будто под его ногами лед вместо земли, перешел за другое дерево.

“Вижу! Вижу я тебя! Иди ты...” — и на этот раз я указал ему точный адрес, куда идти... Не менее десятка кругов сделал он вокруг меня и все одинаково осторожно, от дерева к дереву, после регулярных моих понуканий. Но вот, кажется, что-то изменилось в его поведении: он уходит. Во всяком случае я вижу, как удаляется его спина.

“Наконец-то. Давно бы так...” Но он не ушел никуда, вон лежит около куста рододендрона. На мой голос не реагирует, не встает и не уходит. А куда же мне?

Но едва я отвел взгляд от зверя, как тут же потерял его из виду. “Вон там он лежал... И сейчас продолжает лежать там же!” Эта способность оставаться незамеченным на открытом месте настолько поразила меня, что заглушила на некоторое время даже страх. Решил еще раз отвести от него взгляд — та же картина. На-

сколько сливается! Достаточно просто лечь под куст... Но что это? Он уже не под кустом, а впереди него... И тут только я заметил, что у неподвижно лежащего тигра шкура на лопатках переливается осторожными волнами... Он ползет!!! Вот в этот момент в меня хлынул страх... До этого преобладало чувство уверенности в том, что все обойдется благополучно и я буду гордиться, рассказывая о встрече с тигром один на один. Эта уверенность подкреплялась всем моим предыдущим опытом таежных походов и встреч практически со всеми обитателями приморской тайги, рассказами коллег-таежников. Но этот тигр, который полз в мою сторону, ломал мои устоявшиеся понятия.

Отбросив всякую медлительность и плавность движений, я, судорожно хватаясь за ствол, полез к вершине: лишь бы скорее, лишь бы успеть добраться до первых сучьев! Ухватился за сук, подтянулся и встал на него коленями. Затем посмотрел вниз — слава Богу, достаточно высоко. Мои ноги отреагировали скорее сознания, но в гамме чувств страха уже не было. Удивление, недоверие собственным глазам — а тигр ли это?! Не отводя взгляда от узких, словно спросонья прищуренных глаз зверя, я спустился и осторожно нашарил рукой ствол дерева на краю тропы. Стараясь не делать резких движений, зашел за него, потом еще за одно и остановился. "Обойду его стороной и вернусь на кордон", — решил я. И снова пошел от дерева к дереву, прячась за стволами. Тигр встал и, словно копируя или пародируя мои движения, так же медленно сделал несколько шагов по тропе, затем свернул с нее в мою сторону, зашел за дуб и лишь голову выставил из-за ствола. Он еще много ходил вокруг меня в тот час и ни разу не остановился на открытом месте.

Некоторое время мы смотрели один на другого, затем я, решив все же обойти зверя, начал медленно переходить от дерева к дереву. Тигр двинулся параллельно... "Что ему от меня нужно?"

Редина кончается. Дальше, я это отлично знал, начиналась непролазная чаща из орешника, жасмина и густого подроста. Удобно устроился в тройной развилке, почувствовал опору для рук и своего духа.

А тигр уже под моим деревом. Лежит и не сводит с меня взгляда... И прогнать нечем. И почему я на этот раз ружье не взял? И от кордона-то отошел всего ничего... А там люди, лесники с карабинами. И я во все горло, во всю силу, на которую был способен, закричал в сторону кордона:

— За-ра-пин! Зарапин!

Тигр от моего крика как-то вздрогнул и слегка повернул голову — тоже к кордону.

— Зарапин! Тигра! За-ра-пин!

После, этим же вечером, Зарапин говорил мне, что слышал мои крики, но даже мысли не допускал, что они относятся к нему и что это вопли о помощи. "Рыбаки под вечер выходного дня надрываются", — подумал он и спокойно стал ужинать.

Кричал я долго, пока не убедился, что бесполезно. Меня не слышали из-за шума реки. В карманах — сигареты, спички, записная книжка, на поясе — нож. И все. А под деревом — тигр... Чиркнул спичку и кинул вниз. Спичка погасла, не долетев до земли. Вторая тоже. Тогда я вырвал из блокнота двойной лист, смял его, поджег и кинул вниз, стараясь, чтобы он упал на тигра. Огненный комок прочертил дугу в воздухе и упал в метре от него. Я, чуть свесившись, смотрю на горящую бумагу, на равнодушного к ней тигра. Вот уже от бумаги затлели и загорелись листья, прозрачный огонек пополз по сухой траве во все стороны. Тигр встал, медленно отошел от огня на 10—12 метров и снова лег. А огонь уже набирает силу, над ним выросла струя дыма и потянулась вверх, к вершинам деревьев. Налетевший порыв ветра сломал струю и отнес в сторону тигра. Только тогда он скрылся в чаще кустарника.

А огонь набирает силу, все быстрее расползается в стороны... "Здесь еще редина, лес чистый, а рядом кустарник, чаща... Ушел или не ушел тигр? Внизу горит, вокруг тайга заповедная..." Эти мысли с лихорадочностью пламени метались в сознании. Пожар лесной пострашнее тигра... Я съехал по стволу вниз и стал лихорадочно затаптывать ногами пламя. Потопал еще для верности по дымящимся листьям и быстро, от дерева к дереву, стал продвигаться к реке. Вышел на тропу, посмотрел во все стороны и мгновенно съехал вниз к воде. Даже не поднимая голенища у болотных сапог, перебрел на противоположный берег и оглянулся.

Сейчас, вспоминая это, я нахожу открывшуюся мне картину самой красивой из всего, что видел за последние 40 минут: на высоком береговом обрыве неподвижно застыл... тигр!

Эта картина и сейчас у меня перед глазами, а в тот момент я торопился поскорее доскочить до кордона. Не замечая подводных камней, на которых скользил и спотыкался, прямо по воде зашлепал вдоль берега. Выйти на береговой откос не решился, чтобы не терять из вида надоевшего мне тигра. Он исчез в кустах, а через некоторое время появился на берегу снова, но уже впереди меня.

А кордон уже виден сквозь деревья.

— Зарапин! Генка! За-ра-пин!

Зарапин в тапочках вышел на крыльцо, видит меня в речке и удивленно спрашивает:

— Кто вы такой? Что нужно?

Не узнал. Не узнал напарника, с которым проработал не один год, прошел не одну сотню километров по таежным тропам и расстался лишь час назад...

Задранная тигром корова. Фото Дж.Гудрича

— Тащи карабин! Тигра вон!

Зарапин метнулся в дверь, тут же выскочил, на ходу загоняя патроны в магазин. Выстрел! Еще один! Ушел. Окончательно ушел.

Через некоторое время, переодетый в сухое, я пил чай и рассказывал о том, как впервые встретился с тигром.

На следующее утро мы пошли на место происшествия. На прошлогодней листве четко заметен след лежки, а на расстоянии чуть меньшем трех широких шагов — четкая борозда от моего затормозившего каблука. Вот черное пятно сгоревшей подстилки под деревом, а вот и следы охранявшего меня тигра. Их много. Самый короткий радиус — девять, а самый большой — одиннадцать метров от дерева».

В мае 1982 г. я тоже неожиданно встретился с тигром.

Часов в восемь вечера мы вдруг вспомнили, что надо принести с дороги трубы для печи в избушке. Толик пошел в болотных сапогах через речку напрямую, а я, в кедах, через мост. Если напрямую, до труб — метров 400. Когда я уже подходил к стоявшему на дороге Толику, сзади послышался какой-то шум. Будто камень упал. Рядом в двух шагах шумит река, да и слух у меня не ахти, но оглядываюсь и вижу... в трех шагах сзади тигр! Спрыгнул с прилавка на тропу, повернулся на 90 градусов, в мою сторону, передние лапы полусогнуты, как перед прыжком... Не рычит, не скалится. Это уж потом я все вспомнил, а в первое мгновение просто остолбенел!

Кабан. Пока он разгуливает, а завтра может стать жертвой тигра.
Фото А.В.Костыри

Может, две-три секунды мы смотрели-то в глаза друг другу, а потом я, не раздумывая, почему-то растопырил руки, как будто ловить и душить его собрался, и заорал благим матом.

— Ты что, сдурел? А ну брысь отсюда! Чтобы и духа твоего тут не было! Двадцать лет я тебя не видел и чтоб еще столько же не видал!

Примерно так. И все это злым, громким, во всю мощь легких, криком. В общем, расшумелся, как на базаре. Смотрю, тигр оскалил пасть, верхняя губа с усами как-то вверх и в сторону скособочилась, легонько, тихо рыкнул, прыгнул на прилавок и потрусил от меня легкими плавными прыжками.

У меня, слава Богу, словесная лихорадка прошла и сердце вроде на место встало. Я почему-то тоже выскочил на прилавок, на ходу сунул руку в карман, вытащил перочинный нож и — вслед за тигром, выискивая его глазами. Он стоял метрах в 30, задом ко мне, но повернул голову в мою сторону. Вдруг я вспомнил, что неподалеку Толик, и стал его звать. Когда он подбежал («Кто? Изюбрь?»), тигр переходил ключ. Только тогда, в спокойной обстановке, мы разглядели, что тигр крупный, тусклого рыже-серого оттенка, с черными, неяркими полосами. На другом берегу ручья он снова оглянулся, вышел на дорогу, что в пяти метрах, постоял немного, глядя в нашу сторону, и подался шагом на сопку.

Как тигр оказался сзади меня? Я не мог пропустить его, если бы он лежал рядом с тропой: кустов тут мало, а трава еще не поднялась. Видимо, он слышал, что по берегу кто-то идет, и решил узнать, кто. Побежал, спрыгнул на тропу и... тоже, наверное, остолбенел, увидев вместо оленя чучело с растопыренными руками и оравшее, словно его режут, да еще и не выбирая выражений.

А я после этого несколько дней судорожно оглядывался на каждый шорох.

За последние 10 лет в заповеднике зарегистрировано более 100 неожиданных встреч человека с тигром, и все они закончились миром. В некоторых ситуациях тигру оставалось два-три прыжка до безоружного человека... Однако лучше, чтобы встреча не состоялась, а потому нужно всячески шуметь: громко петь, стучать по жестянке (ведру, миске, кружке), стрелять по кустам, стараясь не задеть хищника. Но коли встречи избежать не удалось, безотказно действует фальшфейер. А если нет ни его, ни ружья — все зависит от ситуации, от человека, от характера тигра. Но ни в коем случае не следует спасаться бегством, равно как лезть на дерево. Тигры прекрасно лазают, хотя делают это неохотно и только в стрессовых ситуациях. Уже не один человек «снят» этой кошкой с кажущихся спасительными ветвей.

Конфликты

Вне всякого сомнения, тигр раньше человека видит, слышит, чует его и больше двуногого существа не желает встречи. Другое дело с собакой. Забыв о своей врожденной осторожности, обо всем на свете, тигр сломя голову лезет на рожон, лишь бы задавить собачку. Ну что она ему? Мясо? Так ведь это, что для нас пельмень проглотить.

«Тигры чрезвычайно лакомы до собак и предпочитают их всякой другой пище. Может быть, собачье мясо имеет для них особенный вкус, а может быть, в этом случае действует вековая вражда всей кошачьей породы к собачьей», — писал Н.М.Пржевальский.

«К собакам тигр питает какую-то слабость, предпочитая их любой другой добыче. Известны факты, когда тигр, учуяв собаку, бросал только что задавленного кабана и шел за ней к избушке, где жили охотники. Собачье мясо тигры едят с большим удовольствием. Удэгейцы говорят: “Тигр, сожрав собаку, два дня ходит как пьяный — валяется, играет”. Что ж, у каждого свои слабости», — полагает С.П.Кучеренко.

Как-то мы посчитали, что за последние пять лет хищники ежегодно собирают дань из трех—пяти собак и столько же на соседних пасеках и в охотничьих избушках. Не напасешься! А лесники, как правило, к тому же и охотники, собака для них не просто «друг человека», но и добытчик. Кстати, по положению, в заповеднике нельзя ходить с собаками, как исключение разрешается держать их на кордонах на привязи. Так что у тигра есть некоторое оправдание. Взаимная ненависть тигра и собаки, вероятно, имеет глубокие эволюционные корни, и вряд ли можно что-либо изменить. Да и нужно ли? У хороших хозяев тигры собак в заповеднике не трогают. В охотничьих угодьях — дело другое. Многие собаки даже следа тигриного боятся...

Если на заповедной территории тигру гарантируются все условия для «райской» жизни и даже обеспечивается его личная безопасность от пули браконьера, то на эксплуатируемых землях ему куда как труднее. Здесь «царь зверей» должен сосуществовать с «царем природы» — человеком.

Тигры регулярно выходят за пределы основной части индивидуальных участков, расположенных в заповеднике, подновить свои именные метки по всему периметру владений. И тут-то они становятся самыми заурядными неохраняемыми хищниками, государственная лесная охрана бессильна помочь им. Не удивительно, что плотность тигров в заповеднике всегда была и остается выше, чем на сопредельной территории.

С охотниками тигр конфликтует чаще всего. Как правило, наиболее производительные охотничьи угодья располагаются вдали от населенных пунктов. Такие места и тигр считает наилучшими для своей охоты. И каким бы благородным и мужественным ни был охотник, близкое соседство тигра ему явно не по душе. Как только на охотничьей тропе появляются свежие следы зверя, у охотника начинается беспокойная жизнь. Чуткие собаки, его надежные помощники, постоянно подвергаются опасности. Те, что малоопытные, довольно скоро «исчезают», тигр подкарауливает их в самых неожиданных местах, а чаще нападает на привязанных возле охотничьей избушки. Другие, уже встречавшиеся с полосатой кошкой, умеют уберечься, но охотятся вполсилы, постоянно отвлекаются, а то и попросту убегают в избушку.

Если тигр задавил собаку, большинство охотников приходит в ярость. Случись ему по неосторожности показаться на глаза охотнику, трудно сказать, чем это может кончиться, некоторые не выдерживают и стреляют в тигра. Ясно, что ни один охотник не будет хвастаться своими победами над зверем из Красной книги, поэтому невозможно привести достоверные примеры с трагическим концом.

(Окончание в следующем номере)

Молекулярные оболочки вокруг галактики Центавр А

Д.З.Вибе,
кандидат физико-математических наук
Институт астрономии РАН
Москва

Несмотря на разнообразие форм и размеров, галактики в целом подразделяются на три больших класса. Одни имеют форму диска, в котором выделяются спиральные ветви, состоящие из молодых звезд. Другие, эллипсоидальной формы, населены в основном старыми звездами. Галактики неопределенной формы относят к неправильным, но генетически они, по-видимому, связаны со спиральными. Одно из главных отличий эллиптической галактики от спиральной — отсутствие выраженного газового диска, в котором могут формироваться молодые звезды. Большинство эллиптических галактик, как полагают сейчас, образуется в результате слияния двух или нескольких спиральных галактик, однако в ходе этого процесса основная масса газа из спиралей либо быстро превращается в звезды, либо рассеивается в окружающем пространстве.

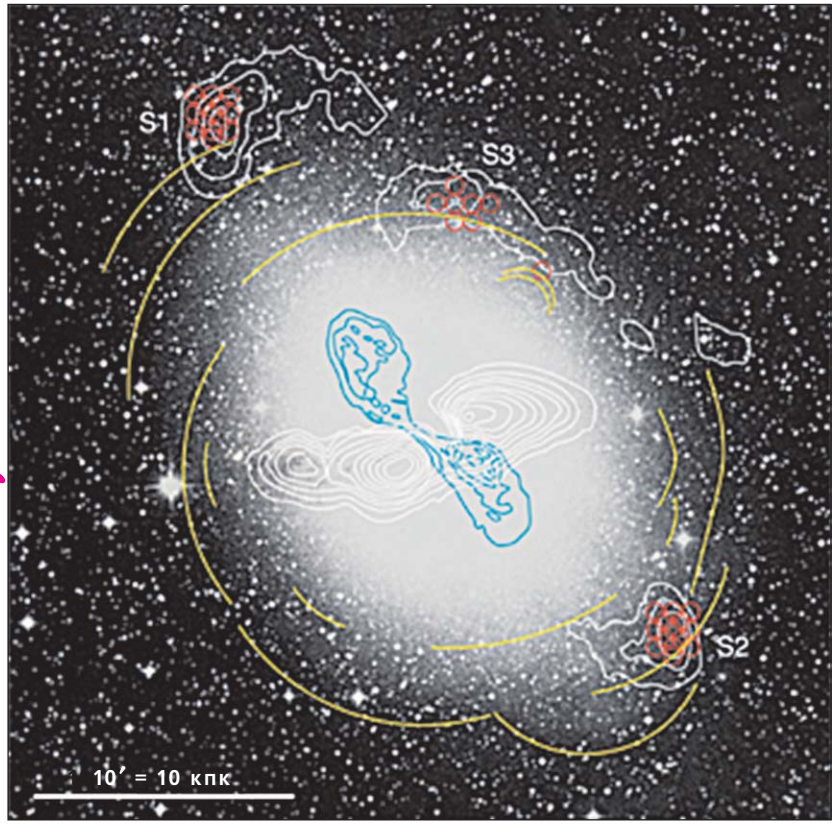
На слиянии двух спиральных галактик процесс объединения звездных систем не заканчивается. Большинство галактик входит в группы. Массивные эллиптические системы в этих группах поглощают одну или несколько меньших галактик. В течение некоторого времени после слияния следы его можно наблюдать в виде слабой ряби на однородном яркостном фоне всей поверхности эллиптической галактики. На снимках с длительными экспозициями рябь проявляется в виде слабых колец вокруг галактики, но в действительности это проекции трехмерных структур, оболочек. В начале 1980-х годов в результате фотометрических и спектроскопических исследований было установлено, что оболочки состоят из звезд, причем само присутствие оболочек стало рассматриваться как обычное явление, поскольку выяснилось, что ими окружено около половины близких крупных эллиптических галактик.

Совсем недавно, в 1994 г., в некоторых оболочках был обнаружен атомарный водород, что оказалось несколько неожиданным. Современные теории предсказывают, что при слиянии галактик газ и звезды ведут себя по-разному. Для звезд процесс слияния галактик происходит без столкновений, поэтому они почти не теряют кинетическую энергию и вполне могут оказаться на далеких от центра новообразованной галактики орбитах, например в оболочках. Облака же межзвездного газа в сливающихся галактиках имеют огромные поперечники, и поэтому с высокой вероятностью сталкиваются. В этих случаях кинетическая энергия облаков переходит в тепловую и быстро высвечивается. Потерявшие скорость облака оседают к центру галактики; здесь, из-за возросшей плотности газа, звездообразование ускоряется, и довольно быстро весь газ переходит в звезды. На дальних подступах к галактике газу взяться неоткуда. Как же он попал во внешние оболочки некоторых эллиптических галактик?

Группа астрономов* из США, Франции и Нидерландов предприняла попытку объяснить это серьезное разногласие между теорией и наблюдениями. Они предположили, что газ собран не в гигантские разреженные атомарные облака, а в небольшие плотные (более 1000 молекул на см^3) молекулярные сгустки. Благодаря относительной компактности и высокой плотности молекулярные облака в момент слияния галактик могут вести себя подобно звездам.

© Д.З.Вибе

* *Charmandaris V., Combes F., Hulst J.M. van der* // Astronomy and Astrophysics. 2000. V.356. P.L1—L4 (европ. журн.).



Оптическое изображение галактики Центавр А с наложенными на него контурами оболочек. Желтым цветом показаны звездные оболочки, они видны только на очень глубоких (хорошо проработанных) снимках; белым показан атомарный водород, голубым — радиоизлучающий выброс из активного ядра галактики, красным — молекулярные оболочки; S1, S2 и S3 — области излучения молекулы CO. Размер кадра 32′×32′ (ESO PR Photo 09a/00. 14 March 2000).

Действительно, численное моделирование показало, что динамика таких плотных облаков имеет характер, промежуточный между поведением звезд и диффузных облаков атомарного водорода. Хотя бо́льшая часть газа в конце концов попадает в центр объединенной галактики, заметное его количество может уцелеть и на далеких расстояниях от ядра, в том числе в наблюдаемых водородных оболочках.

Чтобы проверить эту гипотезу, астрономы решили исследовать оболочки вокруг некоторых близких эллиптических галактик на присутствие в них газов, типичных для молекулярных облаков. Наблюдения проводились на 15-метровом радиотелескопе SEST (Swedish ESO Submillimetre Telescope) Европейской южной обсерватории (Чили). Этот телескоп, работающий в субмиллиметровом диапазоне, — единственный подобный инструмент в Южном полушарии Земли. Он способен регистрировать эмиссионные линии газов, входящих в состав молекулярных облаков, например линию оксида углерода (CO) на длине волны 3 мм.

Поиск оказался успешным. Особенно ученым повезло с близкой гигантской эллиптической галактикой Центавр А (см. первую страницу обложки). В двух ее оболочках (см. фото в тексте), которые находятся на расстоянии около 50 тыс. световых лет от ядра галактики, действительно обнаружены молекулы CO.

Это открытие подтверждает предложенную гипотезу и объясняет, почему газ после слияния оказался так далеко от центра эллиптической галактики. Вероятно, определенная часть газа в поглощенной галактике присутствовала в виде плотных компактных молекулярных облаков, которые во время слияния вели себя подобно звездам и оказались в конце концов в газовых оболочках. Сравнение современных данных, полученных с помощью телескопа SEST, с наблюдениями молекул CO вблизи центра галактики Центавр А, выполненными ранее, показывает, что во внешних областях галактики находится около 10% ее молекулярного газа.

Какова дальнейшая судьба газовых оболочек вокруг Центавра А? Они почти наверняка гравитационно связаны с галактикой и никогда ее не покинут. С другой стороны, клочковатые молекулярные облака во внешних оболочках могут существовать довольно долго, но с течением времени они полностью рассеются.

Обнаружение оксида углерода в оболочках вокруг Центавра А открывает интересные перспективы будущего исследования эволюции галактик. Однако подобные наблюдения очень сложны. Прежде всего, молекулярного газа в боль-

шинстве галактических оболочек относительно немного, и потому для получения достаточно точных результатов с высоким отношением сигнал—шум потребуются многочасовые наблюдения на больших радиотелескопах с высокочувствительными приемниками. В случае с галактикой Центавр А для надежного отождествления молекул CO понадобилась 20-часовая экспозиция.

Кроме того, угловое разрешение однозеркального 15-метрового радиотелескопа SEST на длине волны 3 мм не лучше 44″. Поэтому в далеких галактиках с его помощью фактически невозможно получить изображения отдельных оболочек. С другой стороны, в близких галактиках, например в Центавре А, оболочки занимают сравнительно большие участки неба, и потому для их изучения требуется крупномасштабная карта, составление которой занимает много наблюдательного времени.

Астрономы США и Европы приняли решение о создании в Чили многозеркального радиотелескопа ALMA (Atacama Large Millimetre Array). Общая его площадь составит около 7 тыс. м^2 (что в 40 раз больше, чем у телескопа SEST); 64 его антенны будут работать в режиме интерферометрии, благодаря чему удастся достичь углового разрешения менее 1″. Это позволит получать изображения галактик, находящихся на огромных расстояниях, с гораздо большими чувствительностью и четкостью. Следующим шагом в этих наблюдениях станет проверка наличия оксида углерода в оболочках других эллиптических галактик и поиск в них иных молекул. ■

Спор о приоритете Бэрда

Долгое время ряд научных обществ и частных лиц отстаивали первенство в достижении Северного полюса известным американским летчиком, знаменитым полярным исследователем Антарктиды Ричардом Бэрдом, которое якобы состоялось 9 мая 1926 г. Однако тщательное изучение бортового навигационного журнала и внесенных в него дополнительных записей, вычислений и исправлений убедительно показало, что самолет «Жозефина Форд», пилотируемый Бэрдом и его вторым пилотом Ф.Беннеттом, долетел только до окрестностей полюса, но самой этой географической точки не достиг (Polar Record. 2000. V.36. №196. P.25—50. Великобритания).

Таким образом, правы остаются те эксперты в области полярных географических исследований, кто утверждал, что приоритет принадлежит норвежскому полярному исследователю и путешественнику Руалю Амундсену: возглавив первый трансарктический перелет на дирижабле «Норвегия» (который пилотировал его создатель У.Нобиле), он 12 мая 1926 г. успешно достиг самой северной точки Земли.

Новый пенетратор

Для изучения физических и геохимических параметров осадков материкового склона и дна глубоководных областей Мирового океана используют специальный буровой прибор — пенетратор. Недавно отделение французского Института исследования морей в Бресте (l'IFREMER-Brest) и фирма «Géoocéan Solmarine» разработали более совершенный прибор (Science et Vie. 2000. №992. P.26. Франция).

Раньше пенетратор мог проникать в донные осадки лишь на 2 м, при новой конструкции бур с измерительной аппаратурой способен углубиться на 20 и даже 30 м. Спуск прибора и установка его на рабочей глубине (до 6 тыс. м) осуществляется с помощью специального кабеля. Движением аппарата управляет автономное устройство, определяющее нагрузку на бур (ее максимум определен в 4 т). Новый пенетратор можно оснащать поисковыми головками для замеров плотности осадков и их температуры, теплопроводности, трения о грунт и др.

Жемчуг по заказу

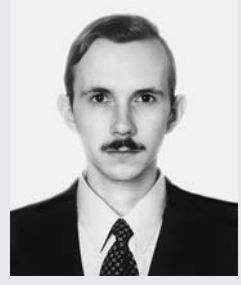
В марикультуре Франции второе место по объему продукции и доходам после разведения устриц и мидий занимает выращивание жемчужниц: ежегодная продукция жемчуга — 6 т, а доход от его реализации — 900 млн франков. Во Французской Полинезии разведением жемчужниц занято 5 тыс. человек — это вторая (после туризма) сфера приложения труда. Своим успехом она обязана внедрению в практику достижений генетики (Science et Vie. 2000. №992. P.26. Франция).

Отделение французского Института исследования морей (l'IFREMER-Tahiti), ведущее зоосанитарный мониторинг тех лагун, где размещены садки с жемчужницами, приступило к выполнению программы, которая позволит не только регулировать объем продукции и ускорить рост жемчужин, но и влиять на цвет перламутра.

Степи Внутренней Монголии

В.В.Неронов, А.А.Лущекина

Судьба травянистых экосистем, и в особенности степей, крайне драматична. Еще недавно их массивы в Евразии протягивались сплошным поясом шириной 150—600 км от придунайских равнин Венгрии и Румынии на западе до Маньчжурской равнины на востоке. Однако из-за длительного использования в земледелии и скотоводстве большинство из них превратилось в агроландшафты или деградировало, потеряв былое плодородие. Крупные массивы слабо нарушенных целинных степей сохранились только в Центральной Азии, в частности — в границах Внутренней Монголии, крупного автономного района Китая. Они занимают Монгольское плато и предгорья Большого Хингана. Однако их состояние также вызывает оправданную тревогу специалистов.



Владимир Валерьевич Неронов, *аспирант Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН. Занимается вопросами функционирования аридных экосистем Евразии, изменениями природной среды под воздействием хозяйственной деятельности человека. Принимал участие в экспедициях по юго-востоку Европейской России и Монголии.*

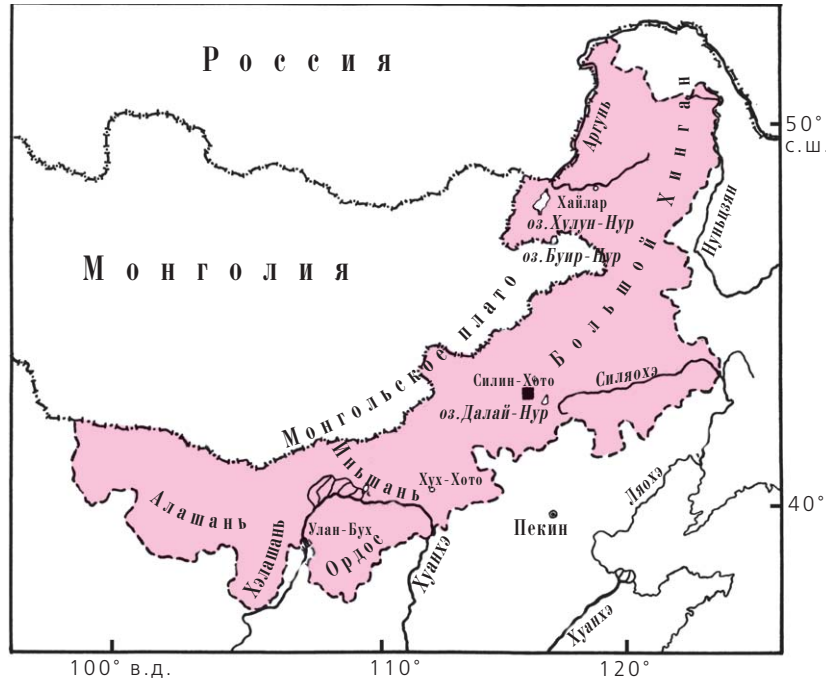
Анна Анатольевна Лущекина, *кандидат биологических наук, старший научный сотрудник того же института. Специалист в области биологического разнообразия степных экосистем Центральной Азии, зоогеографии и экологии копытных аридной зоны. На протяжении долгого времени работала в Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции.*

Актуальные проблемы охраны и восстановления деградированных степных сообществ в последние годы обсуждались на нескольких международных конференциях, прошедших в Китае. Первая из них, «Травянистые сообщества умеренной зоны в XXI веке», состоялась в июле 1996 г. в Пекине. Она положила начало совместным работам ученых из России, Китая и Монголии на Монгольском плато, организованным специалистами из Института ботаники Китайской академии наук и Силингольской экологической станции. Второй симпозиум на эту тему был проведен в августе 1997 г. на базе Университета Внутренней Монголии (г.Хух-Хото), а третий — в г.Силин-Хото в августе 1999 г. Более 100 специалистов из Австралии, Китая, Монголии, России, Словакии, США и Японии приняли участие в этих мероприятиях, в их числе были и авторы этих строк.

Природа Внутренней Монголии чрезвычайно самобытна. Еще в начале пути из Пекина в этот глубинный район из окна автобуса замечаешь при-

© В.В.Неронов, А.А.Лущекина

сущее Китаю разнообразие рельефа. Обширная Великая Китайская равнина сменяется величественными горными поднятиями, переходящими затем в бескрайние холмистые пространства собственно Монгольского плато. С северо-востока Внутреннюю Монголию обрамляет Большой Хинган. Его массивные разветвленные хребты высотой 1000—1300 м над ур.м. вытянуты с северо-востока на юго-запад более чем на 1400 км и служат естественной границей между Центральной и Восточной Азией. На юго-западе Большой Хинган соединяется с горной системой Иньшань, протягивающейся поперек центральной части Внутренней Монголии. Третья горная система региона — Хэлашаньские горы. Они возвышаются на западе Иньчуанской равнины. Их главная вершина имеет максимальную для Внутренней Монголии высоту — 3556 м, поэтому ее называют крышей автономного района.



Автономный район Китая — Внутренняя Монголия. Квадратом показано положение Силингольского национального заповедника.

Внутри этого горного обрамления располагается величественное Монгольское плато (его еще называют Восточно-Гобийский пенеплен) протяженностью с северо-востока на юго-запад больше 3 тыс. км — второе по величине в Китае. Его средние высоты составляют 1000—1500 м над ур.м., а рельеф представляет собой чередование котловин и долин, горных кряжей и холмов различных размеров. Дно долин и котловин иногда на значительном протяжении исключительно ровное, хотя местами усеяно разбросанными группами холмов. Во впадинах, пересекающих плато, часто можно встретить озера с топким илистым дном или же, на худой конец, огромные пересыхающие солончаки. Большинство впадин со всех сторон окаймлены крутыми обрывами, нередко причудливо изрезанными оврагами. При пересечении обширных котловин часто попадаются массивы песков, иногда достаточно крупные. Наиболее характерны закрепленные растительностью бугристые пески с плоскими вершинами и пологими скатами. В целом Восточно-Гобийский пенеплен не настоящая пустыня, а сухая холмистая степь, представляющая собой одно из лучших природных пастбищ Китая. И только на западе Монгольского плато прослеживается «песчаный океан». Здесь находятся четыре крупные пустыни: Улан-Бух, Боингоби, Аламань и Тэнтэр.

Западная часть Внутренней Монголии принадлежит континентальной центральноазиатской климатической области, восточная — муссонной. Благодаря такому географическому положению здесь формируется типичный умеренноконтинентальный климат с муссонами и малыми неравномерными осадками. Значительные перепады температур и изменчивость климата вполне оправдывают местную народную поговорку: «Утром в овчине ходишь, днем надеваешь шелк, а вечером у жаркой печки лакомишься арбузами».

Традиционно водным краем принято называть юг Китая, и мало кому известно, что Внутренняя Монголия также богата реками и озерами. Только рек в этом автономном районе не меньше тысячи, главные из которых — Хуанхэ, Аргунь, Нуньцзян и Силяохэ. Вторая по величине река Китая — Хуанхэ («желтая река»). В ее водах содержится много песка и ила — продуктов разрушения горных пород. Более 800 км она течет по территории Внутренней Монголии. Пограничная с Россией р.Аргунь полноводна и имеет спокойное течение, что позволяет использовать ее для судоходства. Свои воды в Аргунь несут многочисленные стремитель-

Монгольское плато. Вид на вал Чингисхана.
Фото В.В.Неронова

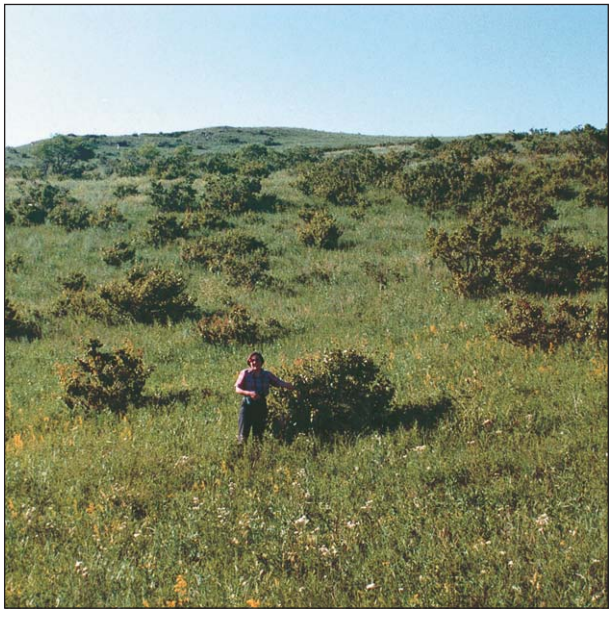
Ковыль в целинной степи.
Фото В.В.Неронова

Цветущие ирисы.
Фото А.А.Лущекиной

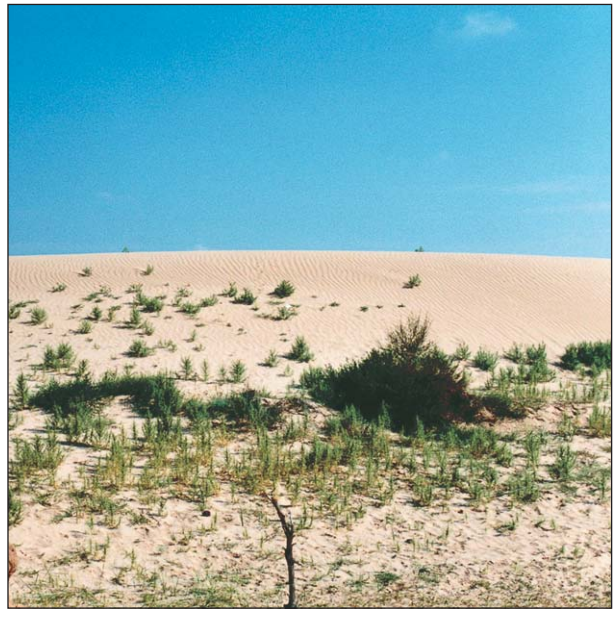
Типичный степной кустарник — карагана мелколистная.
Фото В.В.Неронова

Агроландшафт на месте степей.

Фото В.В.Неронова



Кустарниковые степи на легких почвах.
Фото А.А.Лущекиной



Незакрепленные пески — результат перевыпаса скота.
Здесь и далее фото В.В.Неронова

ные речки с гор Большого Хингана, играющего роль главного водораздела Внутренней Монголии. Помимо крупных рек, несущих воды в океан, в пределах автономного района протекают немногочисленные реки внутреннего стока, впадающие в озера или незаметно исчезающие в пустынях и засушливых впадинах.

Свыше тысячи больших и малых озер разбросаны по всей Внутренней Монголии. Больше всего их в гобийской части области, где часто они приурочены к впадинам и имеют горько-соленую, почти всегда молочно-белую воду, редко пригодную даже для водопоя. Площадь главных озер, таких как Хулун-Нур, Буир-Нур (пограничное с Монголией), Далай-Нур, Улянсу-Нур и др., свыше 100 км^2. Некоторые из них используются для добычи и производства соли и щелочи, другие же — важный источник воды на засушливых пастбищах. У Внутренней Монголии — прекрасные перспективы разведения пресноводных рыб (карасей, толстолобиков, лещей, белого амура), в том числе знаменитого хуанхэского карпа.

Обширность территории и особые физико-географические условия создают предпосылки для разнообразия растительности, животного мира и естественных экосистем Внутренней Монголии. В автономном районе обитает 114 видов диких млекопитающих. Среди них — степные и полупустынные виды (даурский еж, степной хорек, корсак, манул, дзерен, заяц-толай и др.), а также обитатели гор (горал, куку-яман, барс). Из 362 видов птиц, обитающих в этом регионе, к группе монгольских степных можно отнести дрофу, копытку, большого мохноногого канюка, огаря. В таежной части Большого Хингана можно встретить и типичных лесных обитателей — рябчика, обыкновенного поползня, пятнистого конька. Среди луговых и околоводных форм — фазан, перепел, лебедь-кликун, мандаринка. Девять видов птиц и зверей взяты под охрану. Интересно, что горная система Большого Хингана для подавляющего большинства наземных позвоночных не является фаунистической границей — степные виды обходят лесную часть гор с юга и выходят на просторы Маньчжурии, а восточноазиатские леса, как правило, пересекают хребет и встречаются западнее него. Растительный мир Внутренней Монголии насчитывает не менее тысячи видов диких растений, из которых более 500 относятся к ценным лекарственным травам, применяемым в китайской народной медицине (солодка уральская, эфедра китайская, лилейник лимонный, дереза китайская и др.). Более 70 видов волокнистых растений, например тростник, рогоз, кендырь синеватый и др., используются в качестве сырья для производства бумаги, изготовления веревки. Кроме того, в автономном районе произрастает более 50 видов растений, содержащих крахмал, они находят применение в красильно-печатной и крахмальной промышленности.

Скотоводческая база Китая

Согласно ботанико-географическому районированию [1], степи Внутренней Монголии относятся к Монгольской провинции центральноазиатской подобласти степной области Евразии. Меридиональное простирание степных сообществ на крайнем востоке связано с влиянием Большого Хингана. К числу доминирующих видов растений относятся сухостепные дерновинные злаки (например, ковыль Крылова, змеевка растопыренная, мятлик кистевидный). Невзрачные с виду, невысокие растения сухих степей на самом деле представляют собой концентрированный, питательный корм для скота, повышающий жирность коровьего молока до 6.5%. Эти степи — лучшие природные пастбища Китая. На более легких супесчаных почвах, приуроченных к возвышенным элементам рельефа, произрастают сообщества из более крупных тырсовидных ковылей (байкальского и большого). Неотъемлемый компонент этих сообществ — полукустарничковая полынь холодная, особенно обильная на сбитых скотом пастбищах. Из представителей разнотравья наиболее распространены лапчатка бесстебельная, некоторые луки (двузубый, многокорешковый), ирисы, володушка двустебельная и ряд других. Чрезвычайно характерны для степей Внутренней Монголии разбросанные кусты и скопления низкорослого кустарника — караганы мелколистной. Пожары, возникающие в силу естественных и антропогенных причин, приводят к заметному угнетению степного дерновинного злака и развитию корневищного — вострeца китайского.

Южные низкогорья и среднегорья Большого Хингана заняты своеобразной горной лесостепью. По северным склонам из древесных пород наибольшее распространение получили лиственница Гмелина и береза плосколистная, тогда как на более прогреваемых южных господствуют широколиственные — монгольский дуб, монгольская липа, а также теплолюбивая сосна. Видовой состав пижмовых, разнотравно-злаковых и лугово-степных сообществ лесостепи достаточно богат и разнообразен. Среди травянистых растений преобладают маньчжурско-даурско-монгольские виды — ковыль байкальский, вострец китайский, пижма сибирская,

осока стоповидная, кровохлебка лекарственная и многие другие. Пестрый ковер прихинганских луговых степей особенно красив весной, во время массового цветения лилий, живокости, краснодева. В массивах песков встречаются небольшие рощицы из вяза приземистого, а слегка засоленные склоны песчаных бугров зарастают полынью солончаковой.

В настоящее время Внутренняя Монголия — одна из основных скотоводческих баз Китая. Ее степи простираются на 880 тыс. км^2, а общая площадь пахотных земель автономного района составляет 53 тыс. км^2. Разведение крупного и мелкого рогатого скота весьма выгодно с экономической точки зрения, поскольку мясные коровы и овцы потребляют не дорогой фураж, а дешевые, естественные грубые корма. Однако, несмотря на сравнительно низкий уровень развития животноводства, долгое время хозяйства увеличивали поголовье скота вслепую, не задумываясь об уровне нагрузки и экологических последствиях деградации пастбищ. Результатом этой погони за ростом стада сельскохозяйственных животных (в четыре с лишним раза за последние 30 лет) стало резкое сокращение продуктивности естественных кормовых угодий на 40—60%. Перевыпас и транспортные нагрузки увеличили площадь незакрепленных песков, привели к образованию многочисленных котловин выдувания, развеванию гребней песчаных гряд и формированию подвижных барханов. Поскольку скотоводство Внутренней Монголии исконно носит перегонный характер, ряд высококачественных пастбищ по берегам рек и во впадинах между холмами обычно собирают огромное количество скота, превышающее емкость угодий иногда в десятки раз. По данным обследований, за последнее десятилетие произошло снижение среднего веса туш (для овец — на 2.5—5 кг, а для коров — на 25—50 кг). В расчете на каждый гектар степи хозяйства получают лишь по 1.5 кг баранины и говядины, 2.25 кг молока и 0.5 кг овечьей шерсти, что соответствует всего 10% продуктивности травяных сообществ Австралии, около 4% — США и менее 1.5% — Новой Зеландии. Падение качества животноводческой продукции было вызвано недостаточным снабжением скота кормами, а нехватка последних — прямое следствие перевыпаса. Подобный подход, о котором в Китае говорят: «Вычерпать озеро, чтобы достать рыбу», — постепенно уступает место рациональному природопользованию, учитывающему не только текущие интересы, но и долгосрочные перспективы использования угодий.

Серьезный ущерб естественным экосистемам наносит и неумеренная распашка земель. Вместо экономически и экологически выгодного в засушливых условиях континентальных степей Внутренней Монголии пастбищного животноводства часто практиковалось возделывание зерновых культур. Например, в Абагасском хошуне в 1960—1961 гг. было распахано около 15.3 тыс. га превосходных участков, пригодных для выпаса мелкого рогатого скота [2]. В результате первые два года с одного гектара снимали всего пять-шесть центнеров зерна (яровой пшеницы, овса, проса), а в последующие годы не могли вернуть и посеянных семян. Через 10 лет поля превратились в голые земли и массивы песков, которые уже не могли быть использованы в хозяйстве. Зерновых, таким образом, не получили, а прекрасная степь, пригодная для выпаса скота, была полностью опустошена.

В последнее время вопросам охраны природы Китая уделяется все более пристальное внимание. Понятие заповедник в этой стране трактуется значительно шире и многограннее, чем принято у нас. Подходы к их созданию базируются на синтезе природоохранных, научных и культурных концепций, объединенных в единую структуру. В системе заповедных территорий Китая могут быть представлены фермы по разведению редких видов животных, ветеринарные лечебницы, плантации лекарственных и редких видов растений, зоопарки, ботанические сады, туристические комплексы, памятники природы и архитектуры, места религиозного паломничества и другие объекты, выходящие за рамки структурной организации российских заповедников. Всего к настоящему времени на территории Китая функционируют около 800 заповедников общей площадью 71.85 млн. га, 14 из которых включены в мировую сеть биосферных заповедников, утвержденных ЮНЕСКО.

Степной заповедник

В целях изучения степных экосистем и разработки мер по контролю процессов опустынивания в 1985 г. во Внутренней Монголии был организован Силингольский степной природный заповедник, который в 1987 г. получил статус биосферного. Это первый заповедник в Китае, который ориентирован на сохранение типичных степных экосистем, их биологического разнообразия и разработку модели устойчивого развития ресурсов региона.

Биосферный заповедник Силингол расположен в южной части Монгольского плато. На площади около 1 млн га, охватывающей весь бассейн

Река Силингол на территории заповедника.

Рощи из вяза приземистого в Силингольском заповеднике.

р.Силингол с притоками, здесь представлены типичные степные и полупустынные ландшафты предгорий Большого Хингана и собственно Монгольского плато с участием песчаных массивов (например, Ксиао Тенгер и др.) [3]. Среди объектов охраны — целостные экосистемы типичных и луговых степей (с участием многочисленных видов лугового разнотравья), а также своеобразные парковые насаждения вяза приземистого на песках (так называемый лес на песках). На территории заповедника зарегистрированы 655 видов цветковых растений, 71 вид мхов, более 10 видов грибов, большое разнообразие насекомых, 33 вида млекопитающих, 76 видов птиц, в числе которых такие редкие для Китая, как уссурийский журавль, дрофа и лебедь-кликун, черный коршун, перепелятник, дзерен.

На территории Силингольского биосферного заповедника выделены два ядра, где представлены экосистемы и местообитания редких, реликтовых и находящихся под угрозой исчезновения видов. В пределах первого ядра широкое распространение имеют степные экосистемы с небольшими вкраплениями луговых сообществ на холмах. Второе ядро включает песчаные дюны с рощицами и парковыми насаждениями вяза приземистого, который вместе с сопутствующими ему ивами и караганой образует своеобразные оазисные экосистемы. Особый комплекс луговой и болотной растительности характеризует долину р.Силингол, а в слепой дельте реки мы наблюдаем типичные для Внутренней Монголии солончаковые сообщества. Ядра заповедника окружены буферными зонами, в пределах которых запрещены выпас, охота, распашка земель, строительство населенных пунктов и другая деятельность человека. Здесь проводятся долговременные наблюдения за состоянием окружающей среды.

В последние годы проводится работа по устройству местного ботанического сада для демонстрации и сохранения растений, а также осуществления научных наблюдений. Кроме того, планируется организация небольшого зоопарка. В зависимости от продуктивности пастбищ в нем будут содержать до 300 особей монгольского дзерена — уникального обитателя целинных степей Центральной Азии. В районе оз.Закстайн (в переводе с монгольского — Рыбное) уже функционирует центр по экологическому туризму. Здесь можно ознакомиться не только с природой, но и с историей, древней культурой монгольского народа, посетить известный вал Чингисхана. Приезжающие сюда туристы живут в юртах, знакомятся с местными традициями, слушают народные песни. Они могут совершать конные экскурсии и поездки на верблюдах, посещать лесные массивы, кататься на лодках, ловить рыбу и купаться в озере.

Научные работы, включающие не только экологические исследования, но и решение сельскохозяйственных про-

блем региона, проводятся специалистами экологической станции, созданной Китайской академией наук. Для работы на ней и в заповеднике приезжают ботаники, зоологи, почвоведы из различных научных учреждений Китая, Университета Внутренней Монголии. Долговременный экологический мониторинг включает наряду с разнообразными стандартными исследованиями (измерение температуры воздуха и почвы, количества осадков, влажности, испарения и т.п.) изучение почв и почвенной фауны, структуры и функционирования растительных сообществ, фенологии и динамики численности популяций животных и растений.

После посещения биосферного заповедника и экологической станции в бассейне р.Силингол у нас сложилось впечатление, что комплексный подход к охране природы, практикующийся в Китае, пожалуй, наиболее эффективен. Здесь гармонично сосуществуют экологический туризм, научные лаборатории с прекрасным оборудованием, прекрасный музей заповедника, наглядно демонстрирующий разнообразие местной фауны и флоры, а также собственно охраняемые территории региона. На экспериментальных участках изучают структуры и функциональные процессы степных экосистем, фотосинтез, водный баланс, восстанавливают и улучшают деградированные степные экосистемы. Большой интерес у нас вызвали исследования влияния выпаса домашнего скота на отдельные участки степи. На территории буферной зоны заповедника выделено несколько ключевых участков, в пределах которых проводят эксперименты с разными нагрузками. Статистическая обработка полученных данных дает возможность строить прогнозные модели восстановления, улучшения и рационального использования деградированных степных экосистем.

Здание Силингольской экологической станции.

У традиционной монгольской юрты.

По сравнению с европейскими, а также казахстанскими степями, которые к настоящему времени почти полностью уничтожены, центральноазиатские степи еще сохранились в виде крупных массивов и могут быть спасены от разрушения. Поэтому сейчас, на пороге нового тысячелетия, человечество общими усилиями должно предпринять решительные шаги, чтобы защитить последние степные экосистемы умеренного пояса Евразии, представляющие уникальное образование биосферы Земли. ■

Литература

1. *Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И.* Степи Евразии. Л., 1991.
2. *Дисинь Сюй.* Экологические проблемы Китая. М., 1990.
3. *Востокова Е.А., Гунин П.Д., Прищепа А.В.* // Аридные экосистемы. 1997. Т.3. №6—7. С.47—57.

В поисках затонувших кораблей

Бессонница, Гомер, тугие паруса,
Я список кораблей прочел до середины...
Осип Мандельштам

М.Ю.Сорокина

Марина Юрьевна Сорокина, *старший научный сотрудник Архива Российской академии наук. Занимается социальной историей российской науки, мемуарным и эпистолярным наследием ученых, в том числе В.И.Вернадского, С.Ф.Ольденбурга, Н.И.Конрада, А.С.Лаппо-Данилевского и др.*

Историки по-прежнему жалуются на недоступность архивов ОГПУ—НКВД — далее многочисленные известные аббревиатуры... Однако многое из того, что так бдительно до сих пор охраняют архивы спецслужб, вполне может быть воссоздано по материалам архивов семейных. Альбомы фотографий, дающие представление о подъеме в 20-е годы целой эскадры затонувших кораблей, в том числе знаменитой британской подводной лодки L-55 (снимки из альбомов публикуются впервые), многие десятки лет бережно хранились в домашнем архиве семьи основателя и первого руководителя Экспедиции подводных работ особого назначения (ЭПРОН) ОГПУ Льва Николаевича Захарова-Мейера (1899—1937)*.

Об этой интереснейшей организации, существующей до сих пор, а в течение первого советского десятилетия активно занимавшейся поиском и подъемом затонувших иностранных и отечественных кораблей и подводных лодок, написано мало; об истории ее создания и деятельности в первые десять лет существования, когда ЭПРОН находилась непосредственно в ведении ОГПУ, — еще меньше, за исключением многочисленных победных газетных реляций в 20-е годы; практически ничего мы не знаем о судьбах его основателей. Между тем именно там, в недрах ОГПУ, в самом начале 20-х зарождалась, а потом полномасштабно функционировала своя, «закрытая» наука, там начинался советский военно-промышленный комплекс.

Чудом уцелевший после ареста и гибели Льва Захарова-Мейера в 1937 г. его небольшой эпроновский архив сегодня — источник уникальных, из первых рук, сведений о работах экспедиции в 1923—1931 гг. Хорошо зная законы своего ведомства и предчувствуя будущее беспамятство, Захаров-Мейер еще в 1931 г. составил обширную деловую «Хронологию» ЭПРОН — этакий свой Каталог кораблей, а в середине 30-х писал науч-

* Все эти и другие материалы ЭПРОН находятся ныне в Архиве РАН (Ф.1813). Приношу самую искреннюю благодарность наследникам Л.Н.Захарова-Мейера, передавшим все сохраненные ими документы в этот архив.

© М.Ю.Сорокина

но-популярную книгу «Темно-голубой мир», редактором которой согласился быть Максим Горький. Рукопись повести, завершенной осенью 1936 г. и в декабре переданной в издательство, погибла в огне октябрьской московской паники 1941 г. У сестры Л.Захарова-Мейера, известного историка-американиста М.Н.Захаровой (1906—1984), сохранились лишь несколько глав, в том числе «Его Величества субмарина L-55» — о нахождении и подъеме в 1927—1928 гг. со дна Балтики знаменитой английской подводной лодки [1], потопленной русскими моряками летом 1919 г. В сокращении эта глава публиковалась в журнале «Советский моряк» (1959. №4, 5), и изъятыми оказались показавшиеся натуралистическими, но очень выразительные детали передачи Великобритании останков ее моряков.

Архив Захарова-Мейера сохранил и немало подлинных документов самой ЭПРОН — приказы, сметы, переписку, фотографии, на основе которых в 1989 г. О.Т.Леонтьева — известный музыковед, племянница Л.Захарова-Мейера и семейный летописец — написала воспоминания-хронику «Над старыми фотографиями» [2], несколько глав которой посвящены ЭПРОН и ее основателю. Опираясь на эту работу, я и представлю некоторые «начальные» сведения о Льве Захарове-Мейере и его детище — Экспедиции подводных работ особого назначения.

Лев Николаевич, тогда еще просто Захаров, родился в 1899 г. в крепости Новогеоргиевск Варшавской губернии. Учился на казенный счет в кадетском корпусе в Москве благодаря деду Ивану Захарову — участнику Севастопольской обороны 1854—1855 гг. (дети и внуки севастопольцев имели право на казенное воспитание). Другой дед — Афанасий Иванович Протасов был «инженерным надзирателем» крепости Новогеоргиевск, а в русско-турецкую войну 1877—1878 гг. строил укрепления при Плевне под руководством Тотлебена. Отец — Николай Иванович Захаров (1866—1935) — был чиновником и уже в период первой мировой войны имел чин надворного советника, соответствовавший воинскому званию подполковника и дававший личное дворянство. Быстро и безболезненно перешел он из царской армии в Красную, став к февралю 1921 г. начальником общего отделения административного управления Полевого штаба Реввоенсовета, но на этом продвижение замерло, и свою жизнь он окончил счетоводом в Госвоенкино.

Кроме Льва, в семье Захаровых было еще трое детей. Судьба каждого из них могла бы стать сюжетом самостоятельного рассказа, собранные же вместе они рождают ощущение шекспировской драмы. Владимир (1895—?) — казачий подъесаул, Георгиевский кавалер, во время гражданской войны воевал на стороне белых, из Новороссийска бежал за границу — через Турцию и Югославию в Париж, однако в семье объявился уже в 1924 г., когда ВЦИК удовлетворил его ходатайство о возвращении в Россию. Работал фотографом в Третьяковской галерее. Пропал в конце 30-х. Александра (1897—1985) училась во ВХУТЕМАСе, стала женой сначала заместителя наркома путей сообщения, затем управляющего Главшвеи; работала редактором журнала «Вестник путей сообщения», потом служила у М.И.Ульяновой в «Правде», окончила медицинский факультет МГУ в 1930 г., но в итоге оказалась заведующей канцелярией НКВД, а вовсе не врачом. Некоторое время работала «оперативным секретарем» у заместителя начальника иностранного отдела ОГПУ А.Х.Артузова, в 1937-м арестована, осуждена на восемь лет лагерей как член семьи изменника Родины, вернулась и жила в Москве до недавнего времени. Вторая сестра — Мария — стала доктором исторических наук, работала в Институте всеобщей истории АН СССР.

С 1916 г. Лев Захаров учился в Михайловском артиллерийском училище, ускоренный курс которого окончил в феврале 1917 г., и стал кадровым офицером, как почти все в этой семье. «В кадетские годы, — писал он в автобиографии, — я познакомился с вопросами марксизма — благодаря обстановке дома (кружки студентов и курсисток, наличие соответствующих книг). Особенно налегал на техническое самообразование (химия), так как предполагал в то время посвятить жизнь химии, работал в лабораториях» [2, Л.131—132].

В февральские дни 1917 г. он избран в Совет солдатских депутатов, в декабре демобилизован, в мае 1918 г. вступил в Красную Армию и стал командиром взвода, охранявшего Полевой штаб Реввоенсовета; с августа 1918 г. член РКП(б). В апреле 1919 г. по партийной мобилизации Лев Захаров направлен в ВЧК, и с этого момента вся его жизнь будет связана с этой организацией: в мае 1919 г. он назначен помощником начальника информотдела Особого отдела (ОО) ВЧК. По воспоминаниям сестры, псевдоним Мейер появился у него как раз в то время, когда он работал вместе с А.Х.Артузовым. В апреле 1920 г. Л.Мейер становится помощником начальника ОО М.С.Кедрова* и в течение нескольких лет служит в ОО ОГПУ и Московского военного округа. Вот этому человеку, Льву Мейеру, 13 марта

* Отец известного советского академика-философа Б.М.Кедрова.

Балаклавская бухта. Предполагаемое место гибели «Черного принца».

1923 г. начальник ОО ОГПУ Г.Г.Ягода приказал непосредственно возглавить Экспедицию подводных работ особого назначения.

ЭПРОН родилась из легенды о золотом кладе. В этой истории была своя Троя и свой Шлиман — инженер Владимир Сергеевич Языков, с 1908 г. безрезультатно хлопотавший о разрешении организовать работы по подъему английского парохода «Черный принц»*, затонувшего во время Крымской войны под Балаклавой в числе других восьми кораблей соединенной эскадры, разбитой ураганом о балаклавские скалы. С 70-х годов прошлого века «Принца» попеременно искали немцы, французы, норвежцы, ведь предполагалось, что он вез 500 000 золотых соверенов!

* Этот знаменитый корабль назывался просто «Prince» («Принц»), а определение «черный», с которым он вошел в историю, получил позднее стараниями журналистов.

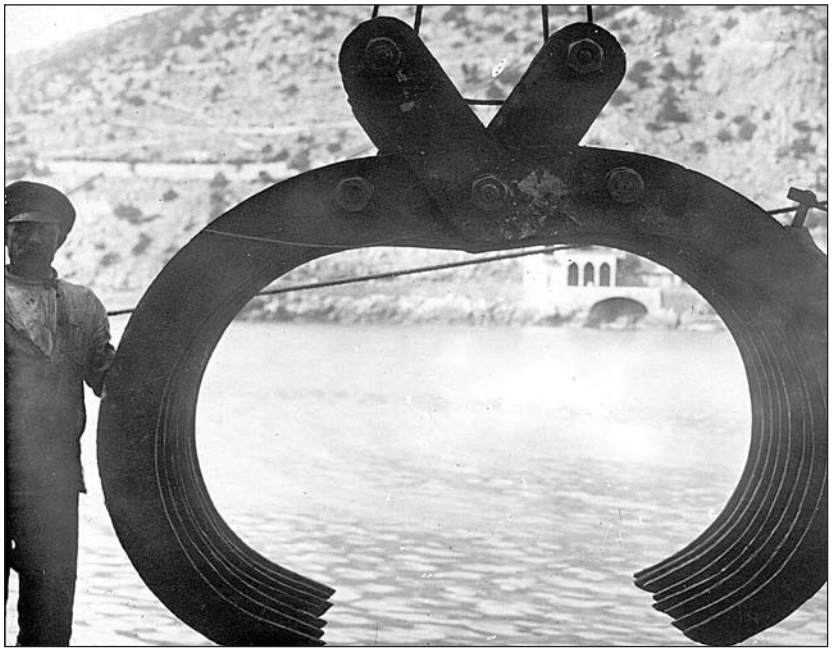
В начале 1923 г. Языков приехал в Москву и со своей сумасшедшей «золотой идеей» обратился к заместителю председателя РВС Э.М.Склянскому и командующему Военно-морскими силами В.И.Зофу; в очередной раз не встретив понимания, он отправился в ОГПУ, где его предложение показалось любопытным: предполагалось, что «Черный принц» вез 400 000 фунтов стерлингов золотом! Уже в конце февраля 1923 г. Языков попал на прием к Ягоде и сумел заинтересовать его. Дальше события разворачивались с космической даже для «революционной» эпохи скоростью.

В последующие дни инициативная группа (В.С.Языков, Д.А.Карпович и инженер-механик Евгений Григорьевич Даниленко, по проекту которого должен был строиться глубоководный снаряд) зачисляется на довольствие и поступает в распоряжение ОГПУ. 13 марта Ягода отдал приказ о создании ЭПРОН, утверждении ее первого штата и начальника — В.С.Языкова. Таким образом, с самого начала у ЭПРОН был комиссар — «руководитель» от ОГПУ Мейер и «начальник» Языков. Их задачей стала организация, как сказано в самом приказе, «наилучших условий работы для “экспедиции за золотом”» [2, Л.500]: до лета 1923 г. Захаров-Мейер и Языков должны были обеспечить постройку «в наикратчайший срок» снаряда для спуска на большую глубину.

Об инженере Языкове, энтузиасте-кладоискателе, почти ничего неизвестно. Он несомненно был человеком образованным и хорошо знакомым с морским делом. Мейер Языкову безусловно доверял. В дальнейшем Языков принимал деятельное участие в работе ЭПРОН уже безо всякой надежды найти золото «Черного принца» и покинул ЭПРОН в связи с ее реорганизацией и уходом Мейера с поста руководителя. Впоследствии стал сотрудником треста «Металлолом» в Москве, умер (или погиб) в 1937 г.

Хроника принятия и исполнения решений по ЭПРОН в это время впечатляет своей оперативностью. К 4 апреля 1923 г. Даниленко заканчивает работу над проектом глубоководного снаряда и направляет его эскиз для консультации в Научно-технический отдел (НТО) ВСНХ, 14-го НТО дает заключение о практической осуществимости спусков и работы в снаряде Даниленко на глубинах до 60—80 саженей. 20 мая рабочие чертежи сдаются на московский завод «Паростроой», где при содействии выдающегося инженера В.Г.Шухова стальной корпус снаряда (весом свыше 10 т) изготавливается за три месяца — ход работ контролируют сами И.С.Уншлихт и Г.Г.Ягода. К началу июля намечается отпра-

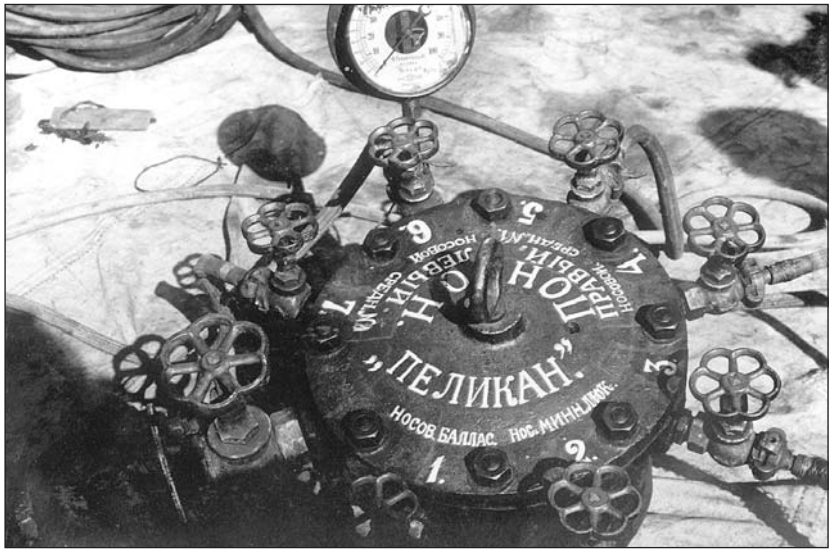
Вверху: перед спуском на снаряде Даниленко в поисках «золотого клада». 1923 г. Посередине: драга. Внизу: обломки английских кораблей, обнаруженные на дне. Но «Черный принц» так и не найден.



вить корпус снаряда в Севастополь для окончательной сборки. 14 июля платформа с корпусом уходит в Крым, а 18-го Мейер сам выезжает в Севастополь, и все лето там и в Балаклаве ведутся подготовительные работы.

Два чекиста, несколько опытных водолазов, врач, корабельный инженер и бухгалтер — вот какими силами начиналась работа по подъему затонувших судов. Феоктист Андреевич Шпакович — начальник плавучей базы*, Константин Алексеевич Павловский — доктор, Антон Никитич Григорьев — главный штурман и помощник начальника базы, Кузьма Иванович Масалыгин — механик глубоководного снаряда, Анатолий Захарьевич Каплановский — начальник технической части. И команда — И.Д.Прокопенко, Ф.Ф.Ивасенко и др. В помощь эпроновцам приданы значительные технические средства, и в течение второй половины лета 1923 г. они занимаются поисками точного местонахождения «Черного принца» в Балаклавской бухте: работали военные тральщики, дно обследовалось металлоискателями, гидроплан и аэростат проводили фотосъемку грун-

*Водолаз, начальник водолазной школы в Балаклаве Феоктист Андреевич Шпакович — почетный гражданин Балаклавы. Умер в 1964 г.



Оборудование подводной лодки «Пеликан», поднятое на поверхность 12 августа 1924 г.

та. Наконец, 2 сентября снаряд Даниленко («ЕГД»), в котором находились сам конструктор и Карпович, впервые опускается на глубину 26 саженей. Через неделю, 9 сентября, проводятся новые спуски — на 95 и 123 м. Это мировые рекорды погружения — французский «подводный танк Рено» появится только в 1924 г.! С 11 сентября начинаются регулярные морские работы, обследуется все дно Балаклавской бухты. Несколько раз Мейер спускается сам, в начале октября он в третий раз выезжает в Севастополь для розыска свидетелей прежних поисков «Принца» под Балаклавой в 1900—1912 гг.; делаются запросы в Британское Адмиралтейство, в Рим — для получения справки от итальянского инженера Д.Рестучио, искавшего «Черного принца» в 1905 г.

О масштабе и размахе подводного чекистского «кладоискательства», о серьезности надежд руководства ОГПУ на «Черного принца» и другие подводные операции свидетельствует и то, что параллельно с севастопольской эпопеей, по указанию Ягоды 4 августа 1923 г. полпреду СССР в Лондоне Л.Б.Красину послано письмо с просьбой собрать подробные сведения о затонувшем еще до первой мировой войны «Титанике» и переслать их в Москву, а перед Особым отделом Черноморского флота поставлена задача собрать материал обо всех подводных лодках старого российского флота, затопленных в 1919 г. вблизи Севастополя англичанами.

После первых удачных спусков штат ЭПРОН уже в октябре 1923 г. увеличили до 58 человек, а экспедицию назвали «учреждением опытно-научных работ». Однако розыски «Черного принца» успехов не принесли*, да и осенняя погода не благоприятствовала подводным работам, к тому же каждый месяц обходился в 3—4 тыс. рублей золотом. Все же конкретные результаты были: в августе 1924 г. удалось поднять подводную лодку «Пеликан», затопленную при входе в одесскую гавань, члены ЭПРОН обнаружили кладбище погибших английских кораблей, подняли много корабельных обломков, якорей — и в будущем на базе ЭПРОН предполагалось расширение экспериментов с подводными взрывами, а также глубоководные обследования с целью обнаружения археологических памятников, создание постоянной плавучей базы и второго снаряда и др. Соответственно новым планам ЭПРОН получает и новое руководство: вместо романтика-одиночки Языкова начальником экспедиции назначается инженер В.П.Пономарев, а обязанности военного комиссара возлагаются на начальника Особого отдела Черноморского флота Горина. Эту административную пирамиду завершал сам Мейер, одновременно являвшийся начальником Особого отдела Московского военного округа.

Сфера деятельности ЭПРОН постоянно расширяется и географически охватывает Черное, Азовское, Каспийское, Балтийское и Белое моря; штат увеличивается: в 1925 г. — 180 человек, в этом же году ЭПРОН стал единой государственной организацией подводных работ в Черноморско-Азовском бассейне. Наконец, приходит и реальный большой успех: первым возвращенным кораблем, конечно же, становится эскадренный миноносец «Ф.Дзержинский» (бывшая «Калиакрия»), вошедший в строй в ноябре 1925 г.

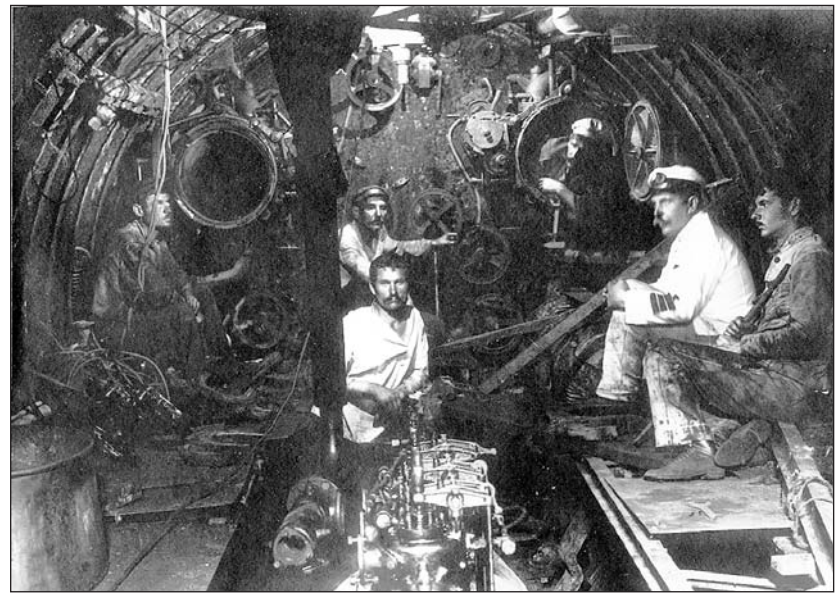
К 1926 г. штат ЭПРОН возрос уже до 360 человек. Но 1927-й, казалось, стал годом неудач. Не удалось поднять линкор «Ростислав» около Керчи, не закончили подъем подлодки АГ-21. Штат экс-

* История поиска «Черного принца» легла в основу одноименной повести М.М.Зощенко, изданной в 1941 г., но датированной 1936-м. Существует версия, что Зощенко писал свою повесть или по материалам Л.Захарова-Мейера или даже на основе его книги «Темно-голубой мир».

педиции сразу же сокращен до 230 человек, масштаб работ уменьшен, и в это время, 20 ноября 1927 г., на Балтике, в Копорской губе водолазной партией ЭПРОН под руководством Н.С.Хроленко на глубине 32 м обнаружена английская подводная лодка L-55. Несколько ранее один из советских тральщиков случайно наткнулся на ее останки. Именно в это время в СССР принята шестилетняя программа военного судостроения, предусматривавшая строительство 12 новых подводных лодок, и L-55 решили поднимать.

Подъем лодки осуществили летом следующего, 1928 г. Разработкой технического проекта руководил бывший прапорщик царского флота Т.И.Бобрицкий, предложивший поднимать субмарину с помощью четырех гибких металлических полотенец, симметрично подведенных под ее днище и соединенных верхними концами с судном-спасателем. В июле 1928 г. операция началась. Почти весь июль-август Л.Мейер провел на Балтике. 11 августа L-55 появилась на поверхности, а 12-го под красным флагом доставлена в Кронштадт. На следующий же день балтийскую партию ЭПРОН посетил нарком по военным и морским делам К.Е.Ворошилов, а РВС СССР объявил благодарность всему личному составу экспедиции.

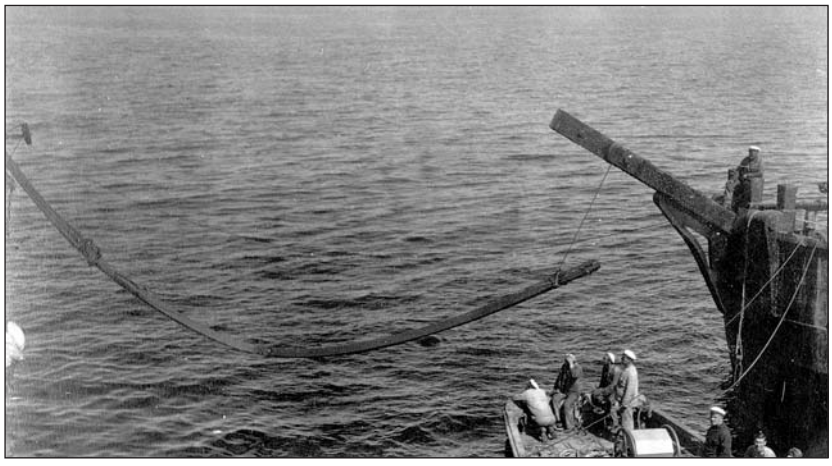
Лев Мейер был отмечен орденом, в наградном листе к которому говорилось: «Эта подлодка поднята под непосредственным руководством тов. Мейера, который в самый решающий момент подъема взял на себя риск и своей распорядительностью спас положение, благодаря чему подлодка была успешно поднята и введена в кронштадтский порт. При отсутствии этой распорядительности и решительности налетевший шторм мог бы порвать стропа, на которых уже была приподнята подлодка, в результате чего подлодка могла бы быть сломана или в лучшем случае подъем ее был бы отложен до следующего года, так как осенние штормовые погоды не дали бы возможности продолжать операцию. Л-55 кроме своего боевого значения принесла огромную пользу в смысле великолепных образцов, разрабатываемых Мортехупром новых конструкций механизмов подлодки» [2, Л.569].



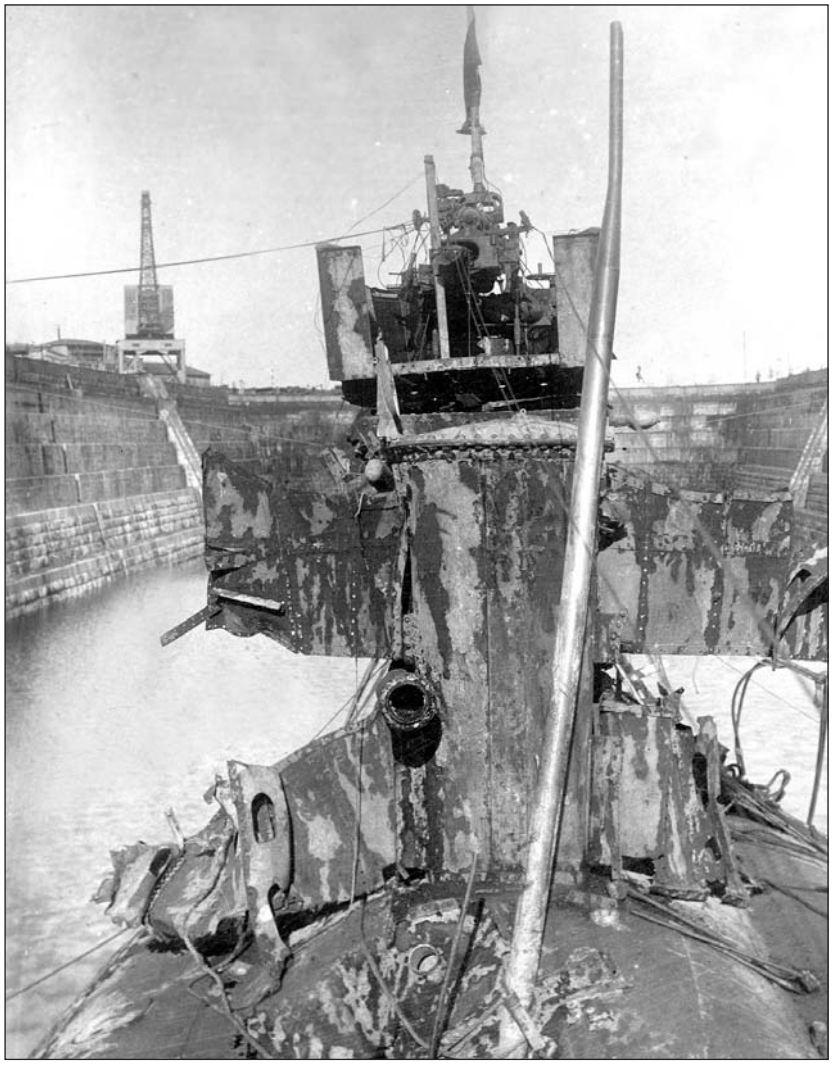
Эпроновцы внутри «Пеликана».

При осмотре лодки в кронштадтском доке были обнаружены останки 38 английских подводников, о чем советское правительство сообщило Великобритании. В конце августа для транспортировки тел погибших английских моряков в Кронштадт прибыло норвежское судно «Трору», и 30 августа 1928 г. в торжественно-траурной обстановке 38 гробов были перенесены на норвежский корабль, взявший курс на Англию.

Успех подъема L-55 привел к максимальному развертыванию работ ЭПРОН. Пришли сведения, что сам Сталин заинтересовался работой ЭПРОН и возможностью подъема затопленного в 1918 г. под Новороссийском линкора «Свободная Россия» для усиления Черноморского флота. В сентябре 1928 г. эпроновскую партию хотели отправить в Китай (г.Нанкин) для подъема парохода «Память Ленина», незадолго до того затопленного русскими белогвардейцами. Авторитет ЭПРОН быстро растет: в августе 1929 ЦИК СССР наградил экспедицию орденом Трудового Красного Знамени. В 1929-м под эгидой ЭПРОН фактически сконцентрировано все водолазное и судоподъемное дело на всех морях и реках Союза. Балтийская партия ЭПРОН переименована в Северную базу; здесь создается свой музей, строится опытная камера для больших давлений, проектируется создание особого судоподъемного бассейна и исследовательской лаборатории. Отдельные партии ЭПРОН работают в Кронштадте, Мурманске, Архангельске. Южная база



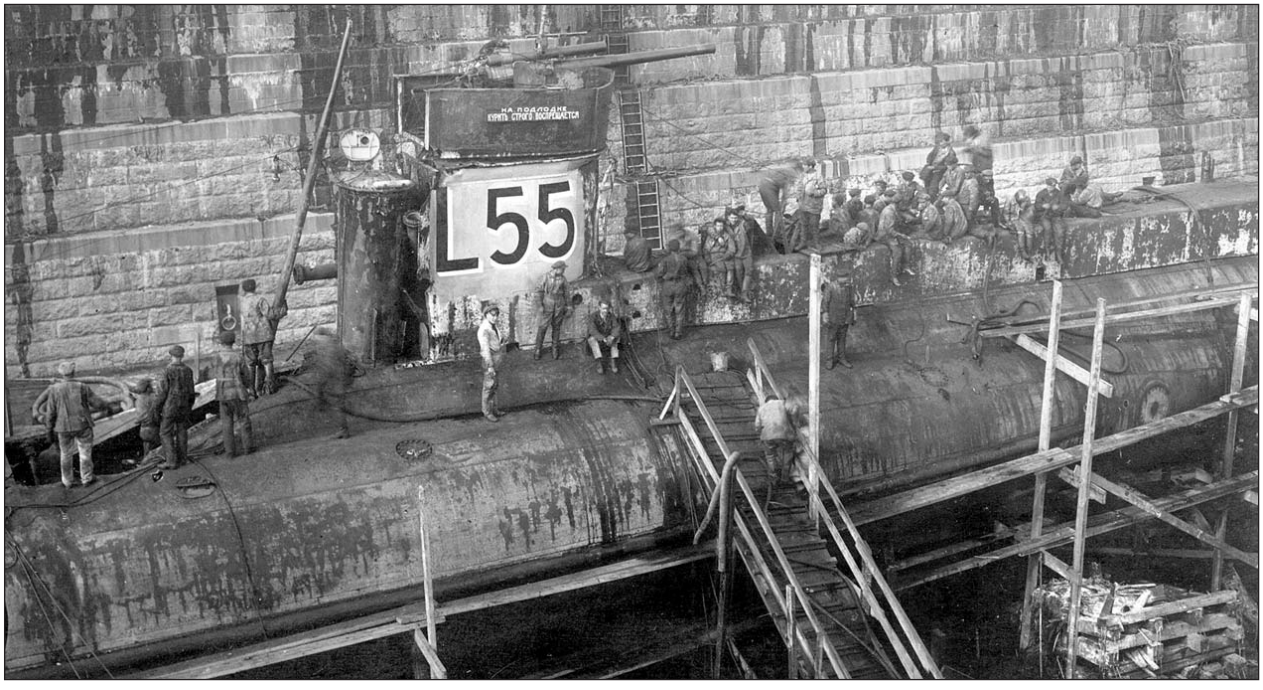
Стальные полотенца, на которых вытягивали со дна L-55.



Рубка, поврежденная взрывом. Вид с кормы.

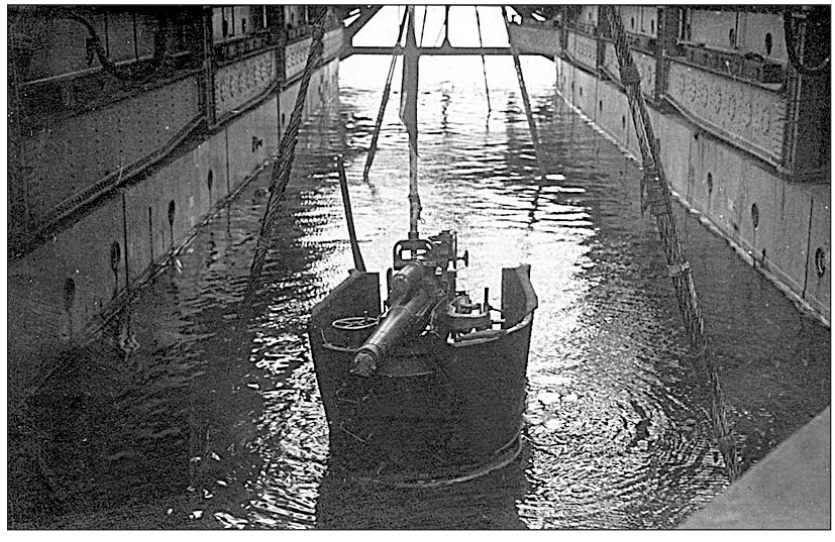
ЭПРОН и партии в Севастополе, Керчи, Новороссийске, Туапсе, Батуми, Баку энергично занимаются подводной акваторией Черного и Каспийского морей. Штат ЭПРОН достигает в это время 750 человек, и он явно перерастает в самостоятельную, мощную, авторитетную военизированную структуру, в которой задачи собственно военно-морской разведки отошли на второй план. Такое развитие событий совсем не отвечало интересам многих — как конкурирующих организаций (Военно-морских сил, Госсудоподъема Наркомата путей сообщения), так и верхушки ОГПУ, прежде всего Ягоды, — и когда в феврале 1930 г. Мейер обратился с просьбой освободить его от чекистской работы и оставить только на ЭПРОН, рапорт имел прямо противоположное действие: 28 июня 1930 г. приказом по ОГПУ Льва Мейера освободили от должности руководителя ЭПРОН, которую в январе 1931 г. передали из ОГПУ в ведение Наркомата путей сообщения.

Несмотря на отстранение, Мейер продолжал поддерживать интенсивные контакты с членами экспедиции, которые постоянно сообщали ему о проводившихся работах. В 1931-м продолжается разборка линкора «Ростислав», пароходов «Ялта», «Казбек», «Корнилов», «Ермолов» и многих, многих других. Но уход Мейера тяжело отозвался на внутреннем моральном состоянии эпроновцев. Один из старейших сотрудников ЭПРОН Я.М.Хорошилкин так описывал ситуацию в марте 1931 г.: «... положительно все упали духом. Работа валится из рук. Все ожидают какого-то «мессию». Дела идут плохо. С ремонтом опоздание; много аварийных случаев: Э-4 сломал мачту и повредил рубку; только исправили это, как он врезался в борт Э-32; после разбил водолазный баркас.

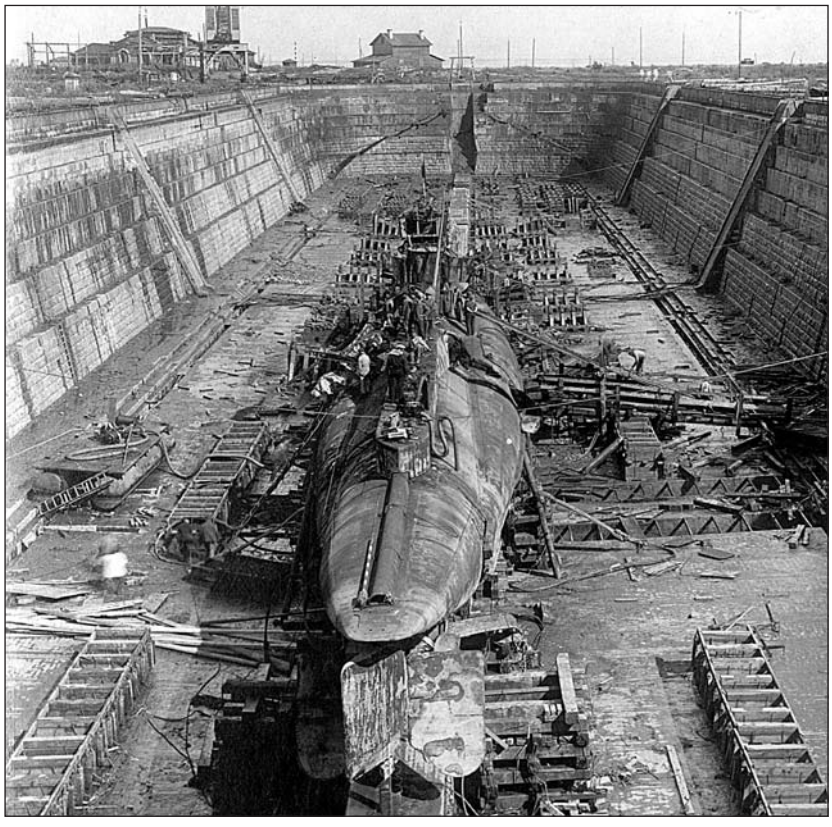


Извлечение останков английских моряков из торпедного отделения. Видна средняя часть лодки, носовое орудие, входной люк и перископ.

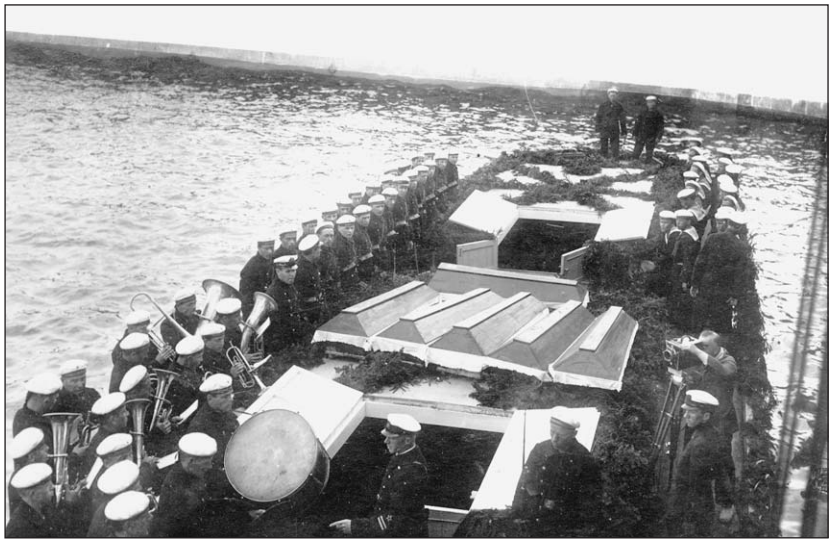
Баржа Евстафьевская разбилась в Стрелецкой о понтоны и едва не утонула. На судах отсутствует уголь, не на чем плавать и работать. ЭЗО не отапливается. Дисциплины совершенно нет, ходят, кто в чем попало. На территории хаос и бесхозяйственность. Все основные кадровики в панике. В благоприятный исход летнего оперативного сезона никто не верит... Массовая демобилизация по болезни водолазов — 10 человек сразу. Ко мне целое паломничество, приходят в Институт, в столовую, на квартиру — облегчают боль и страдание наболевшей души. Все жалеют Вас и верят в возвращение, иначе через год от ЭПРОН ничего не останется. Разделят, раздергают по частям» [2, Л.165—166]. Еще более трагичную картину рисовало следующее письмо Хорошилкина от 11 апреля 1931 г.: «Здесь творится нечто невиданное, все старые эпроновцы



На носовом орудии L-55, как только оно показалось из воды, был водружен советский флаг.



L-55 в доке после откачки воды. Вид с кормы.



Почетный караул перед отправкой гробов на пароход «Трору».

бегут, а новое руководство как будто бы этому и радо: мол, не страшно, сами справимся. Набирают новых «своих» людей и «справляются». Все положительно гробят. Что ни распоряжение, то головотяпство... Ежедневные жалобы, заметки в газетах, тяжба с Прокуратурой и проч. Описать всего невозможно, даже трудно это все передать, это надо видеть, чтобы сразу убедиться, что дело ведется, может быть, даже умышленно к развалу...» [2, Л.166]. Хорошилкин был не прав — развала ЭПРОН не произошло; просто на место революционных романтиков пришли новые люди — стальной эпохи «Великого перелома». Но это уже другая история...

Несколько слов о дальнейшей судьбе Льва Мейера. После отзыва из ЭПРОН его назначают заместителем председателя ГПУ Нижне-Волжского края, затем с большим понижением отправляют на работу в Тулу; в 1931—1934 гг. он начальник Центральной школы ОГПУ, а на рубеже 1933—1934 гг. на несколько месяцев оказывается зам. начальника ГУЛАГа М.Д.Бермана, в 1934—1935 гг. курсант Военной академии им.М.В.Фрунзе. О его деятельности во второй половине 30-х годов почти ничего неизвестно, оно и понятно — в это время Мейер занимался организацией отправки оружия в Испанию из Одессы и Севастополя и, по-видимому, неоднократно бывал в Испании. В 1937 г. Мейер причислен к «заговору» М.Н.Тухачевского и арестован 11 июня — в «ночь длинных ножей» в поезде Москва—Севастополь. Объявлен «резидентом польской разведки» и 10 августа 1937 г. осужден по ст.58 п.1а, 8, 11, 17; расстрелян в ночь с 10 на 11 августа. В 1956 г. реабилитирован.

Генрих Шлиман «прошел» настоящую Трою, он был и остается ее первооткрывателем.

Команда «ЭПРОН», поднимавшая субмарину L-55. В центре с орденом Л.Н.Захаров-Мейер. 1928 г.

Романтики 20-х годов — Лев Захаров-Мейер и Владимир Языков — начинали с веры в легенду о золоте «Черного принца», а создали мощную организацию, только за первые 15 лет своего существования поднявшую со дна моря более 250 судов. Ее опыт остается востребованным и сегодня. Этот небольшой рассказ о том, как начинались поиски затонувших кораблей в революционной России, предварен поэтическим эпиграфом из Осипа Мандельштама, закончим словами другого поэта: «Мне важны факты, я хочу воскресить весь тот мир — чтобы все они не даром жили — и чтобы я не даром жила!» [3] ■

Литература

1. Более подробно о судьбе L-55 см.: *Балабин В.В.* Английская субмарина под военно-морским флагом СССР // Вопр. истории естествознания и техники. 1998. №3. С.90—103.
2. АРАН. Ф.1813. Оп.1. Д.189; фрагмент опубликован: Родина. 1996. №3.
3. *Цветаева М.* Неизданные письма. Paris: YMCA-Press, 1972. С.411.

В поисках прародины американских аборигенов

М.В.Деренко, Б.А.Малярчук

Мирослава Васильевна Деренко, *кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН, Магадан.*

Борис Аркадьевич Малярчук, *кандидат биологических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — методы молекулярной генетики в решении проблем происхождения народов.*

Пути появления на исторической арене тех или иных народов интересны не только тем, кто профессионально изучает эволюционную историю человечества, происхождения рас и отдельных этнических групп, но и просто любознательному человеку. Антропологи, археологи, лингвисты, этнологи по крупицам собирают свидетельства антропологических связей, чтобы воссоздать общую картину развития человечества и локальных этносов. В последние годы к этим специалистам подключились генетики, которые оперируют в своих исследованиях наследственным материалом — ДНК. По сходству и различию геномов людей разной этнической принадлежности генетики разрабатывают собственные гипотезы происхождения коренного населения той или иной области земного шара. Таким образом уточняется история этносов, реконструируемая по антропологическим данным, памятникам археологической культуры, языковой общности и т.д.

Мы не собираемся объять необъятное, а представим здесь только состояние проблемы заселения Американского континента, отделенного огромными водными просторами от первичных мест обитания человека — Африки и Евразии.

© М.В.Деренко, Б.А.Малярчук

Мозаика гипотез

Еще в начале 40-х годов XX в. А.Грдличка, воспользовавшись данными антропологии и археологии, обосновал тезис об азиатской прародине американских аборигенов [1]. После него в изучение связей между народами Азии и Америки большой вклад внесли Г.Ф.Дебец и М.Г.Левин [2]. Сейчас уже не оспаривается мысль о том, что предки индейцев проникли в Новый Свет из Азии. Более того, специалисты сходятся во мнении, что это событие произошло несколько десятков тысячелетий назад, а путь праиндейцев пролегал через древнюю Бе-

рингию — обширный сухопутный мост, соединявший в те времена Северо-Восточную Азию с Аляской. Однако величина, генетический состав и географическая локализация исходных популяций (или популяции), а также время начала миграций и их маршруты, количество миграционных волн и, наконец, время первоначального заселения Нового Света человеком все еще обсуждаются.

Одна из самых популярных гипотез заселения Америки, получившая название трехволновой, принадлежит лингвисту Дж.Гринбергу [3]. По его классификации, все коренное американское население составляют три языковые группы: америнды, или палеоиндейцы (народы Северной, Центральной и Южной Америки), на-дене (атапаски, апачи и навахо, живущие на северо-востоке США, в Канаде и на Аляске) и эскалеуты (эскимосы и аборигены Алеутских о-вов). По Гринбергу, каждая языковая группа формировалась самостоятельно и в разное время. Первыми, около 11 тыс. лет назад, на континент пришли предки америндов; следующая миграционная волна, хлынувшая из Азии через 2 тыс. лет, дала начало индейцам на-дене и последняя (примерно 5 тыс. лет назад) — эскалеутам.

Гипотезу о трехэтапном заселении Америки подтверждает и антрополог К.Тернер, сравнивший строение зубов древних монголоидов (по одонтологическим признакам он разделил их на синодонтов, живших на севере Китая, и сундадонтов, населявших Юго-Восточную Азию) и индейцев [4]. Результаты сравнения привели Тернера к выводу о том, что Америка заселялась синодонтами, выходцами из Северного Китая, причем их первая миграция привела к формированию палеоиндейского этноса, вторая — на-дене, а третья — эскимосов и алеутов.

Существуют разные варианты и одноволновой гипотезы. По одному из них, предками всех американских аборигенов были охотники-собиратели, пришедшие из Азии относительно небольшой группой через Берингийский мост примерно 15—12 тыс. лет назад.

Заметим, относительно времени начала миграций ни одна из упомянутых версий не совпадает с археологическими данными. Самые древние на Американском материке памятники культуры — это орудия из грубо оббитых галек, относимые к так называемой стадии «до наконечников». Следовательно, заселение Америки началось много раньше: 33—20 тыс. лет назад [5].

Об этом же свидетельствуют результаты недавней работы П.Андерхилла и его коллег [6]. Они обнаружили, что полиморфизм одного из локусов (DYS199) нерекомбинирующей части Y-хромосомы характерен только для коренного населения Нового Света, причем в популяциях Южной и Центральной Америки частота полиморфизма составляет более 90%, а Северной Америки, включая эскимосов и индейцев на-дене, — примерно 50%. Исходя из этого, авторы считают, что все языковые группы имеют единого предка. Мутации же, приведшей к полиморфизму, подверглись примерно 30 тыс. лет назад или новопоселенцы Северной Америки на ранних этапах колонизации континента, или предковая популяция (популяции), от которой произошли все американские аборигены.

Пожалуй, наиболее полная и детальная молекулярно-генетическая характеристика коренного населения Америки и Азии получена в исследованиях митохондриальной ДНК (мтДНК) — небольшой кольцевой молекулы, состоящей всего из 16569 пар нуклеотидов. Наследуется она строго по материнской линии и без рекомбинаций, а значительная скорость накопления мутаций обусловливает высокую степень полиморфизма митохондриальных генов. Изучая изменчивость мтДНК, можно получать информацию о сходстве и различиях в женских линиях этнических групп и по ней воссоздать процессы дифференциации человечества. Как в кодирующих, так и в некодирующих частях мтДНК выявлены многие тесно сцепленные полиморфные сайты (участки), которые служат маркерами для распознавания отдельных линий мтДНК.

Анализ полиморфизма этой молекулы зарекомендовал себя как высокоинформативный подход для изучения генетических структур популяций и реконструкции древних человеческих миграций. Естественно, что метод стал использоваться для выяснения тех процессов, которые привели к освоению конкретных географических областей. Именно таким образом удалось установить, как заселялись Европа, островной мир Океании, Японии. С 1993 г. генетики изучают изменчивость мтДНК, чтобы реконструировать историю первичной колонизации Америки. В результате предложено несколько вариантов.

Наиболее интересный из них, на наш взгляд, разработан А.Торрони и его коллегами [7]. Эти американские генетики обнаружили, что все разнообразие митохондриальной ДНК, характеризующее генофонд коренных американцев, укладывается в четыре группы — A, B, C и D, причем каждая из них имеет собственный генетический признак (бывает, и не один). Так, отличительная черта мтДНК группы A — появление (вставка, инсерция) сайта распознавания

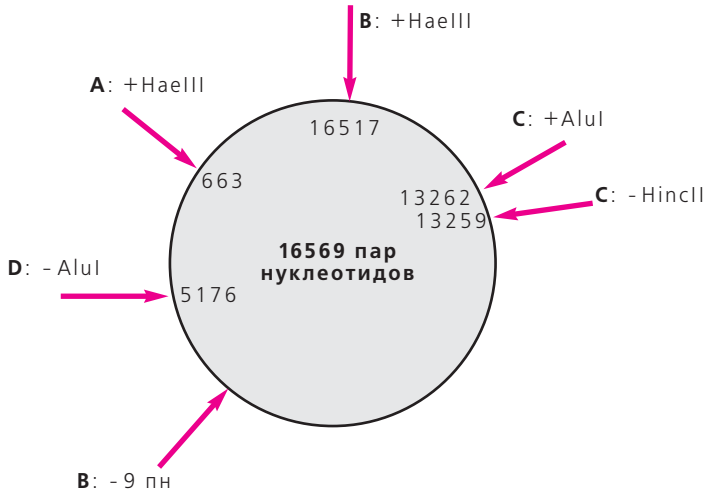


Схема строения молекулы митохондриальной ДНК человека. Стрелками указаны места вставок и утрат сайтов распознавания для ферментов рестрикции или небольших нуклеотидных последовательностей, характеризующих основные митохондриальные группы, числами — номера нуклеотидов, с которых начинаются эти изменения в структуре мтДНК.

для фермента эндонуклеазы рестрикции HaeIII; варианту B свойственны делеция (выпадение) девяти нуклеотидов в одном из некодирующих участков и инсерция HaeIII; в группе C сайт для фермента HincII утрачен, а для AluI вставлен; группа D маркируется отсутствием сайта для AluI. Ни одна из четырех американских групп мтДНК не найдена у европеоидов или коренных жителей Африки, но они обнаружены в генофонде монголоидного населения Азии. Однако в отличие от американских аборигенов у азиатских монголоидов есть еще и дополнительные группы мтДНК — E, F, G, Y, Z. Сравнив особенности географического распределения групп митохондриальной ДНК среди населения Америки и Азии, включая Сибирь, исследователи пришли к выводу, что колонизация Нового Света происходила по крайней мере в процессе двух миграций: одна из них привнесла группу B, другая — A, C и D. Первые мигранты из Азии, по мнению этих ученых, попали на территорию Америки 34—17 тыс. лет назад.

Сходную временную оценку приводят и другие специалисты, например С.Хораи с коллегами. Основываясь на результатах анализа нуклеотидных последовательностей самой вариабельной части (ее называют контрольной) мтДНК у 72 аборигенов из 16 локальных популяций Южной Америки, эти генетики предложили четырехволновую модель заселения Нового Света [8]. По их расчетам, первая миграция через Берингийский мост состоялась примерно 21—14 тыс. лет назад.

К иным выводам пришел Дж.Шилдс с сотрудниками [9]. Проанализировав разнообразие мтДНК у 90 человек из пяти арктических популяций монголоидов, куда вошли чукчи Северо-Восточной Сибири, эскимосы и атапаски Аляски, эскимосы Гренландии и канадские хайда, исследователи не обнаружили выраженной генетической дифференциации. Полученные результаты генетики сравнили затем с мтДНК 145 американдов (белла-кула, нуу-чах-нулс и якима) и 17 южных алтайцев из Центральной Сибири, исходя из чего установили, что уровень разнообразия ДНК митохондрий у арктических монголоидов значительно ниже, чем у американдов. Все это, по мнению авторов, свидетельствует о недавнем и довольно быстром расселении всех упомянутых народов Севера, а не какого-то одного.

Однако сторонники одноволновой гипотезы полагают, что одни и те же группы митохондриальной ДНК были последовательно перенесены из единственного источника, находившегося в Сибири или на другой азиатской территории [10]. Правда, начальное время колонизации Американского материка и координаты прародины индейцев у этих исследователей отличаются. П.Форстер, например, перепроверивший изменчивость контрольного участка мтДНК у коренного населения Сибири и Америки, аборигенов Нового Света считает потомками сибиряков, мигрировавших около 25 тыс. лет назад. Но бразильские генетики приводят и другое время, и иную схему первоначального заселения Америки, исходя из разнообразия мтДНК в группах A, B, C, D и тоже придерживаясь единого происхождения вариантов этой молекулы [11]. По мнению бразильцев, популяция, давшая начало американским индейцам, обитала на территории Берингии примерно 40—30 тыс. лет назад. Отсюда часть жителей двинулась на юг по свободному ото льда коридору, пролегавшему по нынешней канадской провинции Альберта, и постепенно освоила весь Американ-

ский континент. Берингийцы, оставшиеся на родине, эволюционировали независимо, так как оказались отрезанными от ушедших предков американдов сомкнувшимся около 20—14 тыс. лет назад ледовым щитом. От этих-то берингийцев со временем и произошли эскимосы и на-дене.

Таким образом, азиатское происхождение современного коренного населения Америки не вызывает сомнения, но более точные географические координаты его прародины все еще не установлены. Однако поиски ведутся неустанно.

Прародина — Сибирь

Упомянутый уже антрополог Тернер, приверженец трехэтапного заселения Америки, включает в качестве прародины индейцев не только северные районы Китая, но и Юго-Восточную Сибирь. Сибирскую территорию считают родиной праамериканцев также наши соотечественники — Ю.Г.Рычков и Е.В.Ящук [12]. По их мнению, в верхнепалеолитическую эпоху (примерно 26 тыс. лет назад) на территории Сибири существовала исходная общность, которая и дала начало двум линиям этногенеза — сибирской и американской. Более обширную область прародины американских аборигенов указывают Ниль и его коллеги [13]. Проведя анализ географического распределения четырех групп митохондриальной ДНК (A, B, C, D) и Т-лимфотрофного вируса типа II (HTLV-II), они обнаружили последний в 11 из 38 исследованных групп американдов, а также у монголов, но не нашли его ни в одной из 10 изученных этнических популяций Восточной Сибири. Поэтому авторы полагают, что непосредственные предки американдов имели общие корни с этническими группами, проживающими на территории Монголии, Маньчжурии и Юго-Восточной Сибири.

Однако многие исследователи вообще не упоминают Сибирь в числе тех мест, откуда могли прийти праамериканцы. Так, М.Ней и А.Ройчудхури на основании изменчивости белков крови в 26 различных популяциях мира считают, что первыми колонизаторами Нового Света были выходцы из восточных районов Центральной Азии, давшие начало также этносам Японии, о-вов Полинезии и Микронезии [14].

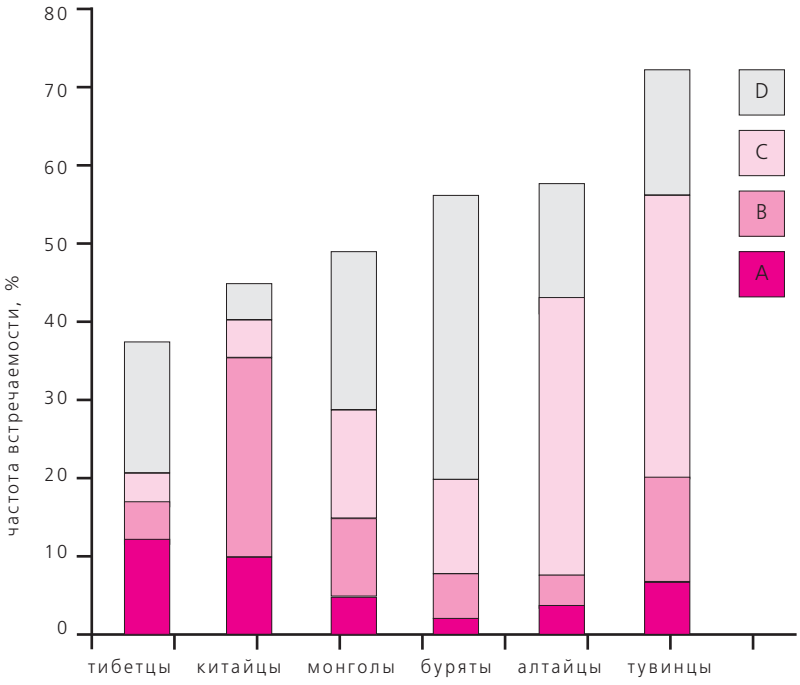
Итак, авторы многих гипотез указывают, что прародину американских аборигенов следует искать где-то на востоке Центральной Азии, возможно — в Монголии. Их происхождение связывает с Монголией, например, К.Колмен [15]. У населения этой страны ею выявлен высокий уровень митохондриального разнообразия и варианты делеций, соответствующие группе B. По Колмен, именно монгольская популяция была тем генетическим источником, из которого «вышли» не только американские этнические группы, но и сибирские.

Сибирь хотя и фигурировала в гипотезах как возможная прародина американдов, но всерьез не рассматривалась почти никем. Для этого была веская причина: в генофондах большинства изученных этнических групп Сибири присутствовали только три (A, C, D) из четырех американских типов мтДНК. Дело в том, что одним из генетических критериев для отнесения какой-либо азиатской популяции к числу основательниц американских этносов принято считать наличие всех четырех вариантов мтДНК. Возможных кандидатов на такую роль видели в монголах, китайцах и тибетцах, так как показатели суммарных частот встречаемости групп A—D наиболее высоки (48.5, 45 и 37.1% соответственно) в генофондах именно этих народов Центральной и Восточной Азии.

Однако к 1996 г. Р.И.Сукерник и Е.Б.Стариковская обнаружили все четыре группы мтДНК и у жителей Сибири — северных алтайцев [16]. У них суммарная частота встречаемости этих вариантов мтДНК составляла 57%, т.е. даже несколько превышала такой же показатель у монголов и китайцев.

Тем не менее этих данных было явно недостаточно, чтобы рассматривать Южную Сибирь как прародину первых американцев. Следовало изучить митохондриальные геномы и других этнических групп, населяющих Южную и Восточную Сибирь, где живут хакасы, шорцы, тувинцы, буряты, тофалары, сойоты, южные алтайцы. Мы проанализировали мтДНК двух народов Южной Сибири — тувинцев и бурят — и выявили весь набор американских вариантов [17]. Суммарная частота их встречаемости у бурят составляла 52%, а у тувинцев — 72, у последних оказалась самой высокой для коренных жителей Сибири и частота встречаемости 9-нуклеотидной делеции (13.9%), которая маркирует митохондриальную группу B.

С чем связать выявленные генетические особенности тувинцев и бурят? Поскольку оба народа относятся к центральноазиатскому антропологическому типу, логично предположить общность их происхождения с современными монголами —. типичными представителями центральноазиатских монголоидов. Не противоречит логике и предположение о том, что территории нынешних Тувы и Бурятии были заселены в эпоху раннего и среднего палеолита древнейшими монголоидами. В пользу второго объяснения свидетельствуют



Распространение основных групп мтДНК — A, B, C, D — в генофондах некоторых народов Азии. Видно, что среди всех этих азиатских монголоидов суммарные частоты встречаемости четырех вариантов мтДНК наиболее высоки у сибирских — бурят, алтайцев и особенно у тувинцев. Именно этими группами характеризуется аборигенное население Америки, поэтому можно полагать, что его основателями и были предки сибирских этносов.

находки нижнепалеолитических памятников на Алтае и в Прибайкалье, демонстрирующие преемственную связь с археологическими культурами Монголии, а также палеоклиматические данные о локальности четвертичного оледенения на юге Сибири. Следовательно, высокие суммарные частоты встречаемости групп A, B, C, D в генофондах тувинцев и бурят обусловлены происхождением этих народов от древнейшего населения Центральной Азии, уже обладавшего всеми основными вариантами митохондриальной ДНК. Однако нельзя исключить, что частота их встречаемости могла возрасти по сравнению с первоначальным уровнем в генофондах предковых популяций тувинцев и бурят в ходе более поздних миграций, пришедшихся на бронзовый век и раннее средневековье.

По нашим предварительным данным, в генофондах южных эвенков, сойотов, хакасов и южных алтайцев также содержатся все четыре группы мтДНК, причем с довольно высокими частотами. Кроме того, что примечательно, у коренного населения Бурятии мы обнаружили наиболее древние варианты макрогруппы M, к которой относятся, например, дополнительные к основному набору группы E, G, Z, найденные, как упоминалось, у азиатских монголоидов [18].

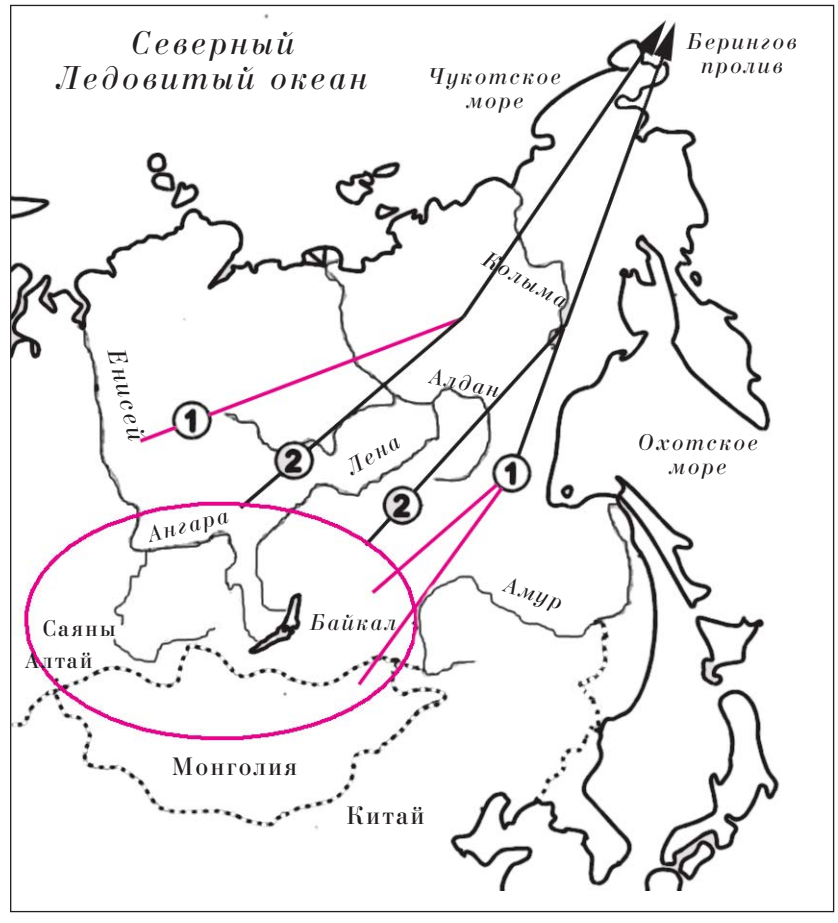
Итак, на основании результатов исследования полиморфизма митохондриальной ДНК мы полагаем, что начало этносам Нового Света дали предки тувинцев и бурят, заселявшие территории Южной и Восточной Сибири. Такой вывод подтвержден в недавних исследованиях Y-хромосомы — еще одной высокоинформативной генетической системы, которая, в отличие от мтДНК, позволяет изучать эволюционное родство между народами с учетом вклада мужских линий. Мы уже отмечали, что америнды, на-дене и эскалеуты (включая азиатских эскимосов) имеют уникальный вариант Y-хромосомы с маркером DYS199T. Генетики из США обнаружили в генофонде алтайцев и кетов (малочисленного народа, расселенного в низовьях и по среднему течению Енисея) варианты Y-хромосомы, которые можно рассматривать в качестве предшественников ее американского типа [19]. Более того, детальный анализ сибирских и американских вариантов мужской половой хромосомы привел исследователей к выводу, что корни сибирского типа тянутся к европеоидам.

К 1999 г. коллективом исследователей из разных стран прослежена изменчивость Y-хромосомы более чем у 2000 человек из 60 популяций мира, включая 19 групп коренного населения Америки и 15 этнических общностей Северной Азии [20]. В результате выяснилось, что существуют по меньшей мере два основных типа этой хромосомы (1C и 1F), которые могли бы при-

вести к появлению ее американской линии. К этническим группам коренного населения Америки генетически наиболее близкими оказались кеты и селькупы. Основываясь на распределении 1C и 1F вариантов Y-хромосомы в популяциях Азии и Америки, исследователи считают, что Американский континент был заселен в ходе более чем одной миграции выходцами из обширного региона, охватывающего территории Прибайкалья, Забайкалья, бассейнов Ангары и Енисея, а также Саяно-Алтайского нагорья.

Таким образом, судя по полиморфизму мужской половой хромосомы, центральные районы Сибири тоже могли быть прародиной аборигенов Америки. Если же исходить из совокупности сведений об изменчивости мтДНК, маркирующей женские линии, и Y-хромосомы, отражающей эволюцию мужских линий, напрашивается вывод о смешанном антропологическом составе первых сибирских мигрантов, попавших в Америку: они были, по всей видимости, потомками европеоидных мужчин и монголоидных женщин.

О том, что миграций в Америку было несколько и происходили они в разное время, свидетельствует распределение мужских и женских генетических маркеров у коренного населения Американского континента. Замечено, что частота встречаемости DYS199T варианта Y-хромосомы увеличивается в направлении с севера на юг и достигает почти 100% у аборигенов, живущих в высоких широтах Южной Америки. Ту же тенденцию проявляет и частота женских митохондриальных маркеров, причем особенно четко она выражена в отношении группы B. Такое распределение частот встречаемости тех и других маркеров могло быть обеспечено не одной, а несколькими миграциями: каждая волна мигрантов привносила дополнительные генетические элементы. Поэтому в генофондах населения Северной Америки помимо палеоевропеоидного типа Y-хромосомы существуют также и монголоидные варианты. Примечательно, что на севере этой части материка у женского коренного населения встречаются не только типично монголоидные группы (A, C, D и в меньшей мере B) митохондриальной ДНК, но и вариант, родственный европеоидной группе X и произошедший не менее 15 тыс. лет назад. Эта группа характерна для современного населения



Модели происхождения коренного населения Америки. По одной из них (1), предками американских аборигенов были независимо мигрировавшие выходцы из двух источников, располагавшихся на территории Западной Сибири и Байкальского региона. Мигранты одной волны могли нести A, C и D группы мтДНК и 1C вариант мужской половой хромосомы, а второй — линии мтДНК группы B и 1F тип Y-хромосомы. По другой модели (2), заселение Америки произошло в ходе не менее двух миграций, но из одного обширного региона, охватывавшего оз. Байкал и прилегающие к нему территории Саяно-Алтайского нагорья, бассейна Ангары, верховий Лены и Енисея, а также Северной Монголии.

Юго-Западной Азии и Юго-Восточной Европы, но не обнаружена пока у аборигенов Сибири.

Таким образом, история заселения Америки человеком представляется довольно сложной. Однако можно считать доказанным, что в древнейших миграциях принимали участие разные евразийские популяции — и монголоидные, и европеоидные, и смешанные в расовом отношении, аналоги которых можно найти среди современных жителей центральной части Сибири.

Процесс первоначальной колонизации Американского материка, воссозданный с помощью молекулярно-генетических методов, во многом согласуется с выводами антропологов и археологов на сей счет. Так, например, данные генетиков совпадают с мнением В.П.Алексеева, считавшего, что палеоевропеоидная примесь у аборигенов Америки появилась еще до открытия Нового Света Колумбом [21]. Есть и археологическое подтверждение идеи о смешанном антропологическом составе мигрантов — недавние находки на территории Америки мумии из пещеры Духов и скелета кенневикского человека (возраст около 9500 лет). Их краниологические характеристики свидетельствуют о несомненном сходстве со строением черепа европеоидов.

* * *

Результаты молекулярно-генетических исследований проблемы происхождения коренного населения Америки в полной мере отражают всю сложность историко-эволюционных процессов, сопровождавших доколумбову колонизацию. К сожалению, генетические методы пока не принесли успеха в поиске вполне конкретной географической прародины. В настоящее время ее можно связывать с довольно обширными территориями Сибири — Забайкальем, Прибайкальем и Саяно-Алтайским регионом. Надеемся, будущие исследования сибирских этнорасовых групп принесут бо́льшую удачу, и мы узнаем точные координаты места обитания людей, которые первыми переселились в Америку и положили начало аборигенным этносам этого континента.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 99-06-80430) и Федеральной целевой научно-технической программой «Приоритетные направления генетики» (проект 99-04-30). ■

Литература

1. *Hrdlicka A.* The origin and antiquity of the American Indians. Washington, 1942.
2. *Дебец Г.Ф.* Антропологические исследования в Камчатской области // Тр. Ин-та этнографии АН СССР им.Миклухо-Маклая. М., 1951. Т.27; *Он же.* Палеоантропология древних эскимосов (Ипитуак, Тигара) // Этнические связи народов севера Азии и Америки, по данным антропологии. М., 1986. С.6—148; *Левин М.Г.* Этническая антропология и проблема этногенеза народов Дальнего Востока. М., 1963.
3. *Greenberg J.H. et al.* // Curr. Anthropol. 1986. V.27. P.477—497.
4. *Turner C.G.* // Science. 1986. V.232. P.1140—1142.
5. *Dillehay T.D. et al.* // Archeology. 1982. V.9. P.547—550; *Guidon N., Delibrias G.* // Nature. 1986. V.321. P.769—771.
6. *Underhill P.A. et al.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1996. V.93. P.196—200.
7. *Torroni A. et al.* // Am. J. Hum. Genet. 1993. V.53. P.591—608.
8. *Horai S. et al.* // Mol. Biol. Evol. 1993. V.10. P.23—47.
9. *Shields G.F. et al.* // Amer. J. Human Genetics. 1993. V.53. P.549—562.
10. См., например: *Merriwether D.A. et al.* // Amer.J. Phys. Anthropol. 1995. V.20. P.152—153; *Forster P. et al.* // Amer. J. Human Genetics. 1996. V.59. P.935—945.
11. *Bonnato S.L., Salzano F.M.* // Ibid. 1997. V.61. P.1413—1423.
12. *Рычков Ю.Г., Ящук Е.В.* // Вопр. антропологии. 1985. Т.75. С.97—116.
13. *Neel J.V. et al.* // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1994. V.91. P.10737—10741.
14. *Nei M., Roychoudhury A.K.* // Mol. Biol. Evol. 1993. V.10. P.927—943.
15. *Kolman C.J. et al.* // Genetics. 1996. V.142. P.1321—1334.
16. *Сукерник Р.И. и др.* // Генетика. 1996. Т.32. №3. С.432—439.
17. *Деренко М.В. и др.* // Там же. 1999. Т.35. №12. С.1706—1712.
18. *Derenko M.V. et al.* // Amer. J. Human Genetics. 1999. V.65 (Suppl). P.200.
19. *Santos F.R. et al.* // Ibid. V.64. P.619—628.
20. *Karafet T.M. et al.* // Ibid. P.817—831.
21. *Алексеев В.П.* Историческая антропология и этногенез. М., 1989.

Астрофизика

Самая далекая Новая

Начав свое путешествие 70 млн лет назад, когда на Земле еще гуляли динозавры, свет от этой звездной вспышки преодолел гигантское расстояние между галактикой NGC 1316 и Землей и был зафиксирован телескопом Анту из системы Очень большого телескопа (VLT) Европейской южной обсерватории в Чили. Анализ полученных снимков, проделанный группой итальянских астрономов под руководством М.Д.Валле (M.D.Valle; Астрофизическая обсерватория в Арчетри, Флоренция), показал, что зарегистрирована вспышка самой далекой Новой из когда-либо наблюдавшихся[1].

«Новая звезда» (лат. «Stella Nova»), или просто «Новая», — так уже несколько столетий астрономы называют неожиданно появляющиеся на ночном небе светила, которые затем постепенно меркнут и через несколько недель возвращаются к изначально малой светимости. Когда это явление происходит в нашей Галактике, его иногда удается заметить даже невооруженным глазом. А мощные телескопы позволяют увидеть Новую даже в соседних галактиках.

Только во второй половине XX в. астрофизики начали понимать механизм вспышек Новых. Оказалось, что это грандиозное явление всегда происходит в системах двойных звезд, где один из компонентов — холодный красный карлик, а его компаньон — маленький, но более массивный, плотный и горячий белый карлик. Если эти две звезды обращаются поблизости друг от друга вокруг общего центра масс, то белый карлик срывает газ с поверхности холодного соседа и накапливает его на своей горячей поверхности до тех пор, пока развившаяся тепловая неустойчивость не заставит этот газ (в основном водород) взорваться наподобие водородной бомбы. Этот взрыв на некоторое время делает Новую одним из ярчайших объектов галактики. Продукты взрыва срываются с поверхности белого карлика и окутывают сначала его, а затем и всю двойную систему. Горячий газовый шар расширяется со скоростью около 1000 км/с. Постепенно газ остывает, становится прозрачным; яркость Новой уменьшается. За несколько недель Новая излучает главным образом в виде света энергию порядка 10^{38} Дж; наше Солнце может излучить столько же энергии лишь за 10 тыс. лет.

В отличие от взрыва Сверхновой, полностью разрушающего звезду, взрыв Новой, хотя и очень мощный, катастрофы в системе двойной звезды не вызывает. После взрыва белый карлик продолжает забирать газ с поверхности соседней звезды и, вновь накопив его в достаточном количестве, устраивает новый атомный взрыв. По расчетам, типичное время между взрывами у одной тесной двойной пары, объединяющей белый и красный карлики, порядка 100 тыс. лет; но поскольку таких систем в каждой галактике много, вспышки Новых происходят довольно часто — в крупных галактиках не реже чем раз в неделю.

У некоторых двойных звезд поток газа на поверхность белого карлика так велик, что необходимое для взрыва количество вещества накапливается довольно быстро, всего за несколько десятков лет. Поэтому в 20-м столетии астрономам удалось наблюдать в нашей Галактике несколько повторных вспышек Новой. За этими системами ведется особо тщательное наблюдение: за короткое время в них можно изучить все стадии накопления и взрыва газа.

Чтобы детально разобраться в физических процессах, происходящих при взрывах новых звезд, астрономы предпочитают наблюдать близкие вспышки в нашей Галактике. Но наблюдение Новых в далеких галактиках имеет свой особый смысл: в этом случае Новая играет роль «стандартной свечи» — по яркости вспышки удается довольно точно определить расстояние до галактики, что очень важно для изучения структуры Вселенной. Обнаружив вспышку самой далекой Новой в галактике NGC 1316, астрономы доказали, что новые 8-метровые телескопы VLT способны значительно раздвинуть границы изучаемой части Вселенной.

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

[1] ESO Press Release 17/00, 28 July 2000.

Биология

Почему иногда любят серых?

Возникновение в ходе эволюции птиц их яркой окраски и причудливых форм оперения (в том числе знаменитого павлиньего хвоста) объясняют, как правило, действием полового отбора, т.е. явного предпочтения, оказываемого представителями одного пола особям другого. Выбирающей стороной чаще всего бывают самки, а демонстрируют свои красоты самцы. Хотя вкусы у самок одного вида могут варьировать, в целом распределение предпочтений обычно унимодальное, иначе говоря, большинство самок предпочитают один тип.

В высшей степени удивительными поэтому оказались результаты, полученные американским орнитологом Э.Грином[1] из Университета штата Монтана и его коллегами из других университетов США и Канады при изучении полового отбора у овсянки-красотки (*Passerina amoena*). Самки этих небольших птиц, в целом напоминающих наших овсянок, окрашены в серые невзрачные тона. Зато взрослые самцы, достигшие двухлетнего возраста, имеют очень броское оперение: у них ярко-голубая голова, розоватая грудь и темные крылья с четкой белой полоской — зеркальцем. Молодые самцы (годовики) демонстрируют очень широкий диапазон окраски — от невзрачной серо-коричневой до яркой, почти неотличимой от типичной окраски самцов-двухлеток. Между этими крайними

[1] *Greene E., Lyon B.E., Muehter V.R. et al.* // Nature. 2000. V.407. P.1000—1003.

вариантами есть все переходы, позволяющие исследователям оценивать окраску оперения по 20-балльной шкале.

Изучая образование пар и гнездование у овсянки-красотки в природных условиях, Грин и его коллеги обнаружили, что среди молодых самцов наибольшего репродуктивного успеха достигают ярко окрашенные и, как это ни странно, тускло окрашенные, а вот самцы с промежуточными вариантами (наиболее многочисленные в популяции) терпят фиаско — не могут образовать пары и загнездиться. Таким образом, кажется, впервые для полового отбора была обнаружена его дизруптивная («разрывающая») форма, при которой повышенные шансы на успешное размножение имеют крайние варианты, но отнюдь не промежуточные.

Ответ на вопрос, почему овсянки-красотки нередко предпочитают самцов совсем не красавцев, оказался довольно простым. Дело в том, что серые (в прямом смысле) самцы могли удерживать очень хорошие гнездовые участки, позволяющие прокормить будущих птенцов. А обладать такими участками они могли потому, что к ним гораздо терпимее относились взрослые (т.е. достигшие двухлетнего возраста) самцы. К более ярко окрашенным молодым самцам взрослые были настроены очень агрессивно и почти всегда успешно их изгоняли. Ситуацию, однако, усложняет то, что, согласно проведенному авторами анализу ДНК птенцов, около половины всех обследованных кладок у овсянки-красотки содержали хотя бы одно яйцо, которое было оплодотворено другим самцом — не участвовавшим в выкармливании потомства. Выяснилось также, что вероятность найти «чужих детей» в гнездах тускло окрашенных самцов примерно в два раза больше, чем в гнездах ярко окрашенных. Выкармливание серыми самцами не своих потомков, конечно, несколько снижает их репродуктивный успех, но ведь более яркие (и более обычные) формы вообще не размножаются в первый год. Впрочем, безусловным «красавчикам» это все же удается: видимо, сказываются предпочтение, оказываемое им самками, и достаточный уровень агрессивности по отношению к взрослым самцам.

© А.М.Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

Зоология

Вестиментифера – рекордсмен-долгожитель

Эти удивительные жители морских глубин похожи на длинных (до 2.5 м) червей, тонких или толстых. Они обитают в хитиновых трубках и во взрослом состоянии не имеют ни рта, ни кишечника. Питаются с помощью бактерий, в великом множестве населяющих специальный отдел их организма: бактерии поглощают сероводород из крови хозяина, а в нее выделяют органические вещества. Поэтому вестиментиферы могут жить только на морских источниках сероводорода — горячих гидротермальных излияниях, холодных высачиваниях или скоплениях гниющей органики[1]. Вестиментиферы растут очень быстро: трубки *Riftia pachyptila* и *Tevnia jerichonana* на горячих гидротермальных излияниях прирастают за год на 10—50 и даже 70 см, *Lamellibrachia sp.*[2] — почти на 13 см. Соответственно и продолжительность их жизни невелика — несколько лет. Однако новые данные говорят, что это не везде так: похоже, именно вестиментиферы, только обитатели не горячих излияний, а холодных высачиваний, заслуживают звание рекордсмена по долгожительству среди глубоководных животных.

Такой неожиданный вывод сделали американские ученые из Пенсильванского университета[3], исследовав еще не описанный вид *Lamellibrachia sp.*, который достигает двухметровой длины и обитает на холодных высачиваниях углеводородов на северном материковом склоне Мексиканского залива.

С подводного аппарата «Джонсон Си-Линк» на морском дне (глубина 540 и 560 м) были выбраны 22 группы вестиментифер. Верхние края их хитиновых трубок покрасили с помощью манипулятора голубой краской. Метили их в 1994, 1995 и 1997 гг., а через год измеряли прирост трубки от метки до переднего края. Рост вестиментифер может происходить как с переднего, так и с заднего конца, но в основном спереди. Оказалось, что прирост меченых особей в одной группе и при одной и той же длине тела различается на один-два порядка. Применив математическое моделирование, установили, что размер вестиментифер увеличивается, экспоненциально приближаясь к своей окончательной величине. Иными словами, чем длиннее трубка (т.е. чем старше животное), тем медленнее рост. Такая динамика роста вполне обычна для рыб, двустворчатых моллюсков и многих других животных. Относительно быстро (в среднем на 4—5, максимум до 10 см в год) растут только самые маленькие (молодые) ламеллибрахии, не длиннее нескольких сантиметров. Скорость же роста старых особей не превышает 2 мм/год, и возраст их оценен как минимум в 170—250 лет! Среди одиночных морских животных (колониальные, например кораллы, могут жить веками[4]), и не только глубоководных, это, похоже, рекорд.

Холодные высачивания углеводородов на материковом склоне характеризуются, в отличие от крайне нестабильных горячих излияний, большим постоянством: приблизительно одинаковая скорость сохраняется у них в течение тысячелетий. Потому-то и могут там развиваться стабильные сообщества из очень долгоживущих животных и тех, кто поселяется на них, питается ими и т.д.

© К.Н.Несис,
доктор биологических наук
Москва

[1] *Малахов В.В., Галкин С.В.* Вестиментиферы — бескишечные беспозвоночные морских глубин. М., 1998.
[2] *Несис К.Н.* Оазисы жизни на гидротермальных излияниях рождаются и умирают быстро // Природа. 1995. №10. С.54—55.
[3] *Bergquist D.C., Williams F.M., Fisher C.R.* // Nature. 2000. V.403. №6769. P.499—500.
[4] *Несис К.Н.* Коралл — сверхдолгожитель? // Природа. 1992. №5. С.108.

Зоология

Кариес у медведей

Группа исследователей из Центральнолесного биосферного заповедника, расположенного в Тверской обл., на водоразделе Волги и Западной Двины, изучила болезни зубов у бурого медведя, использовав для этого 45 черепов, собранных за 20 лет на территории заповедника и в непосредственной близости от него. Разделив выборку на четыре возрастные группы (1—3 года, 4—6 лет, 7—10 и старше 10), авторы обнаружили, что независимо от прожитых лет звери чаще всего страдали кариесом. Начальной стадии болезни (разрушение эмали) были подвержены любые зубы, кроме первых и вторых премоляров (малых коренных), а глубокому кариесу с обнажением пульпы —третьи и четвертые премоляры, а также первые и вторые моляры (большие коренные). Частота встречаемости кариеса у самцов и самок не отличалась. С возрастом болезнь прогрессировала, и у 7—10-летних медведей уже был разрушен дентин, а не только эмаль, у зверей старше 10 лет поражена даже пульпа.

Причину кариеса авторы видят в механическом повреждении зубов или повышенной нагрузке на них, приводящей к чрезмерному стиранию жевательной поверхности. Видимо, при разгрызании костей крупных млекопитающих у медведей повреждается эмаль и скалываются кусочки больших коренных зубов, потому именно они и подвержены кариесу больше, чем едва выступающие из альвеол резцы и клыки, или первые и третьи премоляры (кариес вторых вовсе не отмечен).

У двух старых медведей зоологи обнаружили кариес сразу нескольких зубов, причем вызван он был ненормальным стиранием зубной поверхности из-за неправильного прикуса, обусловленного анатомическими особенностями — так называемыми ножницеобразными зубами, сужением или укорочением нижней челюсти.

На основании своих результатов исследователи делают вывод о физиологическом неблагополучии популяции бурого медведя в заповеднике.

Экология. 2000. №3. С.219—223 (Россия).

Медицина

Аспирин опасен для детей

Известный с давних пор аспирин, или ацетилсалициловая кислота, применяется в медицине как жаропонижающее, анальгетическое и противовоспалительное средство, обладающее также способностью подавлять агрегацию тромбоцитов. Из числа противопоказаний в фармакологических справочниках обычно приводятся язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки в фазе обострения, нарушения функции печени и почек, пониженная свертываемость крови, повышенная чувствительность к салицилатам, бронхиальная астма. Иногда аспирин не рекомендуют принимать беременным и детям от года до четырех лет. И только в качестве особых указаний довольно редко упоминается, что аспирин, назначенный детям и подросткам для снижения температуры, может вызвать долго не прекращающуюся рвоту. А это — один из начальных признаков энцефалопатии (псевдоэнцефалита), или синдрома Рейе.

Клинические и экспериментальные данные об этом синдроме недавно представили А.И.Венгеровский, Н.О.Батурина и А.С.Саратиков, проанализировавшие соответствующую литературу.

Впервые, в 1963 г., об опасных последствиях салицилатов сообщил американский врач Р.Рейе: 16 детей, заболевших гриппом В во время эпидемии и принимавших аспирин, умерли от острой энцефалопатии, которая сопровождалась дистрофией печени и других внутренних органов. С тех пор установлено, что синдромом Рейе страдают 4—16-летние дети, случаи заболевания взрослых очень редки. Синдром возникает при вирусных инфекциях, например верхних дыхательных путей, при ветряной оспе, если больные принимают аспирин или другие салицилаты (комбинированные препараты сульфаниламидов с 5-аминосалициловой кислотой). Симптомы болезни (постоянная или повторяющаяся в течение 12 ч рвота, диарея, высокая температура, апатия, сонливость) возникают через 3—7 дней после инфицирования или спустя 3—5 дней после появления сыпи при ветряной оспе. Дальнейшее прогрессирование сопровождается раздражительностью, агрессией, дезориентацией, психомоторным возбуждением, менингиальными нарушениями, повышенным (до 220 мм) внутричерепным давлением, увеличением печени, приобретающей болезненность при пальпации. Без лечения синдром заканчивается летальным исходом в 30—70%.

Патогенез синдрома Рейе связывают с повреждением митохондрий, вызванным салицилатами, в результате чего возникают очень серьезные нарушения многих биохимических процессов. Следует учесть, что такое же токсическое действие оказывает на них и сам возбудитель инфекции — вирус. Стало быть, общий повреждающий эффект усиливается.

Возникновения синдрома Рейе можно избежать, если не применять салицилаты, в том числе аспирин, для лечения детей младше 12 лет, заболевших гриппом, ветряной оспой и другими вирусными инфекциями.

Экспериментальная и клиническая фармакология. 2000. Т.63. №2. С.76–80 (Россия).

Молекулярная генетика. Антропология

Ирландцы не похожи на других даже генетически

Поскольку Ирландия находится на самом западном из Британских о-вов, можно предположить, что генофонд ирландцев складывался относительно независимо от перемещений и смешений, которые формировали генотип ев-

ропейцев на континенте. Генетики из Дублина, пытаясь подтвердить эту гипотезу, провели сравнительный анализ Y-хромосомы жителей Ирландии и других европейцев.

В группе из 221 человека были выделены в соответствии с фамилиями (которые передаются по мужской линии) семь родов. Четыре из них — это коренные ирландцы (потомки галлов), населяющие провинции Ольстер, Манстер, Лестер и Коннаут. Три остальных рода ведут свое происхождение от шотландцев, норманнов и англичан, появившихся на острове позже коренных ирландцев.

Оказалось, что девять групп генов в Y-хромосоме могут служить генетическими маркерами. Среди населения страны все они встречаются с разной частотой, но большинству ирландцев (78.1%) присуща группа 1 (устойчивая группа генов, тесно связанных друг с другом). В родах ирландского происхождения частота ее встречаемости выше, чем у шотландцев, норманнов и англичан, причем у галльских потомков этот показатель увеличивается в направлении с востока на запад, достигая максимума (98.3%) среди населения Коннаута, самой западной провинции. Следовательно, группа 1 присутствует в исходном варианте ирландского генотипа.

В генофонде прочих европейцев эта группа встречается с разной частотой, тоже увеличиваясь с востока на запад. Так, в Турции она отмечена у 1.8% населения, а у испанских басков — у 89%. Эти генетические вариации, по мнению авторов исследования, отражают миграцию скотоводов с Ближнего Востока в эпоху неолита.

Nature. 2000. V.404. P.351–352 (Великобритания).

Охрана природы

Орангутан на краю пропасти

Орангутан — третий (после шимпанзе и гориллы) ближайший «родственник» *Homo*. Изучение этого примата — важное средство познания эволюции человека, однако в последнее время этот объект исследования становится «уходящей натурой».

Канадский биолог-приматолог Б.Галдикас (B.Galdikas) убеждена: если не принять срочных мер, примерно через 20 лет орангутан в естественной среде полностью исчезнет. Согласно подсчетам К.ван Схейка (C.van Schaik), на о.Суматра (Индонезия), в районе площадью 24 тыс. км^2, популяция орангутанов упала за последнее десятилетие с 12 тыс. до 6500 особей. Перепись проводилась как наземными способами, так и с помощью космической и аэрофотосъемки. В масштабах же планеты их численность, достигавшая в 1900 г. 315 тыс. особей, в 1998 г. составила лишь 27 тыс. и продолжает снижаться.

Особую тревогу вызывают небольшие популяции орангутанов с островов Калимантан (Борнео) и Суматра, не «общавшиеся» между собой тысячелетиями: различия во внешнем облике, поведении и даже генетических характеристиках, по мнению систематиков, говорят об их принадлежности к разным видам, совсем уж малочисленным.

Последнее пристанище суматранского орангутана — национальный парк «Гунунг» — подвергается массовой вырубке лесов. Не намного лучше положение на Калимантане: хотя здешняя популяция обезьян пока более многочисленна, но за последнее двадцатилетие 4 млн га лесов из 13 превращено в плантации масличной пальмы, а еще 1 млн га отдан под рисовые поля. На о.Ява немалый вред причинили лесные пожары, уничтожившие в 1997 г. деревья на площади 8 млн га.

Недавно выяснилось, что орангутаны, обитающие в той или иной конкретной местности, отличаются своеобразным поведением. Например, орангутаны, населяющие окрестности возле исследовательской станции в национальном парке «Гунунг», издают при сооружении гнезда грубое фырканье, отпугивающее посторонних, а их соплеменники, живущие всего в 70 км от этой станции, никогда так не поступают. Другой пример: обезьяны, обитающие в лесах на восточном берегу р.Алас, вскрывают плоды и достают из них маслянистые семена пальцами, а их сородичи на другом берегу реки делают это специально очищенной от коры палочкой.

На антропологической конференции, состоявшейся в Лайле (США), было принято решение о создании «Орангутанской сети»: предполагается организовать множество мелких пунктов для наблюдения за животными и предотвращения незаконного уничтожения лесов. Участники конференции обратились к зоопаркам мира с просьбой оказать в усилиях по спасению приматов материальную помощь.

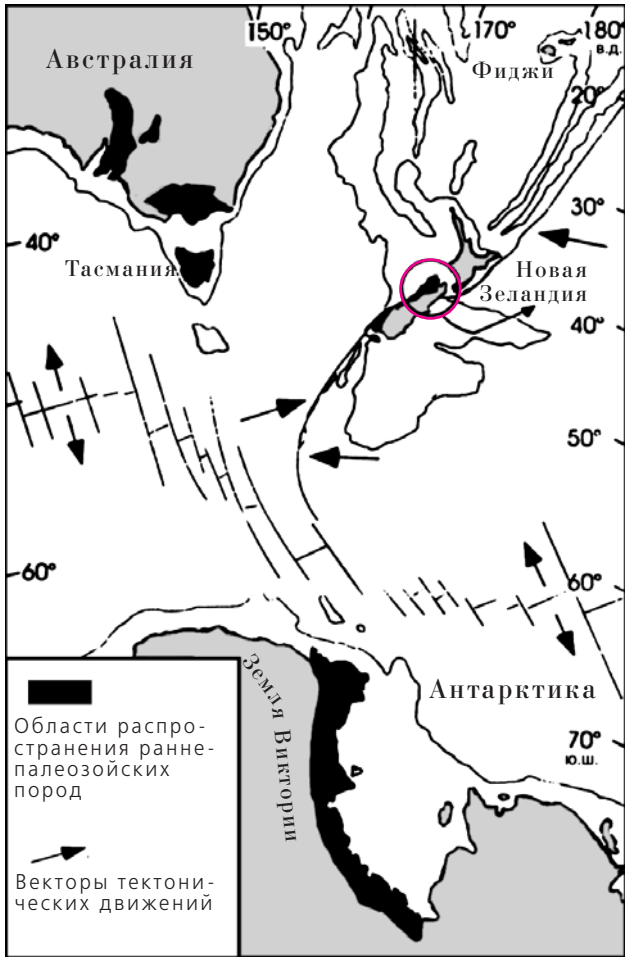
Science. 2000. V.288. №5469. P.1148 (США).

Океанология

Молод ли Тихий океан?

Проблема возраста Тихого океана продолжает оставаться остродискуссионной. На этот счет имеются два суждения. Согласно одному, океан очень древний, его история насчитывает многие сотни миллионов лет, а может быть, и более 1 млрд. Согласно другому, он начал формироваться лишь в юрское время, т.е. не ранее 180 млн лет назад.

О древности океана свидетельствует в первую очередь характер его геологического обрамления: здесь встречаются породы (офиолитовые серии), образовавшиеся либо в условиях океана, либо прилежащих к нему морей. Такие породы обнаружены по всему Тихоокеанскому кольцу. Кроме того — и это еще один довод в пользу древности Тихого океана, — в этой области отсутствуют какие-либо признаки существования континентальных масс как в настоящее время, так и когда-либо в прошлом. Решающее значение в представлениях о молодом возрасте Пацифики придается тому факту, что глубоководными сква-



Геологическая ситуация в юго-западной области Тихого океана (цветным кружком обозначен изучавшийся район).

жинами нигде не вскрыто (как и в молодых океанах) отложений древнее среднеюрских.

Самые последние данные подкрепляют гипотезу о большой древности Тихого океана.

На севере Южного острова Новой Зеландии в блоке (террейне) земной коры Такака хорошо представлены кембрийские (~500 млн лет) породы как осадочного, так и вулканогенного происхождения, переслаивающиеся друг с другом. К.Мюнкер (Институт геологии и динамики литосферы в Гёттингене, Германия)[1], изучая Pb-Nd изотопный состав в клинопироксенах из упомянутого комплекса пород (Devil River Volcanics), выявил исключительную радиогенность Pb и ее отсутствие у Nd. Соотношения $^{207}Pb/^{204}Pb$ характерны для структур субдукционных зон, где происходит погружение океанических плит в глубины Земли. По этим показателям обнаруживается сходство с рядом других районов обрамления Тихого океана, где выходят аналогичные по возрасту породы: Юго-Восточной Австралией, Тасманией, Антарктидой. Все эти районы автор связывает в единую полосу, рассматриваемую в качестве Австрало-Антарктической окраины древнего материка Гондваны, сопряженной с Тихим океаном.

Тем самым, аргументируется существование Тихого океана уже в раннем палеозое, т.е. 0.5 млрд лет назад. Что же касается более древнего времени (неопротерозоя), то тогдашний океан именуется автором Палеопацификой.

© Академик Ю.М.Пущаровский

Москва

[1] *Münker C.* // J. Geology. 2000. V.108. P.233—242.

Палеоантропология

Кем был Мелконог?

В 1994 г. немецкий антрополог Р.Кларке (R.Clarke), работая в запасниках Витватерсрандского университета (Йоханнесбург, ЮАР), нашел в коробке с костями различных животных необычно выглядевшие окаменелые остатки некоего существа. Более внимательное их изучение показало, что это — левая стопа и лодыжка древнейшего предка человека, одного из австралопитеков. Ископаемое существо получило кличку Мелконог. Затем в другой коробке Кларке обнаружил принадлежавшие той же особи обломки большеберцовой кости. И вот уже через двое суток в пещере Стеркфонтейн, в которой были сделаны эти находки, работала руководимая ученым экспедиция.

Вскоре были обнаружены кости нижней конечности и, главное, череп — таким образом, стало возможным собрать почти полный скелет. Правда, некоторые детали одной из конечностей были сознательно оставлены внутри пещерного слоя, но и они поддаются изучению. Словом, по целостности этот скелет превосходит даже найденный на территории Эфиопии скелет знаменитой Люси (одного из представителей австралопитеков).

Палеонтологи, изучив лежавшие рядом кости животных, отнесли их ко времени, отстоящему от нас примерно на 3.3 млн лет. Такую же датировку назвали и геофизики на основании магнитных свойств пород, включавших останки.

Анализ этой находки отнял у Кларке и его южноафриканского коллеги Ф.Тобиаса (Ph.Tobias) немало времени. Наконец, в мае 2000 г. они смогли представить свои выводы участникам конфе-

ренции Американской ассоциации физической антропологии (Сан-Антонио, штат Техас).

Увидев слайды с изображением руки столь раннего представителя гоминид, ученые отметили, насколько коротка ее кисть. Можно было заключить, что Мелконог передвигался по земле не так, как это делают обезьяны (опираясь на костяшки пальцев), а вертикально, на двух ногах. Надо, однако, признать, что такое положение он сохранял отнюдь не постоянно. Судя по тому, что большой палец ноги несколько отстоял от остальных, Мелконог часть времени все же проводил на деревьях.

Все кости запястья и некоторые фаланги у Мелконога не имеют той длины, какая необходима обезьянам, ведущим значительную часть жизни среди ветвей или передвигающимся по земле, опираясь на костяшки пальцев. Их размеры ближе к человеческим. Предплечье слишком коротко, чтобы служить для четвероногого передвижения. Да и большой палец руки по своей массивности свидетельствует о его разнообразном использовании. С другой стороны, примитивность стопы и некоторые другие черты скорее говорят о принадлежности к австралопитеку афарскому (виду, к которому отнесена Люси).

По мнению антрополога Э.Саймонса (E.Simons), Мелконог, вероятно, представляет неизвестный доселе вид, в котором смешались современные и примитивные черты гоминид, стоящих где-то между древесной человекообразной обезьяной и теми существами, которые уже полностью передвигались по земле на двух ногах.

Выступавшие на конференции специалисты подчеркивали, что пока остается неясным, от кого мог происходить вид, представители которого уже не опирались на костяшки пальцев, но еще не полностью отказались от древесного образа жизни.

Science. 2000. V.288. №5467. P.799 (США).

Археология

Образ святой Варвары на бересте

Находке древнейшей славянской книги[1] на новгородских раскопках 2000 г. предшествовало еще одно замечательное открытие. В слое первой трети XI в. был обнаружен небольшой лист бересты, на обеих сторонах которого процарапаны изображения человеческих фигур. Одна из них опознается как образ Иисуса Христа. Фигура на другой стороне сопровождается хорошо читаемой надписью «Варвара», перед которой стоит буква «А» в кружке (привычное сокращение греческого слова «ΑΓΙΟΣ», в переводе означающего «святой»). В соответствии с каноном св.Варвара изображена с мученическим крестом в руке. Любопытная деталь: под изображением святой на бересте нацарапана дата, которую академик А.А.Зализняк прочел предположительно как 6537 г. (от сотворения мира), что соответствует 1029 г. н.э. Первая, третья и четвертая цифры переданы славянскими знаками, а вторая, как разъяснил филолог С.Г.Болотов, — латинским. Значит, изобразил Варвару человек, который затруднился передать обозначение числа 500 по-славянски, но знал, как его пишут в соответствии с западной традицией.

Находка сразу же породила проблему. Усадьба, где она обнаружена, находится в Новгороде на древней Черницыной улице, получившей свое название от некогда располагавшегося здесь девичьего монастыря св.Варвары. Разумеется, в первой трети XI в. никакой святой обители здесь быть не могло: самые ранние монастыри возникли на Руси лишь во второй половине XI в., а новгородский Варварин впервые упомянут в летописи под 1138 г., т.е. наша находка старше его более чем на 100 лет.

Берестяной оберег с изображением св.Варвары (1029 г.).

Оказывается, св.Варвара особенно почиталась на славянском (южном) побережье Балтики, а именно оттуда в Новгород пришли первые славянские поселенцы, потомки которых и в дальнейшем не теряли связей со своей прародиной. Св.Варвару считали покровительницей мореходов и рыбаков. Отметим, что в слоях, где был обнаружен этот берестяной оберег, в изобилии найдены предметы, связанные с судоходством и рыбным промыслом. Можно полагать, что почитание св.Варвары, привнесенное в Новгород из Южной Балтики, оказалось столь прочным, что спустя несколько десятилетий после 1029 г. в ее честь именно здесь был основан монастырь.

© Академик В.Л.Янин

Москва

[1] Подробнее см.: *Янин В.Л.* Новгород — раскрытая книга русского средневековья // Природа. 2000. №10. С.10—11.

Памяти погибших ученых

Е.С.Левина,
кандидат биологических наук
Институт естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН
Москва

Последнее десятилетие в отечественной историографии отмечено активной работой историков-документалистов. Благодаря открывшемуся доступу к архивным фондам, засекреченным в советское время, появились многочисленные публикации документов, в том числе нескольких следственных дел, представляющих большой общественный интерес. Это «Академическое дело» [1], материалы процесса над Еврейским антифашистским комитетом [2] и документы следственного дела по обвинению Николая Ивановича Вавилова (1887—1943).

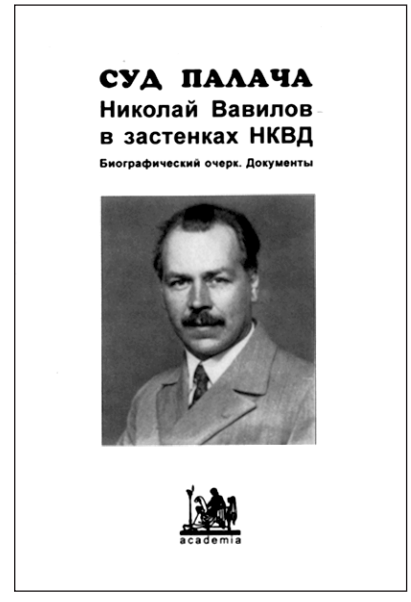
Хронологически порядок публикаций и самих событий не совпадает: дело ЕАК последнее из трех названных. Общее в «делах» — сфабрикованность обвинений и драматичность судеб подследственных. Дело Вавилова, ученого с мировым именем, патриота и созидателя, трагично вдвойне: Николаю Ивановичу, работавшему всю жизнь для того, чтобы решить на века проблему мировых растительных ресурсов и накормить человечество, суждено было мучительно погибнуть в тюрьме от голода и болезни, вызванной истощением.

© Е.С.Левина

История о том, как публицисты использовали материалы сфальсифицированного в НКВД дела Вавилова о «вредительстве» и «передаче» иностранным государствам сведений, составляющих государственную тайну, т.е. о «шпионаже», любопытна сама по себе. О ней рассказано в статье историка Я.Г.Рокитянского, предваряющей публикацию документов.

Единственный, кто имел доступ к материалам его следственного дела в советское время, был Марк Поповский. В период хрущевской оттепели под предлогом сбора сведений по истории советской науки и для работы над научно-популярными очерками ему удалось взять выписки из дела №1500. Эти материалы он использовал в работе над биографией Вавилова, так и не опубликованной полностью в доперестроечном СССР и распространенной в варианте, изданном в США [3]. Процитированные Поповским документы в дальнейшем использовали другие авторы.

В книге впервые воспроизведены документы следственного дела если не полностью, то в достаточном объеме, что позволяет судить о том, «как это делалось» сталинским НКВД.



Суд палача. Николай Вавилов в застенках НКВД: Биографический очерк. Документы

Сост.: Я.Г.Рокитянский, Ю.Н.Вавилов, В.А.Гончаров. М.: Academia, 1999. 552 с.

Последние снимки в тюрьме. Москва, 13 августа 1940 г.

Разумеется, это нелегкое чтение. Стилистика допросов, протоколы очных ставок с близкими Николаю Ивановичу людьми, его учениками и соратниками, уже арестованными и обвиняемыми, изложенные жестким языком дознания, вынужденные признания и изобличения друг друга — испытание и для читателя. Заключительные документы: два обращения к Берии (после вынесения приговора в 1941-м и из Саратовской тюрьмы в 1942-м), выписка из истории болезни и свидетельство тюремного врача о смерти Вавилова уже были известны ранее из публикаций Поповского и др. Тем не менее они потрясают безысходностью положения великого ученого перед лицом сталинской инквизиции и трагичностью судеб его современников.

Однако нынешние историки увидят в книгах больше, обратят внимание на другие упоминаемые в документах имена; юристы выявят нарушения в ведении следственных дел. А биологам, хорошо знакомым с научными работами Вавилова, наиболее заметно следующее.

Среди упоминаемых ученых, большинство которых подверглось преследованиям (некоторые погибли, получив высшую меру наказания), лучшие отечественные агрономы и биологи, способные восстановить разоренное сельскохозяйственное производство в стране. Это представители старой агрономической школы Н.М.Тулайков, Л.И.Говоров, Н.Н.Кулешов, К.А.Фляксбергер, В.Е.Писарев, В.В.Галанов, Г.А.Левитский, Н.П.Авдулов, а также последователи и ученики Н.И.Вавилова: К.М.Чинго-Чангас, С.А.Эгиз, Е.К.Эмме, Л.П.Бордаков, Г.Д.Карпеченко. Здесь же директор единственного в стране медико-генетического учреждения С.Г.Левит, экономисты и общественные деятели, с которыми Вавилов общался и сотрудничал в Академии наук, ВАСХНИЛ и СНК, А.И.Гайстер, Н.П.Горбенов, Г.К.Мейстер, А.И.Муралов, товарищ по заключению К.И.Луппол...

Среди документов есть и постановление об аресте Вавилова. Против ученого предъявлялись свидетельства людей, осужденных особым совещанием, т.е. внесудебно, с заведомым нарушением всех норм производства и защиты, и уже погибших. Судьбы настоящих доносчиков различны: «доброволец» А.С.Бондаренко погиб в застенках, идеологически выдержанный И.В.Якушкин процветал и после реабилитации Николая Ивановича. Елена Карловна Эмме, в интересах следствия ложно скомпрометированная как осведомитель, по слухам, покончила с собой в камере [4].

Несостоятельность обвинения заставила следственный аппарат трижды запрашивать разрешение на продление допросов, вовлекая в процесс все большее количество людей. Тех, кто когда-то встречался с Вавиловым, вынуждали давать устраивающие следователей показания, тем самым заставляя самого Николая Ивановича называть все новые и новые имена из числа его заграничных корреспондентов и встреченных во время поездок в Европу, Америку и Японию людей — ученых, агрономов, сотрудников советских посольств и консульств, торговых представителей, служащих сельскохозяйственных правительственных департаментов различных стран, где бывал и куда писал Вавилов. Из среды делового общения подследственного обвинители сформировали враждебное социалистической республике окружение ученого. Сам он был поставлен следствием в центр несуществующей Трудовой крестьянской партии и на очных ставках с такими же, как он, арестантами подтверждал — так фиксирует записанный следователем протокол — «существование» во Всесоюзном институте растениеводства контрреволюционной и антисоветской организации. Существенно, что в вынужденных признаниях Николай Иванович берет вину на себя, подчеркивая свою инициативу в вовлечении в «организацию» подчиненных ему и любимых им высококлассных специалистов, уже арестованных Говорова и Карпеченко, Паншина... Привлекают внимание проходящие как обвинение сведения о разду-

вании штатов ВАСХНИЛ и росте числа отраслевых институтов во второй половине 30-х годов. Такую уродливую форму приняла блестящая идея Вавилова о создании Исследовательского государственного центра. О многом расскажут внимательному читателю хроника допросов — даты, время дня (или ночи) и продолжительность; конвейер арестованных; кампания по фальсификации обвинений; истории, сложенные из произвольно выбранных фрагментов. Например, попытка следствия связать «вредительство» и «шпионаж» в сельскохозяйственной области с деятельностью уже арестованного руководства НКВД Ленинграда. Вспомнили Вавилову и совместную поездку в Лондон с Н.И.Бухариным, и мимолетные встречи с эмигрантом С.И.Метальниковым в Париже, и игру в городки с «невозвращенцем» Н.В.Тимофеевым-Ресовским в Берлине, и дружбу и сотрудничество с генетиком Г.Меллером в Итаке и Москве.

Перечень чудовищно жестоких нелепостей, придуманных следователями НКВД и приведших Николая Ивановича Вавилова к трагическому концу, не стоит продолжать. Возможно, возникнет вопрос: а нужно ли публиковать эти вынужденные признания, самооговор Н.И.Вавилова, протоколы очных ставок, затрагивающие личные интересы и память людей, дети которых, как, например, составитель сборника Ю.Н.Вавилов, имеют право решать, предавать ли гласности события из жизни их отцов?

Цель книги — обличение сталинского режима, правда о прошлом, о тех, кто насаждал догмы и уничтожал всех, их не принимавших.

Напомню, однако, что границы публичного обсуждения очерчены юридически довольно определенно: данные, касающиеся персоналий, могут быть разглашены не ранее чем через 75 лет. В годовщину столетия со дня рождения Н.И.Вавилова (1987) было опубликовано его письмо Л.П.Берии — впервые после малоизвестной в то время в СССР книги Поповского. Авторов публикации и журнал «Наука и жизнь» обвинили в неправомерности полного воспроизведения в тексте фамилий тех людей, показания которых положены в основу обвинения. Претензии и сейчас следует признать справедливыми.

Биографический очерк, предваряющий публикацию документов «Дела», включает историографический материал о жизни и деятельности Вавилова, достаточно полный, с акцентом на активно обсуждаемую проблему «вины» ученого в возвышении агронома Лысенко. К сожалению, в очерке есть фактические неточности, которые могут быть исправлены в следующем, возможно, дополненном издании. Известны труды, а также эпистолярное наследие ученого, которые позволяют проанализировать опубликованные документы и выявить фальсификации помимо лежащих на поверхности грубых обвинений в шпионаже и вредительстве. ■

Литература

1. Академическое дело. СПб., 1993. Вып.1; 1998. Вып.2(1), 2(2).
2. Неправедный суд. Последний сталинский расстрел. (Стенограмма судебного процесса над членами Еврейского антифашистского комитета.) М., 1994.
3. *Поповский М.* Дело академика Н.И.Вавилова. Нью-Йорк, 1983. Переиздана в Москве (1991).
4. Соратники Н.И.Вавилова / Ред. Д.В.Лебедев. СПб., 1994. Частное сообщение Лебедева.

Рецензии

Эталоны земли Сибирской

Н.И.Чесноков,
кандидат сельскохозяйственных наук
Дубна

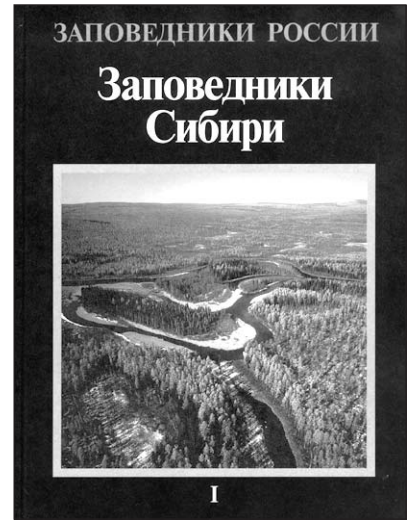
Принципы организации заповедников, сформулированные известными русскими учеными В.В.Докучаевым и Г.А.Кожевниковым, получили общественное признание еще в 1929 г. на Первом Всероссийском съезде по охране природы, как раз тогда усиливались нападки на защитников природы со стороны ее «преобразователей». Основной доклад сделал известный эколог профессор В.В.Станчинский. Съезд одобрил его взгляд на заповедники как территории, где полностью запрещается хозяйственная деятельность и проводятся научные исследования. Тем самым подчеркивалось, что заповедники — важнейшее звено сохранения участков природных территорий, своего рода эталонов родной земли. Сбор информации о них был признан задачей первостепенной важности для природоохранного движения. Этой проблеме посвящена справочная литература о заповедниках — книги отдельных авторов и многотомные издания.

С 1985 по 1990 г. в серии «Заповедники СССР» вышло семь книг с описанием природных резерватов по республикам и географическим регионам. Эта серия пользуется большой популярностью среди научной общественности. Издание было прервано из-за распада СССР. В последующие годы по экономическим причинам книги о заповедниках почти перестали выходить, хотя в них ощущалась большая потребность.

Наконец, в 1999 г. в новой серии «Заповедники России» вышел первый том, посвященный природным резерватам Сибири. Прежде всего внимания заслуживает хорошее оформление издания и высокий научный уровень помещенных в нем статей. Книга открывается двумя интереснейшими, на наш взгляд, очерками известных деятелей заповедного дела – академика РАСХН Е.Е.Сыроечковского и доктора биологических наук Ф.Р.Штильмарка.

В первой работе (соавтор Э.В.Рогачева) описываются природно-географические зоны Сибири с учетом организации новых заповедников. Отмечается, что в ряде районов их нет или они очень малы. Авторы обращают особое внимание на охрану оз.Байкал. И уникальное озеро, и его побережье должны стать регионом строжайшего экологичес-

© Н.И.Чесноков



Заповедники Сибири. Т.1 / Под общ. ред. Д.С.Павлова, В.Е.Соколова, Е.Е.Сыроечковского.

М.: ЛОГАТА, 1999. 304 с. (Заповедники России)

кого режима. Авторы делают акцент на такие особенности заповедного дела, когда требуется сохранить уникальные ландшафты, в условиях которых формируются коренные этносы. Не остается без внимания и традиционное таежно-тундровое природопользование (охота, рыболовство, оленеводство), т.е. хозяйственная деятельность, запрещаемая на территории заповедников. В северных районах вокруг заповедников должны создаваться так называемые биосферные полигоны, а также специально охраняемые этноэкологические территории.

Второй очерк содержит краткий исторический обзор развития заповедной системы Сибири. Он охватывает период от религиозных запретов охоты и рыбной ловли на особых участках — «святых местах» — до создания современной сети государственных заповедников, национальных парков, федеративных и местных заказников. Присоединение Сибири к России и, как следствие, увеличение населения обозначили начало хищнической эксплуатации природных ресурсов, в первую очередь биологических (пушных, рыбных и др.). Из-за оскудения живой природы края был поднят вопрос о создании строго заповедных участков для спасения соболя и других ценных животных. В 1914—1916 гг. в Сибири работали две экспедиции по организации соболиных заповедников: Баргузинская — под руководством Г.Г.Доппельмаира и Саянская, возглавляемая Д.К.Соловьевым.

Первый проект географической сети заповедников составил в 1917 г. известный географ В.П.Семенов-Тян-Шанский. Им предусматривалось создание в Сибири и на Дальнем Востоке ряда заповедников в лесостепи, равнинной и горной тайге.

Авторы очерка не замалчивают и нерешенную до сих пор проблему коренных сибирских народностей. Насильственный переход из первобытнообщинного строя в социализм разрушил традиционный уклад их жизни. Основной ценностью тайги и тундры стала не пушнина, а минеральные богатства (нефть, газ), ради добычи которых приносились в жертву судьбы малых сибирских народов. Бесспорно, от сохранения многообразия коренных этносов зависит поддержание биоразнообразия в природе, а значит, решение проблем заповедного дела. На это обращали внимание еще Доппельмаир и Соловьев. Неразумная эксплуатация полезных ископаемых и лесных ресурсов Сибири несет непоправимый ущерб природе. Пустоши и «лунный ландшафт» вдоль Байкало-Амурской магистрали, экологическая трагедия Байкала — наглядное тому подтверждение. В этих условиях расширение и совершенствование заповедной системы приобретает важнейшее значение.

Первые заповедники (Баргузинский и Саянский) принадлежали охотничьему ведомству. В 1929 г. был создан Кондо-Сосьвинский заповедник и в 1932-м — Алтайский. В целях улучшения руководства заповедным делом России в 1930 г. они были переданы в подчинение Комитета, а в дальнейшем Главного управления по заповедникам.

Пройдя по тернистому пути взлетов и падений, претерпев две крупные ликвидационные кампании, заповедная система Сибири восстановилась и продолжила свое развитие. С 1976 г. утвержден план по созданию новых заповедников, что способствовало расширению их сети. Среди появившихся за последнюю четверть века следует особо выделить Центральносибирский заповедник, созданный в 1985 г. как биосферный резерват. Он спроектирован под руководством Сыроечковского и представляет собой новую форму особо охраняемой территории с учетом хозяйственных интересов коренного населения. Вокруг заповедного ядра площадью около 1 млн га размещается обширный биосферный полигон, где осуществляется традиционное природопользование коренных северных жителей.

Авторы поднимают вопрос о национальных парках, предупреждая об опасности их слияния с заповедниками. Подчеркивая общественную значимость национальных парков, они справедливо считают, что эти природоохранные учреждения должны существовать отдельно. Роль национальных парков и их количество должны возрастать. Некоторые заповедники могут быть превращены в национальные парки, в других случаях целесообразно отделить от заповедников часть территории для организации на ней национальных парков. Управление теми и другими нужно сосредоточить в одних руках.

К настоящему времени в Сибири насчитывается 27 заповедников, 5 национальных парков, 6 федеральных и несколько республиканских заказников. Общая площадь — около 25 млн га. Сложилась относительно цельная система охраняемых территорий благодаря усилиям широкого круга природозащитников и ученых. В книге помещены портреты организаторов первых сибирских заповедников, где наряду с видными деятелями запечатлены менее известные энтузиасты: В.И.Белоусов, Ф.Ф.Шиллингер, З.Ф.Сватош. Есть карта, где выделены заповедники Сибири, представленные в первом томе.

Основная часть книги — очерки о 14 сибирских заповедниках, начиная с природных резерватов «со стажем»

и кончая недавно организованными. Не имея возможности рассмотреть каждый, в целом отметим, что написаны они квалифицированно и дают полное представление о резерватах. Авторами-составителями стали сотрудники заповедников, известные ученые-зоологи и другие специалисты заповедного дела. Очерки написаны по единому плану: общая характеристика, физико-географические условия, растительный покров, животный мир, современное состояние экосистем, научные исследования. Каждый очерк иллюстрируется картой заповедника и цветными фотографиями, отображающими природные ландшафты, растения и животных. Большим достоинством служит наличие списка литературы по каждому заповеднику. Помещен список справочной и дополнительной литературы по книге в целом, что очень облегчает поиск информации. В заключение — список растений и животных, упоминаемых в тексте.

На наш взгляд, в книге нет существенных недостатков. Но допущена досадная оплошность в подзаголовке: среди природных резерватов не упомянут Алтайский заповедник. Интереснейший очерк об истории развития заповедной Сибири мог быть более объемным, проблема очень важна для интересующихся природоохранным делом. В списке растений и животных желательно было бы указать страницы, где упомянут вид, поскольку возникают затруднения в поиске нужного заповедника. Однако эти замечания ни в коей мере не умаляют ценности издания. К сожалению, оно имеет небольшой тираж (2000 экз.) и недоступно широкому кругу интересующихся читателей. Примечательно, что в финансировании издания помимо Федерального экологического фонда России участвовали Директорат по природопользованию Нидерландов и Всемирный фонд дикой природы.

Описание не вошедших в книгу природных резерватов Сибири (13 заповедников) будет помещено в следующем томе. Пожелаем скорейшего завершения работы над ним. ■

Математика. Механика

А.В.Манжиров, А.Д.Полянин. СПРАВОЧНИК ПО ИНТЕГРАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЯМ: МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ. М.: Факториал Пресс, 2000. 384 с.

К интегральным уравнениям приводят многие задачи в различных областях науки и техники (в теории упругости и пластичности, гидродинамике, теории массо- и теплопереноса, теории управления, химических технологиях, биомеханике, теории массового обслуживания, экономике, медицине и др.).

В книге описаны точные, приближенные аналитические и численные методы решения линейных и нелинейных интегральных уравнений — как классические, так и некоторые новые. В каждом разделе даны примеры решения конкретных уравнений. Для интегральных уравнений, встречающихся в механике и физике, приведены точные и асимптотические решения.

Приложения содержат таблицы неопределенных и определенных интегралов, а также интегральных преобразований Лапласа, Меллина и др.

Настоящее издание — подарочное — в одном прекрасно оформленном томе собрана часть материалов из двух книг Манжирова и Полянина, изданных ранее в том же издательстве. Это «Справочник по интегральным уравнениям: точные решения» (1998) и «Методы решения интегральных уравнений» (1999).

Физика. Образование

Де Жен П.Ж., Бадос Ж. ХРУПКИЕ ОБЪЕКТЫ / Под ред. А.Д.Литмановича и А.Р.Хохлова; Пер. с фр. К.В. и Н.Ю. Протасовых. М.: Мир, 2000. 189 с.

В 1995 г. в издательстве «Плон» вышла книга известного французского ученого Пьера Жиля де Жена и его соавтора Жака Бадоса. Круг научных интересов де Жена охватывает многие разделы физики конденсированного состояния вещества: сверхпроводимость, жидкие кристаллы, полимеры, межфазные поверхности. В 1991 г. он стал нобелевским лауреатом по физике.

Помимо занятий наукой де Жен часто беседует с молодежью: в 1991—1993 гг. он объездил более 100 школ-лицеев. Результатом стала книга.

Она состоит из трех частей. Первая содержит исследования автора, посвященные физике полимеров, жидких кристаллов, поверхностно-активных веществ. Эти «хрупкие объекты», свойства которых могут существенно изменяться в результате весьма слабых воздействий, де Жен объединяет понятием «мягкое вещество». Он обсуждает перспективность биомиметики (подражания живой природе) для решения технологических задач. Особенный интерес привлекает описание методов исследования. В частности, разобраны примеры, когда сложные задачи удается решить весьма простыми средствами, без дорогостоящего оборудования. Автор называет такой подход «духом Бенджамина Франклина».

Во второй части авторы обсуждают индивидуальные основы организации научного процесса: роль интуиции, систематического труда и случая. В третьей — критически сравнивают системы образования во Франции, США и Англии. В частности, при обсуждении конкурсного приема, авторы ставят под сомнение целесообразность ведущей роли математики как критерия отбора.

Физическая химия

В.Штиллер. УРАВНЕНИЕ АРРЕНИУСА И НЕРАВНОВЕСНАЯ КИНЕТИКА / Под ред. Л.С.Полака; Пер. с англ. А.В.Хочояна. М.: Мир, 2000. 176 с.

Более 100 лет назад шведский физик и химик Сванте Август Аррениус (1859—1927) опубликовал статью «О скорости реакции инверсии тростникового сахара под действием кислот». В то время он был ассистентом в физико-химической лаборатории Лейпцигского университета. В работе содержалось обоснование подхода к решению и выражение для коэффициента скорости реакции как функции температуры. Сегодня его называют уравнением Аррениуса (первоначально оно было предложено Вант Гоффом).

Помимо кинетики химических реакций это уравнение до сих пор с успехом применяется в исследованиях процессов переноса в газах, в плазмохимии, а также при объяснении строения жидкостей и твердых тел, характера поверхностных явлений.

В книге уравнение Аррениуса анализируется в рамках формализма сечения столкновений (упругих и неупругих) и функций распределения реагентов по энергии, причем как для равновесных, так и для неравновесных систем. Пионеры такого формализма — И.Р.Пригожин и его группа (начало 1950-х годов), которые конструктивно разработали идеи Х.А.Крамерса.

Значительное внимание автор уделяет применению теории к неравновесным бимолекулярным реакциям с нетермической активацией, что особенно характерно для радиационной и плазмохимии.

Генетика растений

Л.А.Лутова, Н.А.Проворов, О.Н.Тиходеев, И.А.Тихонович, Л.Т.Ходжайова, С.О.Шишкова. ГЕНЕТИКА РАСТЕНИЙ / Под ред. С.Г.Инге-Вечтомова. СПб.: Наука, 2000. 539 с.

Появилось первое пособие на русском языке, в котором изложены современные представления о закономерностях клеточной дифференцировки и морфогенеза растений с позиций генетики.

Книга состоит из шести частей. Первая посвящена структурно-функциональным особенностям растительного генома, обеспечивающим эмбриональное развитие, морфогенез листьев, цветков и корней, появление растений-мутантов. Во второй подробно рассматривается онтогенез, в третьей описаны гормональная и световая регуляция развития растений. В четвертой основное внимание уделено генетическим аспектам симбиоза растений с азотфиксирующими бактериями и микоризообразующими грибами. Пятая часть дает молекулярно-генетические основы различных морфогенетических эффектов (в том числе образования опухолей), обусловленных агробактериями. В последней, шестой части рассказывается о взаимодействии растений с фитопатогенными микроорганизмами.

В основу книги положен курс лекций, который авторы уже много лет читают на кафедре генетики и селекции в Санкт-Петербургском государственном университете.

История. Обществоведение

П.Дейниченко. XXI ВЕК: ИСТОРИЯ НЕ КОНЧАЕТСЯ. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2000. 350 с. (Тысячелетие)

Я не по звездам о судьбе гадаю,
И астрономия не скажет мне,
Какие звезды в небе к урожаю,
К чуме, пожару, голоду, войне.

Уильям Шекспир

Круглые даты завораживают, а эта — особенно. Конец века. Рубеж тысячелетий. Начало новой эры.

Двойка с тремя нулями уже давно гипнотизирует человечество. Вплоть до середины 80-х 2000 год казался какой-то магической чертой, занавесом, за который рисковали заглядывать. Свидетельство тому — словно ниоткуда возникшая «проблема 2000».

Последние полтораста лет человечество жило будущим. Его ждали, стремились приблизить, называли и золотым веком, и концом света. И вот мы вновь у рубежа, но от будущего больше не ждут чудес. Люди задают самые простые вопросы. В каких городах мы будем жить? Кем станут наши дети? Что принесут с собой новые технологии? Не погубит ли род человеческий какая-нибудь новая чума? И вечный и горький вопрос: а будет ли война?

Эта книга — не предсказание, но попытка задуматься над тем, что нас ждет в будущем. Пусть никому не дано предугадать его, но можно попробовать распознать те ловушки, которые готовит завтрашний день, и попытаться их избежать. Мы вновь оказались у рубежа, и впереди — череда новых лет. Чего нам ждать: горя или радости?

Попробуем представить, каким будет следующий век...

В оформлении книги использованы фрагменты картин Питера Брейгеля, Сальвадора Дали, Франсиско Гойи, Альбрехта Дюрера и Иеронима Босха.

Первая русская полярница

В.В.Богданов
Москва

Вторая Камчатская экспедиция, вошедшая в историю под названием Великой Северной (1733—1743), внесла огромный вклад в мировую науку. Ее участники нанесли на карту морские границы России от Архангельска до Охотска, описали значительную часть Сибири, Курильские и Алеутские острова, разведали морские пути в Японию и Америку. Впервые в истории нашего отечества были собраны уникальные сведения о природе, истории, этнографии внутренних районов Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока. Они не утратили научной ценности и в настоящее время. Фундаментальные труды «История Сибири» Г.Миллера, «Сибирская флора» И.Гмелина, «Описание земли Камчатки» С.Крашенинникова вошли в золотой фонд мировой науки.

Но, как ни парадоксально, до сих пор мы имеем довольно скудные биографические сведения о таких замечательных мореплавателях и ученых-исследователях, как А.И.Чириков, С.И.Челюскин, братья Д.Я. и Х.П.Лаптевы. Самая загадочная фигура в этом славном ряду — Татьяна Прончищева, первая в мировой истории русская полярная путешественница. Еще недавно не были известны ни ее подлинное имя, ни время и место рождения. Сегодня на основе новых архивных изысканий удалось восстановить судьбу этой замечательной женщины первой половины XVIII в.

© В.В.Богданов

Как Мария стала Татьяной

Изучая в архивах историю родного села, я неожиданно прикоснулся к документам об участниках Второй Камчатской экспедиции и заинтересовался судьбой лейтенанта флота Василия Прончищева и его жены Марии. Как появилась в литературе Мария, если в известных архивных документах ее имя отсутствует? Начался целенаправленный поиск.

Прежде всего о Марии Прончищевой могли что-то сообщить сами участники экспедиции. Но ни в записях журнала судна «Якуцк», ни в рапортах лейтенанта Прончищева и штурмана Челюскина, а также руководителей экспедиции В.Беринга и А.Чирикова Мария не упоминается. Заинтересовала челобитная «обретающегося в команде капитан-командора Беринга морского флота лейтенанта М.Плаутина» [1, Л.79-94 об.], которую он писал в Адмиралтейство из Якутска в июне 1735 г. Есть важные сведения о Василии Прончищеве: оказывается, находясь в команде Беринга, он состоял в офицерской комиссии по «правлению дел Камчацкой экспедиции». А вот о его жене — ничего. Жилось Прончищевым в Якутске не сладко. Плаутин, в частности, писал: «Капитан-командор Беринг приказал выдавать моклую муку и крупу в правианте. И оная, по свидетельству лейтенанта Прончищева, явилась негодна. Мука к печению неудобна... А крупу за кислостию и в рот взять нельзя» [1, Л.92 об.].

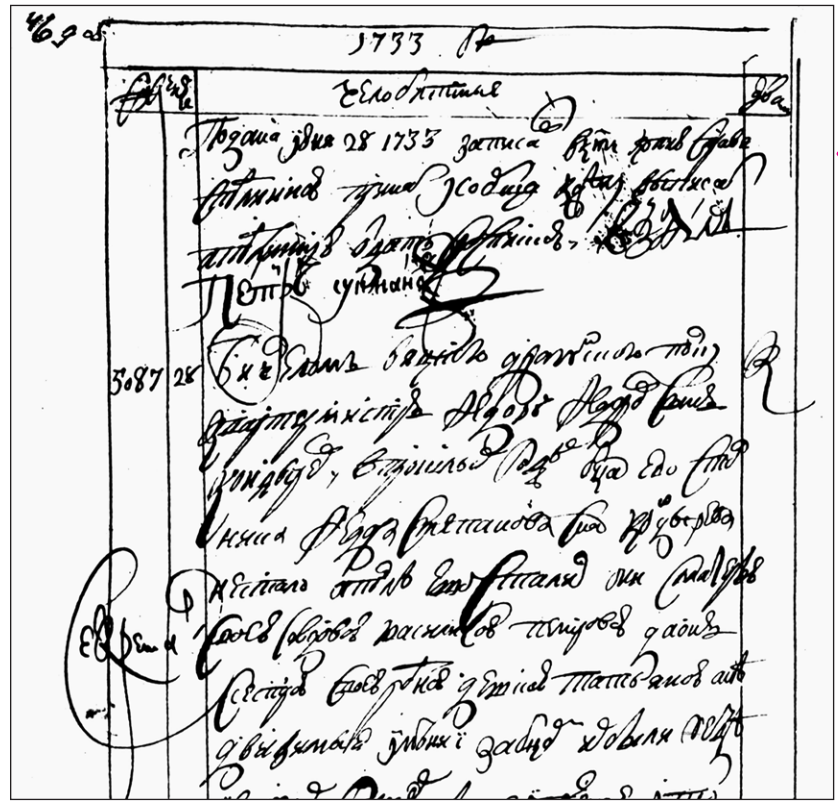
Изучая дворянские прошения второй половины XVIII в., узнал, что у старшего брата Василия Прончищева — Ионы — было восемь сыновей. Обращаясь к правительству за материальной помощью, они могли упомянуть о смерти Василия и его жены. К сожалению, никто из племянников мореплавателя и словом не обмолвился о его спутнице. Лишь в марте 1774 г. отставной майор Алексей Ионович Прончищев написал, что «брат отца их Василей Васильев сын <...> умре бездетен» [3, Л.86].

Перелистывая ветхие страницы описания Калужского

наместничества (а именно здесь, в с.Богимово Тарусского уезда, находилось родовое гнездо Прончищевых), подумал вот о чем: если Марию похоронили в мерзлой земле Арктики, то здесь, в Центральной России, остались ее родственники. Значит, нужно установить, с кем Прончищевы имели тесные связи в 40—50-х годах.

И вновь мчусь в Архив древних актов, обращаюсь к фонду Поместного приказа. Предварительный анализ описей дел показал, что соседями Прончищевых, а также совладельцами недвижимых имений были дворяне Незнановы. Изучаю очередную крепостную книгу по г.Алексину за 1754 г. Вот одна из челобитных «лейб-гвардии Преображенского полку капрала Василья Незнанова, жены ево Анны Федоровой дочери Кондыревой» [3, Л.248]. Речь шла о разделе имения с братом Федором Кондыревым. Вдруг мелькнула фамилия Прончищевых! И буквально не верю глазам своим: «...а Ростовское недвижимое имение со крестьяны еще при жизни матери моей Василисы Петровны и брата моего ими самими отдано в 1733 году в приданье за сестрою моею родною Татьяною Федоровою дочерью морскага флота лейтенанта Васильевою женою Прончищева» [3, Л.248 об.].

Итак, первой в истории русской полярной мореплавательницей была не Мария, а Татьяна Федоровна Прончищева (в девичестве — Кондырева)!



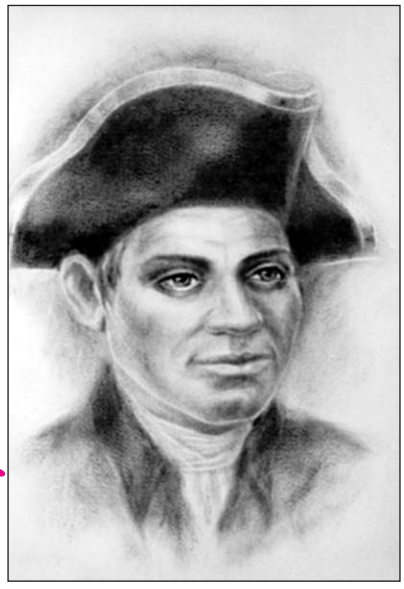
Челобитная Федора Кондырева, в которой говорится о имении — приданом сестры Татьяны.

Кондыревы

Установив подлинное имя полярницы, стал изучать родословные книги. «Кондыревы — дворянский род, происходящий, по сказаниям древних родословцев, от литовского выходца Марка Демидовича, выехавшего из Литвы в Тверь к князю Ивану Михайловичу...» [2]. Установлено, что в XVII в. Кондыревы ходили в стольниках и стряпчих, служили воеводами в Тобольске, Сургуте, Енисейске и Илимске, были искусными мореходами. Некоторые из них были даже приближены к царскому двору. Так, Петр Тимофеевич Кондырев «при Федоре Алексеевиче был думным дворянином», а с 1682 г. «ведал мастерской царских палат». Среди предков Татьяны имелись и послы. Иван Гавриилович Кондырев, например, еще в 1615 г. был послан во Францию «с наказом и жалобою на королей польского и шведского».

В бурную эпоху преобразований Петра Великого, в годы Северной войны Ф.С.Кондырев охранял Петербург от нападений шведского флота, участвовал в строительстве верфей для молодого флота. И не случайно его имя внесли в список лиц, которым позволили «жить на Котлине острове по окончании войны», разрешили построить собственный дом в Петербурге. Такой указ вышел в августе 1712 г., но этому не суждено было сбыться. В феврале 1717 г., обращаясь за помощью к царю, вдова Василиса Петровна Кондырева писала: «В прошлом, Государь, 1713 году волею Божиею мужа моего Федора Степановича Кондырева не стало... Осталась я... з детми своими с сыном Федором, да — двумя дочерьми, девками, с Татьяною да с Анною» [3, Л.236]. Как правило, в челобитных XVIII в. имена детей перечислялись по старшинству.

Пока не обнаружены документы, устанавливающие точную дату рождения Татьяны, но случилось это около



Василий и Татьяна Прончищевы. Художник Елена Каллистова.

1710 г. Таким образом, Татьяна не помнила своего отца, и на формирование ее характера влияла главным образом мать. Судя по некоторым документам, Василиса Петровна Кондырева, Нелюбова в девичестве, была умной и практичной женщиной. Оставшись одна с малолетними детьми, она не растерялась и надеялась только на себя. Обострились отношения с родственниками покойного мужа: они завалили прошениями Поместный приказ, желая разделить оставшееся недвижимое имущество вдовы. Василиса Петровна мужественно защищала интересы своей семьи.

Татьяна могла слышать от матери рассказы о былых славных представителях рода Кондыревых: некоторые из них много странствовали, отправлялись в далекие плавания, храбро защищали отечество от врагов. Вероятно, именно тогда в душе Татьяны и зародилась страсть к путешествиям, романтическая тяга к морю.

«По ее воле»

Мы ничего не знаем о взаимоотношениях Татьяны с Василием Прончищевым вплоть до 1733 г. Несомненно лишь одно — они знали друг друга с детских лет — отец Татьяны владел деревней рядом с усадьбою Прончищевых. Поражает удивительная схожесть обстоятельств их жизни: Василий Прончищев также рано лишился родителей. Возможно, поэтому они еще более сблизились.

Их свадьба состоялась 20 мая 1733 г. в одном из родовых сел. В конце июня они приехали в Москву, но жить там не собирались. Лейтенант морского флота Василий Прончищев вошел в состав Второй Камчатской экспедиции и торопился отправиться в путь.

В Архиве древних актов обнаружены документы, освещающие некоторые подробности краткосрочного пребывания Прончищевых в Москве. 25 июня Василий подал прошение в Вотчинную коллегию. Сухой стиль челобитной, естественно, не позволяет определить чувств, испытываемых им к молодой жене. Он сказал лишь, что «в нынешнем 1733 году зговорил он женитца на девице Татьяне Федоровой дочери Кондырева» [3, Л.410]. Прончищев писал и о имении, которое дали в приданое за Татьяною ее мать и брат.

28 июня подал прошение брат Татьяны — Федор. Он, в частности, подчеркивал: «И ныне она, сестра Татьяна, обретаетца в Москве в доме своем и имеет из Москвы с показанным мужем своим отъезд в дальные городы, а имянно в Сибирскую губернию» [3, Л.470]. Кондыревы имели свой дом в Москве, но по семейным обстоятельствам будущая полярница жила с матерью в деревне.

«Июня 28 дня 1733 году Татьяна Федорова дочь Кондырева принесла в Вотчинную коллегию за рукою мужа своего полюбовную челобитную». Это пока единственный обнаруженный документ первой полярницы. Она, в частности, подчеркивала: «В нынешнем 1733 году майя 20 дня мать вдова Василиса Петровна да брат родной Федор Федоров сын Кондыревы **по ее воли** (выделено мной. — *В.Б.*) выдали ее замуж морскаго флоту лейтенанта за Василья Васильева сына Прончищева...» [3, Л.470 об.]

Через несколько дней супруги Прончищевы спешно покинули Москву.

Трагедия в устье реки Оленек

Первые обозы экспедиции тронулись в путь в феврале 1733 г. Одни из них направлялись в Архангельск, другие — в Тобольск и Якутск, но большинству предстояло дойти до берегов Охотского моря и доставить туда тысячи пудов провианта и материалы для строительства кораблей.

Полтора года длился маршрут Прончищевых по великой Сибири. Нелегок был этот путь. Из Казани отправились в верховье Камы; затем в Осе дождались установления санного пути и, вновь погрузив припасы, двинулись в дорогу. К концу 1733 г. добрались до Тобольска, где и зимовали.

Но основные трудности были еще впереди. Не дожидаясь весны, Беринг приказал лейтенантам В.Вальтону, В.Прончищеву и М.Плаутину срочно выехать в Якутск с командой мастеровых, чтобы помочь в строительстве кораблей. Для перевозки якорей, канатов, пушек надо было брать лошадей, добывать подводы. Офицеры флота потребовали только у крестьян Кежемской слободы под грузы 120 подвод с проводниками. Местные жители жаловались на Прончищева и других: «От тяжкого пути от Кежмы до устья Илимского многия кони и пали».

Несомненно, что все лишения пути испытала на себе и Татьяна. Находясь рядом с Василием, она стойко переносила их. Но скоро Прончищевым предстояло пережить драму, имевшую для них роковые последствия. Необходимо отметить, что в литературе это событие не описано.

5 июня 1734 г. Василий Прончищев представил «доношение» в Илимскую канцелярию о «сыске и поимке» сбежавшего «в пути при Казаровской деревне» его «крестьянского человека» (слуги, денщика) Алексея Горбунова. И не было бы беды, если бы Горбунов не... обокрал своих господ. Он забрал все ценные «пожитки» молодоженов — деньги, жемчуг, даже обручальные золотые кольца. Произошло это ровно год спустя после их свадьбы. И кто знает, было ли это простым совпадением?

Происшествие негативно повлияло на чету Прончищевых. Возможно, для Татьяны кража явилась недобрым предзнаменованием. А вот в поведении Василия, как свидетельствуют некоторые документы, стали проявляться несвойственные ему до того качества — резкость, подозрительность в обращении с простыми людьми.

Командиром трехмачтового дубель-шлюпа «Якуцк» Беринг назначил лейтенанта Прончищева. Летом 1735 г. судно спустили на воду. И капитан, и штурман С.Челюскин, и геодезист Н.Чекин, и более 40 человек команды начали готовиться к отплытию — им поручалось исследовать северное побережье между устьями Лены и Енисея.

29 июня 1735 г. в окрестностях Якутска тишину разорвали пушечные залпы с борта корабля, отбывающего вниз по Лене в неведомое путешествие. В капитанской каюте судна находилась Татьяна Федоровна Прончищева. Несомненно, она отправлялась в плавание с мужем «из страстной к нему привязанности». Но не только любовь толкнула Татьяну на этот решительный шаг. Как мы теперь знаем, после случившейся в дороге драмы супруги Прончищевы остались фактически без средств к существованию. Другие офицерские жены, бывшие в экспедиции, провожая мужей на север, сами оставались в Якутске или других обжитых местах. И там они покупали теплые вещи и продукты питания. А тогда, как и ныне, в Сибири царствовала дороговизна. Словом, не могла Татьяна прожить в Якутске.

К лету 1735 г. среди офицерского состава экспедиции сложилась атмосфера вражды, взаимных обвинений и доносов. Поэтому Василий Прончищев опасался оставить жену среди недоброжелателей. Выбор был сделан: Татьяна, вопреки существующим запретам, смело ступила на палубу военного судна.

Плавания и научные достижения отряда Прончищева подробно описаны в литературе. Мне хочется рассмотреть загадочные обстоятельства гибели Василия и Татьяны за Полярным кругом.

В судовом журнале «Якуцка», хранящемся в архиве флота в Петербурге, есть краткие записи о смерти и похоронах супругов Прончищевых. В исторической литературе утвердилось мнение: Прончищевы умерли от цинги. Но вот недавно известный полярник Дмитрий Шпаро, исследовавший захоронения супругов, сообщил сенсационную новость. Оказывается, ни Василий, ни Татьяна не болели цингой! А у Василия был еще открытый перелом левой ноги. Значит, нужно заново взглянуть на события, происшедшие в устье Оленека с августа по сентябрь 1736 г.

«Якуцку» не удалось прорваться на запад (вдоль неприветливых берегов Таймыра) — к устью Енисея. Однако поражает упорство и самоотверженность капитана корабля Прончищева, бросившего вызов и льдам, и холодам — «и ото льдов великая стужа, и в теплом платье едва гретися возможно» — и прочим опасностям. Впервые в истории арктических мореплаваний им удалось достичь 77°29′с.ш. Потом они повернули назад.

Штурман Челюскин 20 августа отметил недуг Василия Прончищева: «хотя был и очень болен». Не сказано, чем болел командир. Речь шла о совещании, которое Прончищев собрал у себя в каюте, будучи уже больным.

Через шесть дней пришли наконец к устью Оленека. Но разыгрался шторм, спустился туман, резко похолодало, и повалил мокрый снег. Тяжелыми и непослушными сделались обледеневшие снасти. Люди падали с ног от выпавших на их долю испытаний.

28 августа Челюскин сделал такую запись: «В 3 часа 30 минут пополудни поехал на ялботе Прончищев на берег в реку Аленек для того, что **обдержим жестокою цинготною болезнью**» [3, Л.19 об.] (выделено мной. — *В.Б.*). Значит, командир был поражен цингой?! Но почему на другой день он вернулся на борт судна? Не почувствовал облегчения? За несколько часов, проведенных им в зимовье, от цинги избавиться нельзя. Следовательно, «жестокая цинготная болезнь» лейтенанта — это... перелом ноги.

Почему штурман записал в журнале неправду? Видимо, это объясняется следующим обстоятельством. Офицеров флота исключали из состава экспедиции лишь в крайнем случае, при «жестокой» болезни, и только по разрешению Сената. Если бы Челюскин сообщил о переломе ноги, то создал бы трудности с освобождением от руководства отрядом и, возможно, с дотошным расследованием обстоятельств, приведших к несчастному случаю...

Выскажу предположение о причине смерти Прончищева. По мнению известного специалиста в области полярной медицины А.И.Михайлова, смерть произошла от тромба — прямое следствие открытого перелома. И умер он мгновенно, что косвенно подтверждается записью в судовом журнале: лейтенант даже не успел передать командование отрядом.

Более загадочной остается смерть Татьяны Прончищевой. Еще раз внимательно изучаю документальные записи. Василий умер 30 августа на борту судна. Все последующие дни свирепствовала непогода, и штурман Челюскин никак не мог войти в устье Оленека и достичь зимовья. И все это время Татьяна находилась у тела возлюбленного, оплакивая его. Горе было велико, поэтому и она слегла: только так можно понимать скупую запись от 4 сентября: «Сего часа **свезли на берег** (выделено мной. — *В.Г.*) бывшаго лейтенанта Прончищева жену» [4].

Татьяна Федоровна Прончищева умерла 12 сентября 1736 г. Ее похоронили рядом с мужем. Есть легенда: тело Татьяны нашли на могиле Василия. В жизни и смерти Василий и Татьяна Прончищевы оставались вместе. ■

Литература

1. Российский государственный архив древних актов (РГАДА). Ф.248. Оп.12. Д.669. Л.79—94 об.
2. *Бобринский А.А.* Дворянские роды, внесенные в общий гербовник Всероссийской империи. Ч.1. СПб., 1890. С.472.
3. РГАДА. Ф.1209. Оп.1. Д.10419.
4. Российский государственный архив Военно-Морского Флота. Ф.913. Оп.1. Д.11. Л.90.

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

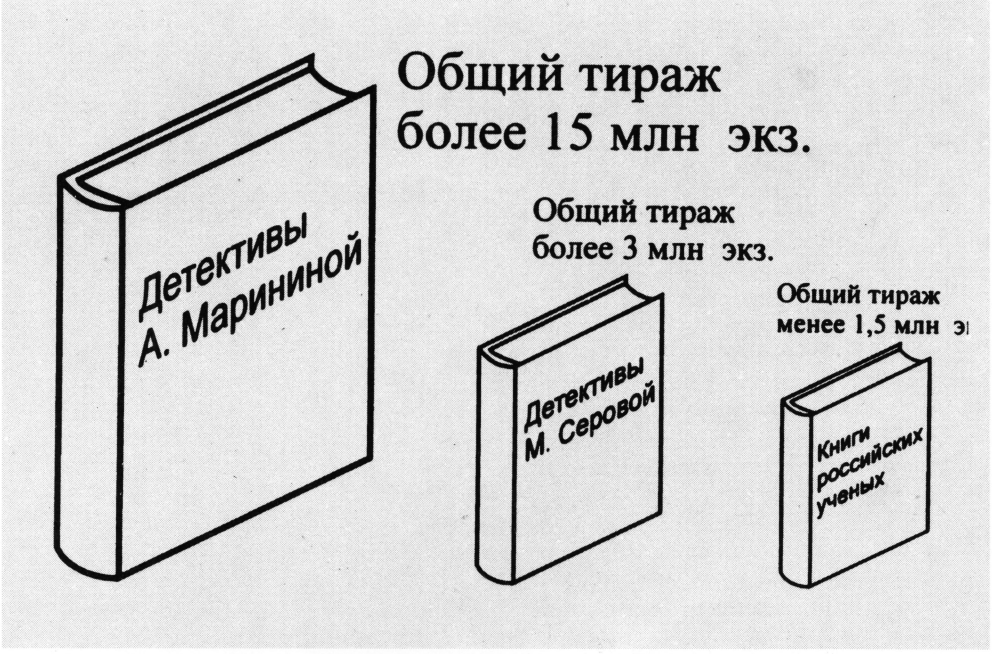
Графика, верстка
Д.А.БРАГИН

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 9.12.2000
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 4222
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП
типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6

№2 2001

ПРИРОДА

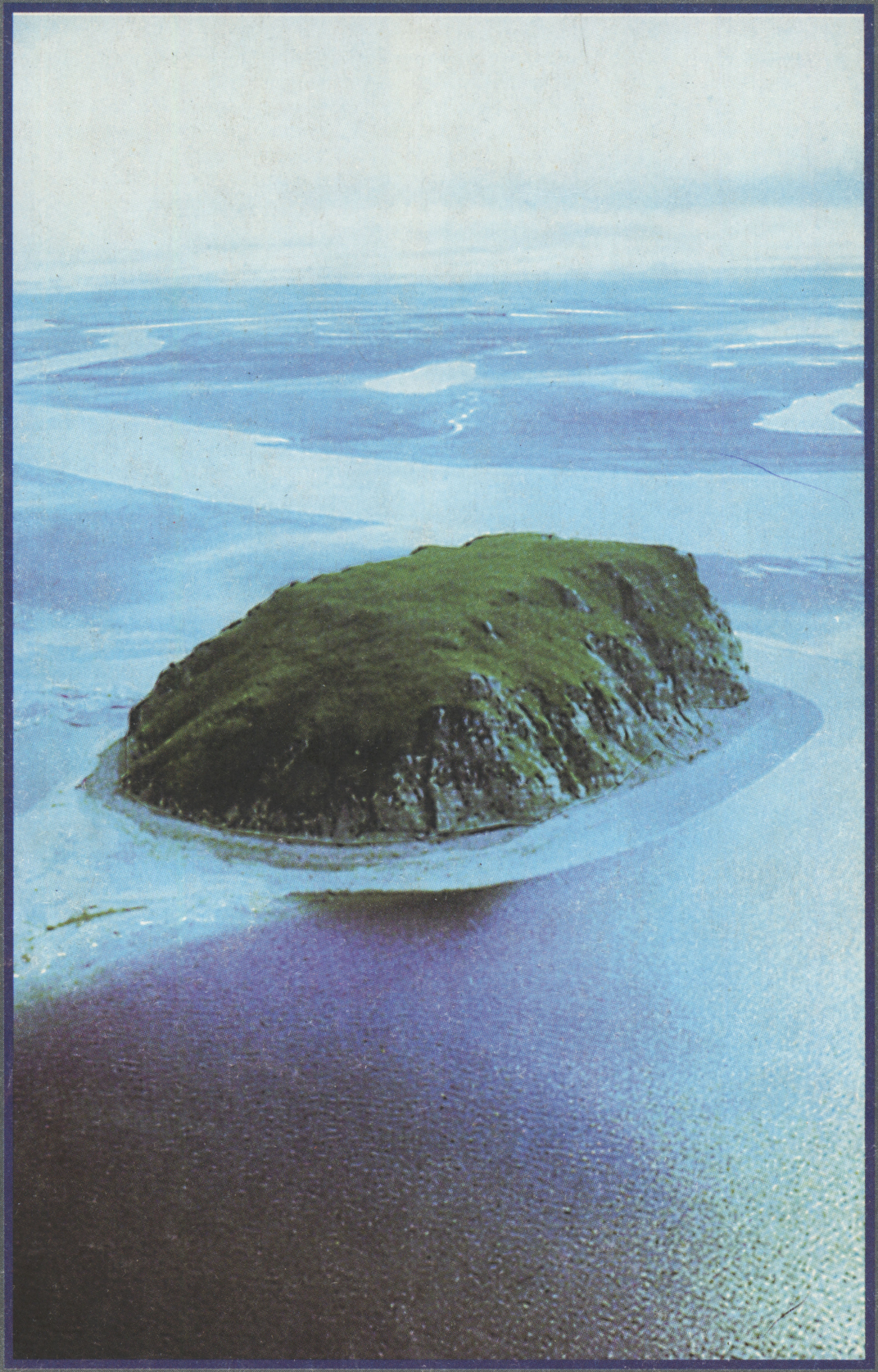


Сейчас в России, в сравнении с концом 80-х, ежегодный тираж научных книг снизился десятикратно главным образом из-за нищенского финансирования науки. К сожалению, возродить книгоиздание в том объеме и качестве, которые удовлетворяли бы потребности специалистов, мешает еще целый ряд обстоятельств: неразумная налоговая политика, печатание книг неоправданно большими тиражами, дискриминационное отношение к справочной литературе и пр. Обоснованные претензии имеются и у издателей к авторам научных книг, которые часто не заботятся о потенциальных читателях, усложняя материал и руководствуясь принципом: «Кому надо — тот и так разберется». Десять лет назад читатель имел широкий выбор дешевых, узкоспециальных книг и покупал практически все, что ему необходимо, теперь вопрос о маркетинге книги приобретает первостепенное значение.

Какие же книги следует выпускать сегодня, в условиях дефицита научной информации и слабого финансирования научной издательской деятельности в России? Об этом и многом другом читайте в следующем номере журнала.

Полянин А.Д. НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Индекс 70707



ISSN 0032-874X. ПРИРОДА. 2001. №1. 1–96