

ISSN 0032-8742

ПРИРОДА

7-98



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук
Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент РАН
Н.А.БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН
В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН
А.Л.БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук
А.А.ВЕЛИЧКО (палеогеография), академик
АМН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук
Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), академик
М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), член-корреспондент РАН
С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), член-корреспондент РАН
Н.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ (география), академик
Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), кандидат физико-математических наук
Ю.К.ДЖИКАЕВ (ответственный секретарь), академик
Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик
В.А.ЖАРИКОВ (геология), академик
Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик
В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик
В.А.КАБАНОВ (общая и техническая химия), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик
Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), доктор биологических наук
Б.М.МЕДНИКОВ (биология), Л.А.ПАРШИНА (редактор отдела физико-математических наук), доктор геолого-минералогических наук
Л.Л.ПЕРЧУК (геология), доктор технических наук
Д.А.ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН
В.А.СИДОРЕНКО (энергетика), академик
В.С.СТЕПИН (философия естествознания), академик
В.Н.СТРАХОВ (геофизика), Н.В.УЛЬЯНОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), академик
Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), член-корреспондент РАН
М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук
С.Э.ШНОЛЬ (биология, биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела охраны природы), член-корреспондент РАН
А.М.ЧЕРЕПАШУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Горящая тайга. См. в номере: Ваганов Е.А., Фурьев В.В., Сухинин А.И. *Пожары сибирской тайги.*

Фото В.В.Фурьева

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Главные ворота Александровского сада. Архитектор Е.Паскаль. 1820—1822 гг. См. в номере: Кулакова И.П. *Сад у Кремлевской стены.*



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук,
журнал «Природа», 1998

В НОМЕРЕ

3 Струнников В.А. КЛОНИРОВАНИЕ ЖИВОТНЫХ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Человечество давно мечтает каким-нибудь способом улучшить свою породу, не полагаясь на случайность рождения гениев. Наука во многом уже преуспела: благодаря клонированию появились на свет точные копии лягушки, мыши, наконец, овцы. Для этого даже не понадобились половые клетки. А можно ли «скопировать» таким же образом и человека?

10 ЛЕКТОРИЙ Болдырев А.А. МЕХАНИЗМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ, ПОВРЕЖДЕНИЯ И ГИБЕЛИ НЕЙРОНОВ

Один из самых распространенных нейромедиаторов — глутамат — обладает одновременно и возбуждающим и токсическим действием. «Перегрузка» нейронов глутаматом при нарушении мозговой деятельности приводит к гибели этих клеток.

20 Немчинов И.В., Попова О.П. СУПЕРБОЛИДЫ

Оценить вероятность падения крупного метеорного тела помогают болидные сети и искусственные спутники.

29 Горячкин Н.И. УРАН КАК ИНДИКАТОР РУДООБРАЗОВАНИЯ, ИЛИ f-РАДИОГРАФИЯ В ГЕОЛОГИИ

Способность ядер урана к делению под воздействием медленных нейтронов используется при геохимических исследованиях процессов, происходящих в геологических объектах.

39 ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ Сапаев В.М., Махинов А.Н., Воронов Б.А. ОЗЕРО МУХТЕЛЬ

45 КРАСНАЯ КНИГА ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ Столповский Ю.А., Уханов С.В. КРАСНАЯ ГОРБАТОВСКАЯ ПОРОДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

51 Ваганов Е.А., Фуряев В.В., Сухинин А.И. ПОЖАРЫ СИБИРСКОЙ ТАЙГИ

В последние годы отмечается рост частоты пожаров в боревальных лесах Евразии, около половины площади которых приходится на Россию. Чтобы понять, с чем это связано и

к каким последствиям это может привести, необходимо прежде всего собрать максимум информации о количестве, характере, площади пожаров на национальном и региональных уровнях.

63 Курочкин Е.Н. НОВЫЕ ДИНОЗАВРЫ ИЗ КИТАЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПТИЦ

66 Галимов Я.Р. ПОЧЕМУ ГЛАЗА НА ДЛИННЫХ СТЕБЕЛЬКАХ ТАК СЕКСАПИЛЬНЫ?

68 Кузин М.В. РАДИАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Метод разностной цифровой рентгенографии успешно применен в Сибирском центре синхротронного излучения для исследования кровеносной и лимфатической систем, а также грудных желез и легких. В качестве контрастного агента наряду с йодом использован ксенон.

75 ВОЗВРАЩЕНИЕ Борисов В.П. ВЛАДИМИР КОЗЬМИЧ ЗВОРЫКИН

«Подарок американскому континенту» — так говорили о русском ученом, который эмигрировал в США и изобрел там «чудо XX века» — телевидение.

92 Толстая С.М. ОБЫЧАЙ ВТОРИЧНОГО ПОГРЕБЕНИЯ В ЗЕРКАЛЕ АРХЕОЛОГИИ И ЭТНОГРАФИИ

Перезахоронение костей предков через три, пять, семь и более лет после их смерти — обычай, широко распространенный у южных славян.

99 Павлов Д.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

101 НОВОСТИ НАУКИ (18,38) КОРОТКО (28,50,65,67,118) ОБЪЯВЛЕНИЯ (100)

119 РЕЦЕНЗИИ Гиляров А.М. ОТ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ К ЭВОЛЮЦИИ СОЗНАНИЯ

122 НОВЫЕ КНИГИ

124 В КОНЦЕ НОМЕРА Кулакова И.П. САД У КРЕМЛЕВСКОЙ СТЕНЫ

CONTENTS

3 Strunnikov V.A.
ANIMAL CLONING: THEORY AND PRACTICE

Humans have long dreamt of improving their breed by some artificial means ensuring that the birth of a genius would no longer be a chance event. Science has already made great strides: without any recourse to sex cells, cloning has produced exact replicas of a frog, a mouse, and finally a sheep. Yet is it possible to «copy» humans in this same fashion?

10 LECTURES
Boldyrev A.A.
MECHANISMS FOR EXCITATION, DAMAGE, AND DEATH OF NEURONS

One of the most common neurotransmitters, glutamate has both an exciting and a toxic effect. The «overloading» of neurons with glutamate when brain activity is disturbed leads to the death of these cells.

19 Nemchilov I.V. and Popova O.P.
SUPERBOLIDES

Bolide networks and artificial satellites aid in assessing the probability of the fall of a large meteorite body.

29 Goryachkin N.I.
URANIUM AS AN INDICATOR OF ORE FORMATION, OR FISSION-TRACK STUDIES IN GEOLOGY

The ability of uranium nuclei to undergo fission when struck by slow neutrons is used in geochemical studies of processes operating in geological objects.

39 NEWS FROM EXPEDITIONS
Sapaev V.M., Makhilov A.N., and Voronov B.A.
LAKE MUKHTEL

45 RED DATA BOOK OF DOMESTIC ANIMALS
Stolpovskii Yu.A. and Ukhanov S.V.
THE RED GORBATOVKA BREED OF CATTLE

51 Vaganov E.A., Furyaev V.V., and Sukhinin A.I.
FIRES IN THE SIBERIAN TAIGA

In recent years, there has been a growing number of fires in the Eurasian boreal forests (Russia accounts for about half of their area).

In order to understand the causes and possible effects of this increase, it is essential to gather a maximum of information on the quantity, character, and areas of the fires at countrywide and regional levels.

63 Kurochkin E.N.
NEW DINOSAURS FROM CHINA AND THE ORIGIN OF BIRDS

66 Gallimov Ya.R.
WHY DO EYES ON LONG STALKS HAVE SO MUCH SEX APPEAL?

68 Kuzin M.V.
DIAGNOSTIC TESTS USING SYNCHROTRON RADIATION

The Siberian Center for synchrotron radiation has successfully applied differential digital radiography to study the circulatory and lymphatic systems, as well as pectoral glands and lungs. In addition to iodine, xenon was used as a contrast agent.

75 COMEBACK
Borisov V.P.
VLADIMIR KOZMICH ZWORYKIN

«A gift to the American continent» — this is how people referred to the Russian scientist who emigrated to the United States, where he invented the «wonder of the century,» electronic television.

92 Tolstaya S.M.
SECOND BURIAL CEREMONIES IN THE MIRROR OF ARCHAEOLOGY AND ETHNOGRAPHY

The reburial of the remains of the dead after three, five, seven, and more years is a custom that is quite common for southern Slavs.

99 Pavlov D.V.
MODELING A NUCLEAR REACTOR ACCIDENT

101 SCIENCE NEWS (18,38)
IN BRIEF (28, 50, 65, 67, 118)
ADVERTISEMENT (100)

119 BOOK REVIEWS
Gilyarov A.M.
FROM THE EVOLUTION OF THE BIOSPHERE TO THE EVOLUTION OF CONSCIOUSNESS

122 NEW BOOKS

124 END OF ISSUE
Kulakova I.P.
THE GARDEN AT THE KREMLIN WALL

Клонирование животных: теория и практика

В. А. Струнников

Рождение овцы Долли, появившейся на свет без участия отца, вызвало бурю откликов и обсуждений в прессе, на телевидении, радио. На горизонте замаячили стада клонированных сельскохозяйственных животных, планы «клонаторов» дошли и до человека. В нашем отечестве этим особенно заинтересовались члены Государственной Думы. И уже готовы были изыскивать средства для экспериментов. Правда, прежде решили все же выслушать на сей счет мнение известного во всем мире специалиста по клонированию тутового шелкопряда — академика РАН В.А.Струнникова. Владимир Александрович, кажется, убедил членов парламента не только не торопиться, а вообще не экспериментировать с человеком: опыты, с его точки зрения, допустимы лишь на приматах.

На основе своего доклада в Думе Владимир Александрович написал статью для «Природы». Так что наши читатели смогут из первых рук узнать, с чем столкнется клонирование млекопитающих. А членам Государственной Думы, коих большинство — представители сильного пола, хочется напомнить, что пока клонированы лишь женские особи, и то в единичных экземплярах, до самцов дело даже не дошло.



Владимир Александрович Струнников, академик РАН, профессор, заведующий группой цитологии развития и регуляции пола Института биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН, руководитель генетических исследований на тутовом шелкопряде в ряде шелководческих институтов СНГ. Лауреат Государственной премии (1981), Герой Социалистического Труда (1990). Неоднократно публиковался в «Природе».

НА ПРОТЯЖЕНИИ многих тысячелетий разведения животных воображение человека, видимо, не раз поражали редко возникающие, исключительные, выдающиеся по хозяйственной ценности, животные — быстроходные лошади, коровы с высокими удоями, овцы с большим настригом шерсти и хорошие куры-несушки. Вероятно, человеку не однажды приходила в голову смелая мысль сделать таких удивительных животных «бессмертными» путем воспроизводства их в следующих поколениях в виде совершенно идентичных копий. В действительности же рекордисты заканчивали свой жизненный путь, оставив после себя потомство, каждый член которого никогда не был полностью идентичен ни одному из своих родителей, точно так же, как и его самого не повторял ни один из потомков следующих поколений.

Воспроизводство организмов, полностью повторяющих уникальную по продуктивности особь, возможно только в том случае, если генетическая информация матери будет без каких-либо изменений передана дочерям. Но при естественном половом размножении этому препятствует мейоз. В ходе его незрелая яйцеклетка, имеющая двой-

ной, или диплоидный, набор хромосом — носителей наследственной информации — делится дважды, и в результате возникают четыре гаплоидные (т.е. с одинарным набором хромосом) клетки. Три из них дегенерируют, а четвертая — с большим запасом питательных веществ — становится собственно яйцеклеткой. У многих животных она в силу гаплоидности не может развиваться в новый организм. Для этого необходимо оплодотворение — слияние ее с гаплоидным сперматозоидом. Вполне понятно, что организм, развившийся из оплодотворенной клетки, приобретает признаки, которые определяются взаимодействием материнской и отцовской наследственности. Следовательно, при половом размножении мать не может быть повторена в потомстве.

Как же, вопреки этой строгой закономерности, заставить клетку развиваться только с материнским диплоидным набором хромосом? Теоретически решение этой трудной биологической проблемы осуществимо двумя способами: хирургическим и «терапевтическим», если использовать медицинскую терминологию.

КЛОНИРОВАНИЕ ШЕЛКОПРЯДА: ОТ ПЕРВЫХ ШАГОВ ДО ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Хронологически второй метод изобретен намного раньше и, нужно отдать должное, — русскими учеными. Сто лет назад зоолог Московского университета А.А.Тихомиров впервые открыл, что яички тутового шелкопряда в результате различных химических и физических воздействий начинают развиваться без оплодотворения. Однако это развитие, названное партеногенезом, рано останавливалось: партеногенетические эмбрионы погибали еще до вылупления личинок из яиц. Но это уже была прелюдия к клонированию животных.

Б.Л.Астауров в 30-е годы в результате длительных исследований, получивших мировую известность и ставших классическими, подобрал термическое воздействие, которое одновременно активировало неоплодотворенное яйцо к развитию и блокирова-

ло стадию мейоза, т.е. превращение диплоидного ядра яйцеклетки в гаплоидное. Развитие с ядром, оставшимся диплоидным, заканчивалось вылуплением личинок, точно повторяющих генотип матери, включая и пол. Так, в результате амейотического партеногенеза были получены первые генетические копии, идентичные матери.

Количество вылупившихся партеногенетических гусениц находилось в прямой зависимости от жизнеспособности матери. Поэтому у «чистых» пород вылупление гусениц не превышало нескольких процентов, в то время как у значительно более жизнеспособных межрасовых гибридов оно достигало 40—50%. Несмотря на огромный успех, автор этого метода пережил горькое разочарование: партеногенетическое потомство характеризовалось пониженной жизнеспособностью на эмбриональных и постэмбриональных стадиях развития (гусеницы, куколки, бабочки). Гусеницы развивались неравномерно, среди них было много уродливых, а завитые ими коконы сильно различались по массе. Позже Борис Львович улучшил метод, применив гибридизацию между селекционными линиями. Так он смог повысить жизнеспособность у новых клонов до нормы, но довести до этого уровня другие количественные признаки ему не удалось: например масса партеногенетических коконов не превышала 82% от массы нормальных коконов такого же генотипа.

Позднее мы установили причины партеногенетического угнетения (депрессии) и сложными методами, которые позволяют накапливать «гены партеногенеза», вывели новые высоко жизнеспособные клоны самок, а позже и партеногенетических самцов¹. (Заметим, что депрессия у тутового шелкопряда несравнимо меньше, чем у мле-

¹ Струнников В.А., Терская Е.Р. Мейотический партеногенез у тутового шелкопряда и проблемы генетики и селекции // Природа. 1977. № 1. С.57—71; Струнников В.А. Получение и перспективы практического использования генетических копий тутового шелкопряда // Там же. 1982. № 1. С.57—68.

копитающих животных. У них яйцеклетка с диплоидным ядром, образованным в результате слияния двух женских гаплоидных ядер или двух мужских, вообще не развивается в организм.) Скрещивая таких самцов со своими клонированными «матерями» или склонными к партеногенезу самками других клонов, мы получили потомство с еще большей склонностью к партеногенезу. От лучших в этом отношении самок закладывали новые клоны.

В результате многолетнего отбора нам удалось накопить в генотипе селектируемых клонов невиданно большое число генов, обуславливающих высокие склонность к партеногенезу и жизнеспособность. Вылупление гусениц достигло 90%, а их жизнеспособность, как ни удивительно, повысилась до 95—100%, опередив в этом отношении обычные породы и даже гибриды. В дальнейшем мы «скрестили» с помощью партеногенетических самцов два генетически резко отличающихся клона разных рас и от лучших гибридных самок вывели сверхжизнеспособные клоны.

Как ни велико научное значение этих результатов, для практики полученные клоны все же не пригодны. Дело в том, что самки шелкопряда съедают на 20% больше листа шелковицы, а их коконы содержат шелка на 20% меньше. Экономически выгодно было бы промышленное разведение только самцов. А нельзя ли клонировать особей мужского пола? Это важно не только в шелководстве, но и в ряде других отраслей животноводства. Проблема трудная, однако все же в перспективе выполнимая.

Как известно, животный мир разделен на две группы: у одной группы женский пол определяется наличием в генотипе двух одинаковых половых хромосом (XX), а мужской — разных (XY). У другой группы, наоборот, самки имеют хромосомную формулу XY, а самцы — XX. К первой группе относятся человек, сельскохозяйственные животные и ряд других менее высокоорганизованных животных, например знаменитая мушка дрозофила. Ко второй группе принадлежат некоторые виды бабочек, в том

числе и тутовый шелкопряд. Совершенно очевидно, что из неоплодотворенных яиц сельскохозяйственных животных никак нельзя «выкормить» самца, поскольку в женском ядре нет Y-хромосомы. Следовательно, клонирование самца может быть произведено только путем пересадки его диплоидного ядра, взятого из пригодной для этой цели ткани тела, в безъядерную яйцеклетку. Вероятно, со временем это будет сделано.

Но мы научились клонировать самцов тутового шелкопряда. Это стало возможно после того, как нам удалось получить уникальных самцов, у которых все парные гены были идентичными, или гомозиготными. Вначале таких самцов клонировали особым мужским партеногенезом (андрогенезом). Для этого воздействием γ -лучей и высокой температуры лишали ядро яйца способности к оплодотворению. Ядро проникшего в такое яйцо сперматозоида, не встретив двеспособного женского ядра, само, удвоившись, приступало к развитию мужского зародыша, который, естественно, повторял генотип отца. Таким способом мы ведем мужские клоны в десятках поколений. Позже один из таких клонов был преобразован в обоеполюю линию, также состоящую из генетически идентичных (за исключением, конечно, половых хромосом) теперь уже самок и самцов. Поскольку положительный начало этой линии полностью гомозиготный самец возник в результате размножения, приравненного к самооплодотворению, то сам он и линия двойников обоего пола имеют пониженную жизнеспособность. Скрещивая между собой две такие линии, мы стали без труда получать гибридных и, следовательно, высоко жизнеспособных двойников в неограниченных количествах. Это совершенно несопоставимо с трудоемкими методами такого же назначения у других животных — число их двойников пока исчисляется единицами. Полученные нами двойники незаменимы для самых тонких исследований, результаты которых не вуалируются генетическим разнообразием подопытных шелкопрядов, как это происходит с обычным гетерогенным материалом. Эти исследо-

вания теперь выполняются с достаточной достоверностью на гораздо меньшем числе шелкопрядов, чем обычно.

Подведем итоги клонирования шелкопряда: полученные клоны самок и самцов для практического шелководства не пригодны. Но это не крах радужных надежд. Такой исход можно было предвидеть. Мы заранее предположили, что целесообразно использовать клоны не непосредственно в шелководческой практике, а на племя — для получения выдающегося по продуктивности потомства при обычном половом размножении. Примерная схема использования клонов в промышленном шелководстве выглядит следующим образом. Из большого количества коконов выбирают те, из которых развиваются выдающиеся по продуктивности самки, и от каждой получают партеногенетическое потомство. Для дальнейшей работы используют партеногенетические клоны, которые повторяют высокую продуктивность матерей и проявляют высокую склонность к партеногенезу. За этим следует скрещивание с определенными клонированными самцами и из полученного гибридного поколения выбирают для производства только те клоны, которые дали прекрасное во всех отношениях потомство. Его высокие качества обусловлены не только предшествующей селекцией, а еще и тем, что в процессе отбора особей на высокую склонность к партеногенезу в их генотипе образуется комплекс генов жизнеспособности, компенсирующий вредное влияние искусственного размножения. При переводе клонов на половое размножение этот комплекс, оказавшись несбалансированным, сильно повышает гетерозис².

Итак, для промышленного скрещивания с партеногенетическими самками мы взяли самцов нашей уникальной линии и получили в потомстве только один, намного более продуктивный мужской пол. Эта наша схема нового типа разведения шелкопряда увенчалась тремя впервые полученными достижениями экспериментальной биологии:

- использованием генетических копий,
- массовым получением желаемого пола,
- резким повышением гетерозиса.

Здесь следует добавить, что вовлечением женских партеноклонов в промышленное шелководство полностью снимаются колоссальные трудности выведения урожайных гибридов 100%-й чистоты, так как совсем исключается трудоемкое и неточное разделение по коконам племенных самок и самцов для межпородного скрещивания. Мы имеем многие сотни тысяч генетических копий матери, отца, сестер и братьев, и первые из них уже доведены до промышленного использования.

Наша схема прошла государственные испытания в ряде стран с высоким уровнем развития шелководства и рекомендована для практики, так как позволяет увеличить выход шелка-сырца не менее чем на 30%. Заметим также, что наш метод повышения гетерозиса эффективен не только в отношении животных, но и растений. Например, с помощью этого метода селекционер В.Д.Наволоцкий вывел новый сорт ячменя, который теперь выращивается на площади 5,5 млн га.

Изложенное демонстрирует, насколько эффективно оказалось клонирование, по крайней мере в шелководстве. Несомненно, что необходимо разрабатывать совершенные методы клонирования и других сельскохозяйственных животных. Изощенный ум человека преодолает препятствия, если они ему встретятся в процессе исследований, как это было с тутовым шелкопрядом.

Быть может, предложенную выше схему использования не самих клонированных животных, а их потомства в будущем было бы целесообразно применить с некоторыми модификациями к крупным сельскохозяйственным животным. Как известно, сперма многих племенных быков уже заморожена на долгие годы, т.е. они как бы стали «бессмертными». Если осеменение этой спермой коров дает прекрасное потомство, то, чтобы воспроизводить его в ряду поколений, необходимо клониро-

² Струнников В.А. Природа и проблемы гетерозиса // Природа. 1987. №5. С.64—76.

вать только коров. Если их генетические копии будут несколько неполноценными, то при хороших условиях содержания животных и использовании их для гибридизации, это не будет иметь существенного значения. Преимущества такой технологии клонирования очевидны.

ЛЯГУШКА, МЫШЬ, ОВЦА... ЧЕЛОВЕК?

«Тиражировать» млекопитающих можно, как упоминалось, другим — хирургическим — способом. Он основан на замене гаплоидного ядра яйцеклетки на диплоидное ядро, взятое из клеток эмбрионов. Эти клетки еще не дифференцированы (т.е. не началась закладка органов), и поэтому их ядра без осложнений заменяют функцию диплоидного ядра только что оплодотворенной яйцеклетки. Таким методом в США (1952) У.Р.Бриггс и Т.Дж.Кинг, в Англии (1960) Д.Б.Гордон получили генетические копии лягушки, а швейцарский ученый К.Ильмензее — генетических двойников мыши.

И, наконец, в уходящем веке — триумф науки: шотландец И.Уилмут получает хирургическим путем знаменитую овцу Долли — генетическую копию матери. Для этого из клеток ее вымени было взято ядро для пересадки в яйцеклетку другой овцы. Успеху способствовало то, что взамен иницирования нового ядра применялись воздействия, приводящие к слиянию лишней ядра яйцеклетки с обычной неполовой клеткой. После этого яйцеклетка с замененным ядром развивалась как оплодотворенная. Насколько совершенен метод клонирования и каковы перспективы его улучшения, судить по одной овце пока рано. Несколькостораживают сообщения о неблагоприятии с ее печенью и ранней гибели ее сестер. Очень важно, что этот метод позволяет взять ядро клонируемой особи в зрелом возрасте, когда уже известны важные для человека хозяйственные признаки.

Таким образом, проблема клонирования приблизилась вплотную к человеку. Это взбудоражило общественность, вызвало острые дискуссии о

правомочности столь радикального вмешательства в природу человека, позволительного-де лишь одному Богу. Конечно, для решения проблемы клонирования человека надо будет пройти долгий и трудный путь; он чреват рядом биологических, вероятно, нелегко преодолимых барьеров — достаточно вспомнить наши ухищрения в получении клонов тутового шелкопряда. И все же идея клонировать выдающихся гениев человечества представляется нам не менее заманчивой, чем клонирование сельскохозяйственных животных. Не нужно отмечать ее с порога. Здесь автор должен покаяться, поскольку 15 лет назад высказывал противоположное мнение. Полученные за это время результаты обширных работ на тутовом шелкопряде, тщательное изучение литературных сведений об однойцевых близнецах и собственные наблюдения за ними заставили переменить точку зрения на клонирование человека.

Человечество уже давно не подвергается ни естественному, ни искусственному отбору. Последний не возможен по целому ряду этических и чисто биологических причин. Несомненно, искусственный отбор на интеллект привел бы к поразительным успехам. Но нет гарантии, что сверхинтеллектуальные индивидуумы не будут ущербны в каком-либо другом отношении, как это часто случается в селекции животных: переразвитие какого-либо одного хозяйственного признака снижает другие жизненно важные качества, например жизнеспособность. Поэтому человечеству нужно воспользоваться величайшими дарами природы — появлением ни в чем не ущербных гениев в результате редчайшего сочетания в их генотипе необходимых для этого генов. Воспроизводство их в виде генетических копий станет в ряду величайших достижений науки.

Разработка методов клонирования на человеке, конечно, должна быть запрещена до тех пор, пока на приматах не будет однозначно доказано, что хирургический метод клонирования не отражается на здоровье генетической копии. Ведь любые отрицательные отклонения в организме — это траге-

дия неудавшейся копии, которую не выбракуешь, как поступают с сельскохозяйственными животными.

Допустим, безупречный метод будет разработан, однако только этим проблемы клонирования не решатся. Останется без ответа не менее серьезный вопрос: а повторяют ли точно копии гениальность оригиналов? Согласно закономерностям двух основных разделов генетики — наследственности и изменчивости, — становление любого признака происходит в результате взаимодействия генов и среды. Роль этих факторов не одинакова: в развитии качественных признаков влияние среды сказывается существенно меньше, чем в формировании количественных. В последнем случае доля участия среды устанавливается статистически. Интеллект — особое свойство, тут математика не поможет, поэтому причинная зависимость уровня интеллекта была и по-прежнему остается предметом дискуссий. Подчас высказываются абсурдные суждения, мол роль наследственности в формировании интеллекта чуть ли не сводится к нулю. Удивительно, что еще до рождения генетики А.П.Чехов в очаровательной повести «Степь» устами старика Пантелея дал поразительно верную трактовку факторов, составляющих интеллект: «Ум хорошо, а два лучше. Одному человеку Бог один ум дает, а другому два ума, а иному и три... Один ум, с каким мать родила, другой от учения, а третий от хорошей жизни». Первый ум — наследственность — полностью повторяется в генетической копии. Роль обучения неоспорима, без него гениальные задатки остались бы невостребованными. А вот различное влияние среды (хорошей жизни) на оригинал и копию дает повод противникам клонирования человека утверждать, что гениальность не повторится в копии из-за разных условий жизни оригинала и копии. Но это не серьезно. Влияние факторов среды на интеллект, наоборот, только полезно, потому что, зная направленность дарования гения, можно организовать условия жизни так, чтобы они с раннего

детства способствовали развитию именно этого дарования.

Изложенное, казалось бы, позволяет надеяться не только на полную повторимость гениальности у копий, но даже на некоторое их превосходство над оригиналом при правильном воспитании. Но этот прогноз поколебали наши экспериментальные данные. Хотя они и сложны для понимания, но опускать их было бы неоправданным.

Работая с целым рядом резко различающихся между собой клонов, нам удалось выявить, что, несмотря на одинаковые генотипы и условия разведения, члены одного клона оказываются весьма разнообразными по целому ряду признаков: величине, продуктивности и плодовитости. В некоторых клонах это разнообразие бывает большим, чем в генетически разнородных популяциях. Судя по анализу, эта ранее не известная изменчивость есть следствие ошибок в построении отдельных органов и в итоге — всего организма. «Биологические изделия» не всегда соответствуют «чертежам», т.е. генотипу. Ошибки в построении органов случайны, но общее их число зависит от жизнеспособности организма, в свою очередь обусловленной качеством наследственности, способом размножения (естественным, искусственным) и условиями обитания. Чем они лучше, тем меньше ошибок. В силу случайности в генетически идентичных организмах возникает разное число ошибок, и это служит источником разнообразия. Такую изменчивость мы назвали дефектоонтогенетической³. Она существенна не только в клональном потомстве, но и в обычном, полученном половым путем. Если учитывать ее в аналитических и экспериментальных исследованиях, то целый ряд явлений может получить более верное толкование. Но сейчас нам важно понять, сколь велико влияние этой изменчивости на повторяемость родительских свойств в их генетических копиях. Согласно теории вероятности, у большинства роди-

³ Ранее она была названа автором реализационной. См. об этом: Струнников В.А. Третья изменчивость // Природа. 1989. № 2. С.17—27.

телей и их копий накапливается некоторое среднее число ошибок. Поэтому копии чаще всего достаточно точно повторяют своих оригиналов. Если же у основателя клона в течение развития (т.е. онтогенеза) возникло относительно много ошибок, то депрессированные ими свойства у потомков окажутся в среднем лучше, чем у родителя, и наоборот, у «малоошибочных» родителей копии будут в среднем хуже. В свою очередь онтогенез клональных потомков также будет сопровождаться ошибками, число которых и степень их вредности сформирует среди копий разнообразие. Следовательно, отдельные особи в большей или меньшей мере отдалятся от оригинала. Насколько может быть велик этот разрыв, сейчас трудно сказать — мы еще не знаем, сколь «чувствителен» мозг к ошибкам в формировании как его самого, так и всего организма.

Ответ на этот вопрос опыты на животных не дадут. Однако совершенно безболезненно для человека проблема решается в сравнительных исследованиях однояйцевых близнецов, для чего можно привлечь уже имеющиеся данные, а лучше заново определить степень интеллектуального сходства с помощью изощренных тестов. Если между близнецами оно окажется большим, то копии гениев тоже не должны будут сильно отличаться от оригиналов. Дополним, что подобные исследования нужно проводить на близнецах-детях, когда еще не отложились отпечатки разного влияния среды. Выдающийся природный ум обнаруживается уже у маленьких детей, когда воспитание и учеба не сказались на нем. Это подтверждается огромным количеством фактов. Например, почти все выдающиеся шахматисты великолепно играли в 4—5-летнем возрасте, впоследствии они только доводили свое искусство до совершенства. Как известно, кожные узоры на подушечках пальцев и линии ладоней у однояйцевых близнецов одинаковы (не адаптивные признаки), а в строении мозга (адаптивный признак) и вовсе будет полнейшее сходство. Следовательно, на старте,

по природному уму, близнецы равны.

Итак, совершенно не прибегая к драконовским экспериментам на человеке, можно получить ответ на вопрос о возможности воспроизводства в клонах его выдающихся способностей.

Подчеркнем еще раз: пока нет опытов по клонированию млекопитающих мужского пола. Для этого в принципе пригоден только хирургический метод. Чтобы получать мужские копии, сначала нужно подобрать ткань, ядра клеток которой, как ядра клеток вымени овцы, будучи пересаженными в яйцеклетку, развивались бы в организм.

Если на пути клонирования человека не возникнут биологические преграды, то проблема будет упираться в возражения этического, юридического и криминального характера. Но совсем недавно с таким же ожесточением возражали против искусственного осеменения. В ряде стран оно и сейчас запрещено, в то время как в других уже принесло счастье огромному числу бесплодных людей. Клонирование по своей природе или принципам технологии мало чем отличается от искусственного осеменения. Однояйцевые близнецы — точный прототип будущих генетических копий человека, разве что первые появляются на свет один за другим, а копии — примерно через 20 лет после оригинала.

В печати настойчиво высказывались опасения, что диктаторы-злодеи, пользуясь своей властью, смогут тиражировать себе подобных. Если удалось запретить применение ядерного и химического оружия, то почему этого нельзя сделать и в отношении клонирования? Нужно лишь образовать международную комиссию, которая с величайшей ответственностью выбирала бы кандидатуры для клонирования. Вероятно, центр по клонированию должен быть на весь мир один, а получение копий ни в коем случае не должно стать массовым.

Истинных гениев не так уж и много, но их величайший интеллект принес бы человечеству небывало мощный прогресс в науке, искусстве и организационной деятельности.

Механизмы возбуждения, повреждения и гибели нейронов

А. А. Болдырев



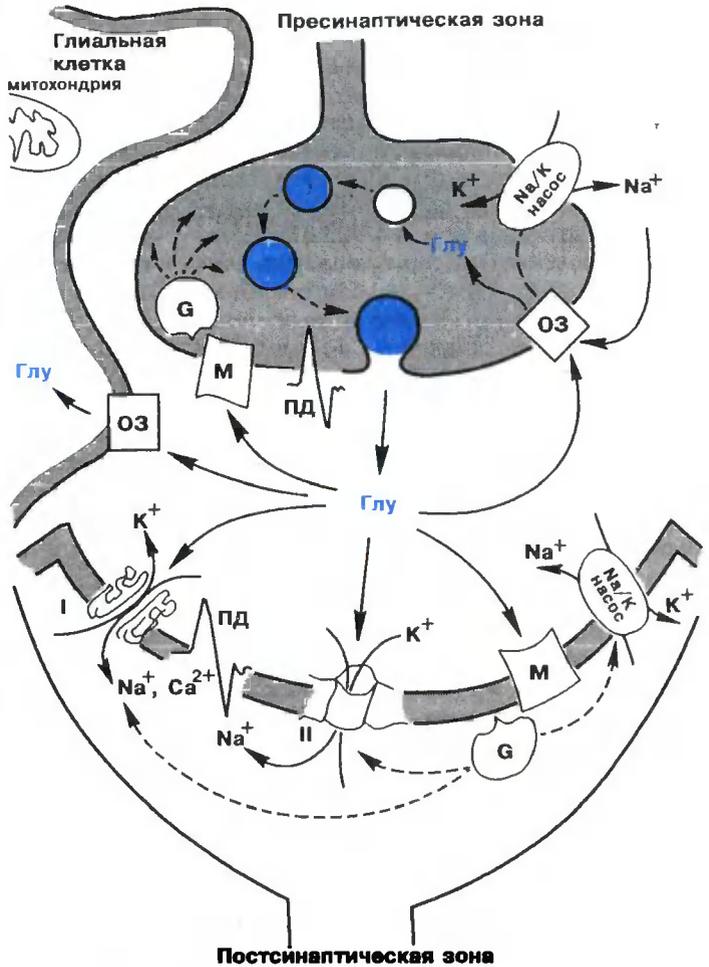
Александр Александрович Болдырев, доктор биологических наук, профессор Международного биотехнологического центра при Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова по кафедре биохимии, заведующий лабораторией клинической нейрохимии Института неврологии РАМН, руководитель российско-японской программы «Конформация биомолекул и роль сигнальных пептидов в ее изменениях». Научные интересы связаны с изучением природных механизмов устойчивости возбудимых структур к окислительному стрессу. Автор более 200 публикаций в отечественной и зарубежной научной периодике, нескольких монографий и учебных пособий.

СЛОЖНАЯ организация мозга, соответствующая задачам, которые он выполняет, отражается, в частности, в разных способах передачи возбуждения в нервных клетках. Как правило, возбудимые ткани используют только одно химическое соединение в качестве медиатора для восприятия возбуждающего импульса: скелетные мышцы — ацетилхолин (их относят к **холинергическим**), клетки сердца — норадреналин (**адренергические системы**). В этих тканях присутствуют специфические рецепторы: холинорецепторы — в скелетных мышцах и адренорецепторы — в сердце.

Для обмена информацией нейроны мозга используют множество механизмов, в которых участвуют разные **нейромедиаторы** (серотонин, допамин, гамма-аминомасляная, аспарагиновая и глутаминовая кислоты и др.), передающие возбуждающий сигнал от одной клетки к другой. На мембранах нейронов расположены специфические рецепторы, соответствующие тем медиаторам, которые там задействованы. Нейроны как бы разговаривают друг с другом на нескольких языках одновременно. Это объясняется полифункциональностью клеток мозга¹.

Надо сказать, что «популярность» разных медиаторов не одинакова: хотя в некоторых областях мозга есть нейроны, использующие исключительно серотонин или норадреналин, чисто серотонинергических или адренергических структур мало. В то же время глутаматергические пути передачи информации, протекающие с участием глутаминовой кислоты (**глутамата**), представлены в более чем 40% клеток мозга позвоночных животных. Это

Схема синаптического контакта. В пресинаптической зоне в везикулах концентрируются молекулы глутамата (показан цветом), который выделяется в ответ на потенциал действия. Высвободившийся в межсинаптическую щель глутамат взаимодействует с ионотропными NMDA-рецепторами (I) и канинат/AMPA-рецепторами (II) на постсинаптической мембране и метаботропными рецепторами (M) на обеих мембранах. В результате активации ионотропных рецепторов формируется потенциал действия, а активация метаботропных рецепторов через G-белки (G) регулирует его длительность, активность Na/K-насоса и т.д. Избыток глутамата в результате обратного захвата (O3) аккумулируется в пресинаптическом окончании и в клетках глии для повторного использования. Клетки глии подают пресинаптические запасы медиатора и снабжают нейроны энергией, вырабатываемой в митохондриях.



указывает, что глутаминовая кислота — важный медиатор, обеспечивающий передачу информации от одного нейрона к другому. Каким образом одна и та же молекула включает в работу различные синаптические рецепторы?

За длительное время эволюции нейроны должны были научиться регулировать концентрацию медиаторов. Действительно, в ряде случаев имеются специальные ферменты, разрушающие молекулы медиатора (например, ацетилхолинэстераза, гидролизующая ацетилхолин) или превращающие их в соединения, лишённые активности (как моноаминоксидаза, нейтрализующая норадреналин). Интересно, что ферментов, контролирующих концентрацию

глутаминовой и аспарагиновой кислот, в тех областях мозга, где происходит их высвобождение, не обнаруживается.

Мозг выработал более экономичный способ устранять возбуждение глутаматных рецепторов — **обратный захват** медиатора в нервные клетки. Этот механизм автоматически включается, как только в межнейрональном пространстве повышается концентрация глутаминовой кислоты. Управляет этим процессом градиент ионов натрия на клеточной мембране, направленный внутрь нейрона. Он создается работой Na/K-насоса (одного из важных ферментов, поддерживающих неравномерное распределение ионов калия и натрия по обе стороны

мембраны нейрона и за этот счет — возбудимость нейрона²), а также низкой проницаемостью нейрональной мембраны для ионов натрия.

Однако в клеточной мембране имеются специальные белки-переносчики, которые переносят ионы натрия вместе с глутаматом. В результате обратного захвата все молекулы медиатора, выделившиеся в межнейрональное пространство при возбуждении, быстро возвращаются во внутриклеточное пространство. Транспортный белок расположен в основном в мембране глиальных клеток, которые окружают нейроны и снабжают их питательными веществами; в меньшей степени он представлен и в самих нейронах. Точно так же в клетках аккумулируются и другие участники метаболизма — аминокислоты, сахара и т. д.

Обратный захват медиаторов более экономичен, чем их ферментативная нейтрализация, так как позволяет живым системам многократно использовать одни и те же молекулы, не разрушая их. Однако этот механизм имеет серьезные ограничения, поскольку его эффективность зависит от величины ионного градиента и целостности мембраны. Когда проницаемость мембраны нарушена, утечка ионов натрия из клетки лишает механизм энергии. Кроме того, накопление избыточных количеств медиатора в области поврежденных клеток вызывает возбуждение соседних клеток, длительность которого уже не контролируется.

КАК ФУНКЦИОНИРУЮТ ГЛУТАМАТНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ

Глутаминовая кислота при всей простоте своего химического строения выполняет существенные функции. Она обеспечивает передачу возбуждения в весьма важных разделах мозга, ответственных за процессы обучения, за выявление логических связей между явлениями — формирование так называемой «долговременной памяти».

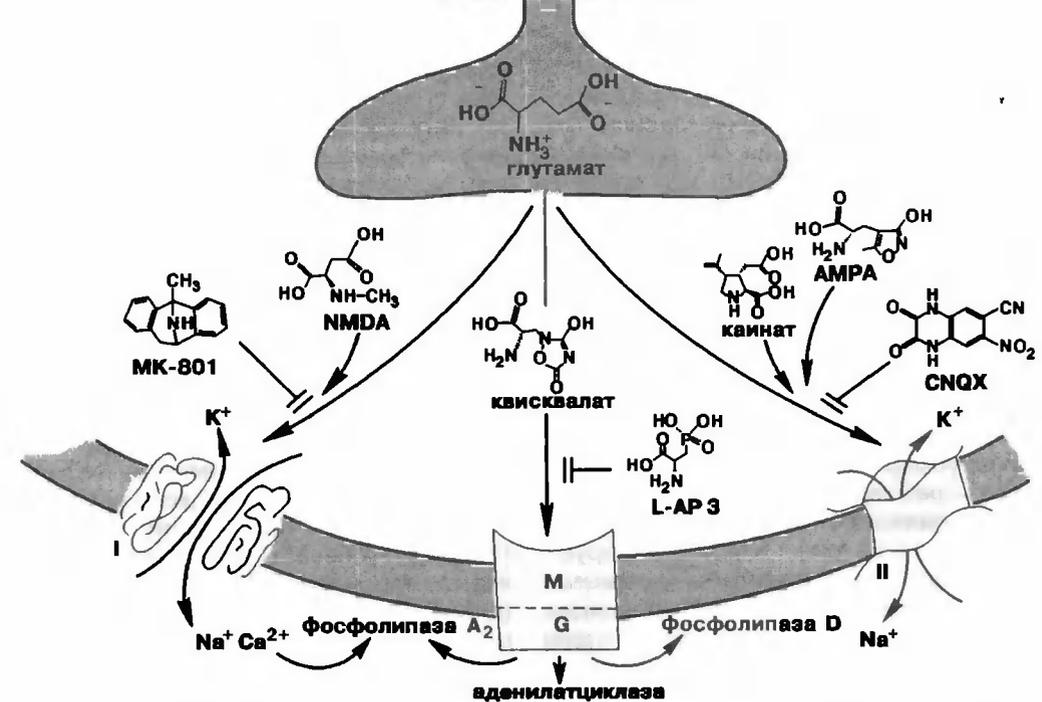
Вероятно, что именно в связи с этим обстоятельством глутаматергические нейроны не могут произвольно менять чувствительность к медиатору (как холинергические нейроны), и механизм обратного захвата — это единственный способ устранить возбуждающее действие медиатора.

В глутаматергических нейронах обнаруживаются несколько разных типов **глутаматных рецепторов** — их активация приводит к различным последствиям для нейрона. Распознать их можно, используя различные аналоги глутамата, способные возбуждать рецепторы своего типа. Все известные сейчас глутаматные рецепторы по своему функциональному значению делятся на два типа: **ионотропные** и **метаботропные**. Первые связаны с ионными каналами и вызывают электрическую активность нейрона. Вторые взаимодействуют со специальными мембранными белками, связывающими гуаниловые нуклеотиды, поэтому их называют ГФ-связывающими белками или G-белками. Разнообразные G-белки могут активировать или подавлять активность ферментов, располагающихся в мембране по соседству с ними. Таким образом, активация метаботропных рецепторов разных типов в зависимости от того, с каким видом G-белков они связаны и какой мембранный белок «обслуживают», позволяет управлять активностью в нейронах целого ряда ключевых ферментов. К белкам, управляемым метаботропными рецепторами (посредством соответствующих G-белков), относятся K-каналы, ферменты аденилатциклаза, фосфолипазы и др. При активации метаботропных рецепторов, как правило, образуются сигнальные молекулы (так называемые вторичные мессенджеры или биологически активные вещества — циклический АМФ, диацилглицерол, арахидоновая кислота), которые также влияют на активность важных клеточных ферментов³. Итак, функция метаботропных рецепторов —

² Болдырев А.А. // Соросовский образовательный журн. 1998. № 4. С.21—28.

³ Авдонин П.В., Ткачук В.А. Рецепторы и внутриклеточный кальций. М., 1994.

пресинаптическая зона



Структура глутамата и его аналогов, активирующих рецепторы разного типа. Для каждого из типов рецепторов приведены специфические ингибиторы (МК 801 — для NMDA-рецепторов, L-AP 3 — для метаботропных рецепторов и CNQX — для каинат/AMPA-рецепторов).

коррекция метаболизма (отсюда и их название).

Ионотропные рецепторы по типу активирующих их лигандов — аналогов глутамата — делятся на активируемые N-метил-D-аспарагиновой кислотой, NMDA (или NMDA-рецепторы), каинатом или 2-амино-3-окси-5-метилизооксазол-пропаном, AMPA. Отличия между каинатными и AMPA-рецепторами до некоторой степени условны, так как каинатные рецепторы активируются высокими концентрациями AMPA и — наоборот.

Все ионотропные рецепторы активируют каналы, которые формируют достаточно быстрые возбуждающие потенциалы. Располагаются они только

на синаптической мембране принимающего возбуждение нейрона.

Метаботропные рецепторы также подразделяют на несколько подтипов, отличающихся между собой набором входящих в них белков, а также мембранных белков-мишеней, активность которых они регулируют. Все метаботропные рецепторы в той или иной мере активируются квикваленовой кислотой, и расположены они на мембранах как передающих, так и принимающих нейронов. Переходя в активное состояние, метаботропные рецепторы стимулируют функцию ионных каналов, зависимость от ионотропных рецепторов, ускоряя или замедляя их работу в десятки раз. Это обстоятельство особенно важно, поскольку физиологи выяснили, что формирование поведения или условных рефлексов у животного (обучение, создание ассоциативных связей и всех процессов, связанных с долговременной памятью) реализуется при участии глутаматных рецепторов.

Все рецепторы обладают различным сродством к глутамату, поэтому их активация в нейроне зависит от интенсивности его высвобождения из нервных окончаний. Таким образом, какой тип глутаматных рецепторов активируется и на какое время — зависит от характера возбуждения и изменения концентрации свободного глутамата в межсинаптическом пространстве.

В ЧЕМ ПРИЧИНА ТОКСИЧНОСТИ ГЛУТАМАТА

Как мы отмечали, все ионотропные рецепторы формируют возбуждение благодаря активации связанных с ними ионных каналов. Ионные каналы, активируемые AMPA или каинатом, имеют размеры, позволяющие при возбуждении пропускать преимущественно ионы натрия. NMDA-активируемые рецепторы связаны с ионными каналами, обеспечивающими проницаемость как для натрия, так и для кальция. Противоионом для каналов всех типов (катионом, выходящим из клетки и компенсирующим деполяризацию мембраны) служит калий.

Возбуждение ионотропных рецепторов в нормальных условиях длится всего 10 мс. За это время концентрация свободного глутамата в межсинаптическом пространстве уменьшается до исходного уровня за счет обратного транспорта глутамата. Однако даже за столь короткое время мембрана принимающего информацию нейрона успевает трансформировать физиологический сигнал (локальное возбуждение) в ряд биохимических «последствий». Повышение концентрации ионов натрия внутри нейрональной клетки активирует Na/K-насос, а также образование свободнорадикальной формы кислорода (**супероксид-аниона**) в митохондриях⁴. Появившиеся в цитоплазме нейрона свободные ионы кальция также индуцируют образование супероксид-аниона и одновременно стимулируют целый ряд клеточных фермен-

тов, многие из которых участвуют в образовании **свободных радикалов**⁵.

По этой причине при активации глутаматных рецепторов в клетке возрастает количество свободнорадикальных соединений. Эти реакции отражают нормальный обмен нейронов: в тех незначительных концентрациях, которые характерны для нормальной работы клетки, они не опасны, более того — необходимы. Их присутствие активирует многие процессы в мозге, в том числе и его снабжение питательными веществами. Такое проявление физиологических функций характерно для своеобразного свободнорадикального соединения **оксида азота** — NO.

NO-радикал образуется при участии специального фермента (NO-синтетазы) и за те несколько секунд, что отпущены для его жизни в клетке (1—4 с), успевает активировать фермент, образующий циклический ГМФ (аналог циклического АМФ). Поскольку циклический ГМФ расслабляет гладкие мышцы, то в результате выработки NO и (как следствие) образования циклического ГМФ в тканях происходит расширение сосудов, стенки которых выстилают гладкомышечные клетки.

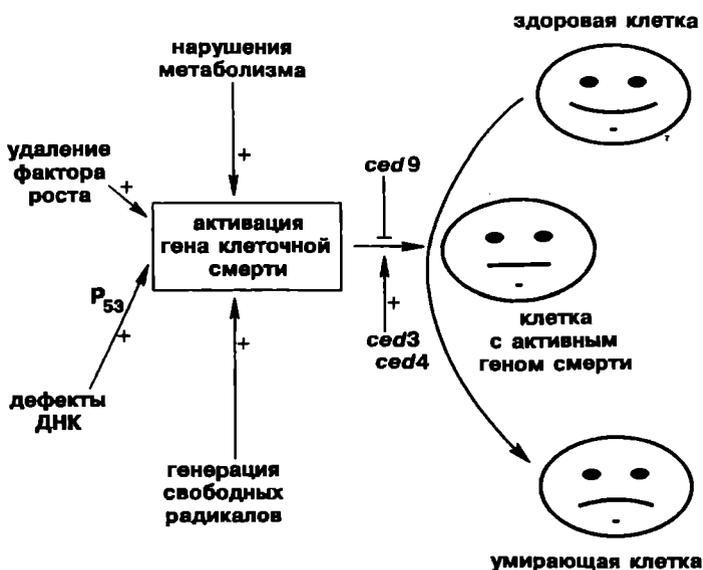
В результате этой цепи сигнальных процессов улучшается кровоснабжение и доставка питательных веществ — главным образом глюкозы и кислорода к тканям мозга. В неблагоприятных условиях (спазм сосудов, нарушения кровоснабжения) ткани мозга используют этот способ для восстановления кровоснабжения. Такой же механизм поддержания обмена веществ реализуется и в сердечной мышце. В основе действия некоторых медикаментозных средств, регулирующих кровоснабжение мозга и сердца (нитроглицерин, нитропруссид натрия), лежит их способность выделять NO и стимулировать выработку циклического ГМФ.

Что же произойдет при избыточном накоплении свободных радикалов? Они будут атаковать клеточные ком-

⁴ Скулачев В.П. Кислород в живой клетке — добро и зло // Природа. 1998. № 1. С.4-10.

⁵ Болдырев А.А., Куклей М.Л. // Нейрохимия. 1996. Т.13. С.271—278.

Схема путей, приводящих к клеточной смерти. Показаны факторы активации гипотетического гена клеточной смерти и локализация эффекта гена *ced 9*, препятствующего действию генов *ced 3* и *ced 4*.



поненты — белки, нуклеиновые кислоты и липиды, нарушая клеточные мембраны, модифицируя белки-ферменты, окисляя нуклеиновые кислоты. В такие клетки с поврежденными мембранами из внеклеточной среды хлынут ионы кальция; аккумуляровать в них глутамат бесполезно — он не будет там удерживаться. Таким образом, повышенное выделение глутамата и перепроизводство свободных радикалов приведет к нарушению целостности клеток и невозможности выполнения ими своих функций. Поэтому глутамат соединяет в своих свойствах способность как возбуждать нейроны, так и оказывать на них токсическое действие, вызывающее нарушения целостности клеточной мембраны. Аналогичные свойства проявляют аспарагиновая кислота и допамин (и по той же причине — способности активировать образование свободнорадикальных соединений).

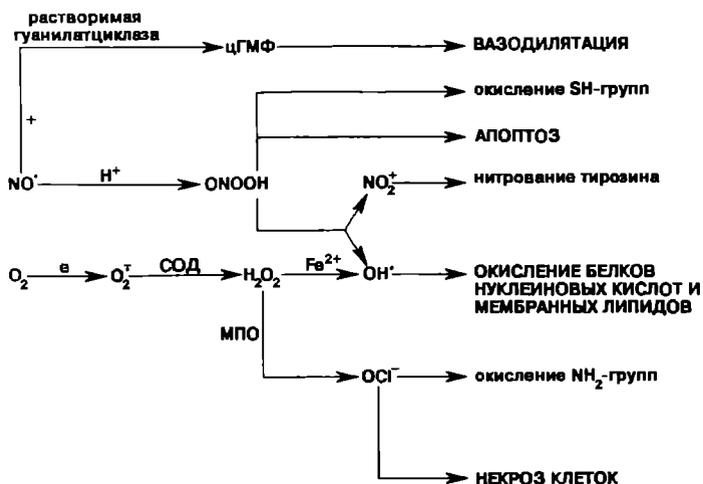
МЕХАНИЗМЫ КЛЕТочНОЙ СМЕРТИ

Что же делать с клетками, поврежденными свободными радикалами? Можно ли восстановить их функции? Согласно современным представлениям, клетки, пережившие кратковременную свободно-радикальную атаку, имеют шанс на выживание. Другие,

поврежденные более основательно, должны умереть. Критерием того или иного пути развития служит глубина модификации генетического материала клетки — свободнорадикальное повреждение нуклеиновых кислот фактически приводит к мутации генов: чтобы застраховаться от передачи дочерним клеткам этих дефектов наследственного материала, надо устранить носителей «испорченной» информации.

В 1995 г. в журнале «Science» была высказана точка зрения, что в генетическом материале клеток имеются так называемые «гены смерти», активация которых (например, свободными радикалами) приводит к экспрессии белков, запускающих реакции, несовместимые с жизнью клеток. Такой механизм запрограммированной смерти (иначе называемым **апоптозом**) направлен на устранение клеток с генетическими дефектами.

До недавнего времени считали, что непосредственная причина апоптоза — генерация свободных радикалов. Изучение механизмов повреждения клеток мозга показало, что эти процессы более сложны. С одной стороны, свободные радикалы — не единственный способ стимулировать апоптоз. В ряде случаев этот процесс запуска-



Образование свободнорадикальных соединений и их функции в клетке. Строчными буквами перечислены частные реакции, приводящие к повреждению биомолекул, строчными — процессы, подверженные модификации.

ются без их участия, поэтому **антиоксиданты**, понижающие стационарный уровень свободных радикалов, иногда бессильны предотвратить апоптоз. С другой стороны, массивная атака клетки свободнорадикальными соединениями может приводить к альтернативному пути гибели клеток — **некрозу**, вызываемому самыми разными (в том числе и случайными) причинами.

Существенные различия между

апоптозом и некрозом привлекают внимание исследователей к тем факторам, которые стимулируют эти процессы (табл.1). При некрозе большого количества клеток образуется воспалительный очаг. Апоптоз такой реакции не вызывает. Более того, постепенная фрагментация клеток при апоптозе, осуществляемая с помощью специальных ферментов, позволяет использовать клеточные фрагменты (ре-

Таблица 1
Характеристика разных видов клеточной смерти

	Некроз	Апоптоз
Стимул	Нарушение структуры мембраны	Активация рецептора (?)
Проявления	<p>Увеличение концентрации свободных ионов кальция</p> <p>Активация неспецифических протеиназ и фосфатаз</p> <p>Дезорганизация митохондриальных функций, резкое увеличение уровня свободных радикалов</p> <p>Дефицит АТФ</p> <p>Окисление биомолекул, подавление анаболизма клетки</p>	<p>Активация Ca-каналов</p> <p>Высвобождение митохондриальной цитохром С-оксидазы в цитоплазму</p> <p>Трансформация ксантиндегидрогеназы в ксантиноксидазу и генерация супероксид-аниона</p> <p>Окисление мембранных липидов, нарушение связи мембраны с цитоскелетом,</p> <p>Активация эндонуклеазы, гликозилирование гистонов, компактизация хроматина</p>
Конечный результат	<p>Набухание клетки</p> <p>Общая дегенерация клеток, массивный фагоцитоз, в случае повторным использованием биологического большого количества умирающих клеток — воспалительная реакция</p>	<p>Сжатие клетки</p> <p>Фрагментация клетки с возможным повторным использованием биологических структур</p>

цепторы или даже блоки нуклеиновых кислот, несущие генетическую информацию) в построении новых клеток, что экономит энергетические ресурсы организма. Это обстоятельство объясняет, почему апоптоз называют запрограммированной смертью клеток⁶.

Распространенные примеры апоптоза указывают, что он включается в специфические функции организма. Например, участвует в онтогенетически запрограммированном изменении формы тела (утрата хвоста головастика при его превращении во взрослую лягушку, или при смене различных стадий у насекомых, гусеница—куколка—бабочка). У высших животных лимфоциты, проходящие обучение в вилочковой железе (**тимусе**), «оснащаются» рецепторами и другими информационными белками, используя фрагменты тимоцитов, апоптоз которых индуцируется попадающей в организм инфекцией или другими сигналами опасности. Так ускоренным путем формируется готовность распознавать и уничтожать чужеродные белки, попадающие в организм.

У позвоночных в развивающемся головном мозге нейронов намного больше, чем в зрелом. В процессе онтогенеза мозга нейроны формируют межнейрональные контакты (**синапсы**), образуя общую сеть. Нейроны, не успевающие по каким-либо причинам включиться в эту сеть, оказываются «лишними» и уничтожаются в ходе апоптоза.

Интерес к механизмам апоптоза, вспыхнувший в последнее десятилетие, объясняется также его участием в ряде патологических процессов (табл.2). При злокачественных болезнях апоптоз ослаблен, а при СПИДе или болезни Альцгеймера, напротив, ускорен⁷. Изучение природных соединений, а также факторов внешней среды, способных вызывать или подавлять апоптоз, — позволит использовать их в качестве лекарственных препаратов (табл. 3).

Таблица 2
Патологии, связанные с модуляцией апоптоза

Стимуляция апоптоза	Подавление апоптоза
СПИД	Злокачественные заболевания:
Нейродегенеративные заболевания:	Фолликулярные лимфомы
болезнь Альцгеймера	карциномы
болезнь Паркинсона	рак простаты
церебральные дегенерации	Мутации, приводящие к активации гена P53
Ишемические заболевания:	Аутоиммунные заболевания
инфаркт миокарда	Вирусные инфекции:
инсульт	аденовирус
Токсикоз печени	герпес
алкоголь	

Таблица 3
Факторы регуляции апоптоза

Активаторы апоптоза	Ингибиторы апоптоза
Нейромедиаторы	Факторы роста
глутамат	Половые гормоны
допамин	Ингибиторы протеиназ
Глюкокортикоиды	Вирус герпеса
Этанол	Стимуляторы канцерогенеза
Оксиданты, свободные радикалы	Ионы цинка
Радиация	
Тепловой шок	

МОЖНО ЛИ РЕГУЛИРОВАТЬ СКОРОСТЬ АПОПТОЗА

При нарушениях мозговой деятельности бесконтрольное высвобождение глутамата активирует соответствующие рецепторы и увеличивает количество свободных радикалов в нейронах, тем самым индуцируя апоптоз. Для разработки способов контроля за апоптозом необходимы методы его определения. Зная отличия апоптоза от некроза, можно решить эту проблему. На ранних стадиях апоптоза происходит окислительная модификация мембранных липидов клетки и нарушаются связи мембраны с цитоскелетом. Известны специфические белки **аннексины**, которые могут при-

⁶ Агол В.И. Соросовский образовательный журнал. 1996. № 6. С.20—24.

⁷ Хухо Ф. Нейрохимия: основы и принципы. М., 1990.

соединяться к клеточной мембране после ее окислительной модификации. С помощью одного из таких белков, аннексина V, можно отсортировать клетки, вступающие на путь апоптоза.

Некротические клетки можно пометить красителем нуклеиновых кислот, который не проникает через мембрану живой клетки, но преодолевает эту преграду в случае некроза. Чаще всего используют легко регистрируемые флуоресцентные красители, что позволяет с помощью цитофлуориметра, регистрирующего свойства индивидуальных клеток, определить долю некротических и апоптотических клеток в суспензии. Этот метод успешно применяют для характеристики лимфоцитов, эритроцитов и т.д.

В последнее время был разработан метод получения суспензии индивидуальных нейронов, что позволило оценивать устойчивость нервных клеток при нарушениях мозгового кровообращения. Такие изменения обычно характерны для инсульта — весьма распространенного заболевания мозга XX в. Когда были смоделированы такие условия для его изучения,

выяснилось, что активация NMDA-рецепторов стимулирует апоптоз. Оказалось, что апоптозу предшествует усиленное образование свободных радикалов, что находится в согласии с представлением о возможности индуцировать апоптоз этими соединениями.

Увеличение концентрации NMDA в этих экспериментах вызывало некроз нейрональных клеток. Более того, некоторые биологически активные вещества, например гормон гипофиза мелатонин, не только подавляли продукцию свободных радикалов, но и препятствовали смерти нейронов. Эти факты позволили предположить, что возрастные изменения в организме, в частности снижение продукции гормонов при старении, ослабляют природные механизмы, препятствующие гибели клеток головного мозга.

Хочется надеяться, что наука в ближайшем будущем сумеет изучить молекулярные механизмы, управляющие жизнестойкостью нейронов, и предложить рекомендации по защите мозга от последствий функционирования в неблагоприятных условиях.

НОВОСТИ НАУКИ

Палеоклиматология

Межледниковое потепление началось и закончилось внезапно

Долгое время считалось, что изменения климата в ледниковый и послеледниковый периоды происходили постепенно, но в последнее время благодаря изучению колонок, пробуренных в Гренландском и Антарктическом ледниковых щитах и глубоководных отложениях, стало ясно, что по крайней мере некоторые важные климатические события происходили очень быстро, в геологическом

масштабе времени — мгновенно.

За последние 2.5 млн лет теплые межледниковые периоды занимали только десятую часть всего времени, остальное пришлось на оледенения. Предшествующее межледниковье (Рисс-Вюрмское, оно же — Микулинское) было заметно теплее нынешнего. В его середине, приблизительно 125 тыс. лет назад, в районе Санкт-Петербурга росли вяза, дубы, липы и даже грабы, а елей и других видов хвойных деревьев было мало. Уровень Мирового океана стоял на несколько метров выше современного. Точные даты-

ровки межледниковья и данные об изменениях океанической циркуляции в тот период были получены в результате детального исследования рекордно длинной (52.7 м) колонки глубоководных осадков, отобранной с французского научного судна «Марлон Дюфрен» на Бермудском поднятении в Северной Атлантике (33°41'с.ш., 57°35'з.д.; глубина 4462 м). Большая длина колонки и высокая скорость осадконакопления (10–200 см за тысячу лет, что на один-два порядка выше, чем за пределами этого района) делают ее уникальным «архивом», хранящим сведения об измене-

ниях климата нашей планеты за последние 132 тыс. лет.

Анализ колонки по слоям толщиной 1 см, указавший, в частности, на изменения температуры и химического состава придонных вод, провели Дж.Адкинс (J.F.Adkins; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США) и его коллеги из Вудсхолского института океанографии США и Центра по изучению слабой радиоактивности в Жиф-сюр-Иветт (Франция). Точные датировки были определены по содержанию изотопа ^{230}Th в глинистых и карбонатных осадках. Полученные данные сопоставлены с результатами исследования колонок из Гренландского ледникового щита.

Установлено, что Рисс-Вюрмское межледниковье началось 130 тыс. лет назад. Большую часть этого времени, на протяжении 8000 лет (129—121 тыс. лет назад), климат был ровный, без существенных изменений. Потепление, с которого началось межледниковье, и похолодание, которым оно закончилось, длились менее 400 лет. Одновременно очень быстро менялась глубинная океаническая циркуляция. Потепление (130—129 тыс. лет назад) совпало с прекращением поступления в район Бермудского поднятия североатлантической глубинной водной массы, бедной биогенами, а похолодание (119—118 тыс. лет назад) — с возобновлением ее поступления и усилением напора антарктических придонных вод (глубинные «штормы» со взмучиванием и переотложением донного осадка).

Североатлантическая глубинная водная масса формируется в двух небольших районах в центральных частях Лабрадорского и Ирмингерова морей, юго-западнее и юго-восточнее южной Гренландии. Соленость поверхностных вод там высокая, а зимы суровые. Эти воды охлаждаются настолько, что их плотность превышает плотность всех промежуточных слоев, и они опускаются ко дну (на те же широтах Северной Пацифики соленость воды ниже, и даже в суровые зимы погружения поверхностных вод не происходит). В Северную Пацифику глубинные и придонные воды поступают издалека, из Антарктики. Ледники Арктики сосредоточены в приатлантической части, и если бы они растаяли (а значит, соленость и плотность воды в Лабрадорском и Ирмингеровом морях понизились), то формирование североатлантических глубинных вод стало бы невозможным. Южнее, где соленость воды повыше, а зимы недостаточно суровы, оно также было бы невозможным. Видимо, именно такая картина и наблюдалась к началу межледниковья: льды растаяли, зимы потеплели, плотность распресненных поверхностных вод в Северной Атлантике снизилась, и североатлантическая глубинная водная масса прекратила свое существование. Через 10—12 тысячелетий ледники снова стали наступать, и все вернулось на круги своя. Следы таяния и наступления ледников четко прослеживаются в слоях колонки по изменениям в осаднении на дно глинистых частиц, смытых с рав-

нин восточной Канады и перенесенных на юг глубинным противотечением. Вероятно, одновременно похолодало и в Антарктике, отчего и усилился приток в район Бермудских о-вов антарктических придонных вод.

Североатлантическая глубинная водная масса — нижняя, а Гольфстрим — верхняя часть обширной петли течений, переносящих тепло Карибского моря к берегам Европы. Благодаря этому вечнозеленые лужайки существуют в Англии на той же географической широте, на которой по берегам Лабрадора простирается тундра. Вероятно, даже относительно небольшие изменения климата могут приводить к быстрым и резким перестройкам петли океанической циркуляции — с драматическими последствиями для климата всей планеты.

В то время, когда средства массовой информации трубят о «глобальном потеплении», С.Леман (S.Lehman; Колорадский университет, Боулдер, США), автор комментария к статье Дж.Ф.Адкинса с соавторами, предупреждает: слияние снежно-ледниковых полей на высоких плато Лабрадора и Баффиновой Земли может повысить отражательную способность земной поверхности и тем самым немного ослабить океанскую циркуляцию, что может привести к внезапному толчку, который «поставит на колени» нынешний межледниковый период. Ведь он продолжается уже 10 тыс. лет!

Nature. 1997. V.390. № 6656. P.117, 119, 154—156 (Великобритания).

Суперболиды

И. В. Немчинов, О. П. Попова



Иван Васильевич Немчинов, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Института динамики геосфер РАН, лауреат Ленинской премии (1966) и Государственной премии (1982). Основная область научных интересов — динамика крупномасштабных геофизических процессов.



Ольга Петровна Попова, младший научный сотрудник того же института, кандидат физико-математических наук. Область научных интересов — физика метеорных явлений.

ПРИ ВТОРЖЕНИИ в атмосферу Земли твердых частиц — метеорных тел — возникают явления, которые называются метеорными, или метеорами. Обычный метеор на ночном небе возникает внезапно, быстро движется и выглядит как звезда, поэтому раньше метеоры называли «падающими звездами». Очень яркие метеоры, блеск которых превосходит блеск звезд, называются болидами, а очень яркие (и более редкие) болиды — суперболидами. Остатки метеорных тел, порождающих суперболиды, могут выпадать на поверхность Земли в виде метеоритов. Падение очень крупных тел приводит к образованию кратеров.

Хорошо известны кратеры на Луне¹ и в меньшей степени на самой Земле, так как, во-первых, атмосфера защищает поверхность Земли от падения не слишком крупных тел, во-вторых, большая часть Земли покрыта морями и океанами, а на суше кратеры, особенно мелкие, быстро разрушаются из-за эрозии и зарастают деревьями и кустарниками. Тем не менее обнаружено около 20 крупных кратеров диаметром от 1 до 100 км. Большинство из них расположено в геологически стабильных районах Северной Америки, Европы и Австралии. Кратер Метеор в Аризоне диаметром 1.2 км и глубиной 120 м стал первым, для которого доказано, что он образовался в результате падения железного метеорита, после того как в 1920 г. были найдены его небольшие осколки. Самый крупный из известных кратеров диаметром около 100—200 км в районе п-ова Юкатан образовался примерно 65 млн лет назад.

Столкновение с очень крупным метеорным телом может привести к полной гибели цивилизации на Земле. Так, например, в наш информационный век выход из строя спутников связи грозит серьезными последствиями, даже если космическое тело не достигнет поверхности планеты, а выделит энергию в атмосфере. Во многих районах Земли сосредоточено большое

© И.В.Немчинов, О.П.Попова

¹ Neukum G., Ivanov B.A. Hazards due to Comets and Asteroids / Ed. G. T. Tucson. London, 1994. P.359—416.

число химических заводов, атомных электростанций и других объектов, разрушение которых приведет к региональной катастрофе. В связи с этим все большее внимание уделяется изучению падения тел «средних размеров». Такие тела падают на Землю не часто — примерно один раз в 100—300 лет.

Два крупнейших события в этом веке произошли на территории России, оба, к счастью, в малонаселенных районах. Тунгусский метеорит, упавший в 1908 г., широко известен у нас в стране и за ее пределами. О его природе спорят до сих пор: комета или каменный астероид², который разрушился на множество мелких осколков, полностью испарившихся в атмосфере? Более 50 лет назад в отрогах Сихотэ-Алиня упал железный метеороид в виде «железного дождя»³.

ФРАГМЕНТАЦИЯ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

При полете через атмосферу метеорные тела разрушаются. На видеозаписи болида Пикскилл можно увидеть до 70 фрагментов одновременно (рис.1). Космическое тело может разрушиться на несколько крупных фрагментов, которые летят затем по отдельности, или раздробиться на облако мелких осколков, объединенных ударной волной и летящих как одно целое⁴. Это облако быстро расширяется и тормозится во время полета, вызывая яркую вспышку излучения. При разрушении крупного метеорного тела могут реализовываться одновременно оба сценария фрагментации. В обоих случаях осколки метеороида приобретают скорости в направлении, перпендикулярном траектории, что приводит к поперечному рассеянию фрагментов.

Разрушение крупных метеорных тел происходит легче, чем мелких. Чем больше тело, тем больше в нем дефектов, возникших еще при образовании самого метеороида из родительского тела (астероида, планеты, Луны). Некоторые осколки могут достичь Земли, а другие претерпеть дальнейшую фрагментацию или «сгореть» в атмосфере. Следует, однако, иметь в виду, что достигать поверхности могут и огромные метеорные тела (например, комета



Рис.1. Разрушение метеороида Пикскилл. Можно насчитать одновременно до 70 фрагментов.

радиусом 100 м при вертикальном входе все еще сохраняет значительную скорость при подлете к Земле). Поэтому изучение движения метеорного тела с учетом его фрагментации и абляции (потери массы) — актуальная задача. Важную роль в ней играет анализ наблюдательных данных, в частности световых явлений.

Традиционный подход к описанию метеорных явлений сводится к решению системы уравнений, в которой учитываются торможение метеороида, абляция и интенсивность излучения в зависимости от высоты. При этом часто предполагается, что излучение обусловлено только свечением испаренного вещества, а эффективность высвета (коэффициент, связывающий интенсивность излучения со скоростью абляции) почти не зависит от химического состава испаренного вещества, высоты полета и размера тела.

Для тел массой 1—10 г (и менее), движущихся в верхней атмосфере в свободномолекулярном режиме, излучение действительно определяется в основном свечением испаренного вещества. При переходе в режим сплошной среды с изменением размера тела и высоты полета происходит изменение характера обтекания, испарения и нагрева паров. Кроме того, с изменением размера тела и плотности воздуха изменяется оптическая толщина

² Светцов В.В. // Астрон. вестн. 1996. Т.30. № 5. С.427—441; См. также: Лонго Дж. Живые свидетели Тунгусской катастрофы // Природа. 1996. № 1. С.40—47.

³ Кринов Е.Л. Железный дождь. М., 1981.

⁴ Григорян С.С. // Космич. исслед. 1979. Т.17. Вып.6. С.875—893.

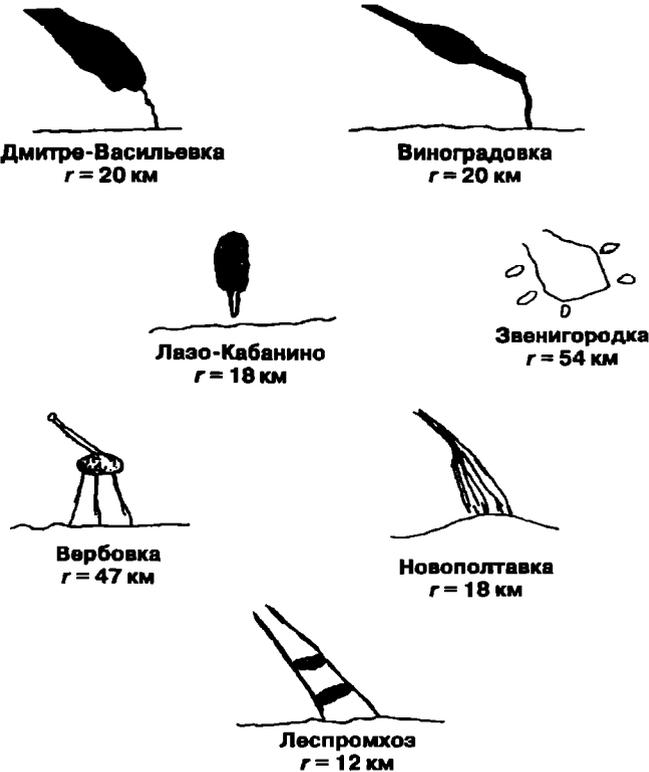


Рис. 2. Зарисовки очевидцев падения Сихотэ-Алинского метеорита, которые (вместе с устными рассказами) свидетельствуют о наблюдавшемся утирании следа, неоднократной фрагментации и совместном полете образовавшихся фрагментов. Приведены названия населенных пунктов и расстояния до места падения г. (По: Дивари Н.Б., 1959 г.)

паров, а с ней и распределение температуры в слое паров, спектр излучения и доля потерь энергии на излучение.

Эмпирические значения эффективности высвета были получены в результате наблюдений за отдельными, обычно не очень большими телами, массы которых оценивались по их торможению в атмосфере. Экстраполяция этих значений на все возможные размеры и скорости метеорных тел, по нашему мнению, необоснованна, поэтому необходимо было разработать теоретические методы расчета эффективности излучения метеороидов и проверить их на всей совокупности наблюдательных данных.

В Институте динамики геосфер РАН (ИДГ РАН) была разработана модель абляции и свечения метеорного тела, в которой учитывается излучение как паров вещества метеороида, так и ударной волны, возникающей перед телом⁵. В радиационно-газодинамических расчетах использовались подробные таблицы оптических

свойств паров различных метеороидов (железных, H-, L-, LL- и C-хондритов, тел с составом кометы Галлея и др.), составленные для широкого диапазона температур, плотностей и спектра излучения. С помощью теоретических моделей и методик, разработанных в ИДГ РАН, удалось, в частности, воспроизвести общую картину полета и разрушения Сихотэ-Алинского метеороида⁶.

СИХОТЭ-АЛИНСКИЙ МЕТЕОРИТ: НАБЛЮДЕНИЯ ОЧЕВИДЦЕВ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Утром, в 10 ч 40 мин, 12 февраля 1947 г. по небу над отрогами Сихотэ-Алиня пронесся очень яркий болид. Вызвавший его метеороид разрушился во время полета и упал в тайге в виде железного дождя. Три дня спустя летчики, облетая тайгу, увидели место падения, и им показалось, что это место подверглось бомбардировке. Через месяц

⁵ Голубь А.П., Косарев И.Б., Немчинов И.В., Шувалов В.В. // Астрон. вестн. 1996. Т.30. № 3. С.213—228.

⁶ Немчинов И.В., Попова О.П. // Астрон. вестн. 1997. Т.31. № 5. С.458—471.

сюда добралась группа геологов, которые описали более 30 кратеров диаметром от 7 до 28 м и глубиной до 6 м. Комитет по метеоритам отправил на место события полноценную экспедицию под руководством академика Фесенкова всего два месяца спустя. Эта экспедиция и нескольких последующих собрали около 27 т метеоритного вещества и опросили более 200 очевидцев.

Собранный уникальный научный материал используется до сих пор, в том числе и для оценки осознанной лишь недавно астероидной опасности. Показания очевидцев позволили астроному Н.Б.Дивари сделать ряд очень интересных выводов. Так, удалось определить направление и угол наклона траектории метеорита, оценить вероятные высоты, на которых произошло разрушение, а также размеры болида и следа. Метеороид вошел в атмосферу с северо-северо-востока (азимут $\sim 14^\circ$) под углом примерно 43° к поверхности Земли. Сначала казалось, что размеры поля рассеяния упавших фрагментов не соответствуют такому направлению траектории. По осколкам, собранным в 1947 г., поле рассеяния было оценено всего в $1 \times 2 \text{ км}^2$ с направлением главной оси по азимуту 353° . Лишь позже, уже в 1975 г., В.И.Цветков предложил новый метод поиска осколков метеорита, в результате размеры поля рассеяния увеличились до 10 км^2 , а направление его главной оси совпало с ранее найденным по показаниям очевидцев.

Болид был очень ярким, «ярче Солнца», «резал глаза». Он выглядел так, «как будто кусок Солнца отломился и падал на Землю». Метеороид разрушался в полете, возникали вспышки света. Большинство очевидцев показали, что он разрушался во время одной-двух взрывных вспышек. Какое-то время все фрагменты летели как одно целое («один большой кусок... и возле него много маленьких, сверкающих, как звездочки»), в конце траектории падающий метеороид состоял из отдельных фрагментов и за каждым из них тянулся дымный след («казалось, будто из чего-то поливают», «по форме напоминал метлу») (рис.2).

Информация, собранная по рассказам очевидцев, и анализ кратерного поля позволили оценить скорость исходного метеороида, определить его орбиту и высказать суждение о его происхождении. В работе Е.Кринова предполагалось, что размеры кратеров линейно зависят от размеров осколков. Однако для больших кратеров это предположение неверно и нужно использовать зависимость $D \sim E^{1/3}$, где D — диаметр кратера, а E — кинетическая энергия кратерообразующего

тела, что приводит к увеличению масс наибольших фрагментов. Крупные кратеры образованы большими нераздробившимися осколками, а вспышки излучения и уширение следа связаны с облаком мелких фрагментов и паров. Мелкие осколки метеороида были найдены на большом расстоянии (до 10, км) от основного кратерного поля.

Результаты расчетов скорости аبلации с учетом характера разрушения крупных метеорных тел позволили оценить энергию Сихотэ-Алинского метеороида в $(12-42) \cdot 10^6 \text{ МДж}$. Метеороид был довольно прочным телом, имел начальную скорость 12—15 км/с, массу 200—400 т, а его разрушение, вероятно, происходило в два этапа: на высотах 22—28 и 10—16 км. Эти оценки удовлетворительно согласуются с числом и диаметрами наибольших из образовавшихся кратеров, а также с размером поля рассеяния.

Падение метеороида произошло ясным зимним днем. Однако в некоторых местах, по свидетельству очевидцев, в процессе падения перемещались тени. Это свидетельствует о большей интенсивности света от болида, нежели от Солнца. Наши оценки согласуются с этими наблюдениями. Лишь около 1—3% начальной энергии метеороида выделилось при ударе о Землю, основная часть была передана атмосфере. Таким образом, атмосфера защищает Землю даже от таких крупных тел, как Сихотэ-Алинский метеороид. Но сумеет ли она уменьшить разрушительное действие более крупных тел, которые могут представить опасность, даже если не долетят до поверхности Земли? Метеорное тело, вызвавшее Тунгусское событие, разрушилось в воздухе, но ударная волна от взрыва вызвала полегание леса на большой территории. Если бы падение произошло над крупным городом, например над Москвой, Нью-Йорком или Лондоном, оно с неизбежностью вызвало бы разрушения и человеческие жертвы.

Отметим, что при попытке предотвратить катастрофические последствия столкновений путем разрушения крупных метеорных тел мы можем столкнуться с ситуацией, когда осколки по размерам будут сравнимы с Сихотэ-Алинским метеороидом.

БОЛИДНЫЕ СЕТИ

Для сбора информации о притоке метеорного вещества на Землю был создан ряд болидных сетей в США, Канаде и Европе. В настоящее время болидная сеть осталась только в Европе.

Первоначально предполагалось, что оптическая регистрация болидов поможет в поиске упавших тел. Однако, по данным, поступившим с этих сетей, были найдены лишь три небольших метеорита (Пршибрам в Чехии в 1959 г., Лост-Сити в США в 1971 г. и Иннисфри в Канаде в 1978 г.). Позже наблюдались еще два болида, после которых также были найдены метеориты: Пикскилл, пролет которого был заснят на любительские видеокамеры (1992), и Сент-Роберт (1994).

Одним из крупнейших болидов, зарегистрированных Европейской сетью, стал Бенешов. Его светимость, по данным

Дж.Боровички и П.Спурны⁷, достигала -21^m звездной величины (для сравнения: блеск Луны примерно -13^m , Солнца -26^m), а начальная скорость при почти вертикальном вхождении в атмосферу составляла ~ 21 км/с. Во время пролета атмосферы он неоднократно разрушался; на фотоснимках был зарегистрирован ряд фрагментов на высотах 38–30 км и ниже 24 км.

Вместе с сотрудниками Чешской Одржейовской обсерватории (главный центр Европейской болидной сети) мы

⁷ Borovička J., Spurný P. // Icarus. 1996. V.121. P.484–510.

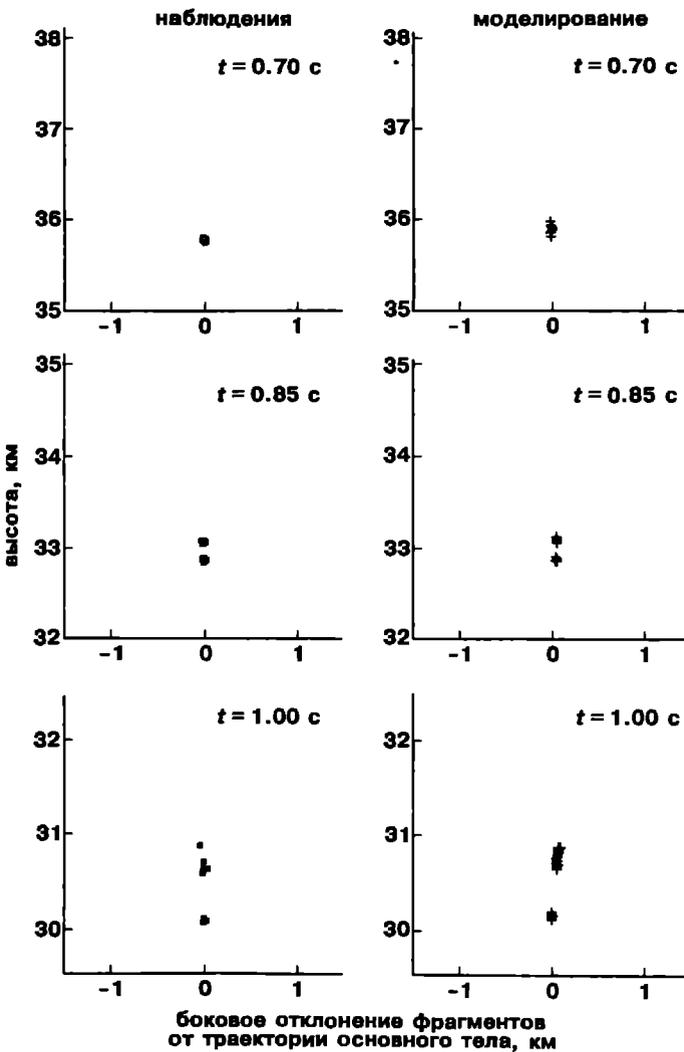


Рис.3. Сопоставление «видеокадров», полученных при обработке наблюдений (слева) и при моделировании полета метеороида Бенешов. Показано положение фрагментов в разные моменты времени t после пролета высоты 53 км.

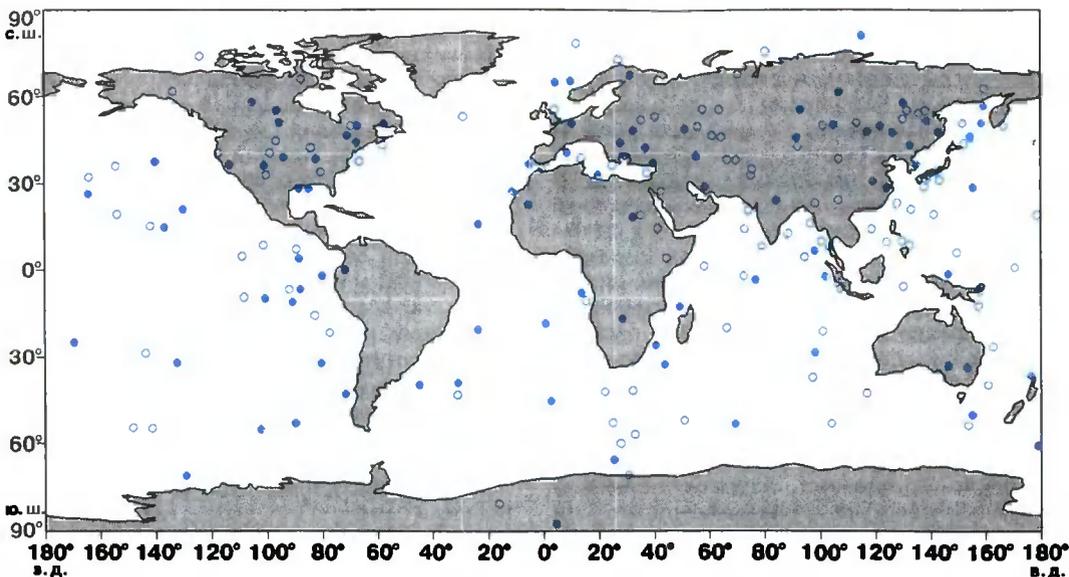


Рис.4. Географическое положение вспышек излучения, зарегистрированных инфракрасными датчиками с геостационарных спутников с августа 1972 г. по март 1996-го. Светлые кружки — в дневное время; темные кружки — в ночное. (По: Tagliaferri E., 1997.)

проанализировали данные наблюдений. По торможению тела массу можно оценить в 80—200 кг, что противоречит высокой интенсивности излучения болида. Оставалось принять, что метеороид разрушился на большой высоте. Фрагменты летят отдельно, торможение определяется лидирующим фрагментом, и полная масса метеороида гораздо больше, чем масса лидера. Излучение фрагментов суммируется, соответствуя практически всей массе. Благодаря сравнительно низким скоростям поперечного разлета даже мелкие осколки не разлетаются за время регистрации дальше, чем на 20 м.

Более реалистичская оценка массы метеороида Бенешов 2—4 т. Для таких крупных тел, разрушающихся при пролете атмосферы, использование световой кривой (зависимости интенсивности излучения от высоты или времени) при оценке массы может дать более точные результаты, чем оценка по торможению. Расчетная динамика фрагментов хорошо согласуется с наблюдениями (рис.3). Для болида Бенешов были получены спектры излучения на разных высотах. Судя по спектрам и высоте погасания болида Бенешов, можно сказать, что это было каменное тело.

Метеороиды могут иметь как астероидное, так и кометное происхождение. Кометные метеороиды с низкой прочностью

разрушаются и исчезают на больших высотах, поэтому узнать о них что-либо можно, только наблюдая за их полетом в атмосфере. Одним из таких тел, зарегистрированных Европейской болидной сетью, был очень яркий болид Шумава, который начал светиться на высоте ~92 км и сгорел на высоте ~59 км. На световой кривой этого болида отмечены четыре яркие вспышки, связанные, по мнению Боровички и Спурны, с разрушением тела. Но такие тела разрушаются и светятся иначе, чем более прочные каменные тела, проникающие в плотные слои атмосферы. Отметим, что все метеорные тела, зарегистрированные наземными сетями до настоящего времени, гораздо меньше Сихотэ-Алинского метеороида.

НАБЛЮДЕНИЯ СО СПУТНИКОВ

В последние годы американские геостационарные спутники, оснащенные инфракрасными и оптическими датчиками, неоднократно регистрировали яркие вспышки в атмосфере Земли⁸, светимость которых обычно превышает -17^m ; поэтому их

⁸ Tagliaferri E., Spalding R., Jacobs C. et al. Hazards due to Comets and Asteroids / Ed. G. T. Tuscson; London, 1994. P.199—220.

можно назвать суперболидами. Относительно небольшое число высокоорбитальных спутников позволяет контролировать большую часть земной поверхности и вести непрерывное, независимо от погодных условий, наблюдение за Землей. Для сравнения следует отметить, что Европейская болидная сеть охватывает только 0.3% земной поверхности. Инфракрасные датчики спутников регистрируют около 30 ярких вспышек в год в течение последних трёх лет (рис.4). Наблюдения в видимом диапазоне велись в течение меньшего времени.

Первоначально спутниковая система наблюдений должна была контролировать выполнение договора о запрещении ядерных испытаний и запуски ракет. Но оказалось, что яркие световые вспышки в атмосфере, энергия которых была сравнима с энергией ядерных взрывов, слишком часты. Вскоре было установлено, что эти вспышки были вызваны внедрением в атмосферу и взрывным разрушением в ней крупных метеороидов. По оценкам, характерный размер таких тел 1—3 м. 1 октября 1990 г. была зарегистрирована яркая вспышка над Тихим океаном с энергией $1.9 \cdot 10^6$ МДж. Интенсивность ее излучения соответствовала кинетической энергии метеороида, в несколько раз превышающей энергию атомных взрывов в Хиросиме и Нагасаки. Тщательный анализ наблюдательных данных позволил заключить, что вспышка над Тихим океаном была вызвана не испытанием ядерного оружия, а разрушением в атмосфере крупного метеороида.

Датчики спутниковой системы обычно регистрируют только световую кривую болида, и нужно было создать новые методики оценки параметров метеорных тел на основе только данных о вспышке. Световые кривые «спутниковых» болидов (еще более крупных, чем Бенешов) в первую очередь определяются дроблением метеорного тела и расширением облака фрагментов и пара. Попытки численно воспроизвести световую кривую крупных метеороидов без учета разрушения тела и увеличения эффективного радиуса светящегося облака фрагментов и паров оказались неудачными.

Для оценки энергии метеороидов по энергии излучения были определены интегральные эффективности свечения (коэффициент пропорциональности между зарегистрированной энергией излучения и кинетической энергией тела, вызвавшего эту световую вспышку) для различных значений начальных скоростей, размеров, наклона траекторий, состава и прочностей метеор-

ных тел. Для описания разрушения и расширения облака в качестве первого приближения С.Григоряном использовалась жидкостная модель. Оказалось, что эффективность свечения почти не зависит от угла наклона траектории, химического состава и предполагаемой прочности тела, зато увеличивается с ростом начальных скоростей и интенсивности излучения.

Самый крупный метеороид был зарегистрирован со спутников 1 февраля 1994 г. над Маршалловыми о-вами. Данные наблюдений позволили определить угол наклона траектории и скорость (24 км/с). Световая кривая этого болида имеет характерную форму с двумя максимумами интенсивности (рис.5). Наблюдения показали также, что во время полета метеороид испытал двукратное разрушение — на высотах 34 и 21 км. Пользуясь расчетными значениями эффективности свечения и скорости абляции, а также новыми представлениями о характере разрушения, мы воспроизвели световую кривую (рис.5) этого болида и оценили параметры метеороида. Его масса 400—500 т, энергия $\sim 170 \cdot 10^6$ МДж (около 40 кт ТНТ). Начальные массы метеороида 1 февраля 1994 г. и Сихотэ-Алинского, возможно, близки, как и угол входа в атмосферу. Начальная скорость метеороида 1 февраля 1994 г. была почти в 2 раза больше, и в результате он разрушился на большей высоте. Вероятно, крупные фрагменты составили лишь незначительную часть его массы.

14 июня 1994 г. в Западной Канаде упал метеорит Сент-Роберт. В тот день тысячи людей на северо-западе США и в Западной Канаде наблюдали очень яркий болид. Сразу же после его падения были записаны показания многих очевидцев. С поля рассеяния размером 8×4 км² собрано около 25 кг вещества. Масса наиболее крупного осколка составила 2.3 кг. Кроме того, оптические датчики на спутниках зарегистрировали вспышку излучения в момент основного разрушения метеороида на высоте около 36 км. По оценкам, это было не очень большое тело с начальной массой примерно 1.5—4.0 т, а на Землю, по-видимому, упали осколки массой около 65—130 кг, которые остались ненайденными.

За 22 месяца систематических наблюдений (с середины 1994 г. по март 1996-го) оптические датчики спутниковой системы зарегистрировали 51 световую вспышку. Распределение числа болидов в год на всей Земле по энергиям метеорных тел показано на рис.6. Установлено, что в среднем за год в атмосферу Земли

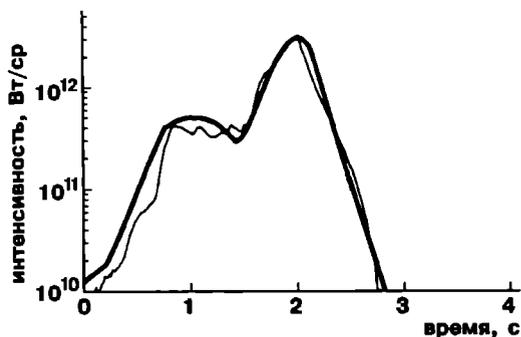


Рис. 5. Световые кривые болида 1 февраля 1994 г.: наблюдаемая (тонкая линия) и расчетная, полученная на основе жидкостной модели разрушения.

попадает около 25 метеороидов с энергией $(1-17) \cdot 10^6$ МДж. По-видимому, раз в один-два года в атмосферу Земли вторгается тело с энергией $(40-60) \cdot 10^6$ МДж, примерно сравнимое с Сихотэ-Алинским метеороидом. Большинство из них не достигает поверхности Земли, поскольку железные метеорные тела среди них довольно редки (~5%). Наша оценка рас-

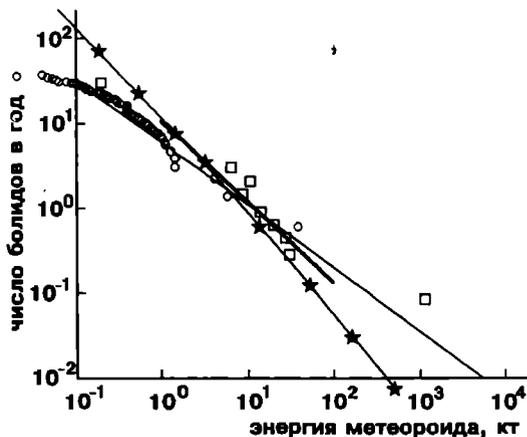


Рис. 6. Распределение числа болидов, регистрируемых в год на всей Земле, по энергиям метеорных тел. Кружки и квадраты — оценки по результатам наблюдений оптических датчиков спутниковой и акустической систем регистрации (см. сноску 9). Утолщенная линия — аппроксимация акустических данных. Тонкая линия — «лучшая оценка» Шумейкера*. Линия со звездочками — распределение, полученное на основе анализа данных по лунным кратерам. (1 кт = $4.2 \cdot 10^6$ МДж.)

* Shoemaker E. // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1983. V.11. P.461—494.

пределения болидов по энергиям (кружки на рис.6) согласуется с данными по лунным кратерам. Это позволяет говорить об отсутствии заметных флуктуаций в потоке метеороидов в настоящее время по сравнению со средним значением.

Экстраполируя наблюдательные данные, можно найти вероятность вторжения в атмосферу Земли метеороида с энергией $4 \cdot 10^9$ МДж (около 1 Мт ТНТ): такое может произойти один раз в 30—300 лет. Американская наземная акустическая система за 12 лет работы зарегистрировала одно такое событие⁹, а оптическая спутниковая система за два года не зарегистрировала пока ни одного.

Продолжая наблюдения и анализируя их результаты, можно точнее определить распределение числа болидов и оценить вероятность падения крупных метеорных тел. При решении проблемы предотвращения астероидной опасности важно знать свойства (прочность, структуру) метеорных тел, внедряющихся в атмосферу. От этих свойств зависит высота, на которой происходит разрушение метеороида, и характер разрушения. Наблюдения за болидами помогут получить такую информацию.

ВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА БОЛИДАМИ

Кроме профессиональных наблюдений, большую роль в сборе информации о болидах играют очевидцы. Мы уже говорили, насколько важными оказались их показания о Сихотэ-Алинском метеорите. Недавно в районе Калуги наблюдался яркий болид, сведения о котором удалось получить от людей, наблюдавших его. Этот болид был очень ярким, почти как Солнце. К сожалению, метеориты найдены не были.

Другой яркий дневной болид наблюдали многочисленные очевидцы в районе г.Эль-Пасо (штат Техас, США) 9 октября 1997 г. Он был заснят любительскими видеокамерами и зарегистрирован акустической и спутниковой системами наблюдений. Небольшая экспедиция сразу начала собирать сведения об этом событии. Проводятся обработка этих данных и поиск, возможно, выпавших метеоритов.

Еще одно событие, вызвавшее большой интерес, произошло 9 декабря 1997 г. Над огромной ледяной пустыней — Гренландией ночью (05 ч 50 мин местного

⁹ ReVelle D.O. Near-Earth Objects / Ed. J.Remo // Annals of the New York Academy of Sciences. N.Y., 1997. V.822. P.284—302.

времени) пронесся довольно яркий болид. Поскольку Гренландия, особенно зимней ночью, почти безлюдна, то очевидцев было немного — капитаны и матросы рыболовецких траулеров и люди, живущие на побережье.

Информация о таких крупных событиях имеет большую научную ценность, поэтому ее начинают сейчас собирать по всему миру. Существуют планы по организации сети наблюдений за суперболидами, главная цель которой состоит в том, чтобы с помощью добровольцев обеспечить тщательное изучение больших событий, происходящих во всех районах земного шара.

До сих пор основное внимание уделялось поиску метеоритов, которые позволяют получать уникальные данные о внеземном веществе. Однако сам процесс внедрения метеороидов в атмосферу Земли (их разрушение, абляция, излучение) также представляет не меньший интерес. Поэтому

сейчас интерес смещается в первую очередь к наблюдениям болидов. Из рассказов очевидцев обычно трудно точно определить траекторию, но можно установить общее направление движения метеороида и приближенное значение скорости. Отсюда можно получить представление о происхождении тела (кометном или астероидном).

В организации сети наблюдений за суперболидами участвуют: Международная метеорная организация (IMO), которую представляет П.Браун (P.Brown); Чешская Одржейовская обсерватория, ее представляет З.Сеплеха (Z.Sepelcha); Национальные Лаборатории Санди, их представляет Р.Сполдинг (R.Spalding). Добровольцы из России могут сообщить о своем желании участвовать в сборе информации для Глобальной сети через Ивана Васильевича Немчинова, Институт динамики геосфер РАН. Тел. (095)939-79-05. E-mail ivwan@idg.chph.ras.ru.

КОРОТКО

● В Европейском космическом агентстве полным ходом идут работы по проекту «Розетта», согласно которому между 2001 и 2013 гг. предстоит изучать комету Виртанена с космического аппарата. Сначала он должен выйти ей «на перехват», всего на расстояние около 100 км, а затем перейти на околокометную, почти круговую орбиту. После этого с борта аппарата будет сброшен посадочный отсек, несущий, в частности, два принципиально новых прибора, изготовленных в Великобритании, в Открытом университете. Эти твердотельные химические анализаторы будут исследовать состав ядра кометы и

окружающей его комы, как полагают, — остатки первичной материи, мало изменившейся со времени образования Солнечной системы. Затем комета Виртанена будет в течение двух лет сближаться с Солнцем, пока примерно в 2013 г. не подойдет к нему на минимальное расстояние, чем эксперимент и закончится.

Spaceflight. 1997. V.39. № 5. P.146 (США).

● Обработывая снимки, полученные в октябре 1997 г. с борта орбитальной станции «Марс-Глобал-Сервейер», сотрудники НАСА и Калифорнийского технологического института в Пасаде-

не (США) обнаружили на планете гигантское ущелье. Хотя этот разлом марсианской поверхности и был известен, никто не подозревал о его невероятных масштабах: глубина 4 км, что более чем вдвое превышает глубочайший на Земле (до 1800 м) Большой каньон Колорадо (штат Аризона, США). Расстояние от одного края марсианского ущелья до другого иногда достигает 13 км, а его склоны достаточно круты — до 48°.

Фотографирование рельефа Марса еще продолжается, так что ученые могут ожидать новые открытия.

New Scientist. 1997. V.156. № 2103. P.22 (Великобритания).

Уран как индикатор рудообразования, или f-радиография в геологии

Н. И. Горячкин



Николай Игоревич Горячкин, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогенного литогенеза Института литосферы РАН. Область научных интересов — благородные металлы в черных сланцах, применение физических методов исследования в геологии.

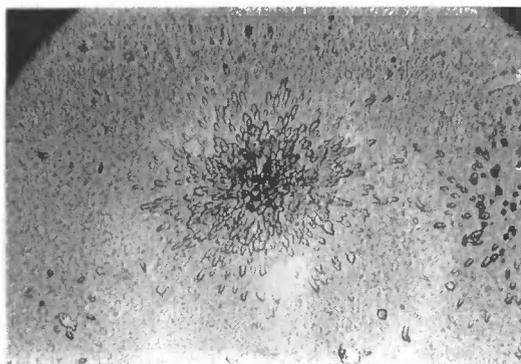
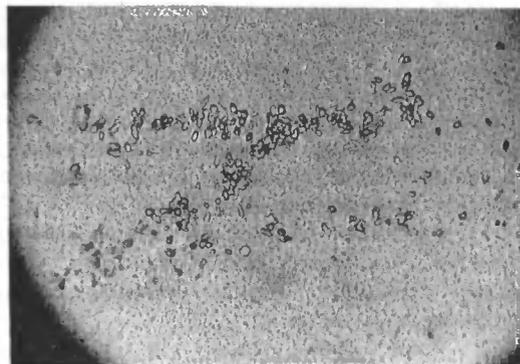
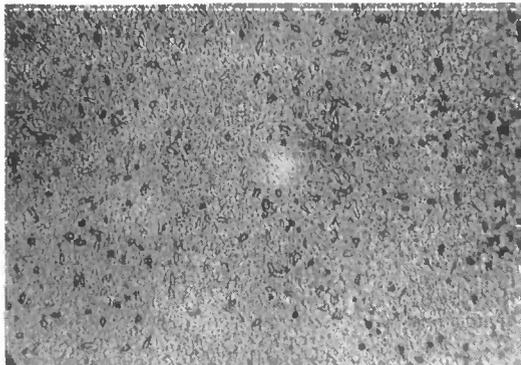
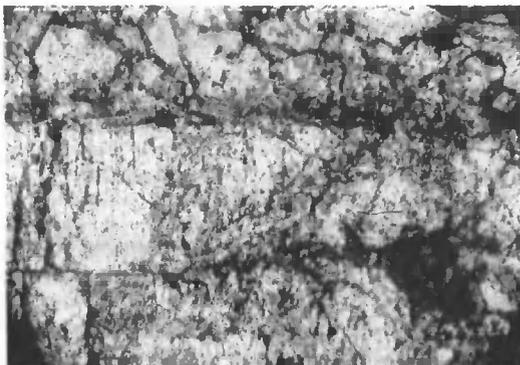
XX век называют атомным, хотя он вполне может именоваться веком урановым.

Именно этот химический элемент под атомным номером 92 произвел сильные потрясения в истории рода человеческого. Хиросимская бомба и катастрофа в Чернобыле превратили его (носящего имя греческого бога небес Урана) из «химической экзотики» во всемирное пугало. Сам факт обладания государством этим веществом устрашает его врагов.

Но если отвлечься от мрачных реалий, то можно констатировать, что уран обладает рядом уникальных и полезных свойств.

Уран был открыт в 1789 г. немецким химиком М.Клапротом в образцах «смоляной обманки» рудника Иохангеоргенштадт и впервые выделен в металлическом виде в 1841 г. французским исследователем Э.Пелиго. Уран существует в природе в виде смеси изотопов ^{238}U , ^{235}U и ^{234}U . Ядра этих изотопов испытывают α -распад с довольно большими характеристическими временами: $4.5 \cdot 10^9 (^{238}\text{U})$, $7 \cdot 10^8 (^{235}\text{U})$ и $2.5 \cdot 10^5 (^{234}\text{U})$ лет. Подавляющую массу в земной коре составляют ^{238}U (99.28%) и ^{235}U (0.71%). Наиболее замечательные свойства этого металла — его естественная радиоактивность и способность ядер изотопов ^{235}U к делению под воздействием медленных нейтронов. Радиоактивность урана и продуктов его распада нашла широкое применение, в том числе в практике геофизических исследований — для оценки содержания и распределения этого элемента в различных геологических объектах.

Способность ядер ^{235}U к делению



Микрофотографии прозрачного шлифа и соответствующего ему фрагмента лавсанового детектора. Кристалл апатита с диагональной микротрещиной (в центре) в жильном кальците (вверху). Треки осколков индуцированного деления урана, сконцентрированного на поверхности и микротрещине в апатите, f-радиография (внизу). Увел.350.

Здесь и далее фото автора

Треки осколков индуцированного деления урана, характеризующие различные формы его нахождения в породах, f-радиография. Вверху — одиночные треки, соответствующие рассеянному состоянию урана в препарате. Внизу — сообщества треков («звезды»), характеризующие локально сконцентрированную форму. Увел. 360.

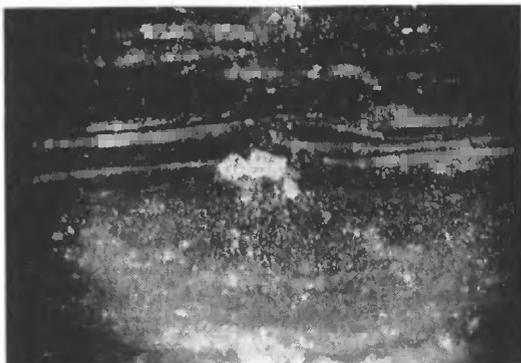
при захвате нейтронов обусловила его традиционное использование в качестве ядерного топлива, поскольку при делении высвобождается значительная энергия. Это же свойство урана нашло применение в геохимических исследованиях.

Геохимия изучает поведение химических элементов в ходе геологических процессов различного масштаба, начиная от формирования отдельных минеральных зерен и вплоть до явления планетарного значения. Одна из основ этой науки — развитие и применение аналитических методов исследований, позволяющих оценить

наличие, концентрации, перемещения и формы нахождения химических элементов и их соединений в земной коре.

ОСКОЛКОВАЯ РАДИОГРАФИЯ УРАНА

Метод осколковой радиографии, или f-радиографии (fission — расщепление), внедрен в практику геохимических исследований в 70-е годы нашего столетия. Он применяется для определения форм нахождения урана, его пространственного распределения в образцах (полированных пластинах — аншлифах) горных пород и руд и



Микрофотография полированного шлифа и лавсанового детектора. Концентрация собственного минерала урана —, настурана — в зерне пирротина (FeS) в зоне развития прожилкового кварца в углеродисто-слюдистом сланце (вверху). Контрастное сгущение треков и дырка в детекторе за счет урана, сконцентрированного на поверхности пирротина (внизу). Увел.55.

приуроченности к конкретным минеральным фазам и микротрещинам. Отношение концентраций двух главных изотопов — ^{238}U и ^{235}U — в горных породах можно считать постоянным. Определив содержание одного из них (индикатора), можно судить о содержании всего урана. В качестве такого индикатора может рассматриваться ^{235}U , способный к делению на осколки под воздействием медленных нейтронов. При попадании нейтрона в ядро атома ^{235}U , содержащегося в образце, ядро разлетается на два осколка, представляющие изотопами более легких чем уран элементов из середины периодической таблицы, таких как

^{141}Ba , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co и др. Такое явление сопровождается испусканием двух-трех нейтронов, уносящих вместе с осколками большое количество тепловой энергии¹. Это обстоятельство и легло в основу обсуждаемого метода. Высокоэнергетичные осколки деления вызывают радиационные повреждения в материалах, поэтому последние могут служить детекторами ^{235}U в образцах.

Удобным и поэтому широко используемым материалом для детектора ^{235}U оказался лавсан. Осколки деления урана пробивают в его структуре крошечные «дыры», образуя треки, невидимые ни в один микроскоп. Далее лавсановую пленку-детектор проявляют, т.е. протравливают специальными реактивами. Теперь ее можно изучать под микроскопом и фотографировать.

Осколковая радиография урана дает изображение распределения микроколичеств урана на поверхности шлифа. В лаборатории биогенного литогенеза Института литосферы РАН этот метод успешно используется для оценки процессов перегруппировки и концентрирования рудного вещества в черносланцевых формациях на различных этапах их геологической истории.

Пластины, вырезанные из образцов горных пород, полируются с одной стороны и плотно прижимаются к лавсановой пленке толщиной 10—15 мкм. Выбор такой толщины отвечает средней длине пробега (5—7 мкм) осколков индуцированного деления урана в лавсане. Затем препараты с зафиксированной пленкой помещаются в специальный герметичный контейнер и отправляются на ядерный реактор,

¹ В природных объектах реакции индуцированного деления ^{235}U происходят крайне редко из-за отсутствия источника медленных нейтронов. Тем более единичные акты деления ^{235}U в рудах не приобретают характера цепных реакций, так как образующиеся нейтроны — быстрые и поэтому слабо взаимодействуют с еще не расплавленными ядрами урана. Удивительным и уникальным исключением служит урановое месторождение Окло, где цепные реакции расщепления ядра шли в течение тысячелетий. Подробнее см.: Сохранить природный ядерный реактор // Природа. 1998. № 3. С.113—114.

где производится их облучение нейтронами. Мы проводили исследования на реакторах: ИРТ-Т Томского политехнического института и ВВР-СМ Института ядерной физики Узбекистана.

Время облучения препаратов определяется, исходя из параметров реактора, учитывая, что на 1 см^2 поверхности должно попасть 10^{15} — 10^{16} нейтронов (так называемый интегральный поток). При таком значении потока можно обнаружить микроконцентрации урана до $10^{-6}\%$ (или около 0.01 г/т), что характеризует чувствительность метода. При этом минимальный размер объекта, который можно обнаружить, определяется длиной пробега осколков и, как уже было сказано, составляет 5—7 мкм.

Совместно с исследуемыми препаратами облучается и эталонный образец (мы обычно используем пластинки вулканического стекла — обсидиана), содержание урана в котором известно. Уран внутри эталона находится в виде равномерно распределенной примеси.

После всех сложных и длительных технических процедур, связанных с облучением препаратов и их радиационным «остыванием» до безопасного состояния, производится отделение препаратов и эталонов от лавсанового детектора и протравливание пленок раствором щелочи.

Из аншлифов, после их окончательного «остывания» (обычно через полгода после облучения), изготавливаются прозрачные петрографические шлифы (пластины толщиной 0.03 мм , прикрепленные специальным клеем на предметное стекло) с обязательным сохранением поверхности их соприкосновения с лавсановым детектором.

На этом технические операции заканчиваются и начинается творческое изучение результатов.

Дальнейшая работа заключается в сопоставлении рисунка треков на лавсановой пленке со строением поверхности препарата, подсчете их плотностей на детекторе с помощью счетной сетки микроскопа и сравнении полученных величин с распределением треков на эталоне.

Чувствительность и разрешающая способность метода позволяют решать вопросы локального перераспределения урановой примеси в процессах перекристаллизации минералов и, что особенно важно, оценивать эволюцию форм нахождения урана в ходе геологических процессов.

Применяемая методика имеет массу «подводных камней», начиная от элементарного риска при работе с радиоактивностью и кончая невероятной кропотливостью микроскопических исследований, успех которых напрямую связан с опытом, настойчивостью и долготерпением исследователя. Техническая сложность, длительность процессов обработки материалов и ювелирная точность делают результаты таких работ буквально «штучным товаром». К примеру, у меня в реакторе трижды сгорали партии препаратов, аналогов не имевших. Чтобы научиться совмещать изображения на лавсане со шлифом, пришлось два месяца, не разгибаясь, сидеть над микроскопом. Однако чем больше ухабов на пути, тем больше удовлетворение от его преодоления.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РАДИОАКТИВНОЙ ПРИМЕСИ

При исследовании треков осколков индуцированного деления урана на лавсановых детекторах можно установить различные формы нахождения радиоактивной примеси и выделить три основных морфологических типа, каждый из которых четко характеризуется формами треков и их сообществ на детекторе.

1. Рассеянные концентрации урана (фоновое поле) характеризуются единичными, более или менее равномерно распределенными треками в лавсановой пленке. Густота их зависит от общей концентрации урана в данном препарате.

2. Локально сгруппированный уран образует группы сближенных треков, похожие на звезды. Распределение «звезд» в препарате может быть как равномерным, так и привязанным к каким-либо микрообъектам.

3. Уран в сконцентрированной (минеральной) форме дает сплошное, неразличимое поле треков и иногда «прожигает» детектор (осколков деления так много, что они пробивают лавсан).

Такое определение форм нахождения урана очень ценно потому, что первые два типа его концентрации не выявляются другими современными методами. Важна и фиксация интересных объектов на фотопленку, дающая высокую достоверность и наглядность полученных результатов.

УРАН — ИНДИКАТОР ПЕРЕГРУППИРОВКИ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА И РУДООБРАЗОВАНИЯ

Имеющиеся аналитические возможности позволяют достаточно точно фиксировать валовые распределения урана в горных породах непосредственно в земной коре с помощью геофизических радиометрических и гамма-спектрометрических методов исследования, регистрирующих естественную радиоактивность урана и продуктов его распада. В то же время его микроконцентрации и формы нахождения в горных породах хорошо определяются методом осколковой радиографии. Но существует еще одно удачное обстоятельство. В связи со своим мрачным стратегическим значением уран изучался самым тщательным образом. Помимо химических, физических и технологических свойств были выяснены условия его отложения, растворения, миграции и многие другие характеристики. Геологии и геохимии урана и его месторождениям десятки лет уделяли столько же внимания, сколько всем другим элементам вместе взятым. В результате об уране и о геологических аспектах его «бытия» сейчас известно больше, чем о большинстве не менее полезных, но более «скромных» минеральных продуктов. Все это позволяет эффективно использовать уран в качестве своеобразного индикатора, позволяющего, с одной стороны, фиксировать геологические процессы, происходящие в земной коре, а с другой — прогнозировать влияние этих процессов на судьбу хими-

ческих элементов, непосредственно с ураном, возможно, не связанных. Это можно проиллюстрировать на примере небольшого участка земных недр, выбранного нами в качестве «природной лаборатории», находящейся в Нуратинских горах — изумрудной жемчужине Кызылкумской пустыни.

Среди хрустальных ручьев, шестелестящих чинар и вольно растущей индийской конопли (анаши), высятся холмы, сложенные высокоуглеродистыми черносланцевыми толщами тасказганской свиты докембрийского возраста². Такие породы широко распространены на территории Узбекистана и знамениты тем, что большинство коренных месторождений урана, которыми так богаты Кызылкумы, связаны именно с ними. Среднее содержание урана здесь составляет 5–6 г/т (без учета месторождений). Это — очень высокое значение. Отложения тасказганской свиты смяты в выпуклую (антиклинальную) складку и прорваны (интродуцированы) телом гранитов позднемелового возраста. Внедрение гранитных тел в толщи вмещающих пород всегда происходило на больших (в несколько километров) глубинах от поверхности. Остывание внедрившегося гранитного расплава тянется очень долго, сопровождается длительным прогревом вмещающих толщ, что приводит к их значительному изменению. В ходе таких процессов происходит перераспределение рудных компонентов, входящих в состав пород³, что в ряде случаев сопровождается формированием месторождений полезных ископаемых. Осколково-радиографические и радиогеохимические исследования неизмененных пород тасказганской свиты, проведенные нами вдали от контактов этой толщи с телом гранитов (около 3 км), показали, что при содержании урана 5–7 г/т большая

² Ермолаев Н.П., Созинов Н.А. Стратиформное рудообразование в черных сланцах. М., 1986.

³ Ермолаев Н.П., Коленцев В.В., Салазкин А.Н. Перераспределение вещества при формировании стратиформного оруденения в метаморфических сланцах // Геология руд. месторождений. 1981. № 2. Т. XXIII. С. 86–95.



Нуратинский оазис — жемчужина Кызылакумов. Черные холмы — углеродисто-кремнистые сланцы тасказганской свиты.

его часть (около 80% всего урана породы) находится в рассеянном виде. Только около 20% радиоактивной примеси образуют локально сконцентрированные группы в виде «звезд». Эти данные стали для нас «базой сравнения» для всех последующих результатов (см. табл.).

Что же случилось со сланцами в зоне наибольшего прогрева — ближнего экзоконтакта с гранитным массивом. Здесь происходили процессы контактового метаморфизма — очень значительные изменения химического и минераль-

ного состава пород. Например, содержание урана в этой зоне по сравнению с неизмененными породами снизилось почти в три раза, до 2.5 г/т. При этом большая часть уцелевшего урана сохранилась в рассеянном виде, как показывают редкие одиночные треки на лавсане. Совершенно иная картина наблюдается вдали от тела гранитов, в зоне дальнего экзоконтакта (1—1.5 км от гранитов). Непосредственный прогрев сланцевых пород, связанный с внедрением гранитов, был незначителен, зато сильно сказа-

Таблица

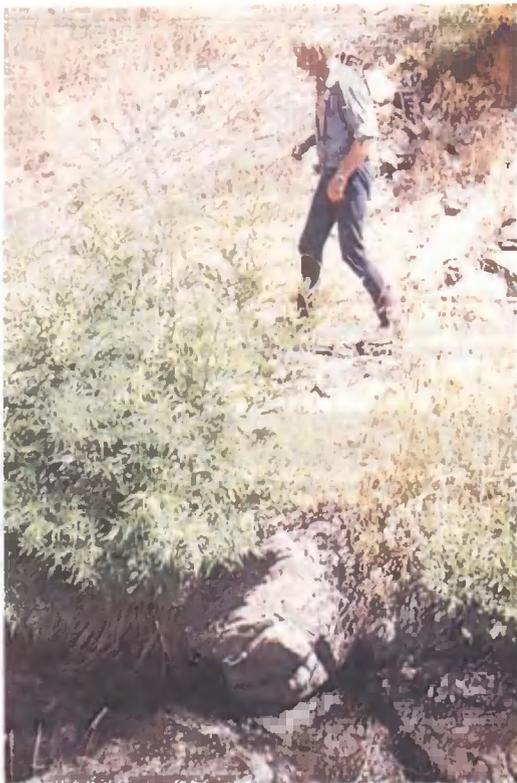
Распределение различных форм концентрации урана в углеродисто-кремнистых сланцах тасказганской свиты

Положение относительно зоны контакта с гранитами	Валовое содержание урана, г/т	Относительное количество различных форм нахождения урана, %	
		фоновое поле	«звезды»
Зона ближнего экзоконтакта	2.64	84	16
Зона дальнего экзоконтакта	10.46	42	58
За пределами влияния интрузии	7.30	79	21

Экспедиционный шофер в зарослях индийской конопли в Нуратинских горах.

лось действие горячих растворов, «отгонявшихся» сюда из зоны ближнего экзоконтакта и терявших здесь растворенные в них минеральные (в том числе и рудные) компоненты. Среднее содержание урана в этом месте возрастает до 11 г/т, т.е. увеличивается в четыре раза по сравнению с зоной непосредственного контакта с интрузией и в полтора раза по сравнению с неизменными толщами. Почти 60% всего урана в обогащенных породах оказывается в локально сконцентрированном виде, что фиксируется «звездами» на лавсане.

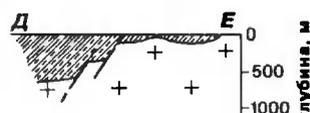
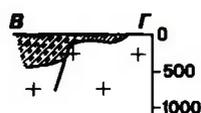
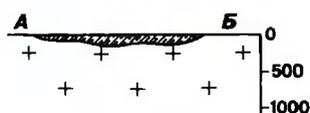
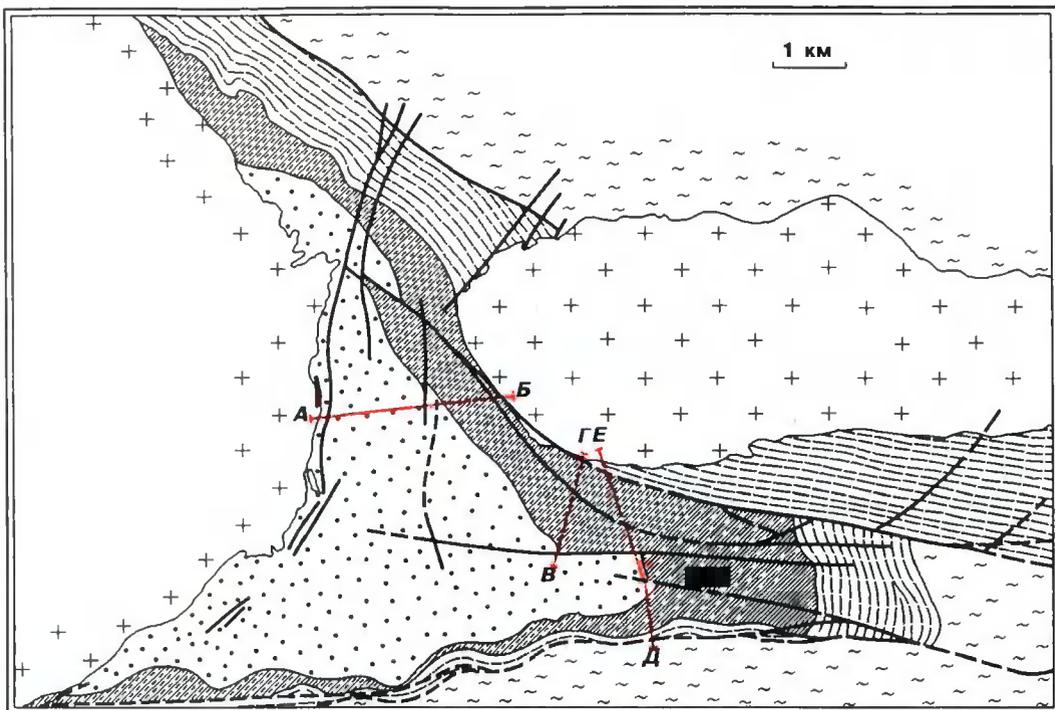
Таким образом, наблюдается четко выраженная миграция урана под влиянием тепла остывающего гранитного массива из зоны ближнего в зону дальнего экзоконтакта (волна перемещенной примеси урана). При этом происходит переотложение перенесенного урана, которое сопровождается изменением формы его нахождения —



Изменение черных сланцев тасказганской свиты в зоне ближнего экзоконтакта с гранитной интрузией. Светлое — интенсивное ороговикование (замещение кварцем), темное — реликты неизменных пород.

Выходы черносланцевых пород тасказганской свиты.





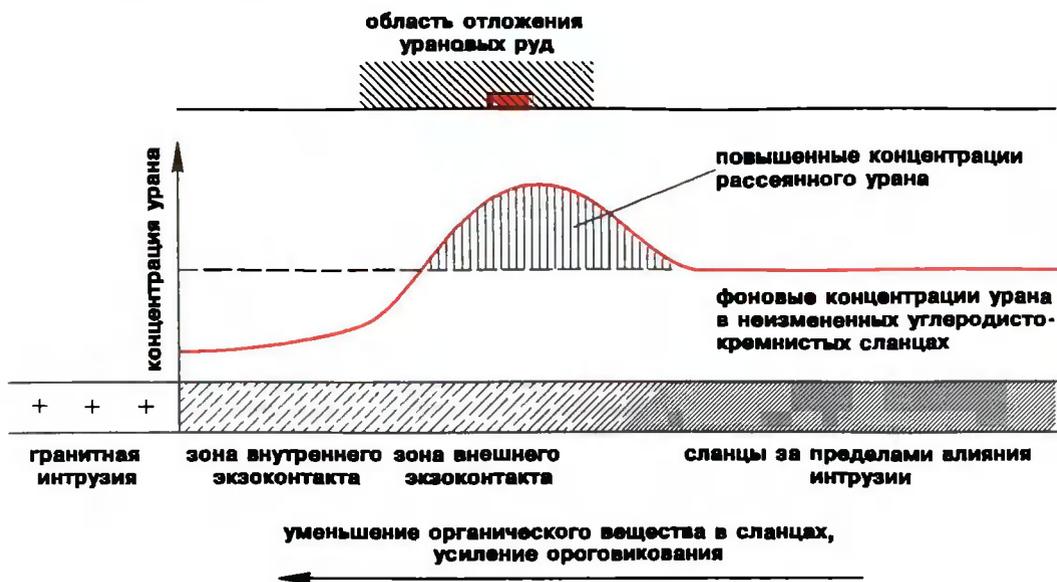
- Тектонические разрывные нарушения
- Интрузивные тела гранитного состава
- Глинисто-сланцевые слабоизмененные отложения раннесилурийского периода
- Терригенно-сланцевые отложения бессапанской свиты раннепалеозойского возраста
- Углеродисто-кремнистые сланцевые отложения тасказганской свиты позднепротерозойского возраста
- Песчано-сланцевые отложения ауминзинской свиты позднепротерозойского периода

- Линии вертикальных разрезов
- Зона экзоконтактных изменений пород тасказганской свиты:**
 - в целом
 - сильных
 - слабых
- Участок развития уран-ванадиевого оруденения

Геологическая схема участка исследований в Нуратинских горах (по данным Н.П.Ермолаева).

распыленной в локально сконцентрированную. Такой перенос рудного вещества и его переотложение может завершаться формированием месторождения, что и произошло в Нуратин-

ских горах. В зоне дальнего экзоконтакта сформировались уранованадиевые рудные тела. Здесь мы наблюдали результаты всех процессов формирования оруденения — от выноса рудно-



Волна перемещенной примеси урана в зоне экзоконтакта гранитного интрузива с толщей высокоуглеродистых сланцевых пород таскаганской свиты (по данным Н.П.Ермолаева).

го вещества из вмещающих пород до формирования собственных минералов и рудных тел, сложенных этими минералами⁴. В данной статье мы намеренно опустили ряд материалов относительно геологических, структурных и геохимических условий, в которых протекали рассмотренные процессы. Нами проведены исследования, доказывающие, что источник рудного вещества здесь — именно сланцевые породы, а не граниты. Были детально изучены процессы минералогии и рудообразования и выявлена их стадийность. Был найден способ литологического (зависимость от типа вмещающих сланцев) и структурного (зависимость от наличия трещин, зон межпластовых срывов, складок во вмещающих породах) контроля выноса, миграции и отложения рудного веще-

ства. Все эти интереснейшие наработанные материалы не приводятся, чтобы не затенить главное — индикаторную роль урана, позволяющего наглядно, точно и надежно фиксировать процессы рудообразования. И последнее: в настоящей работе речь шла только об уране, но в рассмотренных процессах участвуют буквально все рудные и нерудные элементы. В данном геологическом случае аналогично ему ведет себя целая группа редких элементов, таких как скандий, тантал, иттрий, лантан, в то время как вольфрам ведет себя совершенно по-другому. Урановый индикатор позволяет прогнозировать поведение многих рудных элементов, не обладающих подобными «аналитическими удобствами». Таким образом, уникальные аналитические свойства урана способны, хотя бы частично, украсить его мрачную репутацию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 98-05-65081.

⁴ Горячкин Н.И. Петролого-геохимические критерии редкометальной минерализации черных сланцев в экзоконтакте гранитов (Юго-Западный Тянь-Шань): Дис. канд. геол.-минерал. наук. М., 1991.

Охрана окружающей среды**Европа борется за чистоту воздуха**

По медицинской статистике, ежегодная преждевременная смерть от сердечных и легочных заболеваний десятков тысяч европейцев вызвана микроскопическими частицами, содержащимися главным образом в выхлопных газах автомобильного двигателя. В связи с этим Европейская комиссия разработала директиву, по которой впервые вводятся жесткие ограничения на предельные количества не только для частиц диаметром до 10 мкм (PM10), но и менее 2,5 мкм (PM2.5).

Согласно этому документу, к 2005 г. концентрация PM10 в 1 м³ воздуха не должна в среднем превышать 50 мкг за одни сутки, хотя в совокупности за 25 сут в году эта величина может быть больше; к 2010 г. такой льготный период сокращается до 7 сут. Кроме того, в 2005 г. будет введен суточный средний предел для PM2.5 — не более 40 мкг/м³ воздуха (в начальный период он может быть нарушен до 14 раз в год).

Новые европейские стандарты чистоты приземного слоя атмосферы для PM2.5 более строги, чем стандарты, недавно введенные в США Управлением по

защите природной среды, причем вопреки активному сопротивлению промышленных кругов: в Европе главным поставщиком PM2.5 служит автотранспорт, а не промышленность, как в Америке. Недавно представители британской общественной организации «Друзья Земли» изучили воздушную обстановку в Бирмингеме, одновременно измеряя концентрации PM10 и PM2.5. Установлено, что зимой, когда пыли естественного происхождения в атмосфере мало, автомобильные выхлопы дают не более трети содержания PM10 и PM2.5.

Atmospheric Environment. 1997. V.31. P.4103; New Scientist. 1997. V.156. № 2108. P.12 (Великобритания).

Охрана окружающей среды**«Зеленая» дипломатия**

Весной 1997 г. Государственный департамент США распространил свой первый годовой доклад по вопросам окружающей среды и внешней политики. В нем отмечено, что различные аспекты состояния окружающей среды — часть внешней политики США. Решение таких глобальных проблем, как изменение климата, использование ядохимикатов, исчезновение видов животных и растений, сокращение площади лесов,

оскудение морской среды, имеет высший приоритет и играет важную роль в двусторонних дипломатических контактах.

Государственный департамент открывает миссии по вопросам окружающей среды при посольствах США в различных регионах мира. Задачи миссий — разработка и принятие решений по проблемам, выходящим за пределы отдельной страны. К ним относятся: водные и энергетические ресурсы, качество воздуха, землепользование, рост городов и промышленности. Деятельность каждой миссии будет сконцентрирована на приоритетной для данного региона проблеме. Например, работа миссии по Центральной Азии будет нацелена на развитие кооперации в решении проблем бассейна Аральского моря. В сферу проблем, которыми должна заниматься миссия по Восточной Африке, входят: продолжающаяся аридизация (опустынивание) территорий, сокращение лесов, утрата биоразнообразия, водопользование. В 1997 г. намечено было открыть миссии при посольствах США в Ташкенте (Узбекистан), Сан-Хосе (Коста-Рика), Катманду (Непал), Аммане (Иордания), Аддис-Абебе (Эфиопия) и Бангкоке (Таиланд), а в 1998 г. — еще шесть миссий.

Environment. 1997. V.39. № 6.

Озеро Мухтель

В. М. Сапаев,

кандидат биологических наук

А. Н. Махинов,

доктор географических наук

Б. А. Воронов,

кандидат биологических наук

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
Хабаровск

ЭТО озеро затерялось на просторах юго-западного побережья Охотского моря. Его название имеет два варианта: *Мухтель* и *Мухтэля*. По мнению дальневосточного краеведа Г.Г.Левкина, перевод слова *мухтэля* с эвенкийского означает место, где всюду души предков, а с нивхского — неисчезающий ветер. Судя по развеваяющимся, словно флаги, кронам лиственниц на берегах озера, последнее толко-

вание показалось нам ближе к истине, хотя на новейших картах все же написано — Мухтель.

От бывалых людей приходилось слышать, что район озера — настоящее охотничье-рыболовное Эльдorado. В его заливах много лебедей, вдоль берегов бродят стада северных оленей, на каждом шагу встречаются медведи, а рыбы хватают блесну прямо в воздухе. Более того, в озере будто бы обитают одноглазые караси.

Экспедиция Приамурского географического об-

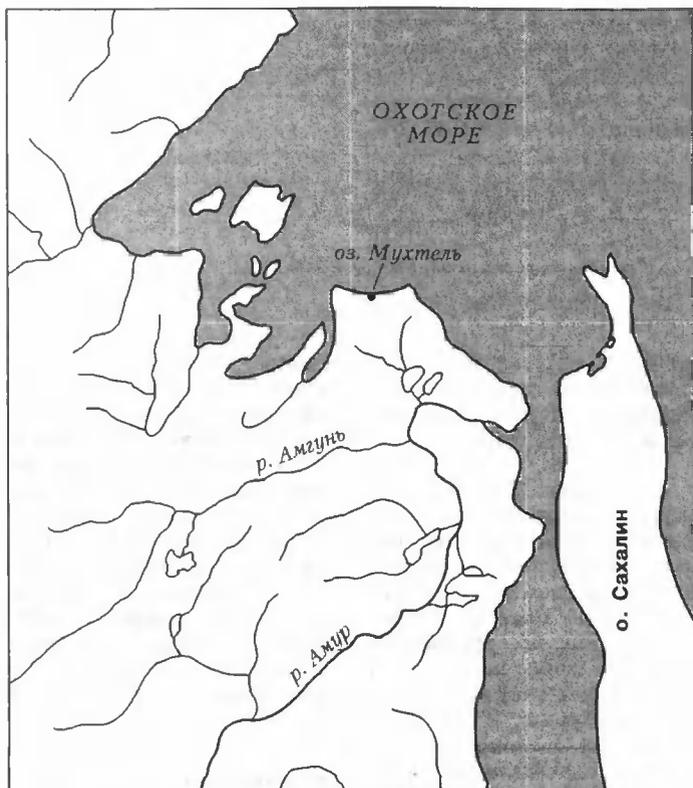
щества побывала на этом озере в августе 1995 г. В последние годы юго-западное побережье Охотоморья стало привлекать различные хозяйственные структуры, поскольку здесь действительно сосредоточены большие ресурсы рыбы, крабов, золота, платины и, возможно, нефти. Нашей задачей было обследовать эту часть побережья до активного хозяйственного использования

Уцелевший от пожара уголок побережья озера.

Фото В.М.Сапаева

© В.М.Сапаев, А.Н.Махинов, Б.А.Воронов





Географическое положение озера.

и дать предложения по рациональному использованию ее природных ресурсов.

Оз. Мухтель находится на берегу залива Александры. От райцентра Тугуро-Чумиканского района Хабаровского края оно удалено на 250 км, от Амура — на 110, а от ближайшего населенного пункта — пос. Многовершинный — на 60 км. Район озера труднодоступен. В прошлые времена до него добирались на оленях, преодолевая тайгу и горные перевалы, или приплывали по морю. Теперь сюда приблизились лесовозные просеки к пос. Многовершинный. Все чаще к озеру стали прилетать вертолеты.

Озеро представляет собой лагуну, почти полностью отделенную от моря береговым валом — косой Гилян. Длина озера составляет 10,8 км, ширина — 4,6 км, площадь — 28 км².

Максимальная глубина — 2,9 м. Озеро соединяется с морем протокой Дапту протяженностью 7 км. Течение в протоке реверсивное из-за влияния приливов. В озеро впадают несколько горных рек, включая самую крупную — Мухтель, а также около десятка равнинных водотоков, берущих начало в болотах. С озером соединяется узкая и протяженная (более 20 км) проточная лагуна Сан. Вода в озере солоноватая, но пригодная для питья.

Высота приливов на этом участке побережья составляет 2 м. На уровенный режим озера приливы влияют слабо, что объясняется значительным уклоном протоки Дапту и ее небольшой пропускной способностью. Однако осенью во время сильных штормов устье протоки полностью перекрывается валом из гальки и

уровень воды в озере поднимается на 1—1,5 м. Весной во время половодья он достигает максимальных отметок — до 2,5 м. В это время штормовой вал размывается, и сток в море восстанавливается.

Береговая линия озера слабо изрезана. Имеются лишь два мелководных залива. Берега можно разделить на три типа: обрывистые с галечно-валунным пляжем, отмелье с песчаными и песчано-галечными пляжами и заболоченные с нечетко выраженной береговой линией. Донные отложения формируются за счет поступления терригенных и биогенных наносов из бассейна озера и при абразии его берегов. Они представлены слоем вязкого ила толщиной более 20 см. Общее количество поступающего в него терригенного материала составляет

около 1200 т в год, что соответствует скорости осадконакопления 0.23 мм/год.

Равнина, окружающая озеро, образовалась в четвертичное время в результате аккумуляции морских отложений при формировании сложных береговых форм рельефа. Общая площадь ее около 500 км². Над уровнем моря она возвышается на 8—10 м. Среди плоской поверхности равнины, вдоль берега моря, протянулась серия параллельных друг другу древних валов высотой 5—12 м, образованных морем. Валы сложены мелким галечником с включением морских раковин.

В понижениях рельефа — днищах бывших лагун — располагается свыше 250 озер, которые занимают 17% территории равнины. В ее центральной части озера имеют округлую форму, а вблизи берега моря — вытянутую.

Большую часть равнины (60% площади) покрывают болота. Из них в центральной зоне преобладают верховые листовнично-сфагновые в сочетании с грядово-мочажинными, а в западной — в сочетании с бугристыми. Травяные болота узкими полосами приурочены к берегам рек и озер. На равнине, особенно вблизи оз. Мухтель, почти все водотоки имеют торфяные берега, а мелкие, вытекающие из озер, — торфяное ложе. Мощность торфяных отложений превышает 4 м. Торф характеризуется высоким качеством и значительными запасами.

Площади лугов незначительны. Они мозаично располагаются вдоль берегов рек и озер — выше полосы болот, вдоль древних морских валов и на косе Гилян. Самый крупный массив приморского луга (колоснякового) расположен именно на этой косе. Луг шириной от 10

до 300 м тянется более чем на 20 км. Основу травостоя образует колосняк (морской пырей), растут также осока, горец, дудник. Другие типы луговых ассоциаций занимают небольшие площади.

Лесная растительность представлена листовничным редколесьем на болотах, ленточными прирусловыми листовничниками вдоль рек и елово-лиственничными лесами с кедровым стлаником на древних береговых валах. Последние имеют ширину 0.1—1.5 км и тянутся на 20 км. Ныне большая часть этих лесов выгорела.

Подавляющее число озер дистрофны — видовой состав растений и животных в них ограничен, настоящих гидрофитов насчитывается семь видов. Относительно обильная водная растительность встречена лишь в двух эвтрофных водоемах — оз. Зарастающем и в протоке Сан.

Озера и водотоки в сочетании с болотами и участками влажных лугов создают единый водно-болотный комплекс, но особо продуктивных местообитаний, т.е. мест размножения, кормодобывания и убежищ, здесь не более 8% от общей площади пресных водоемов. Тем не менее на юго-западном побережье Охотского моря окрестности оз. Мухтель — наиболее крупный район сосредоточения водно-болотных местообитаний.

За период кратковременных наблюдений зафиксировано присутствие 83 видов птиц, в том числе 78 гнездящихся. Из них 34 вида водно-болотных, 26 лесных и 18 видов прочих. Из первой группы основные виды — серая цапля, кряква, чирки — свистунок и трескунок, шилохвость, кулик, чайки — тихоокеанская, озерная, речная крачка, лебедь-кликун; из хищных — белоплечий орлан.

Орнитологический комплекс данного района включает 26 видов (в том числе пролетные), имеющих статус редких и охраняемых. Основная достопримечательность района оз. Мухтель — многочисленная и самая крупная на юге Дальнего Востока колония лебедей и, видимо, самая высокая на Охотоморском побережье плотность населения белоплечего орлана. Мы насчитали в окрестностях озера 32 орлана и 10 их гнезд, а в его заливах более 150 лебедей.

Список млекопитающих животных насчитывает 36 видов. Из них промысловых — 15. Наиболее значимые для района — соболь, бурый медведь, горностай, выдра, северный олень. Оз. Мухтель — место первой на Дальнем Востоке акклиматизации ондатры. В 1939 г. около 300 зверьков доставили по морю и выпустили в заливы озера и протоку Сан. Этот район был выбран специально как наиболее изолированный от бассейна Амура, однако в начале 40-х годов ондатра все же туда проникла. Сейчас в районе оз. Мухтель ее мало. Акклиматизация из-за удаленности оказалась хозяйственно бесперспективной и несомненно биocenотически вредной.

Район оз. Мухтель — подлинно медвежий угол. Здесь много бурых медведей, часто встречавшихся нам в маршрутах. Условия для них прекрасные: обильные ягодные места, нерестилища горбуши, морские выбросы. В прошлом здесь был один из лучших на юге Дальнего Востока районов обитания северных оленей. Они совершали летние миграции к морю из соседних горно-таежных районов, находя обильные летние корма, солонцы и защиту от гнуса. Сейчас встречаются лишь одиночные особи и изредка



Оз. Мухтель отделено от Охотского моря узкой косой.

Фото А.Н.Махинова



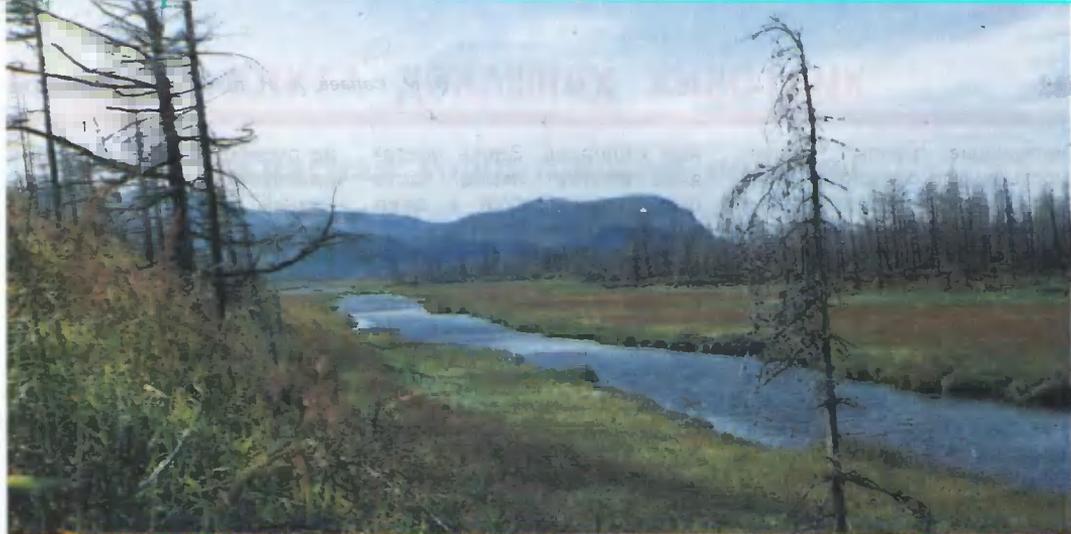
Несколько тысячелетий назад здесь было море, потом лагуна, а теперь — остаточные озера и болота.

Фото В.М.Сапаева

Белоплечий орлан — пернатый хозяин побережья.

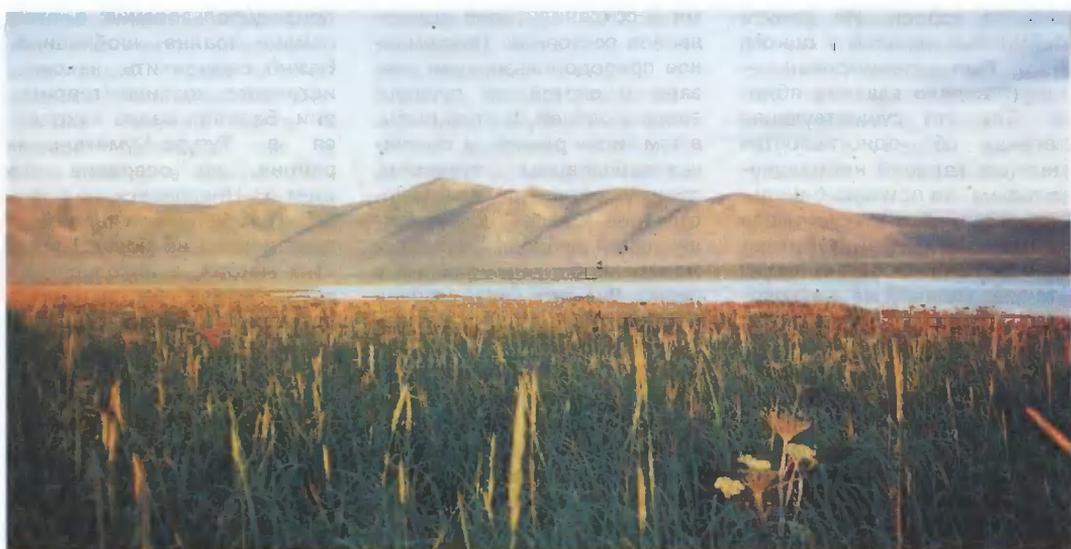
Фото Б.А.Воронова





Верхний участок протоки Сан — первое место акклиматизации ондатры в крае.

Фото В.М. Сапаева



Лука на косе Гилин состоят в основном из морского пырея-колосняка.

Фото Б.А. Воронова

На озере, как и вообще на Охотоморском побережье, закаты изумительны.

Фото Б.А. Воронова



небольшие группы. Численность дикого северного оленя существенно снизилась, чему способствовали лесные пожары, уничтожающие коренные местообитания.

В р. Мухтель через озеро заходит на нерест горбуша. Этим объясняется поражающее всех обилие в реке ленков, красноперки, пернатых и прочих хищников. Мухтель — видимо, одно из немногих и последних мест в регионе, дающее представление о естественном состоянии речной экосистемы.

В озере и в протоке Сан водятся караси. Из девяти пойманных карасей у одного глаз был травмирован — отсутствовало глазное яблоко. Так что существующая легенда об «одноглазых» местных карасей небезосновательна, но причина банальна: глаз был поврежден чайкой или цаплей. Обитающие здесь в изобилии птицы атакуют карасей на мелководье в момент икрометания. Такое наблюдается и на Амуре с той лишь разницей, что на огромных просторах пойменных разливов вероятность этого несравнимо меньше, чем на ограниченных площадях нерестилиц в протоке Сан, поэтому и травмированных рыб здесь больше.

Особую специфику природы района оз. Мухтель, высокую степень биоразнообразия и богатство ресурсов создает соседство двух крупнейших экосистем — морской и континентальной с разнообразием наземных ландшафтов. Береговые скалы, галечниковые пляжи, зоны осушки, бухточки рядом с болотами, лугами, лесами и пресноводными озерами благоприятствуют поселению и концентрации многих видов животных. Вблизи берегов происходят нерестовые перемещения морских рыб, что привлекает рыбацких

хищников. Здесь постоянно обитает нерпа, часто появляются белухи и даже крупные киты.

В прошлом на побережье залива Александры добывали рыбу, морского зверя, а в море — китов. (На берегах озера сохранились остатки слипов, сараев и барачков.) Сейчас идущую на нерест горбушу вылавливают в устье протоки Дапту.

Если ресурсы рыбы, зверя и птицы как-то подвергались эксплуатации, то экосистемы оставались до недавнего времени малозатронутыми и сохранили свое естественное состояние. Современное природопользование связано с охотой на пушного зверя и оленей, ловлей рыбы, в том числе речной, и охотничье-рыболовным туризмом, преимущественно для иностранцев. К косе Гилин подходят порой рыболовные суда, и моряки на баркасах заходят в озеро. Лет пять назад именно команда одного из рыболовных сейнеров учинила здесь небывалый ранее пожар, нанесший огромный ущерб. На равнине, да и на склонах ближайших гор, остались не выгоревшими лишь небольшие участки леса. Степень поражения леса и почвы на древних морских валах оказалась катастрофической. Для полного восстановления потребуются не одно столетие. Но, несмотря на это, состояние биологических ресурсов по отдельным составляющим пока еще близко к естественному. Рыбные ресурсы, нерестилища, колонии водно-болотных и морских птиц многочисленны и не имеют признаков деградации.

Хотя интенсивность отстрела птиц еще невелика, воздействие этой, по сути нерегламентированной, охоты в местах, где происходит концентрация и размножение дичи, несет скрытое негативное воздействие. Уже замет-

но пугающее некоторых птиц присутствие на берегу охотничьей базы; передвижение моторных лодок, особенно по протоке Сан, вызывает хаотическое поведение птиц. Далеко не безобиден шум вертолета, при котором лобеды в панике покидают озеро. Но особую тревогу вызывает вероятность разработки россыпного золота в бассейне р. Мухтель, а также приближение лесовозных просек и неизбежное в связи с этим массовое вторжение армии охотников и рыболовов. Поэтому оптимизация природопользования в этом районе крайне необходима. Важно определить, наконец, истинного хозяина территории. Бассейн озера находится в Тугуро-Чумиканском районе, но освоение его идет из Николаевского района. Чумиканская инспекция практически не появляется в этих местах, а Николаевской здесь вроде бы и нечего делать.

Среди нескольких районов юго-западной части Охотоморского побережья, выделяющихся по биоразнообразию и ресурсному потенциалу, район оз. Мухтель занимает особое положение благодаря обилию пресноводных водоемов и сочетанию разнообразных биотопов. Значение этого района возрастает в начале лета, когда Удская губа, Тугурский, Ульбанский заливы и вся прилегающая часть моря покрыты льдами. В этих условиях береговые биотопы озера принимают на себя часть населения птиц, проводящих основную часть времени в других местах побережья. Поэтому территорию бассейна следует рассматривать в тесной связи с соседними районами как важнейшее звено эколого-фаунистического каркаса всего Охотоморского побережья.

Красная горбатовская порода крупного рогатого скота

Ю. А. Столповский,

кандидат биологических наук

С. В. Уханов,

кандидат биологических наук

Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН

Москва

ТАМ, где Волга разделяет Восточно-Европейскую равнину на возвышенное Правобережье и низинное Заволжье, простирается знаменитая нижегородская земля, когда-то Суздальско-Нижегородское княжество. Именно здесь в первой половине XIX в. была выведена красная горбатовская порода крупного рогатого скота, о которой пойдет речь в нашей статье.

Если бы мы с вами путешествовали в XIX в. по Богородской волости Горбатовского уезда Нижегородской губернии и захотели испробовать парное молочко от местных коровушек, то наверняка удивились бы тому, что в глубинке Российской империи крестьяне называют своих коров «тирольками». А это исторический факт. Дело в том, что отечественная «горбатовка» своим появлением на свет во многом обязана тиролямскому скоту. Говоря научным языком, красная горбатовская порода выведена на основе поглотительного скрещивания местного приокского скота с тирольским, а точнее дукским и циллертальским типами из провинции Тироль Южной Австрии. Тирольский скот попал в Нижегородскую губернию благодаря инициативе графа В.П.Шереметьева, который высоко ценил

тирольский скот и активно распространял его в своем имении «Лазарево». Принято считать, что красная горбатовская порода — продукт народной селекции. Хотя справедливее считать, что одна из лучших отечественных пород крупного рогатого скота возникла благодаря удачному сочетанию методов народной селекции с возможностями и талантом скотозаводчика графа Шереметьева.

Помимо тирольской породы, местного приокского скота, заметное влияние на горбатовку оказал фюненский скот — прародитель красного датского скота. Перед первой мировой войной на фермы Богородской волости завезли пять быков этой породы, но использовали их относительно недолго, так как вскоре выяснилось, что большинство животных болели туберкулезом. Однако в истории происхождения красной горбатовской породы фюненские быки оказали свое, к сожалению, отрицательное влияние. Этот скот отличался от горбатовки низкой жирномолочностью, и потому в некоторых стадах красной горбатовской породы жирность молока снизилась. Парадоксально, но в 70-х годах нашего столетия потомки фюненского скота вновь «испортили кровь» горбатовки и серьезно повлияли на дальнейшую судьбу породы. Действительно, иногда

история повторяется дважды... но об этом чуть позже.

Тирольский скот завозился и в другие губернии России, однако ни в одной из них он не оказал такого сильного влияния на местный скот, как в Нижегородской. Причина, видимо, в том, что только в этой губернии тирольский скот использовали в качестве улучшающей породы более 20 лет. При этом в крестьянские стада, в которых тирольский скот скрещивался с местным, не допускали представителей каких-либо других пород. Так, в Богородской волости образовались стада из помесей местного скота с тирольским.

Среди гибридов проводили отбор в основном по признакам молочности и жирности. В те времена еще не было методов и приборов, определяющих жирность молока у животных, поэтому о ней судили по величине отстоя сливок. Этот весьма верный народный метод определения качества молока в полевых или домашних условиях мы применяем и по сей день.

Крестьяне при отборе животных для своих хозяйств обязательно обращали внимание на экстерьер, а в большей степени на масть и ее оттенки. По литературным данным, еще в начале нашего столетия во многих деревнях Богородской волости встречались «пеструшки» и



Красная горбатовская порода
Bos taurus brachycephalus.

«буренки», но затем они исчезли. Дело в том, что по масти, как одному из характерных признаков скота, крестьяне судили о породности животных. Если животное имело красную «рубашку» — милости просим во двор для разведения. Животных пестрой масти, как это ни прискорбно, отправляли на бойню. Особое внимание обращали на масть быков, которая должна была быть красной или вишнево-красной. Быков с белыми отметинами, как правило, не использовали, а коров оставляли на племя, только если отметины находились в нижней части живота.

Таким образом, в те времена, может быть, не совсем осознанно, при создании новых пород животных, применялся один из эффективных методов современной зоотехники, который ныне имеет весьма звучное и мудреное название — разведение «в себе». Это означает

отбор и подбор животных только внутри определенного массива (стада) без привлечения животных извне. Длительное разведение помесей тирольских и местных животных «в себе» в конечном счете и привело к появлению красной горбатовской породы (краниологический тип *Bos taurus brachycephalus*).

Животные получились удивительные! Смешение заморской крови породистых тирольцев с непритотливыми, привычными к местным условиям аборигенами, породило сначала «гремучую смесь», но затем... Многолетний отбор увенчался созданием одной из лучших комбинированных, т.е. сочетающих в себе превосходные молочные и мясные качества, пород России.

С первого взгляда горбатовские коровы мало кому понравятся, особенно если встреча произойдет на современной российской ферме. Громоздкие, какие-то

нескладные, с прямоугольным округлым туловищем на относительно коротких ногах, выпирающим подгрудком, широкими грудью и крупом, толстой и короткой шеей; от подбородка у этих животных свисает зубная складка кожи, подобная той, что есть практически у всех пород индийского скота — зебу. Морда (про такую говорят, будто вырубил топором) прямоугольная, одинаково скуластая и лобастая, с живыми глазами; смешно оттопырены уши. «Тяжелую» голову венчают небольшие рога, в современных стадах самых невероятных форм. Наиболее типичны рога, направленные в сторону и вперед, похожие на печной ухват. В целом, если рассматривать отдельные признаки горбатовки, какое-то изящество в экстерьере лицезреть трудно. Любоваться этими животными надо на пастбище, на пойменных лугах реки Оки. На воле



Жилейка — одна из рекордисток племзавода «Зименки» Владимирской области.

горбатовки преобразуются. Куда исчезает угловатость и бочкообразность форм? Сильные, мощные, грациозные животные вишнево-красного цвета в море зелени, росы — удивительного очарования, присущего заливным лугам, — настолько органично сливаются с окружающим их миром, что порой кажется — так было, так есть и так будет всегда.

Древние породы животных имеют разную историю и судьбу, но их всех объединяет, как правило, два общих эволюционных этапа. Первый — собственно период выведения — длительный и сложный; порой не одно поколение людей отбирает, пестует животных, прежде чем неоднородная разномастная группа консолидируется и приобретет характерные

признаки, присущие породе. Второй — назовем его период расцвета — животные той или иной породы охотно разводятся и распространяются в другие географические районы. Различия в судьбах проявляются на третьем этапе. По объективным, а еще больше субъективным причинам многие породы сельскохозяйственных животных исчезают.

Принято считать, что основная причина вымирания породы кроется в несоответствии продуктивности современным требованиям. Если продуктивность животных не удовлетворяет экономическим требованиям, то такие породы либо исчезают (или поглощаются, в лучшем случае становятся прародителями новых пород, в худшем — синтетических популяций) либо выживают, адаптируются к новым условиям и приобретают статус коммерческих (заводских) пород. В том или ином случае судьба

породы находится в руках человека, он решает быть или не быть этим животным на Земле. Парадоксально, но история животноводства показывает, что решение (гласное или негласное) о перспективности породы принимают люди, которые, как правило, не имеют ни малейшего отношения к ее созданию и частенько не знают истинного генетического потенциала продуктивности и других положительных свойств той или иной породы.

Судьба «героев» этого очерка полностью соответствует описанному выше первым двум этапам, что нельзя сказать столь однозначно о третьем периоде эволюции красной горбатовской породы.

В 1926 г. Наркомзем СССР вынес специальное постановление о признании красного горбатовского скота самостоятельной отечественной породой. В Госу-

дарственной племенной книге, в том же году утвержденной, были представлены выдающиеся животные горбатовской породы. В 30-е и 50-е годы красный горбатовский скот стал активно распространяться в соседнюю Владимирскую область, главным образом в Муромский, Гороховецкий и Вязниковский районы, а затем в Ивановскую область и Чувашию. Приволжские районы нуждались в молоке, мясе и хорошей коровьей коже. Горбатовка как никакая другая отвечала требованиям волжан. Неслучайно 24 племенных завода занимались ее разведением. Среди них наиболее известны нижегородский совхоз «Богородский» и владимирский племенной завод «Зименки». В то время раз в три-четыре года проводились выставки животных, что, безусловно, прибавляло породе популярность и способствовало ее совершенствованию.

Красная горбатовская среди отечественных пород крупного рогатого скота — одна из самых жирномолочных: ни в одном из литературных источников не указывается процент жира в молоке ниже 3.83%. По количеству молочного белка горбатовка входит в тройку лучших среди отечественных пород. В 1954 г. на одной из выставок, проводившейся в «Тимирязевке», красная горбатовская по белку опередила ярославских и тагильских коров — признанных лидеров по этому показателю в отечественном животноводстве.

Высокое содержание в молоке горбатовских коров белка (3.57—3.98%), жира (4.1—4.4%) и сухих веществ (12.12—13.83%) — наиболее ценные признаки породы. В породе есть свои рекордистки. От коровы Калинка за 9-ю

лактацию надоили 5665 кг молока с жирностью 4.22%, от коровы Лента за 305 дней 4-й лактации — 10218 кг молока с 4.2% жира, а от коровы Балерина (племязавод «Зименки») за 16 лактаций — 68546 кг молока с 3.83% жира. Поразительный пример долголетия и продуктивности — не корова, а маленький молочный заводик!

Помимо молочной продуктивности красная горбатовская обладает и хорошими мясными качествами. Средняя живая масса коров составляет 476 кг, встречаются крупные животные — 600 кг. Бычки горбатовки в опытах по породоиспытанию превосходили животных черно-пестрой, симментальской и швицкой пород по крепости и толщине кожи, химическому составу и калорийности мяса — убойный выход их составлял 62.7%.

Наряду с этим горбатовка прекрасно приспособлена к местным условиям, обладает крепкой конституцией, устойчива к распространяемым среди заводских пород заболеваниям, таким как туберкулез, инфекционный мастит, бруцеллез, лейкоз. По свидетельству специалистов, даже помесные животные с кровью красной горбатовки значительно реже болеют лейкозом.

Однако все эти положительные качества и свойства, так хорошо известные селекционерам, не спасли горбатовку от поглощения. Как уже не раз бывало в отечественном животноводстве, вместо дальнейшего совершенствования отечественной породы, чистопородного разведения красного горбатовского скота вновь была выбрана практика непродуманных «улучшающих» скрещиваний или межпородной гибридизации, которая в конечном счете привела к почти полно-

му «генетическому» истреблению горбатовки.

Мы уже говорили об отрицательном эффекте, полученном при скрещивании горбатовского скота с красным датским (фюненский скот). Однако этот опыт не остановил власть имущих чиновников: руководства племенных служб Нижегородской, Владимирской областей получили директиву о нецелесообразности чистопородного разведения красной горбатовской породы. Выполнение этого решения проводилось варварскими методами — так, хранившееся семя от элитных быков-производителей, особо не мудрствуя, попросту заставляли выбрасывать на улицу, а племенным службам районов запрещалось содержать и оставлять на племя чистопородных быков. Эти хозяйства были вынуждены перекрывать свои стада семенем других пород, закупленным, и за немалые деньги, за рубежом. Именно скрещивания красной горбатовской породы с иностранными — красной датской и англеской, — проводимые с конца 70-х до 90-х годов, основательно истребили одну из лучших наших отечественных пород крупного рогатого скота.

Если на 1 января 1968 г. численность красной горбатовской породы составляла 224 622 головы, то, по данным Б.П. Завертяева и др., к началу 80-х — лишь около 3000. Сегодня порода находится в критическом положении. В 1995—1996 гг. совместно с сотрудниками Пуцинского биологического центра РАН мы обследовали более 2000 голов пяти хозяйств Нижегородской и Владимирской областей, в том числе и хозяйств, официально оставшихся со статусом племенных по красной горбатовской породе, — «Бо-

городский», «Абабковский» и «Зименки». Выводы, сделанные в результате этих экспедиций, получились малопривлекательные: генеалогический, фенотипический анализы поголовья (именуемого в официальных источниках как чистопородные животные красной горбатовской породы) продемонстрировали, что эти стада представляют собой синтетические популяции. Основу современных популяций крупного рогатого скота, относимых к красной горбатовской породе, составляют помеси или межпородные гибриды различной кровности (красная горбатовская с красной датской, англеской, черно-пестрой). Почти все исследуемые стада племенных хозяйств подразделялись по фенотипу на три группы: животные, напоминавшие красную горбатовскую породу, красную датскую и промежуточные фенотипы. В зависимости от продолжительности использования семени быков других пород процентное соотношение тех или иных фенотипов в стадах варьировало. Там, где не совсем «добросовестно» использовали иностранное семя или не использовали вовсе в некоторых отдаленных хозяйствах, встречаются типичные по экстерьеру горбатовские коровы. Таких животных, как правило уже старых, мы обнаружили около сотни.

Масть современной горбатовки преимущественно красная, иногда вишнево-красная. У быков по сравнению с коровами в большинстве случаев более темная окраска в области головы и шеи. У коров встречаются белые отметины, как правило, на вымени; белая и кисть хвоста. Носогубное зеркало горбатовки бывает розового или желто-розового цвета. Очень часто встречаются помеси того или другого поко-

ления с темноокрашенным носовым зеркалом. Среди гибридов много животных красно-пестрой, черной и черно-пестрой масти. Сложившийся «колор» весьма напоминает разномастье, которое наблюдали в Нижегородской губернии в XIX веке. Все вернулось на круги своя...

Всем хорошо известно, что основная структурная единица в системе живых организмов — вид. В нашем случае виды животных исчезают в результате физического истребления или разрушения среды их обитания. Некоторые породы также исчезли, потому что животных вырезали. Но есть и другие случаи, когда вполне осознанно ведется «генетическая борьба» с животными и они исчезают в результате полной метизации (межпородной гибридизации и т.п.)

Скрещивание (гибридизация) между породами — зоотехнические приемы для выведения новых пород и, в случае удачного сочетания животных, для получения так называемых гетерозисных животных, как правило гибридов первого поколения (F_1), которые отличаются повышенной продуктивностью и жизнеспособностью. В ряде отраслей животноводства (особенно в птицеводстве) такие гибриды используются весьма эффективно, естественно, что для их воспроизводства сохраняются родительские формы.

Но в случае с горбатовкой (к сожалению, не только с ней) вместо новой породы или промышленных гибридов F_1 получилось помесное стадо, в котором потеряна и адаптивность местной породы, и высокая продуктивность улучшающей.

В связи с этим возникает логичный вопрос. Почему красную горбатовскую, которая в 60—70-х годах реально была конкурентоспособна и

мало в чем уступала своим иностранным и отечественным аналогам, постигла участь поглощения? Думается, у многих селекционеров, генетиков, специалистов сельского хозяйства есть свои варианты ответа — от «экстремистских» до «биосоциальных». Нам кажется, что в стратегии по перекрытию отечественных пород иностранными прежде всего недооценивался целый комплекс положительных показателей: адаптационные способности, зависимость породы от местных условий содержания и кормления, устойчивость аборигенных животных к большому числу болезней и т.п. С генетической точки зрения почти никогда при решении о скрещивании пород не учитывались так называемые генные ассоциации, которые собственно и лежат в основе породности тех или иных групп животных. С селекционных позиций, сочетаемость пород при межпородной гибридизации оставляет желать лучшего: при скрещивании местной и «улучшающей» пород последняя не всегда была представлена элитными быками. Еще одно обстоятельство, на которое обращали и обращают внимание сегодня, — это количество полученного молока без учета его качества.

Так это или нет — тема отдельной дискуссии. В нашем случае остается факт генетического истребления красной горбатовской породы. Быть или не быть этой породе — вопрос не риторический, а сугубо практический. Если два года назад ситуация, сложившаяся вокруг горбатовки, казалась нам безысходной (порода стремительно исчезала), то сегодня наши надежды связаны с программой восстановления и сохранения горбатовки, которая родилась в недрах

различных научно-производственных коллективов. Отсюда, что программа активно поддерживается селекционерами Нижегородской и Владимирской областей. Возможно, красная горбатовская будет первой в нашей стране породой, которая преодолет забвение, сможет восстановиться и вновь занять достойное место среди молочных пород крупного рогатого скота России.

В деле восстановления и сохранения горбатки неоценимы исследования генетической структуры красной горбатовской породы, выполненные целым поколением отечественных ученых. Работы В.Ф.Красоты (1970), А.П.Слепченко (1974), Б.П.Завертяева и В.Н.Смирнова (1984) и многих других показали своеобразие породы, во многом связанное с ее генеалогическими корнями. Так, при анализе генетических дистанций между различными редкими исчезнувшими и исчезающими молочными и молочно-мясными

породами крупного рогатого скота горбатка (как ярославская порода и якутский скот) заняла особое место и выделилась в отдельный кластер. Исследования эритроцитарных антигенов в наиболее информативной В-системе групп крови выявили 82 аллеля, что говорит о высокой генетической разнородности, которая и обеспечивала оптимальную гетерозиготность популяций. У животных красной горбатовской породы обнаружен своеобразный аллелофонд, представленный уникальными аллелями GOA¹, G, O¹, T¹, Y², E³, G¹, V¹. Определены генетические различия между линиями внутри популяций и, что очень важно, установлены характерные аллели групп крови для основных линий породы «малыш», «вожак», «авиатор» и «голиаф». Анализ полиморфных белков крови показал, что у красного горбатовского скота, как и у большинства европейских пород, распространен главным образом гемоглобин

типа А, по трансферрину установлено шесть фенотипов, которым соответствует такое же число генотипов. На основе полученных данных легко вычислить генетический профиль, который наряду с экстерьерными признаками может стать отправной точкой при воссоздании породы, линий и семейств.

Очевидно, что породу необходимо воссоздать и сохранить. Сумеем ли мы объединить свои усилия и создать систему финансовой поддержки и правовой защиты процессу сохранения сельскохозяйственных животных — покажет время. А пока мы можем сообщить читателю, что впервые за последние десятилетия под патронажем российской ассоциации «Племзавод» отобраны и оставлены на племя молодые бычки красной горбатовской породы. История горбатки продолжается?!

Работа поддержана научной школой профессора И.А.Захарова.

КОРОТКО

● Японское управление по науке и технике решило создать крупнейшую в мире установку, позволяющую имитировать эффекты подземных толчков. Платформа (15x20) м² опирается на 24 поршня, каждый из которых подключен к компьютеру. Это дает возможность воспроизводить условия, характерные для сотрясений самых различных типов и мощностей.

На платформу можно помещать крупногабаритные модели зданий и сооружений и подвергать их искусственным землетрясениям. Меньшие по масштабам модели, имеющиеся сейчас в распоряжении сейсмологов и строите-

лей, обычно плохо воспроизводят напряжения и силы, которые воздействуют на здания в реальных условиях.

На создание установки ассигнован эквивалент 170 млн англ. ф.ст.; ее строительство планируется завершить к 2004 г.

New Scientist. 1997. V.156. № 2103. P.15 (Великобритания).

● После многолетних переговоров правительство КНР разрешило в августе 1997 г. развернуть сеть метеостанций на территории Тибета для наблюдения за возникновением муссонов. С апреля 1998 г. 10 автомати-

ческих метеостанций начинают регистрировать температуру и влажность воздуха, энергию ветра, потоки воды и другие параметры атмосферы районов Гималаев, мало изученных в этом аспекте. По мнению ученых, именно на Тибетском плато формируются муссонные дожди, от которых зависит урожай. и само существование многомиллионного населения Юго-Западной Азии. В создании этой новой сети, именуемой «Asian Monsoon Experiment», участвуют 10 стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

New Scientist. 1997. V.155. № 2093. P.19 (Великобритания).

Пожары сибирской тайги

Е. А. Ваганов, В. В. Фуряев, А. И. Сухинин



Евгений Александрович Ваганов, доктор биологических наук, академик Российской академии наук, директор Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Область научных интересов — экология древесных растений, дендрохронология, экологическое моделирование.

Валентин Васильевич Фуряев, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лесной пирологии того же института. Основное направление исследований — анализ последствий лесных пожаров, их роли в лесообразовательном процессе.

Анатолий Иванович Сухинин, кандидат физико-математических наук, заведующий сектором аэрокосмических методов исследования леса того же института, специалист в области физики горения растительных материалов. Занимается мониторингом лесных пожаров, руководит российско-американским проектом «Красноярская подсистема космического мониторинга лесных пожаров в Средней Сибири».

МАСШТАБ воздействия лесных пожаров на биосферу Земли без сомнения относит их к глобальным явлениям. Около половины мировой площади бореальных лесов (до 600 млн га) приходится на Россию. Большая часть их расположена в Сибири. Природные пожары — важный экологический фактор динамики ее лесного покрова. Они значительно влияют на биоразнообразие, возрастную структуру древостоев, соотношение видов, потоки энергии и биогеохимические циклы в лесных экосистемах. Более 30 тыс. лесных пожаров регистрируется на территории России ежегодно, при этом повреждаются леса на площади 2—3 млн га. В экстремальные годы площадь пожаров в бореальных лесах Евразии увеличивается до 10 млн га и более. Например, в 1987 г. пожарами была охвачена площадь в 16 млн га. Большинство пожаров концентрируется в области интенсивной эксплуатации лесов. Это усиливает их влияние на сырьевые базы лесозаготовительных предприятий. Выбросы в атмосферу аэрозолей при крупных таежных пожарах соизмеримы с вулканической деятельностью. Эмиссия в 40 Мт/год углерода в результате пожаров в лесах России дополняется эмиссией углерода в виде углекислоты вследствие разложения и минерализации погибшей растительности на огромных площадях гарей. Не менее существенное влияние оказывает и эмиссия таких разрушающих озоновый слой атмосферы газов, как метилбромид и метилхлорид. Оценки для метилбромида показывают, что его источник (до 50%) в атмосфере — пожары лесной растительности. Увеличение пожаров в бореальных лесах Евразии рассматривается как важнейший фактор нарушения баланса между депонированием и эмиссией углерода.

Таблица 1

Обобщенные для территории России характеристики лесных пожаров разных видов (по: Исаев А.С., 1995; Korovin G.N., 1996)

Оценки	Вид лесного пожара		
	верховые	низовые	подземные
Площади лесного фонда, пройденные пожарами разных видов, %	22	77	1
Масса сгорающей органики, т/га	30	12	120
Эмиссия углерода с территории лесного фонда России, Мт/год	9.3	29.1	0.66

КЛАССИФИКАЦИЯ

В зависимости от объектов горения различают три основных вида лесных пожаров: низовые, верховые и почвенные, или подземные¹. При низовых пожарах выгорает подстилка и часть гумусового слоя, напочвенный покров, подлесок с кустарниковым ярусом, валежник и оставшиеся после вырубki пни. Настоящая катастрофа для леса — верховые пожары, при которых горят как нижние, так и верхние ярусы древостоя. Почвенные, или подземные, пожары отличаются медленным, очень устойчивым распространением горения в торфяных залежах болот и заболоченных лесов, характеризуются наиболее значительными потерями органики из лесной экосистемы, хотя их относительная частота невелика (табл.1). Основной вклад в эмиссию углерода и разрушение органического вещества лесных экосистем России вносят низовые пожары, которые значительно преобладают и по площади распространения².

Вид и характер лесного пожара зависят от типа леса. Для сосновых боров с напочвенным покровом из мхов, лишайников, брусники характерны низовые пожары. В еловых, а особенно елово-пихтовых, лесах с мощной подстилкой и грубым гумусом низовой пожар может полностью сжечь напочвенную органику и перекиннуться в верхние ярусы. Возникновению и распространению верховых лесных пожаров препятствует разреженность

леса и наличие в нем разрывов в виде болот, озер, лугов и т.д.

Распространение лесного пожара определяется скоростью продвижения его кромки, высотой пламени, температурой и количеством тепла, выделяемого одним метром кромки за единицу времени. Скорость распространения и форма фронта во многом зависят от рельефа местности, наличия естественных и искусственных преград. При верховых пожарах нагретый воздух и продукты горения вызывают восходящие потоки и образование конвекционных колонок, увеличивают приток воздуха в зону горения и порождают ветер, усиливающий пожар. Прямые измерения показывают, что при горении поток выделяемого тепла может достигать 8—12 МВт. При таких значениях тепловыделения очевидны сложности, возникающие при тушении пожаров.

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И КЛИМАТ

Лесные пожары — явление сезонное. Первые пожары возникают со сходом снега весной и продолжаются до его выпадения осенью. Интегрируя статистические данные их сезонной активности в зональных лесных экосистемах России, специалист в области лесной пирологии Г.Н.Коровин³ получил четкую картину меридиональной изменчивости их частоты. Выделяются четыре типа распределения частоты пожаров:

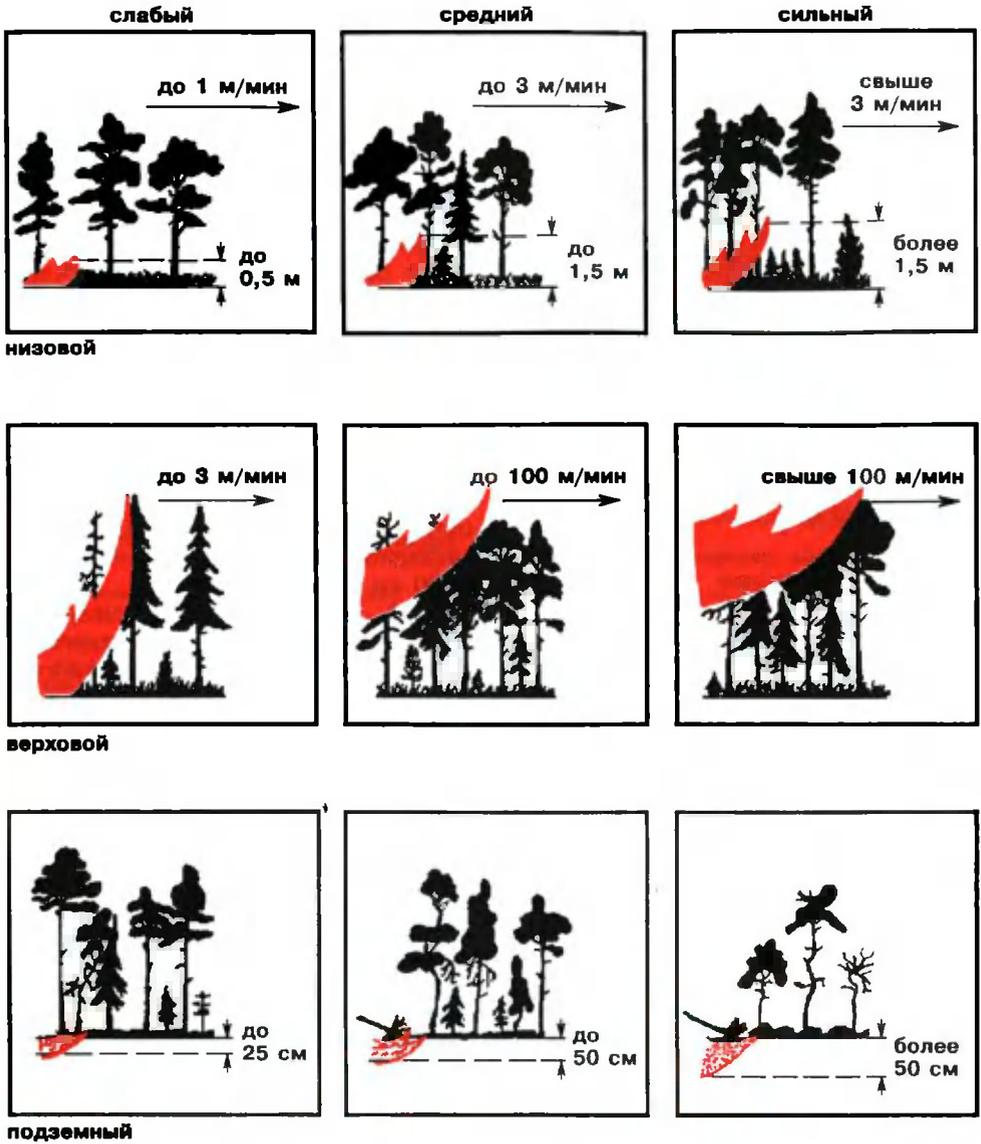
— с узким временным интервалом в сезоне, когда лесные пожары отмечаются с середины мая по июль (северная тайга);

— с гораздо большим интервалом, охватывающим 3—4 мес., но с

¹ Мелехов И.С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск, 1947.

² Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И. и др. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М., 1995.

³ Korovin G.N. Analysis of distribution of forest fires in Russia // Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia Goldammer J.C., Furyaev V.V. Eds. Dordrecht—Boston—London, 1996. P.112—128.



Классификация пожаров по интенсивности (по: Курбатский Н.П. Техника и практика тушения лесных пожаров. М., 1972).

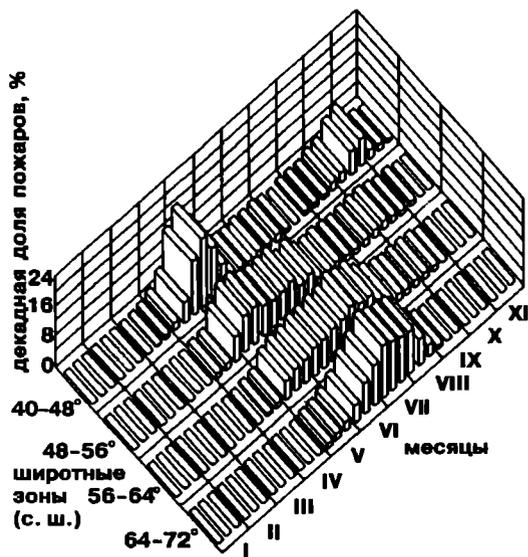
четко выраженным максимумом в июне—июле (средняя и южная тайга).

— с выраженным максимумом в начале сезона: вторая половина апреля — июнь (лесостепные районы);

— с наличием двух пиков, приходящихся на начальный и завершающий периоды сезона (такое распределение

лесных пожаров характерно для более южных районов, где проявляются черты субтропического, муссонного климата и в самые жаркие месяцы выпадает наибольшее количество годовых осадков).

Анализ сезонного распределения лесных пожаров показывает, что их возникновение тесно связано с климатическими факторами. Для лесов России член-корреспондент ВАСХНИЛ В.Г.Нестеров ввел комплексный показатель пожарной опасности (ПО) пого-



Распределение лесных пожаров за десятидневные периоды в различных широтных зонах России.

ды, вычисляемый как «сумма произведений суточной температуры на разность текущей температуры и температуры точки росы каждого дня за число дней после последнего дождя»⁴. В США и Канаде успешно используются дневной и месячный показатели ПО, вычисляемые на основе суточной температуры воздуха, скорости ветра, относительной влажности воздуха, количества осадков. Сравнение этих показателей (североамериканских и Нестерова) выявило их высокое совпадение для лесов Сибири и Канады⁵. Бесспорно, что пожарная опасность определяется главным образом температурой воздуха и влажностью горючих материалов в лесу.

НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ КОСМОСА

Физическая основа оценки пожарной опасности позволяет успешно использовать космические аппараты и

в ее мониторинге. Излучение в длинноволновом спектральном диапазоне (ИК-диапазоне) существенно зависит от температуры и влажности подстилающей поверхности. Установка радиометров высокого разрешения (AVHRR — Advanced Very High Resolution Radiometer) на американских спутниках серии NOAA позволила получать информацию об оптических характеристиках растительности. Ее отражение и собственное излучение в диапазоне длин волн 0.6–12 мкм дает возможность оперативно количественно оценить динамику температуры и относительной влажности растительности по текущим космоснимкам. Например, для территории Сибири⁶ такие операции можно производить шесть раз за сутки для полосы 52–68° с.ш., т.е. меридиональной протяженностью — 2400 км.

С помощью радиометрической аппаратуры высокого разрешения, используя регистрацию отраженного сигнала в диапазоне длин волн 3.6–3.8 мкм, удается успешно обнаруживать и регистрировать сами лесные пожары.

Дешифрирование космических снимков позволяет⁷ выявлять пожары и возникающие после них гари площадью более 200 га. Использование комбинации красного, ближнего инфракрасного и теплового диапазонов автоматизирует этот процесс. Учет площадей, пройденных пожарами, особенно важен для неохраямой территории, которая составляет около трети от общей площади лесов России.

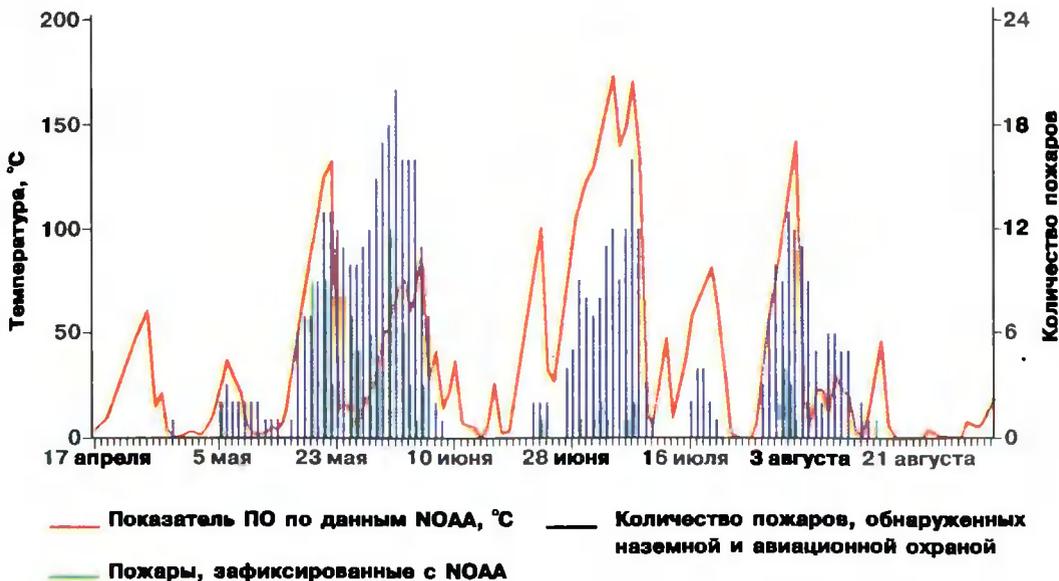
Крупные лесные пожары фиксируются из космоса по дымовым шлейфам и по тепловому контрасту между излучением кромки огня и примыкающего к ней леса. Такие пожары наносят огромный ущерб лесу, а достаточных средств борьбы с ними в настоящее время почти нет. Поэтому

⁴ Нестеров В.Г. Наставления по определению пожарной опасности погоды и горимости лесов водоохранной зоны. М.; Л., 1946.

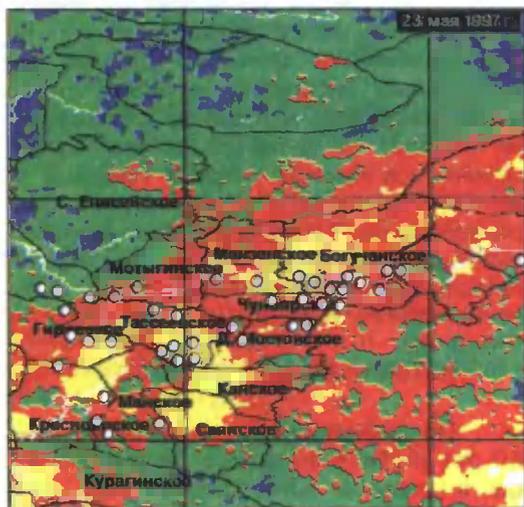
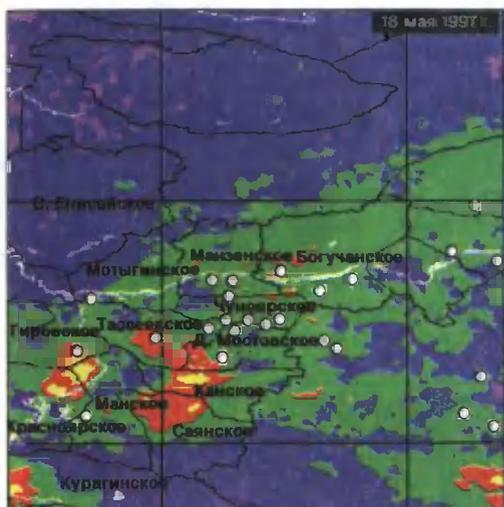
⁵ Stocks B.J., Lynham T.J. Fire weather climatology in Canada and Russia // Fire In Ecosystems of Boreal Eurasia. P.481–487.

⁶ Сухинин А.И. // Сиб. экол. журнал. 1996. Вып.3. № 1. С.85–91; Сухинин А.И. // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Спутниковые системы связи и навигации». Красноярск, 1997. Т.3. С.112–121.

⁷ Фурьев В.В. // Исслед. Земли из космоса. 1993. № 4. С.83–93.



Сезонная динамика показателя пожарной опасности (ПО) и числа пожаров, зафиксированных по спутниковым данным и наблюдениям авиабазы (Богучанский район Красноярского края). Видно, как увеличение индекса ПО (т.е. суммы температур подстилающей лесной растительности в каждом элементе изображения, накопленной за период без дождей) синхронно совпадает с увеличением числа возникающих пожаров для территории подзоны средней тайги.



Границы авиаотделений ○ Пожары
 Класс пожарной опасности 1 2 3 4 5 6

Снимки, сделанные с помощью радиометров, установленных на американских спутниках. За пять дней без дождей на одной и той же территории Красноярского края произошли существенные изменения: возросло число лесных пожаров при изменении пространственного распределения показателя пожарной опасности.

наряду с количественной оценкой пожарной опасности очень важен поиск лесных пожаров на ранних стадиях развития, когда их размеры еще невелики и успешная борьба с ними возможна даже при отсутствии наземных транспортных путей. Предполагалось, что радиометрическая аппаратура с пространственным разрешением в 1,2 км не пригодна для решения этой задачи. Методические поиски, предпринятые в нашем институте, были направлены на реализацию идеи канадских пирологов⁸ по регистрации мощности теплового излучения от пожара в сочетании с его пространственными размерами. Использование комбинации измерений в двух каналах спутникового радиометра (для длин волн в 3,5 и 12 мкм) показало⁹, что при этом удастся по космическому снимку идентифицировать пожары площадью до 6 га. Это — существенный шаг вперед в обнаружении пожаров на ранних стадиях развития, что повышает эффективность борьбы с ними.

Мониторинг лесных пожаров с помощью спутников позволяет получить информацию об их динамике за короткие промежутки времени. Данные за длительные интервалы времени столь же необходимы, например, для ответа на вопрос, как изменялась или будет изменяться частота лесных пожаров в связи с ожидаемыми глобальными или региональными изменениями климата. К счастью, частоту таких пожаров можно изучать как по прямым данным, так и по косвенным источникам.

ИСТОРИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

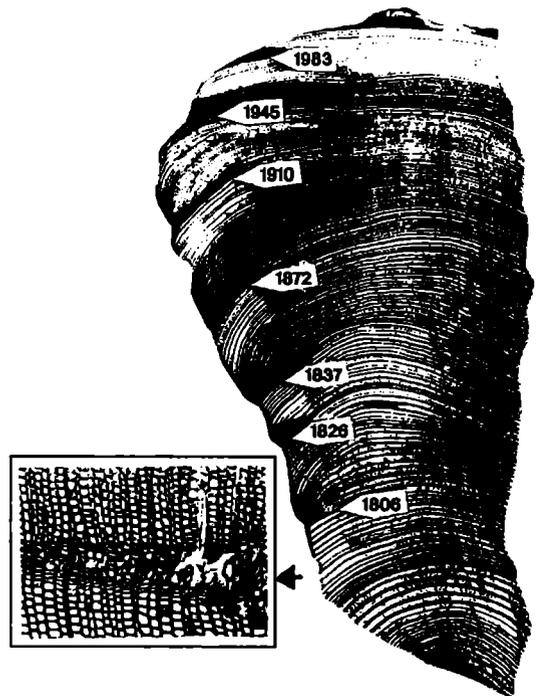
По наблюдениям, в которых 30—40 лет регистрировались лесные пожары в таежной зоне Сибири, как и в целом по России, нельзя доказательно выявить связь частоты пожаров с длительными изменениями климата.

⁸ Flannigan M.D., Vonder Haar T.H. // Can. J. For. Res. 1986. V.16. P.975—982.

⁹ Sukhinin A.I. Information technology for forest fire danger rating evaluation // Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia. P.277—284.

Кроме того, эти наблюдения весьма неполны, поскольку для обширных пространств северной подзоны тайги многие годы не было средств их регистрации. Для сопоставления с длительными и особенно направленными изменениями климата необходимы сведения о частоте лесных пожаров за несколько столетий. В реконструкции истории пожаров работают два основных подхода¹⁰. Первый, дендрохронологический, основан на том, что на стволах деревьев лесные пожары оставляют особые морфологические «отметки», или пожарные раны. Пожар повреждает растущую ткань ствола дерева, и по относительному положению повреждения внутри годичного кольца можно точно установить, когда он был. Конечно, не все деревья «регистрируют» каждый пожар, но при исследовании спилов 5—10 деревьев с

¹⁰ Swetnam T.W. // Science. 1993. V.262. P.885—889; Schweingruber F.H. Tree rings and Environment // Dendroecology. Heidelberg, 1996.



Типичный спил дерева с послепожарными подсушинами и микрофотография среза годичного кольца, поврежденного пожаром (на спиле отмечены годы пожаров).

Таблица 2

Частота пожаров в различных фациях, урочищах и местностях южной тайги Средней Сибири

Название фаций, урочищ, местностей	Повторяемость пожаров, годы (средний межпожарный интервал)
Фации:	
Сосняки на песках, свежие	13
Сосняки на песках, влажные	15
Сосняки торфянистые, сырые	75
Кедрачи на суглинках, торфянистые, заболоченные	100
Урочища:	
Прирусловая ивняково-еловая пойма	150
Склоны террас с пихтачами и ельниками	60
Пологобугристая дренированная поверхность террас с пихтачами, ельниками и кедрачами	37
Плоская поверхность высокой бортовой террасы с сосняками	18
Местности:	
Современные гривистые высокие поймы с ельниками	145
Высокие террасы с пологобугристым рельефом, ельниками, пихтачами и заболоченными кедрачами	35
Возвышенные песчаные эрозионные равнины с кедрачами	15

послепожарными подсушинами удается восстановить не только общее число пожаров, но и периоды сезона, и годы их возникновения. Дендрохронологический метод датировки наиболее точен, однако его использование, естественно, возможно только там, где они губят не все деревья. При верховых пожарах обычно выгорает вся растительность. Их периодичность в таких случаях можно выявить или по остаткам угля в слоях почвы, или по стадиям формирования на горях нового древесного сообщества.

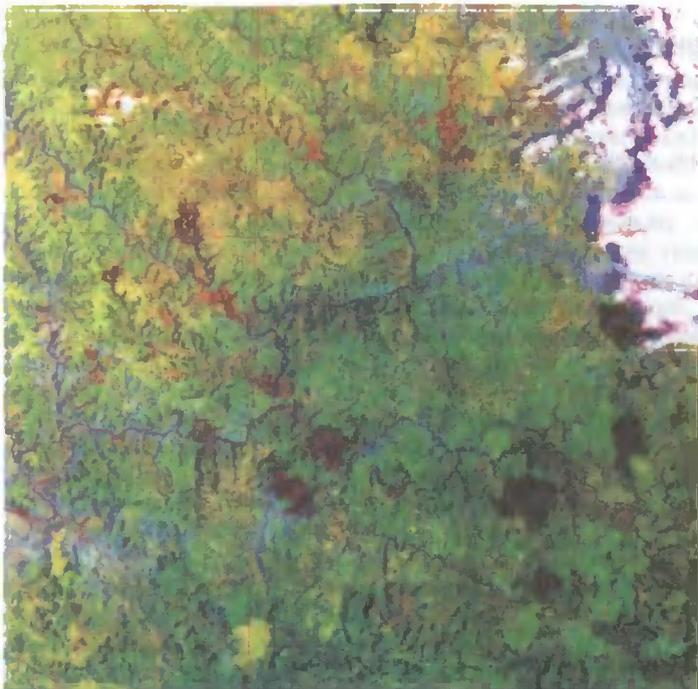
В Сибири наиболее тщательное дендрохронологическое обследование было выполнено для обширной территории (более 20 участков) сосновых лесов в междуречье Каса и Дубчеса — левых притоков Енисея¹¹. Выяснилось, что периоды с повышенной частотой лесных пожаров имеют 20—40-летнюю и вековую цикличность, причем наиболее длительные колебания частоты

пожаров в данном регионе не согласуются с длительными изменениями летней температуры Северного полушария. Можно ожидать, что глобальное потепление в Северном полушарии не обязательно вызовет увеличение частоты и площади лесных пожаров на региональном уровне. По данным дендроклиматического анализа, частота пожаров в сосняках средней тайги Средней Сибири больше связана с длительными изменениями увлажнения территории и сезонным распределением осадков, чем с подъемом температуры.

РОЛЬ ПОЖАРОВ В ДИНАМИКЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА

Американские ученые сформулировали простое, но чрезвычайно важное положение о связи между частотой пожаров и лесной растительностью: «частота пожаров играет основную роль в определении структуры растительности, и любые изменения в частоте пожаров в сообществе расте-

¹¹ Арбатская М.К., Ваганов Е.А. // Экология. 1997. № 5. С.330—336.



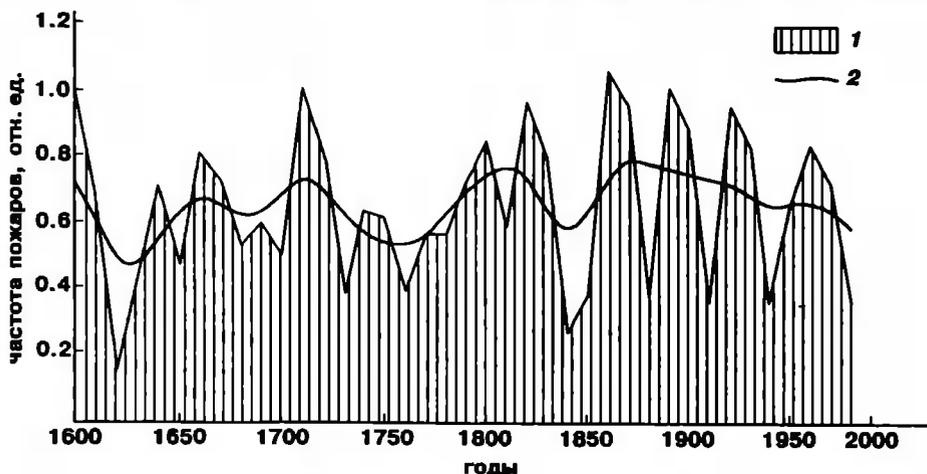
Фрагмент синтезированного космического снимка территории лиственных лесов в бассейне р. Нижней Тунгуски. Идентификация площадей гарей (темные пятна) производилась при использовании регистрации излучения радиометром в трех диапазонах длин волн.

ний автоматически приводят к сукцессии, т.е. к изменениям ее флористического состава и структуры»¹². Эти положения подчеркивают ведущее значение пожаров в динамике лесного покрова, скорости и направленности

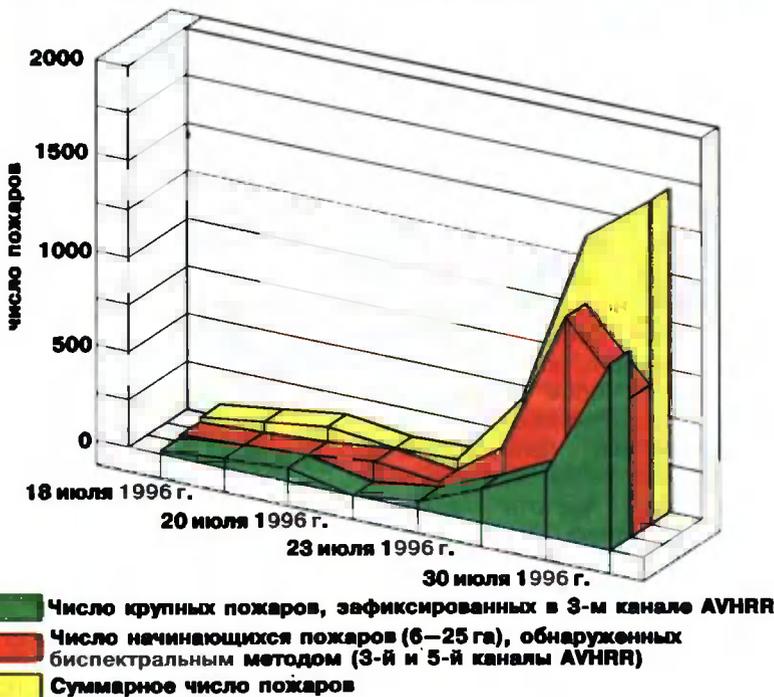
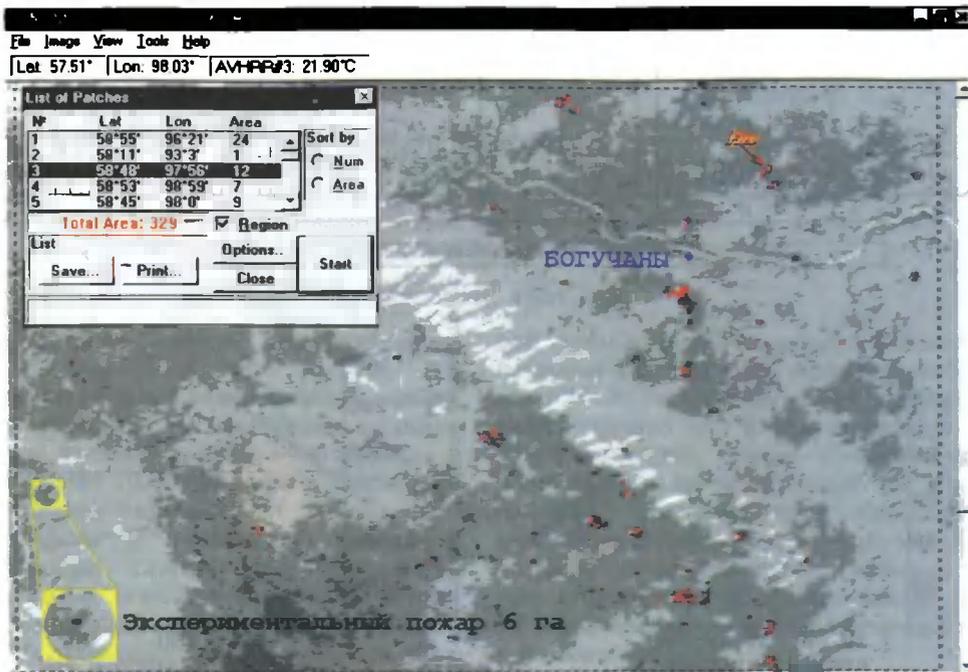
сукцессионных процессов. Даже в одних и тех же ландшафтах частота пожаров в значительной мере связана с особенностями природных территориальных комплексов: фаций, урочищ и местностей (табл.2).

Частота пожаров увеличивается при переходе от темнохвойных (кедрово-еловых) лесов к светлохвойным (сосновым) лесам, от пониженных

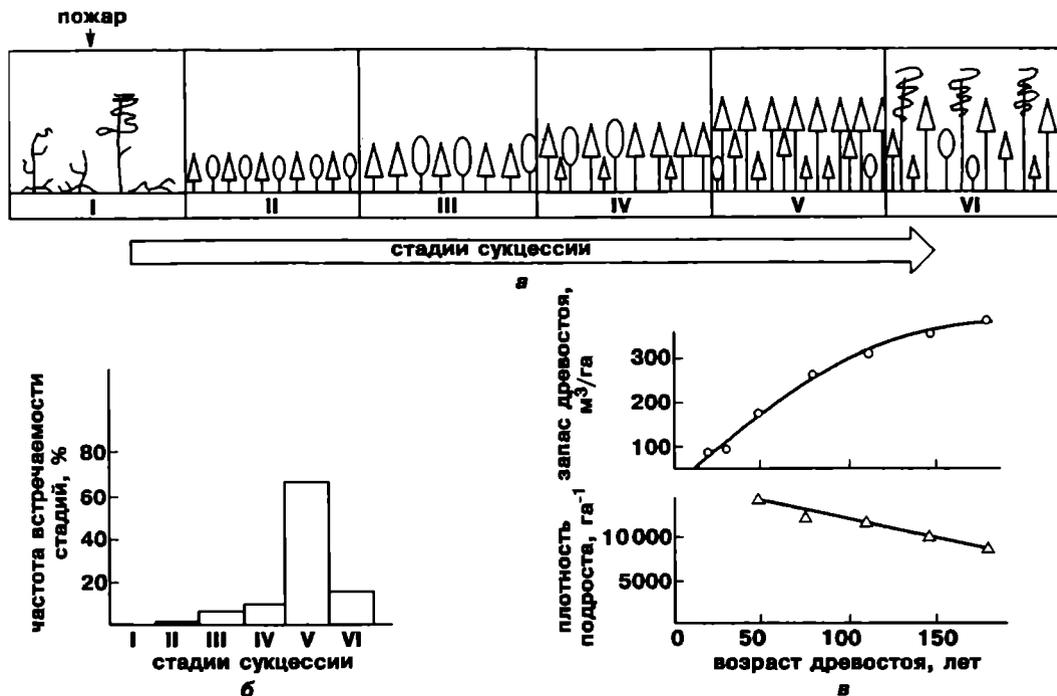
¹² Chandler C., Cheney P., Thomas P. et al. Fire in Forestry. Forest fire behaviour and effects. Malabar, 1991. P.162, 165.



Частота пожаров в сосняках Касовско-Дубческого междуречья (Средняя Сибирь) по 10-летиям (1) и 25-летиям (2).



Фрагмент космического снимка Нижнего Приангарья с пожарами разной площади (1996 г.). Пример использования космической информации для регистрации пожаров малой площади (в двух диапазонах длин волн). Отдельно выделен экспериментальный пожар на площади 6 га.



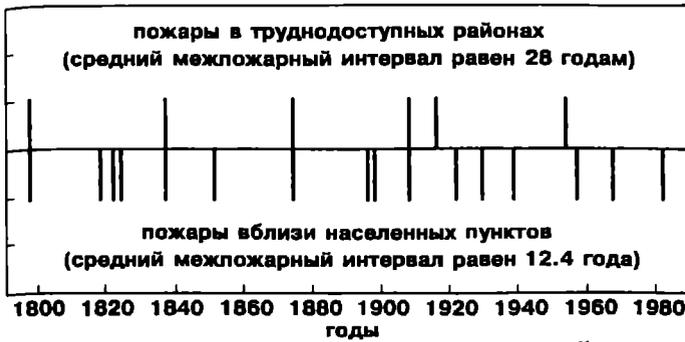
Типичные послепожарные стадии сукцессии сосняков южной тайги (а), их встречаемость на обследованной территории (б) и динамика плотности подростов и запаса древостоя в зависимости от его возраста (в).

форм рельефа (пойм) к возвышенным, от заболоченных местообитаний к суходолам. Мозаичность пожарного режима территории тесно связана с мозаичностью лесного покрова. Внутри однородных групп типов леса, например сосняков лишайниковых, брусничных и разнотравных, занимающих в средней и южной тайге возвышенные формы рельефа, частота пожаров определяет возрастную структуру лесных сообществ, интенсивность естественного их возобновления.

В южной тайге Западной и Средней Сибири после разрушительного пожара формирование сосняков проходит последовательно через шесть стадий (стадий сукцессии), каждая из которых характеризуется особенностями состава и структуры древостоев, динамикой запаса древесины и интен-

сивностью естественного возобновления¹³. На выгоревшей площади наблюдается интенсивное возобновление сосны и лиственных пород — березы и осины (I и II стадии). По мере развития древесного сообщества относительное количество лиственных уменьшается (III стадия). В дальнейшем (на IV—VI стадиях сукцессии) происходит вытеснение лиственных пород из верхнего полога древостоя, основной древостой становится чисто сосновым. Периодические пожары, уничтожая значительную часть подростов, способствуют формированию разновозрастного древостоя, часто состоящего из нескольких поколений деревьев. Средний интервал между пожарами в 30 лет позволяет формирующимся на гарях молоднякам приобрести достаточно высокую устойчивость к повторным пожарам. Вследствие этого на территории отмечается преобладание сосняков более поздних стадий послепожарной сукцессии. С формированием разновозрастных древостоев

¹³ Фуряев В.В. Роль пожаров в лесообразовательном процессе. Новосибирск, 1996.



Пример увеличения частоты пожаров под действием антропогенной нагрузки (вертикальными линиями отмечены даты пожаров).

ухудшаются и условия для выживания подростка.

Длительные региональные изменения климата и связанная с ними частота лесных пожаров на больших территориях обуславливают современную картину мозаичности лесной растительности. В ландшафтах Западной и Средней Сибири преобладающая часть новых сообществ возникла после крупных пожаров высокой интенсивности, отмечавшихся в течение трех последних веков. Так, в южной тайге Западной Сибири наиболее часты характеристики растительности, сформированной крупными пожарами в 1810—1825 гг. (13%), 1870—1880 гг. (29%), 1911—1920 гг. (12%), 1930—1940 гг. (11%), 1951—1960 (19%).

Экологические последствия лесных пожаров в разных подзонах тайги различны. В подзоне южной тайги процессы деструкции и гумификации растительных остатков протекают активно вследствие достаточного количества влаги и тепла. Послепожарные процессы здесь протекают с потерей продуктивности леса. В подзоне средней тайги воздействие пожаров более неоднозначное. Они более редки, но в условиях формирования мощного мохового покрова и подстилки их интенсивность высока, что в большинстве случаев приводит к полному разрушению древостоя. Пожары здесь — единственный фактор, способный изменить экологическую среду, направленность и интенсивность почвенных процессов, структуру сообществ: преотвращаются заболочивания, перераспределяются питательные вещества, улучшаются гидрологический и тепло-

вой режимы почв. Аналогичные экологические последствия пожаров наблюдаются и в экосистемах северной тайги. Однако при близком расположении мерзлотных слоев к поверхности почвы на горях происходит их интенсивное протаивание, повышается влажность почвы, происходит ее проседание и образование термокартовых впадин, резко замедляющие последующие процессы восстановления почвенного слоя.

ПРОГНОЗ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ СИБИРИ

Согласно модели глобальной циркуляции атмосферы, потепление климата вследствие повышения концентрации парниковых газов в наибольшей степени проявится в северных районах¹⁴. Видимо, частота и интенсивность, как и площадь пожаров, возрастут. Увеличится вероятность крупных лесных пожаров вследствие большей сухости климата. Такой пожарный сценарий возможен для длительного переходного периода, пока не установится необходимое равновесие между климатом, растительностью и частотой пожаров. Кроме того, бореальные леса Сибири испытывают возрастающий антропогенный пресс: промышленное освоение малодоступных территорий, увеличение транспортных сетей, газо- и нефтепроводов, повреждение лесов загрязняющими атмосферу выбросами промышленных предприятий. Это приводит к увеличе-

¹⁴ Антропогенные изменения климата / под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Израэля. Л., 1987.

нию частоты лесных пожаров, по нашим оценкам, в 2.5—3 раза. Хозяйственная деятельность в сочетании с ожидаемым потеплением могут привести к беспрецедентному периоду пожаров в бореальных лесах Евразии с глобальными экологическими последствиями для биосферы. Вызванное потеплением падение уровня грунтовых вод в низинных частях крупных ландшафтов может привести к возрастанию относительного числа подземных пожаров, которые дают наибольший выброс углекислоты в атмосферу. При реализации самых мрачных сценариев лесные пожары окажут возрастающее влияние на увеличение концентрации углекислоты и аэрозолей в атмосфере, поскольку масса ежегодно сгораемой органики может достигнуть 1 млрд т.

В условиях глобального изменения климата лесные пожары могут оказаться важнейшим фактором быстрого смещения границ растительных зон, которое обычно происходит в течение 2—3 поколений основных лесобразующих пород (несколько сотен лет). Таким образом, пожары могут в самое короткое время изменить скорость и направленность лесообразовательных процессов.

* * *

Пожары — неотъемлемая составляющая функционирования лесов бореальной зоны Сибири. Их частота находится в динамическом равновесии с неоднородностью лесной растительности и климатом. Вероятно, наруше-

ние этого равновесия вызовет изменения в их повторяемости и интенсивности.

В следующем столетии антропогенная составляющая (усиление хозяйственной деятельности на лесных территориях и их освоение) и потепление климата могут стать преобладающими в воздействии на систему климат — лесная растительность — частота пожаров. Велика опасность нарушения равновесия этой динамической системы. Накопленная многими российскими исследователями и практиками информация уже сейчас позволяет выработать стратегию и тактику управления лесными пожарами. Безусловно, для этого необходимо знать региональные особенности пожарных режимов лесных территорий, прогноз частоты пожаров с учетом изменений климата, нужно использовать принципы экосистемного управления лесами, в том числе и управляемого горения в лесах. На практике «инструментом» прогноза становятся сообщения о количестве и площадях пожаров, включенные в геоинформационные системы национального и региональных уровней. Чтобы дать обоснованный прогноз изменений, необходимо располагать максимумом информации и иметь адекватные модели поведения системы. В этом состоит первоочередная задача исследователей лесных пожаров в бореальных лесах Сибири. Вокруг решения этой задачи сосредоточена и международная кооперация, которая должна выявить закономерности влияния пожаров на бореальные леса планеты в целом.

Новые динозавры из Китая и происхождение птиц

Е. Н. Курочкин,

доктор биологических наук
Палеонтологический институт РАН
Москва

НЕДАВНО китайские ученые Цзи Цянь и Цзи Шуань описали двух замечательных существ длиной около метра, отпечатки которых найдены в мезозойских отложениях провинции Ляонин¹. Одного назвали синозавроптериксом (*Sinosauropteryx prima*), а другого — протархеоптериксом

© Е.Н.Курочкин
¹ Ji Qiang, Ji Shuan // Chinese Geology, 1996, № 233, P.30—33.

(*Protarchaeopteryx robusta*). Несмотря на то, что публикации вышли на китайском языке, они сразу же привлекли внимание американских и европейских палеонтологов и вызвали шквал дебатов о происхождении птиц.

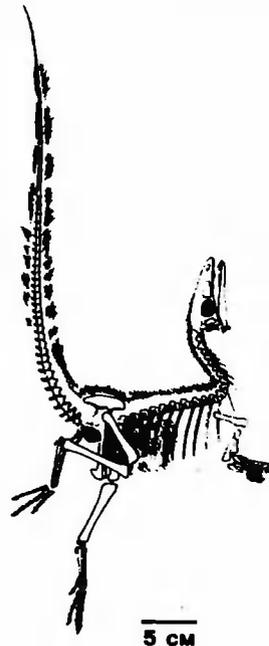
Главная сенсационность находок — обнаруженные у них следы оперения! И поэтому уже в заголовках первых двух статей они были названы птицами. Однако изучение отпечатков сино-

завроптерикса и протархеоптерикса показало, что наличие у них перьев совсем не однозначно. Никто из специалистов, даже самые ярые сторонники динозаврового происхождения птиц, не приняли синозавроптерикса и протархеоптерикса за птиц, а отнесли их к тероподным динозаврам из группы компсогнат.

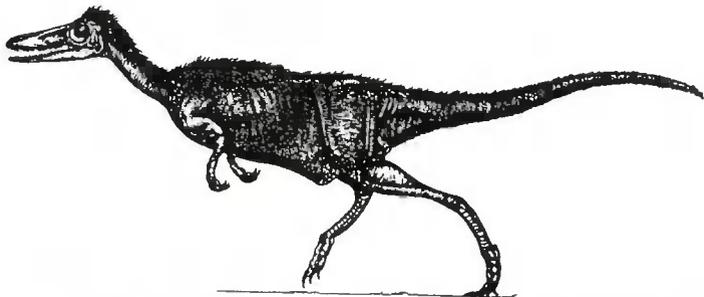
Новые рептилии очень похожи на двух известных верхнеюрских компсогнат из Германии и Франции. (Примечательно, что германский экземпляр найден в одном месте с археоптериксом.) Раньше вопрос о происхождении птиц от компсогнат серьезно не ставился. Теперь, в связи с появлением возможно оперенных компсогнат, некоторые сторонники динозаврового происхождения птиц вернулись к этой гипотезе, отставив в сторону дромеозаврид, которых еще совсем недавно считали родителями птиц.

Синозавроптерикс имел длиннейший хвост из 64 позвонков, удлинненный череп, короткие передние конечности и очень длинный коготь на втором пальце передней лапы. Расширенные концы нескольких ребер предполагают их приращение к вероятно несохранившейся хрящевой грудине.

Отпечаток и прорисовка скелета синозавроптерикса. Вдоль спины и с обеих сторон хвоста виден слой нитевидных структур.



Реконструкция внешнего вида синозавроптерикса, выполненная по двум отпечаткам первого экземпляра.



Были у этого животного и ребра, поддерживавшие брюшную полость. В задней лапе имелось пять костей плюсны, из них были хорошо развиты только расположенные в ряд вторая, третья и четвертая, которые не срастались друг с другом.

Одна из самых замечательных особенностей синозавроптерикса — сплошная полоса покровных структур из тонких извилистых образований, длиной от 4 до 20 мм, расположенная вдоль части головы, спины и с обеих сторон хвоста, а также — местами по бокам головы, в области ребер, передних конечностей и бедер. Такие же образования, в среднем более длинные (до 40 мм), оказались и у второго, недавно описанного, более крупного экземпляра². Замечательно, что в области головы, бедер, задней части хвоста, где подстилающие кожа и мускулатура тонкие, эти покровные структуры расположены близко к костям, а в области шеи, плеч и у основания хвоста (при жизни там имелся более толстый слой мышечной ткани) они дальше отстоят от костей.

Именно эти покровные образования приняли за отпечатки слоя пуха, покрывавшего тело! Сторонники динозаврового происхождения птиц объявили, что синозав-

роптерикс и есть то самое недостающее звено между птицами и динозаврами³. Американские и европейские специалисты говорили: да, это, пожалуй, пух или примитивные перья! И вот от таких-то динозавров и произошли птицы!

Не все ученые разделяют мнение в пользу прямого происхождения птиц от тероподных динозавров⁴. Однако широкая пропаганда такой гипотезы в научной и научно-популярной литературе почти не оставляет сомнений у неспециалистов, что так оно и произошло.

В середине 1997 г. Академия естественных наук Филадельфии (США) финансировала исследования синозавроптерикса, в которых участвовали Дж.Остром, П.Вельнхофер и др. Эксперты заключили, что нитевидные образования у синозавроптерикса не похожи на известные перьевые или пуховые структуры, а выглядят как щетинкоподобные волоски⁵. Не пришли к однозначному решению относительно происхождения этих образований и П.Чен с соавторами. Точку в этом споре мог бы поставить химический анализ на кератин (перо или волос?) и коллаген (соединительные ткани?).

У протархеоптерикса, найденного практически в том же месте, что и синозавроптерикс, «пуха» нет. Однако в районе хвоста сохранились отпечатки четырех длинных (хвостовых?) перьев, правда, противостоительно ориентированных по отношению к позвонкам. Около бедра и голени обнаружены еще отпечатки коротких контурных перьев. То, что это перья, сомнений нет, хотя относятся ли они именно к данному экземпляру — еще не ясно⁶. Ведь в этом месте найдено множество скелетов птиц конфуциусорнисов с перьями.

Передние конечности протархеоптерикса на треть короче задних, а длина костей предплечья немного короче плечевой кости. Кости плюсны и пясти полностью разделены. На фрагментах челюстей обнаружено несколько зубов, уплощенных в поперечном сечении, в отличие от трехгранных у синозавроптерикса. Крестцовые позвонки не срастаются полностью друг с другом. В хвосте сохранилось 23 удлиненных позвонка, а всего их могло быть около 30. У протархеоптерикса обнаружена тонкая и плоская грудина, неизвестная для синозавроптерикса.

Таковы основные особенности двух необычных рептилий из Бейпяо в провинции Ляонин. Продолжаю-

³ Morell V. // Audubon. 1997. № 4. P.36—45.

⁴ Hou Lianhai, Martin L.D., Zhou Zhonghe, Feduccia A. // Science. 1996. V.274. № 5290. P.1164—1167.

⁵ New Scientist. 1997. V.154. № 2077. P.13.

⁶ Hecht J. // New Scientist. 1997. V.154. № 2078. P.6.

² Chen Pei-ji, Dong Zhiming, Zhen Shuo-nan // Nature. 1998. V.391. № 6663. P.147—152.

щееся изучение их, возможно, даст новые результаты. Однако время существования синозавроптерикса и протархеоптерикса пока остается дискуссионным. Озерные отложения местонахождения Бейпяо относят к формации Исянь, геологический возраст которой разные исследователи определяют как конец юрского периода (145 млн лет) или конец раннего мела (125—120 млн лет). Китайские специалисты в основном доказывают позднеюрский возраст этой формации, основываясь на корреляции по фауне и флоре и на определении абсолютного возраста вулканических туфов, которыми там переслоены пресноводные осадки⁷. Западные исследователи более склонны принимать последние определения воз-

раста формации Исянь на основе данных по изотопам аргона-39 и -40, дающих около 120 млн лет⁸.

Уже давно предполагали, что у динозавров были перья⁹. Хотя некоторые динозавры, возможно, и были теплокровными животными, это не означает происхождения всех птиц от динозавров. Существует достаточно оснований считать, что многие анатомические черты сформировались у настоящих веерохвостых птиц и у тероподных динозавров параллельно — так же, как от разных предков возникли две эволю-

ционные линии: археоптериково-энанциорнисовая и настоящих веерохвостых птиц¹⁰. Действительно, накоплено много доказательств происхождения археоптерикса и энанциорнисов от тероподных динозавров. Предки веерохвостых птиц пока неизвестны, хотя ясно, что они могли произойти только от каких-то ранних архозавров.

Многие нерешенные и дискуссионные проблемы в эволюции позвоночных животных связаны с неполнотой палеонтологической летописи. И вот, кажется, станет известной еще одна новая форма, и все прояснится. Однако подчас с новой находкой решение проблемы лишь усложняется, и это дает толчок к дальнейшей дискуссии.

⁷ Jin Fan // *Vertebrata Palaeontologica*. 1996. V.34. № 2. P.102—120.

⁸ Smith P.E., Evensen N.M., York D., Meemann C., Jin Fan, Li Jinling, Cumbaa S., Russell D. // *Canadian Journal of the Earth Sciences*. 1995. V.32. P.1426—1431.

⁹ Курзанов С.М. Авимимиды и проблема происхождения птиц. М., 1987.

¹⁰ Kurochkin E.N. // *Archaeopteryx*. 1995. V.13. P.47—66.

КОРОТКО

Национальное агентство США по изучению океана и атмосферы (НОАА) впервые указало, что за высокие значения средней температуры (16.92°C, а это на 0.42°C выше, чем показатели 1961—1990 гг.) в 1997 г.

ответственны антропогенные факторы. В наиболее теплом 1990 г. средняя температура составила 16.83°C.

Ранее этим же агентством публиковались данные, в которых климатические изменения не связыва-

лись с деятельностью человека, поскольку считалось, что подобные выводы носят спекулятивный характер.

Nature. 1998. V.391. № 6664. P.220 (Великобритания).

Почему глаза на длинных стебельках так сексапильны?

Я.Р.Галимов
Москва

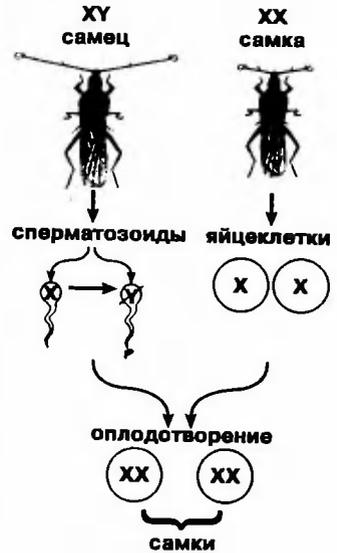
Самцов многих видов животных отличают различные декоративные признаки: яркая окраска, пышное оперение и т.п. Возможно, для общей приспособленности организма признаки эти бесполезны или даже вредны, но в то же время требуют определенных затрат на их развитие. Существование их нельзя, таким образом, объяснить просто классическим естественным отбором. Дарвин, хорошо это понимавший, объяснил наличие подобных украшений «вкусом» самок, выбирающих для спаривания «украшенных» самцов. Но почему самки выбирают именно таких партнеров?

Вероятно, привлекательный самец обладает качествами, полезными для самки или их общего потомства. Р.Фишер (R.Fisher) относил к ним собственно сексуальную привлекательность самца. Согласно Фишеру, на ранних стадиях эволюции украшения, тогда еще слабо развитые, могли свидетельствовать о высокой жизнеспособности самца. Например, несколько удлиненный хвост предка павлина мог говорить об умении уворачиваться от хищника. Самка, предпочитавшая самцов с длинными хвостами, передавала его положительные качества своим потомкам, повышая тем самым их шансы дожить до половозрелости. Дочери такой самки получали генетическую программу: «выбирай самого длиннохвостого!» Постепенно эта программа рас-

пространялась в популяции. Как только самки, выбирающие длиннохвостых партнеров, начинали доминировать в популяции, обладатели наиболее пышного хвостового оперения получали преимущество (даже если этот признак уже не свидетельствовал об их повышенной жизнеспособности). Действительно, самка, спаривающаяся с таким самцом, увеличивает шансы своих сыновей на участие в размножении: они скорее всего будут иметь большие хвосты (а такие самцы популярны) и оставят больше внуков. Половой отбор, таким образом, будет способствовать увеличению размеров хвоста самцов до тех пор, пока высокие шансы при размножении не уравновесятся низкой вероятностью обладателей больших хвостов дожить до репродуктивного возраста.

Существуют и другие точки зрения. Согласно гипотезе Гамильтона—Зака (Hamilton—Zuk), яркая окраска или другие украшения свидетельствуют об отсутствии у самца паразитов. По мнению Захави (Zahavi), автора «теории гандикапа», самцы, сумевшие достичь половозрелости несмотря на украшения, создающие определенные трудности в нормальной жизни, обладают заведомо повышенной жизнеспособностью и соответственно хорошим «качеством» генов.

Г.Уилкинсон с коллегами¹ предлагает новое и не-



Мейотический драйв у стебельчатоглазых мух: так как часть сперматозоидов, несущих Y-хромосому, погибает, в потомстве преобладают самки.

ожиданное объяснение возникновения «украшений».

Ученые исследовали популяции трех видов насекомых семейства *Diopsidae*, или стебельчатоглазых мух, обитающих в Юго-Восточной Азии. Глаза у них расположены на боковых выростах головы, причем расстояние между ними порой превышает длину тела насекомого. У одного из этих видов длину глазных стебельков не удастся достоверно различить у самцов и самок, а у двух других видов глаза самцов поставлены шире — именно самцов с широко поставленными глазами и предпочитают самки этих видов при спаривании. Исследовав ДНК

¹ Wilkinson G.S. et al. // Nature. 15 January 1998. V.391. P.276—279.

всех трех видов, авторы пришли к выводу, что вид с «узкоглазыми» самцами является предковым для двух других. Можно предположить, что длинные глазные стебельки — результат действия полового отбора.

Два «широкоглазых» вида отличаются к тому же неравным соотношением полов в пользу самок, так как в их популяциях распространен мейотический драйв, при котором самцы производят больше сперматозоидов с X-хромосомой (определяющей женский пол потомства), чем с Y-хромосомой (определяющей самцов). X-хромосома этих самцов при образовании спермы каким-то, пока неизвестным, образом уничтожает большую часть Y-сперматозоидов. Ген, определяющий наличие мейотического драйва, вреден для самца, так как часть его спермы уничтожается. Тем не менее «эгоистичные» гены мейоти-

ческого драйва распространяются в популяции, ибо устраняют «конкурента» — Y-хромосому уже при образовании спермы. Разумеется, драйв не выгоден и с «точки зрения» Y-хромосомы. Неудивительно поэтому, что у обоих видов распространены гены, расположенные в Y-хромосоме и препятствующие мейотическому драйву. Самцы же, несущие ген устойчивости к драйву, дают больше сыновей, чем дочерей.

В лабораторных экспериментах было обнаружено, что длина глазных стебельков связана с соотношением полов в потомстве самцов: самцы с длинными глазными стебельками несут ген устойчивости к мейотическому драйву и дают в потомстве больше сыновей. Какое же преимущество получают самки, выбирающие таких самцов?

Одно из возможных преимуществ — большая жизне-

способность спермы (ведь у самцов с мейотическим драйвом половина спермы погибает). Кроме того, в популяции, где самцов меньше, чем самок, самец в среднем участвует в большем количестве спариваний и его потомство многочисленнее, чем у самки. Самки, выбравшие «длинностебельковых» самцов, дают больше сыновей, и вклад в поколение внуков у них больше. Длинные глазные стебельки свидетельствуют о лучшем репродуктивном качестве самцов, проявляющемся через поколение!

В последнее время биологи находят все больше примеров мейотического драйва у насекомых, рыб и млекопитающих. Возможно, что описанный Уилкинсоном механизм формирования «украшений» самцов играл большую роль в эволюции этих украшений и сексуальных предпочтений самок.

КОРОТКО

В подвалах и штабелях леса нередко встречается бурый паук-отшельник, укусы которого очень болезненны, поскольку в выделяемой жидкости содержится ядовитое вещество. Кроме того, на месте укуса часто образуется долго незаживающая, гноящаяся ранка.

Американский микробиолог Б.Бликли (B. Bleakley; Университет штата Северная Дакота) обнаружил в ядовитой жидкости паука бактерии, которые выделяют свой собственный токсин и инфицируют ранку. Бликли пока

не идентифицировал бактерии, но получил чистую культуру и изучил некоторые свойства этих микроорганизмов. В частности, он установил, что бактерии способны разрушать человеческие клетки крови.

New Scientist. 1997. V.154. № 2086. P.13 (Великобритания).

Ихтиологи издавна считают, что рыбы «глухи» к восприятию звуков в диапа-

зоне 2—3 кГц. Д.Мон (D. Mau; Университет штата Мэриленд, США) и его коллеги доказали, что рыба шэд (*Alosa sapidissima*) из семейства сельдевых способна воспринимать ультразвук на частотах до 180 кГц. Столь высокая частота восприятия позволяет рыбам скрываться от своих главных врагов — дельфинов. Последние, используя органы эхолокации, охотятся за косяками рыб.

La Recherche. 1997. № 304. P.19 (Франция).

Радиационная диагностика с использованием синхротронного излучения

М. В. Кузин

Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН
Новосибирск



Максим Витальевич Кузин, сотрудник Сибирского центра синхротронного излучения Института ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН. Область научных интересов — синхротронное излучение, взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.

ВНАСТОЯЩЕЕ время ранняя диагностика заболеваний внутренних органов, и особенно дифференциальная диагностика воспалительных и опухолевых заболеваний, развита явно недостаточно. Важное значение имеют данные о дыхательной и кровеносной системах человека, знание же состояния лимфатической системы, участвующей во всех патологических процессах, позволяет помочь в обнаружении многих болезней еще на ранней стадии.

Онкологические заболевания органов грудной клетки выходят сейчас на первое место в ряду подобных заболеваний человека¹, и в то же время их исследование значительно затруднено в силу различных анатомо-физиологических причин. Так, используя стандартные рентгенографические процедуры, невозможно обнаружить опухоль менее 1 см в диаметре.

Для решения этой проблемы необходимо применение эффективных рентгеноконтрастных препаратов в сочетании с высокочувствительными интроскопическими методами и аппаратурой с хорошим пространственным разрешением. Немаловажным фактором при этом является уменьшение радиационной дозы, поглощенной пациентом за одно обследование.

В силу физико-технических особенностей подобные исследования лучше всего проводить с использованием синхротронного излучения (СИ), которое обладает рядом уникальных свойств: непрерывным спектром от

© М.В.Кузин

¹ Rubenstein E., Giacomini J.C., Gordon H.J. et al. // Nuclear Instruments and Methods. 1995. V.A364. P.360.

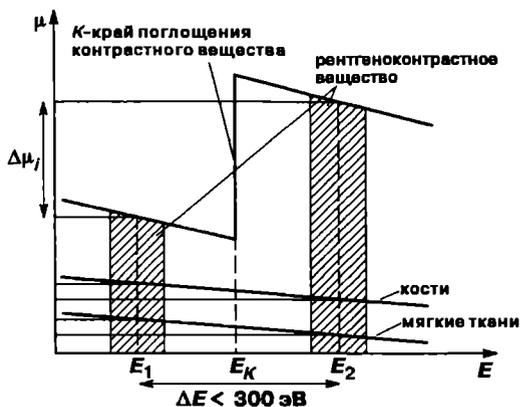


Рис.1. Основа эксперимента — резкое изменение коэффициента поглощения μ контрастного препарата вблизи энергии K -края поглощения.

инфракрасной до рентгеновской области, высокой интенсивностью, острой направленностью, высокой степенью линейной и круговой поляризации².

В Институте ядерной физики (ИЯФ) Сибирского отделения РАН (Новосибирск) для этих целей разработана и действует станция «Ангиография», использующая СИ из вивглера — специального устройства для получения синхротронного пучка — с полем 2 Т, который установлен в прямолинейном промежутке накопителя ВЭПП-3.

² Об использовании СИ в медицинских целях см.: Агафонов А.В. Применение ускорителей в медицине // Природа. 1996. № 12. С.65.

Экспериментальные возможности этой станции позволяют проводить на ней исследования кровеносной системы (ангиографию), лимфатической (лимфографию), легких и дыхательных путей (бронхографию), грудных желез (маммографию) и др. В настоящее время работы ведутся по трем направлениям: ангио-, лимфо- и бронхография. Ставятся эксперименты на тестовых образцах и животных, отрабатываются их методики.

Указанные направления объединяет одинаковая схема проведения эксперимента. Основа метода цифровой разностной рентгенографии — сильная зависимость коэффициента поглощения излучения вещества от энергии вблизи K -края поглощения (рис.1). В организм человека вводится рентгеноконтрастный препарат, который распределяется по исследуемой системе человека. Для ангио- и лимфографии это — йод; в течение 10–15 с он разносится по кровеносной системе человека, а по прошествии 4–6 ч аккумулируется в лимфатических узлах. В случае бронхографии используется газ ксенон. Далее снимаются два изображения исследуемой области при энергии СИ выше (E_2) и ниже (E_1) K -края поглощения введенного рентгеноконтрастного препарата, а затем выполняется логарифмическое цифровое вычитание одного изображения из другого (см. рис.1). Полученная таким образом разностная картина визуализирует распределение и кон-

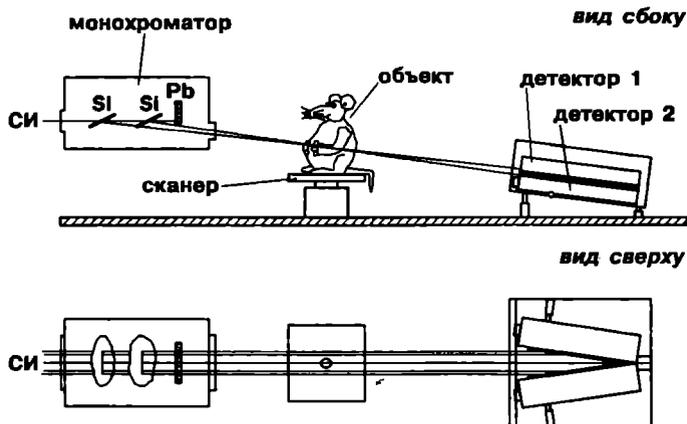


Рис.2. Схематическое изображение станции «Ангиография» на накопителе ВЭПП-3.

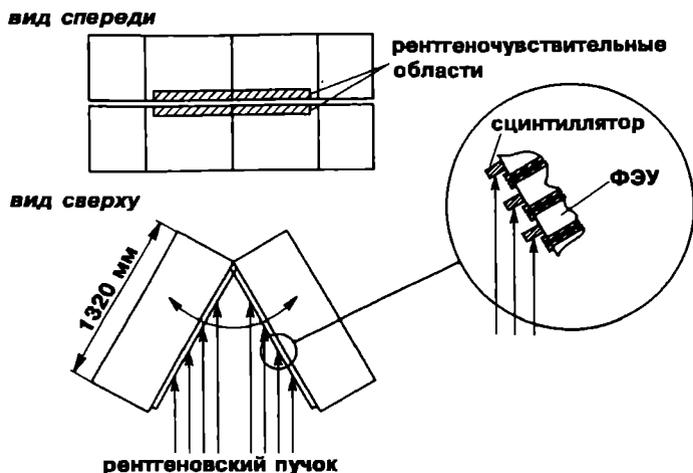


Рис.3. Двойной однокоординатный детектор рентгеновского излучения.

центрацию введенного в организм рентгеноконтрастного препарата, что адекватно отображает состояние исследуемой системы человека. При этом исключается влияние поглощения СИ в костных и мягких тканях.

Работы по разностной ангиографии на станциях такого типа ведутся в центрах СИ в Брукхейвене (США), Гамбурге (Германия) и Цукубе (Япония)³, в процессе подготовки находится станция в Гренобле (Франция). Исследования по бронхографии начаты в Брукхейвене (США).

СТАНЦИЯ «АНГИОГРАФИЯ»

Схематическое изображение станции приведено на рис.2. Ее основные компоненты — рентгеновский двухкристальный монохроматор, сканер для перемещения объекта и двойной однокоординатный детектор⁴. Монохроматор формирует из СИ два широких (10 см в месте расположения объекта) монохроматических пучка с энергиями выше и ниже K -края поглощения

введенного рентгеноконтрастного препарата. В случае ангио- и лимфографии используется йод (энергия фотонов 33.2 кэВ), для бронхографии — ксенон (34.6 кэВ). Пучки пересекаются в месте нахождения исследуемого объекта, а затем расходятся и одновременно регистрируются двойным детектором рентгеновского излучения. Таким образом, после соответствующей обработки получается одна строка изображения. Полная картина формируется путем перемещения объекта по вертикали и регистрации построчного изображения.

Монохроматор состоит из двух кристаллов кремния диаметром 100 мм, входной щели и регулируемого ослабителя первичного пучка СИ⁵. Для выделения монохроматических пучков используется дифракция Лауэ, расстояние между кристаллами может меняться в пределах 30—50 мм. Измеренная плотность потока фотонов в месте расположения объекта составляет 10^8 фотон/(мм²·с) при типичном для накопителя ВЭПП-3 значении тока 100 мА.

Детектор состоит из двух идентичных однокоординатных детекторов рентгеновского излучения, расположенных один над другим и зеркально-симметричных относительно падающего

³ Thomlinson W. Transvenous Coronary Angiography in Humans with Synchrotron Radiation. Proc. of the Intern. School of Physics «Enrico Fermi». Varenna, Italy, 12—22 July 1994; Dix W.R., Besch H.J., Graeff W. et al. Reprint DESY SR 94-01. April 1994; Umetani K., Ueba K., Takeda T. et al. // Nuclear Instruments and Methods. 1991. V.A301. P.579.

⁴ Kolesnikov K.A., Kulipanov G.N., Kuzin M.V. et al. // Nuclear Instruments and Methods. 1995. V.A359. P.364.

⁵ Barsukov V.P., Dolbnya I.P., Kolokolnikov Yu.M. et al. // Nuclear Instruments and Methods. 1991. V.A308. P.419.

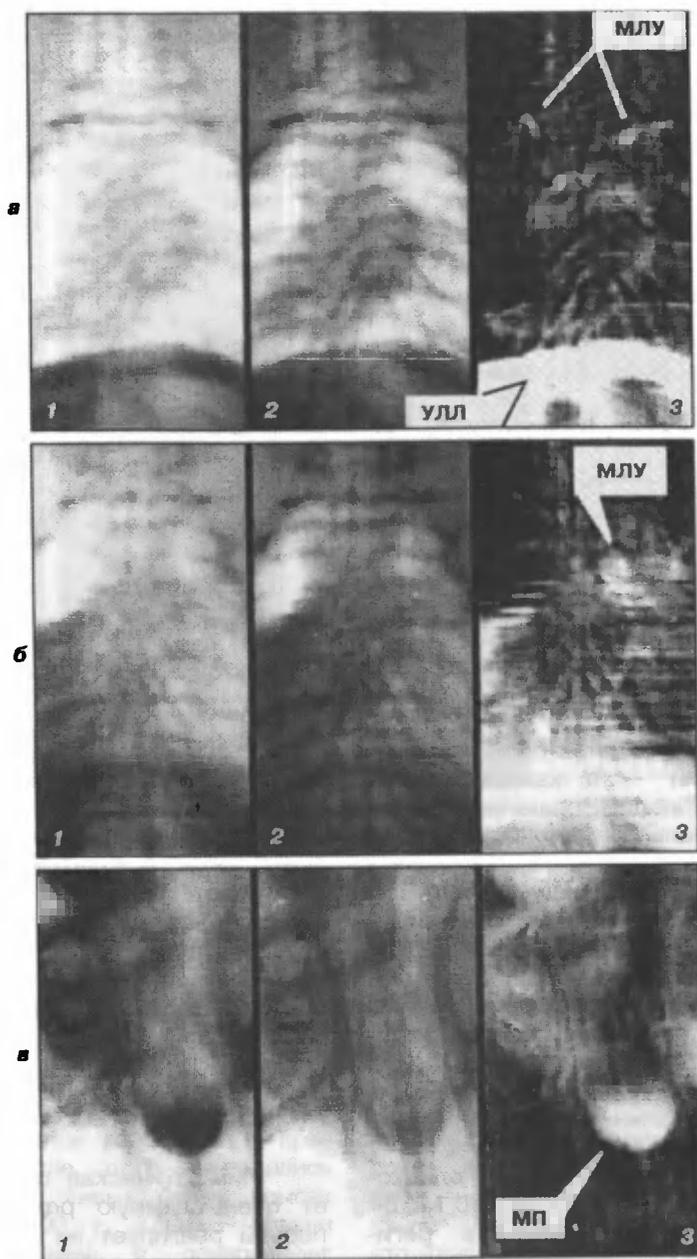


Рис.4. Рентгеновские изображения внутренних органов живой крысы: 1 — при энергии квантов выше, 2 — ниже К-края поглощения йода, 3 — цифровое разностное изображение. МЛУ — медиастинальные лимфатические узлы; УЛЛ — плевральная полость, в которую введен препарат «униламелярные липосомы»; МП — мочевого пузырь.

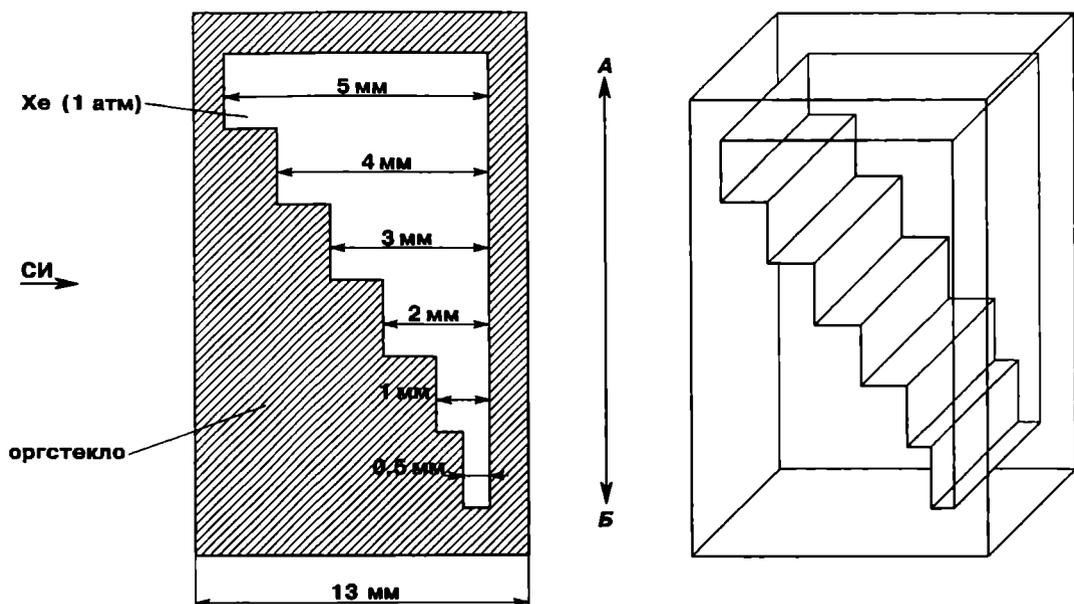


Рис.5. Разрез и общий вид ступенчатого индикатора изображения для нормировки данных в экспериментах с ксеноном (АБ — перемещение индикатора при сканировании, числа — величины толщины слоя ксенона).

пучка⁶. Составные детекторы включают по две секции — в каждой по 64 независимых канала. Вращение относительно вертикальной оси, проходящей через точку соединения секций, позволяет изменять угол между ними и тем самым получать значения разрешающей способности детектора от 0.1 до 2 мм (рис.3). Каждый канал представляет собой сцинтилляционный счетчик на основе фотоэлектронного умножителя ФЭУ-60 с кристаллом $YAlO_3(Ce)$ толщиной 2 мм и временем свечения 40 нс. Максимальная скорость счета фотонов в одном канале достигает 6–7 МГц, а скорость счета каждого однокоординатного детектора — до 900 МГц.

Квантовая эффективность регистрации детектора⁷ равна 90%, т.е. из каждых 100 квантов СИ, упавших на

детектор, 90 будут зарегистрированы. Это значение примерно на порядок больше значения квантовой эффективности фотоплёнок: использование на станции такого детектора вместо рентгеновских плёнок для исследования организма человека приводит к резкому уменьшению поглощенной пациентом дозы рентгеновского излучения за одно обследование.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КРЫС

Лимфатическая система выполняет очень важную роль и фактически первой реагирует на любое заболевание организма. Поэтому разработка адекватных методов исследования чрезвычайно важна для диагностики заболевания как самой системы, так и других органов человека.

Для изучения возможности использования разностного метода на краях поглощения для визуализации лимфатической системы человека на

⁶ Dementiev E.N., Dolbnya I.P., Zagorodnikov E.I. et al. // Review of Scientific Instrument. 1989. V.60. № 7. Pt.II. P.2264.

⁷ Kolesnikov K.A., Kozlov R.Yu., Kulipanov G.N. et al. Proc. 4th Intern. Conf. on SR Sources and 2nd Asian Forum on SR: ICSRS-AFSR'95. Kyongju, Korea, Oct. 25–27, 1995. Pohang Accelerator Lab., POSTECH, 1996. P.543.

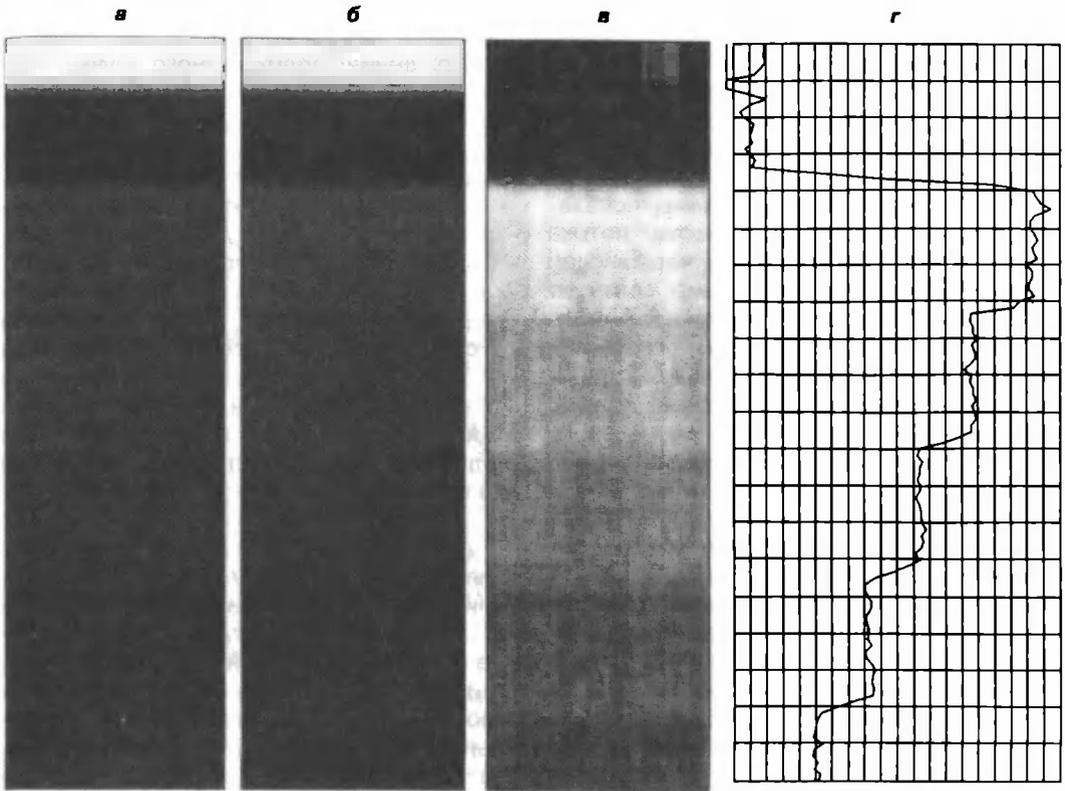


Рис.6. Обычное (а — энергия квантов выше, б — ниже K -края поглощения ксенона) и разностное (в) рентгеновские изображения эталона с ксеноном; г — распределение ксенона по вертикали.

станции проведен ряд предварительных экспериментов на живых крысах. В качестве контрастного вещества применялся препарат «униламеллярные липосомы» (УЛЛ), содержащий 40% йода. Предварительно измеренная чувствительность детектора по йоду была не хуже 0.25% исходной концентрации препарата УЛЛ. После этого проводились эксперименты на живых белых крысах массой около 300 г. Крысам давали наркоз, после чего в плевральную полость вводили УЛЛ. Спустя 4–6 ч, когда содержание йода в лимфатических узлах было максимальным, делали рентгеновские снимки. В качестве примера на рис.4,а,б приведены обычные и разностное рентгеновские изображения, на которых можно видеть медиастинальные лимфатические узлы размером ~0.5 см. Со временем

контрастный препарат аккумулируется в мочевом пузыре, что четко видно на разностном изображении (рис.4,в).

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С КСЕНОНОМ

В 1995 г. на станции «Ангиография» начаты эксперименты по разработке метода разностной бронхографии — визуализации бронхов человека. В данном методе предполагается, что при исследовании легких человек будет вдыхать смесь газов кислорода и ксенона в пропорции 1:4 (азот в воздухе замещается ксеноном). При этом монохроматор настраивается на энергию K -края поглощения ксенона (34.6 кэВ), и снимается картина распределения ксенона в организме.

Для определения чувствительности разностного метода на регистрацию

ксенона первые эксперименты были проведены на специально изготовленном индикаторе изображения (этало́не) из оргстекла. Он содержит внутреннюю полость, заполняемую ксеноном и выполненную в виде ступенек разной толщины — от 0,5 до 5 мм (рис.5).

Предварительные расчеты показали, что изменение плотности потока фотонов при прохождении через слой ксенона толщиной 1 мм составит 0,35% и 1,98% при энергии соответственно ниже и выше K -края поглощения Хе. Таким образом, изменение толщины слоя ксенона на 1 мм должно привести к изменению разностного сигнала на 1,63%. Величина этого параметра, измеренная в процессе эксперимента, составила 1,12%. Расхождение между расчетным и экспериментальным значениями можно объяснить двумя причинами. Во-первых, — неполным заполнением эталона ксеноном. Поскольку он заполнялся путем вытеснения из него воздуха ксеноном при атмосферном давлении, во время эксперимента снималось поглощение не в чистом ксеноне, а в некоторой смеси ксенона и воздуха, что привело к уменьшению измеренной величины. Во-вторых, значения некоторых параметров, использованных в расчетах (коэффициента поглощения в оргстекле, энергии монохроматического пучка СИ), в эксперименте были другими. Эти два вопроса явятся предметом пристального внимания исследователей в последующих экспериментах.

На рис.6 приведены обычные (а,б) и разностное (в) рентгеновские

изображения эталона с ксеноном. На обычных изображениях видны области прохождения полихромного пучка СИ без эталона (белая полоса сверху изображений), области поглощения только в оргстекле (черная полоса чуть ниже) и пять ступенек с разной толщиной слоя ксенона (от 5 мм сверху до 1 мм внизу при шаге 1 мм). На разностном изображении визуализированы пять областей слоя ксенона разной толщины (от 5 до 1 мм). На рис.6,г приведено распределение слоя ксенона по вертикали, полученное с помощью компьютера. Из соотношения величин сигнала и шума видно, что толщина слоя ксенона 0,5 мм также должна надежно регистрироваться.

Результаты успешного тестирования монохроматора и детектора станции «Ангиография» накопителя ВЭПП-3, как и первые результаты экспериментов по визуализации лимфатической системы живых крыс и тонких слоев ксенона на индикаторе изображения, подтверждают возможность выполнения на станции всего спектра медицинских исследований, на которые она рассчитана. Предполагаемое в дальнейшем использование накопителя ВЭПП-4 (6 ГэВ) позволит увеличить полезный поток квантов и создать более комфортные условия для исследуемых живых объектов.

Эта работа, в которой принимают участие сотрудники лаборатории ИЯФ Р.Ю.Козлов, В.И.Кондратьев, Г.Н.Кулипанов, Н.А.Мезенцев и В.Ф.Пиндюрин, поддержана грантом РФФИ.

Владимир Козьмич Зворыкин

В. П. Борисов



Василий Петрович Борисов, кандидат технических наук, заведующий сектором Института истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН. Область научных интересов — наследие российской эмиграции, история радиоэлектроники.

«ПОДАРОК американскому континенту» — так сказал о Владимире Козьмиче Зворыкине его коллега по работе в области электроники¹. Основания к тому, чтобы присвоить эмигранту из России столь пышное определение, безусловно, были. Зворыкину принадлежит изобретение «чуда XX века» — электронного телевидения. Его новаторские идеи были использованы также при создании электронных микроскопов, фотоэлектронных умножителей и электронно-оптических преобразователей, разнообразных приборов медицинской электроники — от миниатюрных «радиопилюль» до читающего телевизионного устройства для слепых. При каких обстоятельствах Америка получила от России этот щедрый дар?

КАК ВО ГОРОДЕ СЛАВНОМ
ДА ВО МУРОМЕ

Владимир Козьмич родился 30 июля 1889 г. в старинном городе Муроме. Трехэтажный каменный дом, в котором он провел детские и юношеские годы, сохранился до нашего времени и служит теперь Муромским историко-художественным музеем. Отец — Козьма Алексеевич — был купцом первой гильдии, торговцем хлебом и пароходчиком, возглавлял Муромский общественный банк².

Еще до того, как родился младший из его семерых детей Владимир, семейная традиция Зворыкиных — идти по торговой линии — уже не раз нарушалась. Двое братьев Козьмы Алексеевича стали учеными. Рано умерший Николай Алексеевич Зворы-

© В.П.Борисов

¹ Wolf J. Vladimir Kozma Zworykin // Proc. IRE. 1957. V.45. № 4. P.445.

² Россия в ее прошлом и настоящем. М., 1914. С.7.



Владимир Козьмич Зворыкин (1889–1982).

кин (1854—1884), ученик А.Г.Столетова, был магистром математики и физики³. Широкую известность получило имя Константина Алексеевича Зворыкина (1861—1928), профессора Киевского политехнического института, автора фундаментальных трудов по теории резания металлов и технологии машиностроения⁴.

Детство, проведенное в Муроме, сохранилось в памяти у Владимира Козьмича как картина безмятежного патриархального быта, полного радости.

«В феврале у русских принято праздновать масленицу, — вспоминал он. — Это всегда были яркие и веселые дни. За столом, уставленном

едой, оказывались и священники, и родственники, и друзья. Мы ели блины со сметаной, кроме того подавались соленые закуски, такие как икра, селедка и тому подобное. После этого мы шли на городской каток, где местный оркестр играл вальсы. Во второй половине дня на главных улицах города устраивалось гулянье, проезжали сани, заряженные отличными рысаками, люди были в праздничных нарядах, дорогих мехах. Молодежь каталась на санках и коньках, затевала игры, сталкивая друг друга в сугробы»⁵.

С двенадцати лет Зворыкин начинает выполнять несложные поручения отца: проверить на пристани точность

³ Смирнов А.В. Уроженцы и деятели Владимирской губернии. Владимир, 1896. Вып.1. С.55—57.

⁴ Кислов В.В., Кузьменко С.Н. Развитие техники резания материалов на Украине. Киев, 1992. С.23—37.

⁵ Zworykin V.K. Recollections. David Sarnoff Research Center Library. Princeton. Рукопись на англ. яз. 105 с. Здесь и далее «Воспоминания» цитируются без указания страниц.

прибытия пароходов компании «Зворыкин», присутствовать на отдельных переговорах с торговыми людьми в конторе и т.п. Окончив реальное училище, он едет в Петербург и поступает в университет, однако по настоянию отца вскоре переходит в Технологический институт. Идет 1906-й год, еще не улеглись волнения первой русской революции. Первокурсник Зворыкин участвует в шумных митингах, а потом в многодневной студенческой забастовке.

С началом занятий игры в революцию теряют свою притягательность. Ходить на лекции куда интереснее, а в кабинете физики Зворыкин готов проводить целые дни. Здесь происходит встреча, в значительной степени определившая его дальнейшие научные интересы. Он знакомится с профессором Борисом Львовичем Розингом, автором пионерских работ по электронной передаче изображения на расстояние. Способ воспроизведения изображений, запатентованный Розингом в России, Германии и Англии, основан на яркостной модуляции электронного луча трубки Брауна сигналом фотоэлемента⁶. Начиная с 1910 г. Зворыкин — постоянный помощник Розинга в экспериментальной работе. Вместе с ним занимается изготовлением фотоэлементов, сборкой аудионов (триодов) Ли де Фореста и их последующей откачкой с помощью гейсслеровых насосов и т.п.

В 1912 г. Зворыкин оканчивает Технологический институт, получив диплом с отличием, что дает ему право поехать на научную стажировку в одну из европейских лабораторий. Отец настаивает на возвращении сына в Муром в надежде на приобщение к своему делу. Но Владимира Козьмича такая перспектива уже не устраивает — его влечет наука.

По совету Розинга решено проходить стажировку в Париже у выдающегося физика П.Ланжевена. В течение года Владимир Козьмич занимается в

Коллеж де Франс исследованием дифракции рентгеновских лучей, затем выезжает в Германию, чтобы прослушать курс теоретической физики в Шарлоттенбургском институте. Здесь его настигает известие о начале первой мировой войны. Чтобы не оказаться интернированным, Зворыкин срочно уезжает в Данию, оттуда через Финляндию выбирается в Россию.

На родине выпускника Технологического института призывают в действующую армию. В течение полутора лет Зворыкин служит на военной радиостанции в Гродно, после чего получает возможность вернуться в Петроград для работы преподавателем офицерской радишколы.

В Петрограде Владимир Козьмич встречает Февральскую революцию. Офицерам царской армии обычай той поры нередко грозили расправой: революционные трибуналы могли по жалобам солдат привлечь любого офицера или генерала к ответственности за плохое обращение с нижними чинами. Был вызван в такой трибунал и Зворыкин. По счастью, суд отпустил его, поняв вздорность предъявленного обвинения: один из солдат пожаловался на то, что Зворыкин издевался над ним, заставляя подолгу повторять цифры в дырочку (микрофон), а сам в это время копался в соседней комнате в каком-то аппарате.

Работать в Петрограде становится невозможно. Зворыкин решает вернуться в действующую армию, его направляют в местечко Бровары под Киевом. Вскоре складывается такая обстановка: на значительной части Украины — немцы, в Киеве — власть гетмана, линии фронта фактически нет, армия полна агитаторов самого разного толка — от большевиков до анархистов. Как делегат от своей части Зворыкин едет на общешероковой митинг. Возвращаясь обратно на поезде, он видит, как в соседних вагонах арестовывают и разоружают офицеров. Не дожидаясь, когда к нему подойдет солдатский патруль, Зворыкин выпрыгивает на ходу из окна и благополучно скатывается под откос в

⁶ См.: Блинов В.И., Урвалов В.А. Борис Львович Розинг. М., 1991.



Семья. Слева стоит Владимир Зворыкин. В центре — его мать Елена Николаевна и отец Козьма Алексеич. Слева сидят их дочь Мария и сын Николай с супругой (она на переднем плане). Справа — дочери Антонина и Анна, положившая руки на плечи своей племянницы Кати. Муром, 1910 г.

густой кустарник. Выстрелы вдогонку не причиняют ему вреда.

Дальнейшая служба теряет всякий смысл. Сменив военную форму на штатскую одежду, Зворыкин уезжает в Москву. Там его ждет печальное известие о смерти отца. Владимир Козьмич спешит в Муром. Эта поездка в родной город в 1918 г. окончательно развеивает надежды на возвращение к прежней налаженной жизни. Семейный дом над Окой, в котором он родился и вырос, перешел в собственность Совета рабочих и солдатских депутатов. На кладбище рядом с могилой отца белеет много новых крестов. Тетя Мария убита грабителем, позарившимся на ее коллекцию икон. Нет в живых уже и дяди Ивана, к которому Владимир ходил когда-то смотреть элитных красавцев-скакунов. Когда коней реквизируют на нужды революции,

Иван Алексеевич покончил с собой. В Москву Зворыкин возвращается со щемлящим чувством утраты того мира, которым для него была семья.

«Становилось очевидным, — писал Зворыкин, — что ожидать возвращения к нормальным условиям, в частности для исследовательской работы, в ближайшем будущем не приходилось. Новое правительство издало строгие декреты, согласно которым все бывшие офицеры обязывались явиться в комиссариат для призыва в Красную Армию. Мне не хотелось участвовать в гражданской войне. Более того, я мечтал работать в лаборатории, чтобы реализовать идеи, которые я вынашивал. В конце концов я пришел к выводу, что для подобной работы нужно уезжать в другую страну, и такой страной мне представлялась Америка».

КРУГОСВЕТНОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ

Приняв решение покинуть Россию, Зворыкин приступает к его реализации. Путь, который ему пришлось при этом проделать, оказался настолько необычным, что рассказ о нем вызывал у многих эмигрантов недоверчивую улыбку. Отъезд из Москвы в 1918 г. был похож на бегство — знакомый служащий комиссариата по секрету сообщил, что бывшему офицеру радиослужбы уже выписан ордер на арест. В тот же день, даже не заходя после работы домой, Зворыкин уезжает поездом в Нижний Новгород. Цель — добраться до Омска, где ему предлагали работу по оборудованию мощной радиостанции с командированием в США.

Следующая часть путешествия — парходом по Волге и Каме до Перми — прошла относительно спокойно. Однако дальше путь осложнился: железная дорога заблокирована восставшими чехословацкими войсками. Зворыкин с большим трудом добрался до Екатеринбурга. Но здесь его сразу арестовали и посадили в тюрьму для выяснения личности. Можно догадаться, какие чувства испытывали заключенные, узнав о казни царской семьи в находившемся непода-



Студент Санкт-Петербургского технологического института. 1906 г.

Дом Зворыкиных в Муроме.



леку Ипатьевском доме. Неизвестно, как решилась бы судьба арестованных, не войди в город чехословацкие части, после чего охрана тюрьмы сочла за благо разбежаться. У чехов русский инженер подозрений не вызвал, и Зворыкину разрешили доехать до Омска.

В столице независимой Сибири молодого радиоспециалиста ожидала радушная встреча. Как и было договорено, ему выдали необходимые бумаги для деловой поездки в США, однако добраться туда оказалось практически невозможно. Шла гражданская война, все дороги из Омска, кроме как на север, были отрезаны. В этой ситуации Зворыкин решает на весьма рискованное предприятие — выбираться из Омска северным путем. Найдя еще несколько попутчиков, будущий «отец телевидения» отправляется паромом по рекам Иртыш и Обь через Карское море к острову Вайгач. На плавании уходит больше месяца. В конце его Зворыкин оказывается на маленьком острове в проливе Карские ворота. Отсюда можно выбраться уже только на ледоколе. Пути назад тоже нет. К счастью, приходит ледокол, и еще через несколько недель Зворыкин добирается до Архангельска, оккупированного войсками Антанты.

Дальнейшие трудности связаны в основном с получением виз. Потратив на это еще несколько недель, Зворыкин снова отправляется по морям и океанам. Сделав по пути остановки в Норвегии, Дании и Англии, он достигает накануне 1919 г. Соединенных Штатов.

Это, однако, еще не конец пути, поскольку он чувствует себя связанным обязательствами перед Сибирским правительством. В январе 1919 г. Зворыкин как бы замыкает кругосветное путешествие, вернувшись в Омск, на этот раз через Тихий океан, Японию, Владивосток и Харбин.

В России продолжается гражданская война. Сибирское правительство сменил адмирал Колчак. Отчитавшись тем не менее по прежним поручениям и получив массу новых, Зворыкин вновь отправляется в Америку. На этот раз насовсем.

ПАРЕНЬ ИЗ РОССИИ В ФИРМЕ «ВЕСТИНГАУЗ»

Было бы наивно полагать, что Америка ждала с распростертыми объятиями эмигранта из России, ничем особенным себя не проявившего, не имевшего рекомендаций и к тому же практически не владевшего английским языком. Обустроиться на первых порах помог русский посол в США Б.А.Бахметьев. Временное правительство в России давно ликвидировано, однако Соединенные Штаты не торопятся признавать правительство большевиков. По-прежнему бывший профессор Санкт-Петербургского политехнического института Бахметьев руководит деятельностью посольства России в США, информационного бюро и Закупочной комиссии.

Зворыкина зачислят в штат Закупочной комиссии, размещающейся в Нью-Йорке. Функции новоиспеченного эмигранта сводятся главным образом к выполнению бухгалтерских расчетов. Зворыкин рассылает десятки писем в разные фирмы с предложением своих услуг в качестве специалиста по радиоэлектронике. После томительного ожидания на одно из писем приходит, наконец, положительный ответ. Фирма «Вестингауз» предлагает работу в своей исследовательской лаборатории в Питсбурге. Окрыленный надеждами, Владимир Козьмич перебирается на новое место. Желание работать по специальности так велико, что его не смущает даже размер оклада, вдвое уступающий тому, что Зворыкин получал в Русской закупочной комиссии.

Заниматься телевидением в лаборатории «Вестингауз» новому сотруднику разрешили не сразу. В течение года он работал над совершенствованием технологии изготовления приемно-усилительных ламп. Затем «хлопнул дверью» и перешел в довольно скромную фирму с более высокой зарплатой. Лишь в 1923 г., вернувшись в «Вестингауз», Зворыкин получил возможность приняться за реализацию давно вынашиваемых идей электронного телевидения.

Через несколько месяцев напряженной работы ему удалось изготовить образец полностью электронной системы телевидения. Главный предмет гордости — сконструированная им передающая трубка с мозаичным фотокатодом (US Patent 2141059 of 20.12.1938). Впервые в ней был применен принцип накопления зарядов, получаемых точечными фотоэлементами, что значительно повысило ее светочувствительность. Своему детищу изобретатель дал звучное название «иконоскоп» (от греческих слов со значением «изображение» и «видеть»). Качество изображения оставляло желать лучшего, но ведь это лишь первый образец, свидетельствующий о принципиальной возможности нового способа телевидения, свободного от прежних ограничений, связанных с механическим способом развертки.

Для полного успеха требовалось провести большую работу по совершенствованию иконоскопа и кинескопа (приемной трубки), системы преобразования и передачи электрических сигналов, решению технологических проблем, связанных с получением требуемой фоточувствительной структуры, и т.п. Все эти доводы Зворыкин изложил при демонстрации своей системы руководству фирмы «Вестингауз». На генерального директора фирмы Дэвиса, однако, демонстрация установки впечатления не произвела. Решено, что «парню из России» лучше заняться чем-нибудь «более полезным для фирмы».

Зворыкин получает задание по разработке фотоэлементов для аппаратуры звукового кино и других целей. Эту работу он считал для себя недостаточно интересной, тем не менее она сделала его имя известным в Питсбурге и штате Нью-Джерси. Местные газеты написали о быстро распространяющемся применении фотоэлементов в торговых учреждениях, офисах и т.д. Одна из газет даже поместила портрет перспективного специалиста фирмы «Вестингауз».

Между тем, занимаясь разнообразными фотоэлектрическими прибора-

ми, изобретатель не прекращал совершенствовать электронную трубку. «К тому времени, — вспоминал Зворыкин, — я понял, что работу над идеей, способной привести к коммерческому успеху, нужно камуфлировать до тех пор, пока возможность получения прибыли не станет очевидной для людей бизнеса. Ваша собственная убежденность не играет большой роли». Шаг за шагом он решает многочисленные радиотехнические и технологические проблемы, все больше приближаясь к своей цели — созданию пригодной для практического применения системы электронного телевидения. От экспериментов можно было переходить к опытному производству, но для этого требовались капиталовложения, нужен был представитель крупного бизнеса, способный поверить в будущее новой разработки.

ВСТРЕЧА С ПРЕЗИДЕНТОМ RCA ДАВИДОМ САРНОВЫМ

Таким бизнесменом и одновременно специалистом в области радиоэлектроники, не сомневающимся в будущем электронного телевидения, оказался еще один эмигрант из России — Давид Сарнов.

Ко времени встречи со своим соотечественником Давид Сарнов (родители увезли его в США в девятилетнем возрасте) прошел в американской радиопромышленности путь от простого оператора до президента крупнейшей компании «Radio Corporation of America» (RCA)⁷. Деловая хватка президента RCA, его обширные связи на американском рынке радиоэлектронной продукции, большие финансовые возможности стали своего рода локомотивом, обеспечившим детищу Зворыкина продвижение к производственному и коммерческому успеху.

В 1929 г. Зворыкин начинает работу в отделении RCA, находящемся в г.Камден. «Что потребует, чтобы превратить вашу разработку в средст-

⁷ Lyons E. David Sarnoff. N.Y., 1966.



Зворыкин демонстрирует свой первый телевизор актрисе Голливуда.

во телевизионного вещания для массовой аудитории?» — этот вопрос Сарнов задал Зворыкину уже при первой встрече. «Сто тысяч долларов и два года работы», — таким был ответ. На самом деле последующая работа оказалась существенно более масштабной. Впоследствии Сарнов от-

мечал, что реальные затраты по организации системы телевидения в США были как минимум в тридцать раз больше цифры, названной автором иконоскопа. Этот курьез с оценкой финансовых затрат подтверждает, что Зворыкину не суждено было стать коммерсантом. Работа над созданием электронного телевидения показала, что у сына муромского купца были исключительные способности находить



Модель автомобиля с радиоуправлением конструкции Зворыкина.

технические решения задач, зачисленных его коллегами в разряд «тупиковых».

Непреодолимой проблемой для преобразования изображения в электрические сигналы представлялось усиление тока, возбуждаемого в отдельных точках фотоэлементной мозаики. При развертке передаваемой картины электронный луч находится в каждой точке изображения лишь миллионные доли секунды; появляющийся при этом фототок не превышает десяти миллиардных долей ампера. Электрический заряд, образующийся в отдельных точках фотокатода в результате действия такого тока, аналогичен заряду всего лишь нескольких десятков электронов.

Зворыкин решил задачу усиления столь малых токов, придав каждому элементу фотомозаики свойства

конденсатора, линейно накапливающего заряд. Для этого ему вместе с помощниками пришлось решить не менее сложную технологическую задачу — нанести на каждый квадратный сантиметр диэлектрической основы многие тысячи изолированных металлических элементов. После большой серии опытов в химической лаборатории RCA такую структуру удалось получить путем термической обработки пленки серебра на слюде.

В 1931 г. Зворыкин создает окончательную конструкцию передающей трубки — иконоскопа, ставшего основой будущей системы электронного телевидения. После практических испытаний новой системы, проведенных в Камдене, телепередающая станция мощностью в 2,5 кВт устанавливается на самом высоком здании Нью-Йорка — Эмпайр Стейт

Билдинг. Опытная телетрансляция с помощью этой станции начинается в 1932 г.

Заводы компании RCA осваивают выпуск телевизоров с кинескопом конструкции Зворыкина. Жители Нью-Йорка и окрестностей в радиусе до 100 км становятся первыми абонентами электронного телевидения.

ИКОНОСКОП ЗВОРЫКИНА ЗАВОЕВЫВАЕТ МИР

Начало 30-х годов — важный этап в жизни Зворыкина. Ему 45 лет (середине жизни для Зворыкина, прожившего 93 года). По существу до тех пор он жил как затворник, проводил все время в лаборатории, не думая о публичных выступлениях и саморекламе. С появлением электронного телевидения к эмигранту из России приходит известность. Особенно большой резонанс получил его доклад «Иконоскоп — современный вариант человеческого глаза», сделанный на годичной конференции Американского общества радиоинженеров в июне 1933 г. В этом выступлении изобретатель подвел итог своей многолетней работы над передающей телевизионной трубкой, раскрыв наконец технические секреты, до тех пор не публиковавшиеся в открытой печати⁸. Присутствующим в аудитории ведущим американским специалистам в области радиоэлектроники стало ясно, что этому скромному, не очень хорошо говорящему по-английски человеку удалось сделать то, чего не могли достичь многие высококлассные лаборатории. Иконоскоп Зворыкина открыл новую эру в развитии радиоэлектроники, предоставив обществу средство коммуникации, о котором многие поколения могли лишь мечтать.

Изобретатель получает массу приглашений выступить перед учеными в разных странах. В предыдущие годы ему уже приходилось бывать во многих лабораториях Германии, Вен-

грии, Франции, Бельгии, Англии и других стран. Тогда это были по большей части ознакомительные поездки; особенную радость доставило Зворыкину посещение лабораторий таких признанных корифеев, как П.Ланжевэн и М.Кюри.

Теперь сам Зворыкин выступает в роли триумфатора. Его опыт, советы, идеи представляют огромный интерес для всех, кого интересует дальнейшее развитие телевидения. Из многих предложений Зворыкин выбирает в первую очередь посещение СССР, и уже в августе 1933 г. выступает перед учеными и инженерами в Ленинграде и Москве.

Решение Зворыкина совершить поездку на родину вызвало много кривотолков у русских эмигрантов. Общим настроением эмигрантской среды продолжало оставаться неприятие власти большевиков; правительство США тоже не торопилось признавать страну Советов и пошло на установление дипломатических отношений с СССР лишь в 1933 г. Поступок Зворыкина в этой ситуации был своего рода вызовом. Одни пытались найти скрытые причины такого решения, другие зачислили изобретателя в малопочетную категорию просоветски настроенных.

Действительно, решение отправиться в Советскую Россию принималось Зворыкиным вместе с руководством фирмы RCA не без колебаний. И если официальная цель этого визита лежала что называется на поверхности, то личные мотивы оставались в течение многих лет «за кадром». Для руководства фирмы RCA визит сотрудника в СССР рассматривался в плане борьбы за выживание: в США продолжался жесточайший экономический кризис, и получение заказов на продукцию от других стран было крайне желательно. Мотивы самого Зворыкина были более сложными. В разговорах с сотрудниками он не скрывал, что хотел бы увидеть родные места, встретиться с сестрами и братом. Но еще одно обстоятельство в разговорах не обсуждалось.

⁸ Zworykin V.K. Iconoscope — a modern version of the electric eye // Proc. IRE. 1934. V.22. P.16—32.

С женой Татьяной и дочерью Ниной.



ВЕРНУТЬСЯ НА РОДИНУ?

За несколько месяцев до поездки фирму RCA посетили посланцы Советского Союза — специалисты в области радиоэлектроники С.А.Векшинский (впоследствии академик) и А.Ф.Шорин⁹. В беседе с глазу на глаз Зворыкин получил от соотечественников предложение вернуться в СССР. Ему были даны заверения, что советское правительство предоставит ему максимально благоприятные условия для работы и жизни и гарантирует ограждение от каких-либо преследований, связанных с его дореволюционным прошлым. Это предложение зашло в душу Зворыкину.

Прожив полтора десятилетия в США и сравнивая себя с более ассимилированными эмигрантами, такими как Сарнов, Зворыкин понимал, что сам он уже не станет «стопроцентным американцем». По-английски он говорил с чудовищным акцентом, все привычки и образ мысли так и остались русскими. Не совсем удачно сложилась личная жизнь. Приезд в

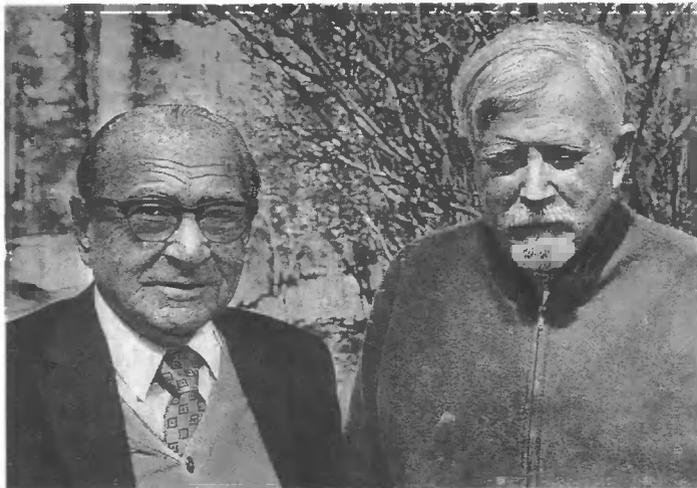
1919 г. в Америку его жены Татьяны сначала обоим показался спасательным кругом. В 1920 г. родилась их первая дочь Нина, спустя семь лет — Елена. Тем не менее душевной близости между супругами не возникло, и в конце концов дело дошло до разрыва. В Камдене Зворыкин жил уже один.

В августе 1933 г. Зворыкин приезжает в Советскую Россию. На его доклад «Телевидение при помощи катодных трубок»¹⁰ в зале Ленинградского НТО электриков собрались все узнавшие об этом специалисты. Доклад вызвал огромный интерес. Потом еще более часа Зворыкин обстоятельно отвечал на вопросы, ни из чего не делая секретов.

В последующие годы русскому американцу показали разработки советских специалистов в области телевидения. Высокий уровень результатов, полученных изобретателями С.И.Катаевым, А.П.Константиновым, Б.В.Круссером и др., оказался для Зворыкина сюрпризом, тем более что техническая оснащенность лабораторий не шла в

⁹ См. об этом подробнее: Борисов В.П. Сергей Аркадьевич Векшинский. М., 1988. С.54.

¹⁰ Зворыкин В.К. Телевидение при помощи катодных трубок. Л., 1933. С.5.



В.К.Зворыкин и академик АН СССР Д.В.Наливкин. 1969 г.

сравнение с условиями, в которых работали американские и западноевропейские ученые.

Радостной была встреча с сестрами и братом Николаем. В Америку Зворыкин уезжал полный впечатлений и глубоких раздумий. Конечно, жизнь в Соединенных Штатах дала ему очень много. Там он не только нашел прибежище в тяжелые дни социальных потрясений, но и получил признание как изобретатель и ученый. И все же, побывав в России, он со всей остротой почувствовал, что душой он по-прежнему остается в этой стране.

Спустя год Зворыкин снова едет в Россию. В доме его сестры Анны собирается семейный совет, в котором принимают участие самые близкие родственники Владимира Козьмича. Вопрос один: как семья относится к его намерению вернуться на родину. На глазах сестер появились радостные слезы. Но вот заговорил муж Анны, одноклассник Зворыкина, профессор Ленинградского горного института Дмитрий Васильевич Наливкин. Шурина он знал уже больше двадцати лет, поэтому свои доводы излагал без церемоний.

Да, Владимир, принимают тебя в СССР с большим почетом. Ты представляешь собой ценность как ученый, обходиться с тобой нужно деликатно,

поскольку в твоем кармане лежит американский паспорт. Представим теперь, что ты поменял этот паспорт на «краснокожую паспортину». Для кого-то ты будешь уважаемым человеком, сумевшим изобрести нечто очень важное. Для многих же других ты останешься, во-первых, сыном купца первой гильдии, во-вторых, бывшим белым офицером, в-третьих, в недавнем прошлом американским гражданином, имевшим тесные связи с миром буржуазии. При неблагоприятном стечении обстоятельств даже одного из этих пунктов будет достаточно, чтобы ты оказался далеко от обещанных тебе лабораторий и квартиры. Вспомни процесс Промпартии и поверь мне, дело этим процессом не ограничится. Риск очень большой, я лично считаю твоё желание вернуться в Россию неразумным.

Так или примерно так говорил будущий академик АН СССР, классик отечественной геологии (воспоминания об этом сохранил его сын, член-корреспондент РАН В.Д.Наливкин). Доводы выглядели вполне убедительно. Зворыкин решил остаться жить в США. Любил приезжать в СССР, встречаться с сестрами и племянниками, щедро осыпать их, как и положено американскому дядюшке, разнообразными подарками. Жизнь очень скоро подтвер-

С сестрой Марией. Комарово, 1969 г.



дила правоту Наливкина. Среди тех, кому привелось испытать на себе незаслуженные удары судьбы, оказался, к сожалению, и родной брат Владимира Козьмича Николай. Работая в течение многих лет в Грузии, он получил известность как квалифицированный инженер, руководитель ряда проектов по строительству гидротехнических сооружений. Но небольшого сбоя в работе оказалось достаточно, чтобы Николай Зворыкин, как и его ближайшие сотрудники, был осужден. Удивительно, но после успешной сдачи гидроузла в эксплуатацию всю бригаду проектировщиков помиловали. Такое встречалось редко. Кампания, проходившая под знаком «обострения классовой борьбы», продолжала набирать обороты.

Фирма RCA заключила в 1935 г. крупный договор с Народным комиссариатом электропромышленности СССР, в соответствии с которым Советской республике поставлялись технологическая документация и материалы, оборудование для производства электровакуумных приборов, аппаратура для оснащения первого советского центра электронного телевидения и т.д. Вопросы, связанные с реализацией договора, Зворыкин обсуждал в последний раз в Ленинграде и Москве в 1936 г. Последующее расширение

репрессий в СССР вызвало в памяти события революции и гражданской войны. Ученый решил воздержаться от поездок на родину даже по служебным делам. Начавшаяся вскоре вторая мировая война и некоторые другие события привели к тому, что вновь побывать на родине он смог только через двадцать с лишним лет, в 1959 г.

Поездки в Советскую Россию в 30-х годах обогатили в научно-техническом плане не только наших специалистов, но и самого Зворыкина. В сентябре 1934 г. ленинградский ученый Л.А.Кубецкий продемонстрировал русскому американцу свою новую разработку — многокаскадные электронные умножители. Зворыкин сразу понял, какие огромные возможности обещает развитие и применение электронных умножителей, особенно в сочетании с фотокатодом. Набросав на первом попавшемся клочке бумаги схему умножителя Кубецкого, Зворыкин (этот листок до сих пор хранится среди его бумаг в архиве фирмы «David Sarnoff Res. Center») по возвращении в США погружается в работу над аналогичным прибором. В январе и июле 1935 г. он подает заявки на изобретение электронного умножителя (US Patent 2144239), в октябре того же года делает доклад об этом новом классе электронных приборов на засе-

дании Нью-Йоркского отделения Института радиоинженеров¹¹. Ссылки на приоритет Кубецкого в этих заявках и выступлении отсутствуют.

ВОЕННАЯ ТЕМА

Во второй половине 30-х годов Зворыкин занимается в основном проблемами электронной оптики, проводя исследования и разработки совместно с И.Ленгмюром, Дж.Мортоном, Л.Мальтером и другими известными специалистами. Работа в области электронно-оптических преобразователей привела к созданию прибора ночного видения, работающего в диапазоне инфракрасного излучения. В период второй мировой войны приборы ночного видения конструкции Зворыкина использовались армией США для оснащения танков и средств транспорта, а также в качестве прицелов¹².

Одновременно под руководством Зворыкина продолжалась работа по совершенствованию элементов аппаратуры телевидения. Разработка новой технологии изготовления мишени позволила создать значительно более чувствительную приемную трубку — супериконоскоп.

В лаборатории Зворыкина были созданы также ортискон, видикон, суперортискон и ряд других приборов. Начиная с 1939 г. Зворыкин вместе со своим помощником Дж.Хиллиером занимался разработкой электронных микроскопов, достигнув в короткие сроки значительных результатов¹³.

3 сентября 1939 г., в день объявления Великобританией войны Германии, Зворыкин находился в шотландском городе Данди, на научном конгрессе. Утром состоялся его доклад по электронной микроскопии, а потом заседания были прекращены. В

связи с объявлением военного положения участники конгресса заспешили покинуть Шотландию. Для гостей из Америки были забронированы места на теплоходе «Афиния», отправлявшемся из Ливерпуля в Нью-Йорк. После некоторого колебания Зворыкин решил задержаться, ему хотелось получить свой багаж, отставший от хозяина во время поездок по Европе. Он посчитал, что неловко путешествовать на фешенебельном океанском лайнере, хоть и в военное время, без костюма для ресторана. А 5 сентября из газет узнал, что «Афинию» торпедировала немецкая подводная лодка, при этом много пассажиров погибло и было ранено.

По возвращении в США Зворыкину приходится расширить круг работ, связанных с военной тематикой. Помимо приборов ночного видения в его лаборатории создаются телевизионные бортовые устройства для наведения на цель бомб и ракет, приборы для систем радиолокации и др. Он стал членом Консультативного комитета при ВВС США и работал в Подкомитете по научным исследованиям оборонного назначения. Под конец войны Зворыкину был вручен диплом Министерства обороны США. Академия искусств и наук США избрала его своим членом.

В 1943 г. к Зворыкину, переехавшему к тому времени вместе со своей лабораторией в Принстон, обратились активисты Фонда помощи жертвам войны в России, занимавшегося сбором средств для закупки и отправки населению СССР продовольствия, одежды и т.п., и предложили возглавить Нью-Йоркское отделение этого фонда. Зворыкин никогда не примыкал ни к каким партиям и течениям, не занимался общественной деятельностью. Но на сей раз дал свое согласие, предупредив, что сможет уделять этой работе минимум времени. Ему не хотелось оставаться в стороне, когда можно было помочь бедствующим соотечественникам. В деятельности Фонда участвовали жена президента Элеонора Рузвельт и вице-президент Генри Уоллес, что гарантировало законность дела. Тем не менее эта

¹¹ Zworykin V.K., Morton G.A., Mater L. The Secondary Emission Multiplier — A New Electronic Device // Proc. IRE Mart 1936.

¹² Американец с русским акцентом / Публ. В.П.Борисова // Неизвестная Россия. М., 1993. Вып.4. С.73.

¹³ Zworykin V.K., Morton G.A. et al. Electron Optics and the Electron Microscope. N.Y., 1945.

история имела для Зворыкина печальные последствия.

В 1945 г. в США были сформированы группы специалистов для поездок по только что занятой союзническими войсками территории Германии. Задача заключалась в том, чтобы определить важность сохранившихся результатов исследований и промышленных разработок, выявить высококвалифицированных ученых и инженеров и т.п. (Аналогичные команды создавались и в СССР, что привело к своеобразному соревнованию: В.фон Брауна «захватили» американцы, зато в СССР отправился М.фон Арденне и т.д.).

Когда Зворыкин явился в Вашингтонский аэропорт, чтобы лететь вместе с группой в Германию, неожиданно выяснилось, что покидать пределы США ему не разрешено. Как разворачивался этот инцидент, Зворыкин написал в воспоминаниях:

«...Я узнал, что мой паспорт задержан госдепартаментом из-за того, что я являюсь членом Фонда помощи жертвам войны в России. Поскольку эта организация была вполне легальной, и в нее входили упомянутые высокопоставленные лица, единственное объяснение я усматриваю в своем русском происхождении. Что и говорить, горькая пилюля после многих лет и стольких трудов, отданных моей новой стране. Я снова почувствовал себя как в клетке. Пришлось выйти из состава Комитета по Германии и готовиться к увольнению из RCA, так как я лишился в этой ситуации допуска к своей работе над секретными проектами. Здесь за меня вступился генерал Сарнов, оказавший официальную поддержку со стороны RCA. В конце концов в 1947 г. мне вернули паспорт, и я опять стал свободным человеком».

ПОСЛЕДНИЕ СЧАСТЛИВЫЕ ТРИДЦАТЬ ЛЕТ

Судя по всему, эта история оставила глубокий шрам в душе Зворыкина. Тем не менее на него

продолжали сыпаться почести: он был удостоен медали им.Говарда Поттса, Почетного диплома Президента США, медали и премии Ламме Института инженеров-электриков, золотой медали Пур Ричард Клаб за выдающиеся достижения в науке и др. Церемонии с вручением высоких наград, конечно, приятны, однако теперь Зворыкин стал мудрее и осторожнее. В США начинает набирать силу кампания маккартизма, и он с сожалением отмечает, что научные заслуги — слабая защита в атмосфере псевдопатриотического угара. Владимиру Козьмичу давно хотелось поехать в СССР, повидать родственников, но в такой обстановке об этом и думать было нечего.

В 1951 г. происходят изменения в личной жизни Зворыкина. После многих лет холостяцкой жизни он вступил в брак с русской эмигранткой Е.А.Полевичкой. История их союза романтична и, как многое в жизни Зворыкина, почти неправдоподобна. Знакомство произошло за двадцать лет до этого кульминационного события. Зворыкин был очарован красотой и обаянием Екатерины Андреевны, но, увы, Полевичка была замужем. В дальнейшем их пути почти не пересекались: Екатерина Андреевна растила детей и жила в семейных заботах, Владимир Козьмич мало отвлекался на то, что не связано с электротехникой. Предложение руки и сердца последовало, когда Зворыкину стало известно, что Полевичка стала вдовой. И хотя оба «молодые» перешагнули к тому времени шестидесятилетний рубеж, выглядели они, по воспоминаниям друзей и родственников, на редкость счастливой парой. В любви и согласии супруги прожили более тридцати лет (Екатерина Андреевна пережила Зворыкина на год).

Для Владимира Козьмича было очень важно, что супруга живо интересовалась его работой. Сейчас трудно сказать, насколько повлияла на своего мужа эрудированная и энергичная Екатерина Андреевна, врач по профессии, но в 50-х годах научные и изобретательские интересы Зворыкина перешли главным образом в область медицинской электроники.



*С женой Екатериной Андреев-
ной. Принстон.*

В 1954 г., по достижении 65-летнего возраста, Зворыкин уходит в отставку с должности директора лаборатории электроники компании RCA. Заслуги его настолько велики, что ему присваивается должность почетного вице-президента фирмы RCA. В Мак-Кошевском зале Принстонского университета в его честь проводится конференция, в которой принимают участие ученые различных университетов и фирм США. В заключительной речи президент RCA Д.Сарнов отмечает выдающийся вклад Зворыкина в превращение компании за четверть века из небольшой фирмы в лидера быстро развивающейся отрасли промышленности. «Понятие "отставка" не имеет отношения к Владимиру Зворыкину, — говорил Сарнов. — Такой ученый, как Зворыкин, никогда не уходит в отставку. Его талант не увядает. Воображение и созидательный инстинкт настоящего ученого

ведут его за собой, к еще более обширному познанию»¹⁴.

Действительно, в планах Зворыкина продолжительному отдыху места не отводилось. В том же году он начинает работу как директор центра медицинской электроники при Институте Рокфеллера в Нью-Йорке. Для исследования химических реакций внутри живых клеток Зворыкиным был вскоре создан уникальный микроскоп, воспроизводящий цветное изображение объектов на телевизионном экране. Развитие интегральной микроэлектроники позволило ему реализовать вместе с медиками идею эндорадиозондирования. Зондом при этом методе служит миниатюрная таблетка-радиопередатчик, с помощью которой можно получать данные о кислотности и других показателях внутренней среды.

¹⁴ Testimonial Dinner and Seminar in Honor of Vladimir K.Zworykin. Princeton, 1954. P.9.

Вместе с выдающимся математиком Дж. фон Нейманом Зворыкин разрабатывает новый метод прогнозирования изменений погоды с использованием метеорокетов и компьютерной обработкой данных. Потом принимается за решение проблемы повышения безопасности движения на скоростных автомагистралях и в конце концов создает экспериментальный образец радиоуправляемого безопасного автомобиля. Авторитет ученого весьма высок, многие университеты хотели бы сотрудничать с изобретателем электронного телевидения и электронной микроскопии. Помимо работы в Рокфеллеровском институте, Зворыкин начинает преподавательскую деятельность как внештатный профессор в университете Майами. По его желанию цикл лекций приходится на период с декабря по март. Когда-то он мог только мечтать проводить зимнее время в комфортном климате Флориды. Теперь, сняв уютный домик, супруги Зворыкины каждый год в ноябре отправляются из Принстона к теплому побережью Майами.

Применением средств электроники для медицинских и биологических целей начинают заниматься многие исследователи в разных странах. Создается Международная федерация медицинской электроники и биологической техники; Зворыкин был избран президентом-основателем федерации. Одним из вице-президентов стал профессор из России В.В.Парин, дружбу с которым Владимир Козьмич сохранял многие годы.

Зворыкину принадлежит свыше 120 научных патентов¹⁵. Имя его

значится в Американской национальной галерее славы изобретателей, он удостоен более тридцати наград, включая Национальную медаль Науки США, премию Пионера американской ассоциации промышленников, орден Почетного Легиона Франции, орден Почета правительства Италии и др. Жизнь его была насыщена поездками во многие страны, встречами с учеными, инженерами, общественными деятелями. Начиная с 1959 г. он еще восемь раз приезжал на родину, навещал близких, интересовался развитием науки, техники, культуры в нашей стране. Сокрушался, что не может побывать в Муроме, где прошли его детские и юношеские годы (город был закрыт для иностранцев). Затем со свойственной ему предприимчивостью решил и эту проблему.

В 1967 г. супруги Зворыкины оформили интуристское посещение г.Владимира. Там отправились вдвоем смотреть соборы, а затем, поймав такси, махнули в Муром. И вот после пятидесятилетней разлуки Владимир Козьмич вновь в родном городе — у церкви Николы Набережного над Окой, на кладбище, где похоронены родственники, в доме, где прошло его детство и отрочество.

Об этой рискованной поездке Зворыкин любил рассказывать гостям, посещавшим его принстонский дом. Лицо его оживлялось, в глазах появлялся озорной блеск. Старый привратник негр Линн приносил водку, грибки и селедочку. Гости смеялись, им совсем не мешал в речи хозяина сильный русский акцент, от которого тот так и не избавился за шестьдесят лет жизни в Америке.

¹⁵ Борисов В.П. Одиссея русского американца номер один // Рос. ученые и инженеры в эмиграции. М., 1993. С.72–82.

Обычай вторичного погребения в зеркале археологии и этнографии

С. М. Толстая



Светлана Михайловна Толстая, доктор филологических наук, заведует отделом этнолингвистики и фольклора Института славяноведения РАН. Специалист в области славянского языкознания и традиционной народной духовной культуры славян.

ОТНОШЕНИЯ между археологами и этнографами складываются непросто. Обоюдное недоверие сочетается с взаимным притяжением и заинтересованностью. Археологам постоянно недостает этнографического материала для интерпретации собственных данных, а этнографы в свою очередь нуждаются в археологических и исторических свидетельствах описываемых ими обрядов и верований. Обряд, о котором пойдет речь, можно считать счастливым исключением, поскольку он имеет хорошие и этнографические и археологические подтверждения. Обычай так называемого «вторичного погребения» (термин принадлежит исследователям-этнографам) распространен в нескольких, достаточно обширных, регионах южнославянской (балканской) территории: Македонии (преимущественно южной ее части), Восточной и Северо-Восточной Сербии, некоторых районах Боснии и Герцеговины, а также Далмации и Северо-Западной Словении. Имеются отдельные свидетельства об этом обычае из Хорватии, Северной и Юго-Восточной Болгарии, Фракии и других районов. За пределами славянских земель он известен в греческой Македонии, у православных албанцев и в Румынии.

Одно из самых ранних и самых подробных описаний обычая вторичного погребения, соблюдавшегося в Македонии, в окрестностях Дебра, принадлежит сербскому этнографу М.Величу: «Семья умершего разрывала могилу через три года после погребения. Это делалось в субботу после полудня. Мужчины раскапывали могилу, потом

осторожно извлекали кости, начиная с черепа и двигаясь сверху вниз, а женщины, причитая, брали эти кости и затем в небольшом корытце обмывали их водой, а в другом корытце — вином. После обмывания кости помещали в полотняный мешочек, причем соблюдали обратный порядок, т.е. начинали с ног. Череп украшали базиликом и другими цветами и клали последним. Мешочек с костями относили в церковь и оставляли под амвоном, и после вечерней службы священник читал над ним краткую молитву. На следующий день совершалось отпевание — точно так же, как при настоящих похоронах, а затем члены семьи и все участники строгой процессией шли на кладбище, где священник сначала читал несколько молитв, а потом один из присутствующих опускал мешочек с костями в ту же могилу (гробницу). Затем священник поливал кости маслом, со всех сторон лопатой обсыпал в могилу немного земли, после чего и остальные мужчины приступали к засыпанию могилы. Если при эксгумации находили неразложившийся труп, то объясняли это тем, что покойник при жизни совершил много грехов¹.

Подобный тип ритуала совершается в строго определенное время (через три, пять, семь лет, реже девять и более) и в календарно фиксированные сроки. Чаще всего его проводят в поминальную субботу перед Великим постом, иногда в субботу перед Троицей, реже — в Дмитровскую субботу (задушницу). В отдельных районах в этот день раскапывают могилы всех покойников, захороненных три года назад. Этот ритуал преобладает в Македонии, Болгарии, Боснии и Герцеговине. Локальные различия касаются того, как поступают с выкопанными костями: относят ли их в церковь и как долго там держат (сутки, несколько дней, а иногда и целый год), возвращают ли их после отпевания в могилу или относят в костницу (костурницу) и т.п.

Иногда по-разному поступают с мужскими и женскими костями: в церкви мужские кости оставляют под образом Христа, а женские — под образом Богородицы. В болгарских и македонских ритуалах на череп мужчины часто надевают феску, а женский череп обвязывают платком и сверху надевают шапочку. Если находят в могиле неразложившееся тело, то либо могилу зарывают, либо пробивают тело глоговым (кизилковым) колом. Когда в могиле находят какую-нибудь неразложившуюся часть тела — руку или голову, — считают, что именно с ней связан тяготеющий над покойником грех. Например, не гниет рука, которой покойник ударил отца или мать и т.п.

У южных славян широко распространено верование, что душа погребенного «освобождается» только после полного распада тела, поэтому ритуал раскапывания могилы, при котором родственники удостоверяются в этом, становится естественным завершающим этапом похоронного обряда. Вторичным погребением часто завершается траур по умершему².

Другой разновидностью ритуала этого типа можно считать вторичное погребение останков при захоронении нового покойника в могилу родственника. В этом случае эксгумацию и действия с останками уже нельзя считать компонентом первого погребального обряда; скорее это составной элемент второго. Но по содержанию и мотивировкам этот ритуал вторичного погребения может не отличаться от календарного. Здесь также соблюдаются определенные сроки вторичного захоронения в ту же могилу: пять, семь, девять, двенадцать, иногда даже восемнадцать и более лет.

Порой отмечаются особые мотивировки раскапывания могилы. Прежде всего это страх перед покойником, который может стать вампиром и вредить живым, или подозрение, что покойник уже им стал. В этом случае обычно раскапывают могилу и протыкают тело глоговым колом. По другим

¹ Велић М. Српске народне умтовривине, обичаји и веровања из Добра и околине // Братство (Друштва св. Саве). Књ. IX и X. Београд, 1902. С. 437—439.

² Вакарелски Х. Български погребални обичаи. София, 1990.

представлениям, раскапывание могилы совершается с целью еще раз увидеть умершего родственника, проститься с ним, воздать ему честь, любовь и память или, как у сербов и мусульман Боснии, «дать еще раз солнцу согреть дорогого покойника».

Существует немало исторических свидетельств, подтверждающих этнографические данные. Одно из самых старых — это статья 20-я Законника Стефана Душана (XIV в.), которая гласит: «Если люди с целью волхования станут вынимать из могил [покойников] и сжигать их, то село, учинившее это, заплатит штраф: если же поп примет в этом участие, то будет лишен священного сана». Этот же закон запрещал пробивать трупы гловым колом³. В статье 20-й обращает на себя внимание отсутствующая в этнографических описаниях деталь — сжигание останков после эксгумации (возможно, речь идет о сжигании только неразложившихся трупов).

Еще более раннее историческое подтверждение — рассказ о том, как через три года после смерти сербского короля Милутина (1282—1321) монахи раскопали его могилу и уложили останки в специальный гроб, который они поставили в церкви перед иконой Христа. Этот обычай по отношению к знатым и родовитым особам сохранялся вплоть до XIX в. На основании подобных исторических свидетельств исследователи делают вывод, что и сам обычай эксгумации первоначально был не всеобщим, а княжеским. Однако если еще в 1730 г. православный собор в Воеводине выносит решение, запрещающее выкапывать мертвцов, то, безусловно, речь идет о народном обычае, широко распространенном. Подобные запреты издавались церковью и на протяжении XIX в., но они постоянно нарушались, а ритуал раскапывания могил и обмывания костей дожил до XX в. и кое-где фиксировался даже в 50-е годы.

Сараевский археолог Ш.Бешлагич, известный своими работами о

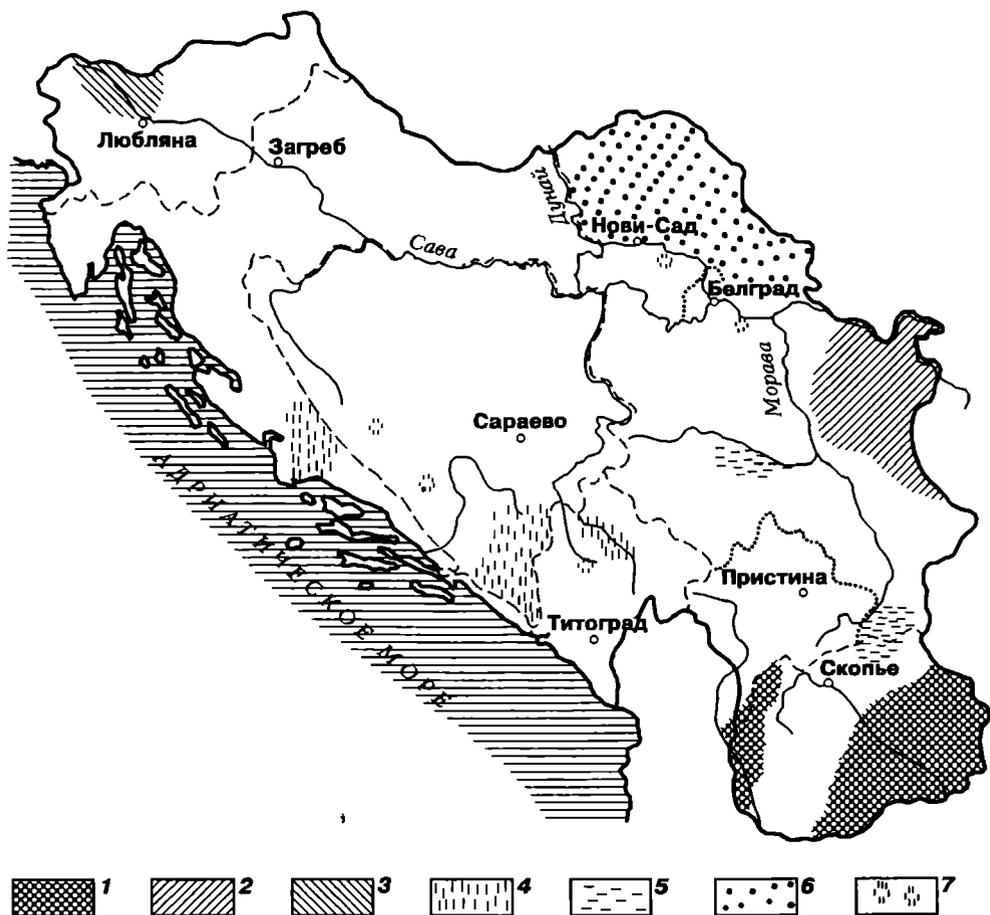
средневековых некрополях Боснии и Герцеговины и особенно о каменных надгробиях — стечках, опубликовал в 1974 г. подробное исследование об обычае вторичного погребения, где обобщил все имевшиеся к тому времени этнографические свидетельства, исторические данные и некоторые археологические подтверждения⁴. Изучив материалы нескольких средневековых некрополей, где встречается большое число могил с двумя, тремя, четырьмя и даже пятью захоронениями, он пришел к выводу, что, во-первых, захоронения в старые могилы (прежде всего родственников) с давних времен и до наших дней практиковались в Боснии и Герцеговине, а во-вторых, кости прежних захоронений бережно собирались и складывались обычно у края могилы или в ногах нового гроба, тогда как череп регулярно помещался в изголовье.

Особое почитание черепа характерно для словенского варианта ритуала, о котором уже упоминалось и который лишь с некоторой натяжкой может быть отнесен к обряду вторичного погребения. В отличие от македонского словенский обряд совершался исключительно при захоронении в старую могилу, т.е. он не входил в рамки предыдущего погребального обряда. В Словении, как и в Боснии и Герцеговине, захоронения родственников в одной могиле были обычными, что часто объясняется недостатком места для погребений, но, возможно, имеет и какие-то ритуальные мотивировки.

Если македонский, сербский и болгарский обычаи вторичного погребения изучены неполно, отрывочно, по отдельным, случайным описаниям, то соответствующий словенский обряд исследован систематически благодаря инициативе люблянского этнографа и фольклориста М.Матичетова, который еще в 1954 г. составил и разослал по селам специальную анкету, затем обра-

⁴ Bešlagić Š. O običaju «dvostrukog sahranjanja» kod naših naroda // Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine. Nova serija. Sarajevo, 1974. Sv.XXIX. S.193—212.

³ Соловьев А. Душанов Законик. Београд, 1929.



Карта распространения обычая вторичного погребения на территории бывшей Югославии (по: Ш.Бешлагич, 1974). 1 — обычай встречается достаточно часто; могилу раскапывают в знак почитания умершего, кости обмывают водой и вином (или только поливают вином); 2 — могилу раскапывают, чтобы увидеться с умершим (иногда — поцеловать его), кости поливают вином; 3 — могилу раскапывают для погребения нового покойника, обычно череп (иногда и другие кости) поливают вином; 4 — могилу раскапывают для погребения нового покойника; 5 — могилу раскапывают, поливают кости вином (иногда это делается при погребении нового покойника); 6 — мотивы раскапывания могил неясны; 7 — единичные случаи раскапывания могил.

ботал и опубликовал ее результаты⁵. Полученный материал показал, что в 85 селах из 224 обычай можно считать живым, исполняемым или исполнявшимся в недавнее время местными жителями, или во всяком случае известным им по рассказам старших, по фразеологии или фольклорным мотивам.

В публикации Матичетова приводится карта распространения обряда, из которой видно, что он занимает территорию к северо-западу от Любляны, захватывая Верхнюю Краину, верховья Савы и Каринтию вплоть до Клагенфурта (по-словенски — Целовац) в Австрии, а на западе пересекает итальянскую

⁵ Maticetov M. Umita in v prt zavita lobanja pri Slovencih // Slovenski etnograf. 1955. T.VIII. S.231—254.

границу. Локальные различия, обнаруживаемые у словенцев, касаются только деталей при общности главного.

Ритуал с останками совершался и совершается всегда при новом захоронении; в абсолютном большинстве случаев объектом действий оказывается только череп, который извлекается из могилы, обтирается и обмывается водой (простой, родниковой, теплой или освященной, с добавлением трав и т.п.). Затем череп заворачивается в полотно (реже укладывается в сумку, в деревянный ящик и т.п.) и возвращается в могилу (до того, как в нее опустили новый гроб или, чаще, после этого, поверх нового гроба). Поэтому Матичетов не называет обряд вторичным погребением, а говорит об обычае обмывания и заворачивания в полотно черепа; в народе он называется еще «умыть голову умершему» и понимается преимущественно как выражение почтения, любви и благодарности к предкам. По обычаю, младшие «умывают голову» старшим: сын — отцу, дочь — матери или обоим родителям. Ритуал с черепом совершают чаще, а кое-где исключительно, женщины. Некоторые из них добровольно исполняют этот ритуал для всех односельчан; им платят и их угощают.

Как уже говорилось, в большинстве случаев объектом ритуала — череп, но иногда — и другие кости, особенно крупные, чаще — кости рук. Все извлекаемые из могилы кости (или только череп) обмывают обычной или «благословенной» водой, моют и вытирают или только поливают, окропляют (особенно если это освященная вода), протирают мокрой тряпкой и т.п. Воду приносят в каком-нибудь сосуде или ведре, редко носят череп к источнику. Обмывают или обтирают череп рукой, чаще не голой, а обернув тряпкой; при обмывании читают молитву (обычно «Отче наш»), иногда причитают.

После обмывания череп, изредка и другие кости, заворачивают в полотно, которое должно быть новым, белым, чистым, большим, домотканым и т.п. При заворачивании избегают узлов. Полотно с черепом и другими костями

чаще всего опускают на дно разрытой могилы (справа, в изголовье), кладут на ком земли возле могилы, реже относят в костурницу до погребения, «чтобы их не тронули звери». Во время погребения сверток с черепом сгребают в могилу; иногда это делают чуть раньше, чтобы череп «ждал» в могиле нового покойника. Часто череп опускают в могилу вместе с первыми комьями земли; иногда бросают, сталкивают лопатой и т.п. Череп обычно кладут в изголовье («голова к голове»), но иногда и посредине гроба или просто куда попало. Как и при обмывании, читают молитвы.

Верования, связанные с данным ритуалом, трактуют его как «помощь, последнюю услугу» старшим, умершим предкам, поскольку он якобы освобождает покойника от грехов, освобождает душу от пут и помогает умершему окончательно перейти в иной мир. Если не исполнить обмывания черепа, душа будет сильно страдать или приходиться и пугать; земля не примет нового покойника и т.п. С другой стороны, обмывание черепа — последняя почесть, оказываемая младшими старшим, знак любви и благодарности; без этого молодые не будут счастливы в жизни, а род предков будет неполным. По словенской поговорке, «сын только тогда матери долг отдаст, когда после смерти умоет ей голову».

Весь этот богатый и разнообразный этнографический материал, если его спроецировать на археологическую плоскость, даст очень единообразную, сглаженную картину — ведь археологам достаются лишь вещественные результаты обряда, всегда одни и те же. Максимум что они могут увидеть, это наличие нескольких останков в одном погребении и тот или иной способ очистки и укладки костей. Никаких различий, касающихся самого содержания обряда, его функций, цели, его структуры, археологи не видят. Поэтому и возможности интерпретации обряда (в том числе генетической) у них ограничены. Привлечение же этнографических сведений могло бы эти возможности расширить, но, конечно, при условии, что они

будут сведены воедино, систематизированы и адекватно истолкованы.

Пока же из-за неполноты и несистематичности имеющегося южнославянского этнографического материала проблема генезиса обычая вторичного погребения остается нерешенной. Старые сербские этнографы считали его реликтом античности, заимствованием у греков и римлян, а известный итальянский историк славянской культуры Э.Гаспарини, наоборот, видел в нем праславянское наследие, воспринятое также соседними традициями (северногреческой, албанской и румынской), но утраченное восточными и западными славянами⁶. Немаловажно для выяснения этого вопроса и сравнение отдельных элементов интересующего нас балканского ритуала с обрядами других славянских народов.

Прежде всего нельзя не заметить, что ритуал вторичного погребения как бы сочетает в себе черты обрядов труположения и трупосожжения; с последним его связывает действие собирания и погребения костей, а также обмывания костей. В.В.Седов, говоря о могильниках на Воьлини и в Припятском Полесье, отмечает, что «ямы, были заполнены черной углистой землей, а кости, собранные с погребального костра, были очищенными от остатков костра, а в некоторых случаях даже вымытыми»⁷.

Далее следует обратить внимание на летописную статью 1044 г.: «...выкопали из могил двух князей, Ярополка и Олега, сыновей Святослава, окрестили кости их и положили их в церкви святой Богородицы»⁸. Если слова «окрестили кости их» означают,

что кости погрузили в воду или облили водой, то аналогия с балканским обрядом будет полной.

Два главных компонента балканского обряда вторичного погребения — эксгумация и поливание (обливание) останков (или могилы) водой известны и северным славянам, прежде всего в связи с представлениями о «нечистых», или, по терминологии Д.К.Зеленина, зложных покойниках, способных вредить людям, вызывать засуху, неурожай, мор и прочие беды.

В работах Зеленина приводится немало свидетельств о раскапывании могилы и поливании ее водой во время засухи. Например, он сообщает, что в Екатеринославской губ. удавилась женщина, и ее похоронили на кладбище. Во время засухи люди разрыли могилу, вытащили труп и вылили на него три бочки воды⁹. «У великорусов Сергачского у. Нижегородской губ. каждую свежую могилу до и после погребения поливают водой, чтобы предотвратить летнюю засуху»¹⁰. Множество подобных свидетельств содержат материалы полесских экспедиций: «...ходят на могилу утопленника, пробивают в могиле ямку и сыплют в ямку воду; и тогда шел дождь» (Черниговская обл.); «...раскопали могилу, открыли гроб и налили воды» (Черниговская обл.); «...лили воду на могилы утопленников» (Гомельская обл.). Известны подобные приемы «борьбы» с засухой и южным славянам, в частности у сербов, как и в Полесье, — во время засухи вынимали из могилы труп и бросали в воду и т.п.¹¹.

Еще многочисленнее свидетельств разных славянских традиций о раскапывании могил «ходячих» покойников, упырей (вампиров), о прокалывании их трупов осиновым или кизиловым колом, переворачивании трупа лицом вниз и т.п.

Гаспарини обратил внимание на фольклорный мотив собирания костей,

⁶ Gasparini E. Sulla forma della «doppia sepoltura» presso gli Slavi meridionali // Slovenski etnograf. 1955. T.VIII. S.225—230; Он же. Il rito protoslavo della «seconda sepoltura» // Comunicazioni al IV congresso degli slavisti (Mosca, settembre 1958). Roma, 1958.

⁷ Седов В.В. Погребальный обряд славян в начале средневековья // Исслед. в области балто-слав. духовной культуры. Погребальный обряд. М., 1990.

⁸ Полн. собр. рус. летописей. Т.1: Лаврентьевская летопись. Вып.1: Повесть временных лет. 2-е изд. Л., 1926. Стлб.155.

⁹ Зеленин Д.К. Избранные труды: Статьи по духовной культуре. М., 1994. С.257.

¹⁰ Зеленин Д.К. Восточнославянская этнография. М., 1991. С.350.

¹¹ Славянский и балканский фольклор: Генезис. Архаика. Традиции. М., 1978.

завязывания их в тряпочку, сохранения или закапывания в землю. В сборнике смоленских песен В.Н.Добровольского находим такие слова:

Ох, и ўбили, ўбили млыга майго.
 Кабы мела, мела да быстрыя крыльця,
 Палятела б к мильму свайму,
 Я б сабрала костычки яго,
 Палажила б в новенький грабок,
 Атслужила б па ём правадок,
 Закапала б у сыру зямлю¹².

Можно вспомнить¹³, кроме того, известную русскую сказку «Крошечка-Хаврошечка»: «Побежала Хаврошечка к коровушке: «Коровушка-матушка! Тебя хотят резать». — «А ты, красная девица, не ешь моего мяса: косточки мои собери, в платочек завяжи, в саду их рассади и никогда меня не забывай, каждое утро водой их поли-

вай». Известный лингвист В.В.Виноградов предполагал, что и русский фразеологизм «перемывать косточки» связан со старинным ритуалом¹⁴.

Наконец, любопытно отметить, что кости освященного пасхального поросенка также были объектом специального ритуала: их закапывали в землю, пускали по воде, сжигали в огне, заворачивали в полотно и подвешивали на чердаке, под крышей дома, в хлеву и т.п. в качестве оберега от грома, бури, нечистой силы¹⁵; оберегом служил также череп коня и других животных.

Разумеется, приведенных аналогий недостаточно, чтобы «реконструировать» обряд вторичного погребения у восточных славян. Но при выяснении генезиса балканского обряда их нельзя не учитывать.

¹² Добровольский В.Н. Смоленский этнографический сборник. М., 1903. Ч.4.

¹³ Афанасьев А.Н. Русские народные сказки. М., 1985. Т.1.

¹⁴ Виноградов В.В. Из истории русской лексики и фразеологии // Докл. и сообщ. Ин-та языкознания АН СССР. М., 1954. Вып.6. С.3—32.

¹⁵ Толстая С.М. «Wielkopostne schaby»: этнографический комментарий к четверостишию Вацлава Потоцкого // Studia polonica. К 60-летию В.А.Хорьва. М., 1992. С.42.

Моделирование аварии ядерного реактора

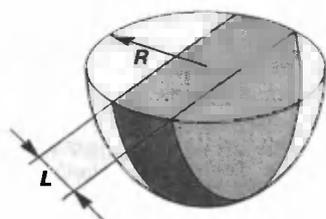
Д. В. Павлов

Российский научный центр «Курчатовский институт»
Москва

При современном уровне науки и техники нельзя, к сожалению, исключить случаев отказа систем ядерной безопасности АЭС. Для того чтобы свести к минимуму последствия возможных аварий, необходимо иметь полное представление о процессах в системе реактор—окружающая среда. Как показал печальный опыт Чернобыля, средства, затраченные на ликвидацию последствий аварии, могут тысячекратно превосходить затраты на заблаговременное получение необходимых данных путем математического и физического моделирования.

Одним из нарушений нормальной работы атомного реактора может стать ухудшение теплоотвода от активной зоны. Это приводит к тяжелой аварии — разогреву и плавлению материалов активной зоны: UO_2 , ZrO_2 , металлических компонентов. На днище корпуса реактора попадает кориум (от англ. *corium* — сердцевина, активная зона реактора) — смесь указанных материалов в жидкой и твердой фазах. За счет радиоактивного распада топлива в смеси постоянно происходит тепловыделение. Часть тепла отводится через днище и боковые стенки корпуса, а также излучается с верхней поверхности расплава.

Для выработки методов устранения такой аварии необходимо знание теплофизических и физико-химических процессов не только в нормальных условиях работы, но



Схематический вид тигеля, используемого в установке «Расплав».

и в нестандартных ситуациях. Проведено множество исследований, в которых моделировалась подобная ситуация (проекты СОРО в Финляндии, UCLA и АСОРО в США и др.). Однако в них использовались вещества, свойства которых лишь приблизительно имитируют поведение кориума.

С июля 1994 г. на базе Российского научного центра «Курчатовский институт» (Москва) выполняется программа «Расплав», в которой кроме российской стороны участвуют 14 стран — членов Организации европейского сотрудничества и развития (ОЕСР). На эти работы выделено 6.9 млн долл. США, 49% расходов несет Россия. Возглавляет проект доктор технических наук В.Г.Асмолов.

Данный проект призван решить следующие задачи: оценить возможность удержания расплава активной зоны в корпусе реактора, на основе экспериментальных результатов разработать расчетные модели и развить методологию описания интересующих процессов.

Однако процесс моделирования осложняется

целым рядом факторов. Это прежде всего отсутствие полных данных о свойствах кориума в интервале температур 2300—2800°С, сложный характер теплопередачи (сочетание конвекции и теплопроводности) и, кроме того, неопределенность толщины и химического состава твердой корки на границе расплава и корпуса реактора.

Для реализации проекта были созданы вспомогательные установки разного масштаба, позволяющие исследовать физико-химические, материаловедческие, гидродинамические и другие аспекты моделируемой картины. Так, для конвекционных потоков в аварийном реакторе ожидалось значение числа Рэлея¹ $\sim 10^{15}$, что потребовало проведения опытов на расплавах солей, поскольку в эксперименте расплав кориума не удавалось довести до такого состояния. Были подобраны также необходимые комбинации защитных и конструкционных материалов. Графитовые стенки тигеля имели двойное вольфрамово-танталовое защитное покрытие.

На основании расчетов и вспомогательных опытов подготовлены и выполнены крупномасштабные эксперименты на установке «Расплав-AW-200». В тигель, имеющий форму половинки шарового слоя радиусом $R=400$ мм и толщиной $L=116$ мм (см. рисунок), помещали до 200 кг кориума в виде заранее

¹ Безразмерный параметр, характеризующий конвекционное движение в неравномерно нагретой жидкости.

приготовленных брикетов. Тепло подводили через графитовую стенку, нагреваемую индукционным методом. Мощность нагревателя составляла ~500 кВт. Индукционный способ нагрева через стенку, как показали предварительные исследования, достаточно хорошо моделирует реальную ситуацию объемного тепловыделения. С помощью водяной системы охлаждения тепло отводилось от тех элементов конструкции, которые имитировали корпус реактора. Температура и расход воды тщательно контролировались.

Система диагностики содержала около 400 измерительных каналов (датчиков электрической и тепловой мощности термопар, пирометров, газоанализаторов, манометров и др.), сигналы

которых регистрировались и обрабатывались в реальном масштабе времени специальной компьютерной системой. На основании показаний различных термометров рассчитывались тепловые потоки в установке.

Вся измерительная система создавалась с учетом требований повышенной точности и надежности. Высокотемпературные термопары на основе сплавов W—Re имели защитные чехлы из окиси бериллия. Наиболее важные каналы дублировались. Температура расплава достигала 2700°C и поддерживалась на этом уровне более 2 ч.

Анализ данных, полученных непосредственно в ходе опыта, показал, что достигнутые режимы достаточно близки к расчетным. После-

дующая обработка результатов позволит уточнить модельные представления.

Слиток кориума после охлаждения установки был разрезан на части, в настоящее время проводится их исследование в нескольких лабораториях. Необходимо уточнить форму и объем слитка, определить долю расплава по отношению к загрузке, фазовый и элементный составы в слитке и на границах со стенками.

Уже в существующем виде установка «Расплав» обеспечивает возможность проведения уникальных исследований по ядерной безопасности. В ближайшее время планируется усовершенствовать систему диагностики для более точного измерения температуры и уровня жидкой фазы.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

КАПИЦА. ТАММ. СЕМЕНОВ

В ОЧЕРКАХ И ПИСЬМАХ

Вышла книга «КАПИЦА. ТАММ. СЕМЕНОВ. В ОЧЕРКАХ И ПИСЬМАХ».

Под общей редакцией академика А.Ф.Андреева.

Составители А.В.Бялко, Н.В.Успенская.

Москва: «ВАГРИУС»—«Природа». 575 с.

Книгу можно купить или заказать по почте в магазине «У Сытина» по адресу: 113054, Москва, ул. Пятницкая, д. 73. Тел.: 2308900, 2308863. Факс: 9592700.

Электронная почта: <http://www.aha.ru/~sytin> или sytin@aha.ru.

Nota bene

Археология. Антропология

Первая находка останков первобытного человека в Таджикистане

Двадцать лет назад в «Природе» сообщалось об открытии стоянки Худжи в Гиссарском районе Таджикистана¹. Ныне, спустя два десятилетия, повторные раскопки привели к новому открытию: впервые на территории этой республики найдены костные остатки человека мустьерского времени². Хотя это всего лишь молочный зуб (для антропологов — косточка малоинтересная), однако его значение велико: во всей Средней Азии это только вторая находка останков древнего человека эпохи мустье.

Первая находка — скелет неандертальского мальчика из грота Тешик-Таш — относится к 1938 г. и сделана А.П.Окладниковым, работавшим тогда в Южном Узбекистане. Это был его первый сезон в Средней Азии — и сразу такое открытие! Однако последующие 25 лет его исследований в среднеазиатских горах и пустынях не принесли ни одной антропологической находки. И вот через 60 лет после открытия в Тешик-Таше — новая удача, на этот раз в Таджикистане.

Стоянка Худжи тоже была обнаружена не сразу и тоже косвенно связана с

именем А.П.Окладникова: в 1953 г. он вместе со студентом Таджикского университета В.А.Рановым посетил этот кишлак в ходе полевых разведок, но не уделил должного внимания нескольким артефактам, найденным в районной мечети. Открыт этот древний памятник был лишь в 1977 г. геологом А.А.Никоновым и раскопан местными археологами.

Расположена стоянка Худжи в 40 км к западу от Душанбе, в живописном кишлаке, славящемся своим священным источником и мазаром — могилой мусульманского святого. Мазар находится около кристально чистого ключа, бьющего из известняковой скалы. В месте выхода ключа образовался водоем, в котором обитают небольшие рыбки. Созерцание их считается целебным. Каждую среду к источнику сходятся и съезжаются из дальних и ближних кишлаков и городов больные: молятся и подолгу смотрят на рыбок. Прямо над ключом растет огромная чинара, возраст которой ботаники определяют в 800—900 лет. Это место настолько почитаемо таджиками, что летом 1997 г., когда в Гиссарском районе шли ожесточенные бои с применением танков и артиллерии (о них много писали российские газеты), ни одна шальная пуля не посмела залететь в кишлак Худжи.

В 1978 г., при строительстве дороги к источнику, буль-

дозер повредил стоянку. В ходе организованных тогда же спасательных раскопок был вскрыт культурный слой, возраст которого, по данным радиоуглеродного метода, 38 900±700 лет. Археологи собрали более 5000 артефактов и много ископаемых костей, среди которых палеонтолог Ш.Ш.Шарапов (Институт зоологии и паразитологии АН Республики Таджикистан) определил принадлежащие горным баранам, козам, волкам, медведям и др.

В октябре—ноябре 1997 г. на средства Национального географического общества США (грант 5915-97) при участии Российского фонда фундаментальных исследований (грант 97-06-80129) нами были проведены раскопки между мечетью и священным источником (отношение к этим раскопкам как со стороны священнослужителей, так и со стороны верующих было вполне доброжелательным и заинтересованным). Во время этих археологических работ был открыт еще один культурный слой, лежащий примерно на 1 м выше изученного в 1978 г. В этом-то слое и найден зуб ребенка. Он представляет собой резец, сильно стертый, с разрушенным корнем. Единственный размер, который удалось определить — это вестибулоингвальный диаметр коронки — 5,2 мм, что не выходит за пределы ископаемых архаичных форм *Homo sapiens*.

В этом слое было найдено свыше 2 тыс. превосходно обработанных орудий мустьерского облика, но значительно меньше по сравнению с нижним слоем — фаунистических остатков. Геологическое строение разреза стоянки настолько

¹ Никонов А.А., Ранов В.А. Стойбище первобытных людей в Гиссарской долине // Природа. 1978. № 4. С. 145—146.

² Мустье — археологическая культура среднего палеолита. Ее носителями считаются, в основном, неандертальцы. Примерная древность 250—35 тыс. лет.

сложное, что не исключен несколько более древний возраст верхнего, вновь открытого слоя. После завершения аналитической обработки полевых материалов судить о возрасте находок можно будет гораздо определеннее. Сейчас же уверенно можно говорить лишь о принадлежности культурного слоя и антропологической находки в нем к эпохе мустье. Важно, что раскопано, по предварительным оценкам, менее десятой части площади, занимаемой стоянкой, а значит, при дальнейших работах не исключены и более значительные антропологические находки.

© **В.А.Ранов**,

член-корреспондент

Таджикской АН, Душанбе

С.А.Лаухин,

доктор геолого-минералогических наук, Тюмень

А.А.Зубов,

доктор исторических наук

Москва

Космические исследования

«Сфинкс» на Марсе

5 апреля 1998 г. космический аппарат «Марс-Глобал-Сервейер» передал изображение участка марсианской поверхности в области Сидония, где находится так

называемое «лицо на Марсе», или «сфинкс».

На снимках, полученных космическим аппаратом «Викинг» более 20 лет назад с разрешением около 40 м, эта структура действительно имеет сходство с лицом человека. На самом деле «лицо на Марсе» — один из многих холмов в области Сидония. Они имеют разнообразную форму, их поверхность изъедена ветровой эрозией, и на одном из таких холмов — овальном в плане — ложбины и выступы сложились в картину, напоминающую лицо человека в маске.

Среди широкой публики «лицо на Марсе» вызвало интерес, подогреваемый энтузиастами внеземных цивилизаций, которые видят в нем знак, оставленный при-

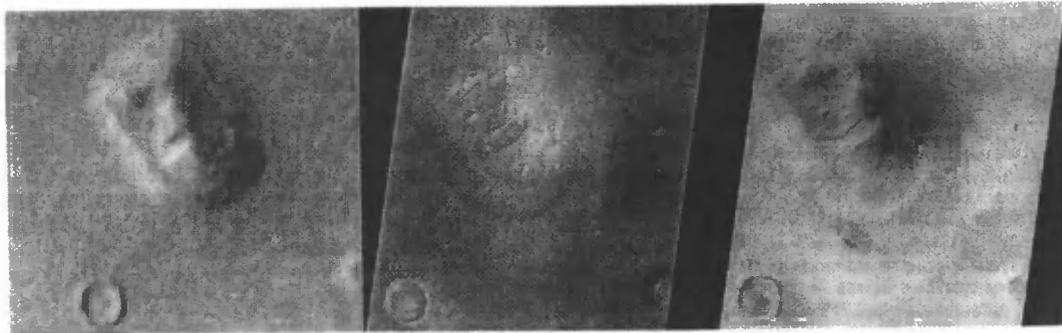
шельцами из иных звездных миров. Разъяснения специалистов, что это случайное сходство (типа известной скалы в Коктебеле в Крыму, очертание которой похоже на профиль поэта М.Волошина), сторонников гипотезы об инопланетянах не убеждали. Не убедили их и утверждения специалистов, что, судя по характеру рельефа холма, сходства с лицом при ином освещении не будет. В общем «сфинкс» на Марсе — сюжет достаточно живой, и команда «Марс-Глобал-Сервейера» умело использовала его для рекламы своей миссии, выбрав эту структуру в качестве первоочередного объекта съемки в текущем (апрель—сентябрь 1998 г.) цикле научных наблюдений.

В момент фотографиро-

Изображение «сфинкса» на Марсе, полученное с космического аппарата «Марс-Глобал-Сервейер» камерой высокого разрешения (4.3 м).



Сравнение изображения «лица», переданного «Викингом» (слева) со снимком, сделанным «Марс-Глобал-Сервейером» (в центре) и его же негативным вариантом. (Снимки приведены к одному и тому же масштабу.)



вания космический аппарат «Марс-Глобал-Сервейер» находился на расстоянии 444 км от объекта съемки, а в Сидонии тогда было утро (и это очень важно, так как «Викингом» изображение «лица» было получено в послеполуденное время, когда освещение иное). Снимок покрывает полосу длиной 41.8 км и шириной 4.4 км. Полоса всего в два раза шире поперечника объекта съемки, так что вероятность промахнуться была весьма высокой — от 50 до 70%. Но повезло — не промахнулись.

После компьютерной обработки изображение было передано средствам массовой информации и помещено в Интернет (<http://mars.jpl.nasa.gov/mg>). Те, кто готовил Пресс-релиз НАСА, никак не комментировали снимок, полагая, что он говорит сам за себя: всякое сходство с лицом пропало. Вероятно, во избежание подозрений в том, что сфотографирован совсем не тот объект, научная команда миссии сделала монтаж из трех снимков (см. рис.): на левом — известное изображение, переданное «Викингом», в центре — полученное «Марс-Глобал-Сервейером» и трансформированное в ту же самую проекцию, в которой дан снимок «Викинга»; правый снимок — негативный вариант изображения с «Марс-Глобал-Сервейера». По «условиям освещения» негативный вариант близок к снимку «Викинга», но и на нем лицо не узнается.

Press Release JPL NASA. 6 апреля 1998.

Планетология. Техника

Моделирование марсианских условий

Вдохновленные успехами марсохода, инженеры и ученые НАСА, работающие в

Космическом центре им.Кеннеди, готовятся к новым «шагам» по Красной планете. В частности, решено построить гигантскую вакуумированную термобарокамеру, в которой можно моделировать марсианские условия, не покидая Землю. Такое сооружение представляет собой огромный «бак» из нержавеющей стали высотой в 5 этажей и длиной 33 м. Здесь будут воспроизводиться интенсивное солнечное излучение, низкое атмосферное давление, газовый состав марсианского воздуха и т.п. Диапазон температур внутри этого искусственного мира можно варьировать от минус 150 до плюс 120°C, а солнечного излучения — до 800 Вт/м². В этой камере предстоит пройти испытания всем новым приборам и оборудованию, предназначенным для изучения Марса.

В случае необходимости это сооружение может быть приспособлено к природным условиям, существующим и на иных планетах.

Если Конгресс США выделит деньги на строительство, то к нему приступят в начале 1999 г. Тогда сооружение можно будет использовать и для непосредственной подготовки полета на Марс человека.

New Scientist. 1997. V.155. № 2092. P.21 (Великобритания).

Планетология

Вода в атмосферах планет-гигантов

Международная группа астрономов, возглавляемая Э.Леллушем (E.Lellouch; Парижская обсерватория) и Х.Фойхтгрубером (H.Feuchtgruber; Институт внеземной физики им.М.Планка, Гар-

шинг, Германия), изучила данные, полученные с «Космической обсерватории для наблюдений в инфракрасной части спектра» («Infrared Space Observatory» — «ISO»). Установлено, что Сатурн, Уран и Нептун постоянно окутаны завесой из водяных паров, напоминающей не то густой туман, не то сильный дождь.

Ученые определили, что ежесекундно в верхние слои атмосферы каждой из этих планет-гигантов попадает извне около миллиона молекул воды на квадратный сантиметр. Правда, их относительное содержание невелико: несколько молекул на 1 млрд частиц атмосферы. Но поступают они постоянно, образуя при этом капли тумана, замерзающие в холодных верхних слоях.

Что служит источником молекул H₂O, не совсем ясно. Возможно, это — кольца, окружающие планеты, а возможно, и залетающие туда метеоритные тела.

Nature. 1997. V.389. № 6647. P.159 (Великобритания).

Физика атмосферы

Тайна зеленого свечения

Зеленое свечение с длинами волн вблизи 558 нм, наблюдаемое по ночам в верхней атмосфере Земли, было открыто более 100 лет назад. Большинство специалистов полагает, что вызвано оно атомами кислорода в ионосфере. В дневное время суток молекулы кислорода ионизируются под влиянием ультрафиолетового излучения Солнца и образуют ионы O₂⁺. Ночью эти ионы реком-

бинируют с электронами, в результате чего возникают высоковозбужденные, нестабильные молекулы, часть которых распадается на атомы. Они-то и могут давать зеленое свечение, но при условии, что обладают определенной кинетической энергией.

Подсчеты, однако, показали, что атомов с «подходящей» для свечения энергией немного меньше, чем необходимо для возникновения и поддержания наблюдаемого явления. Чтобы разрешить противоречие, группа во главе со специалистом по химии атмосферы Л.Андерсеном (L.Andersen; Орхусский университет, Дания) воспроизвела эти процессы на кольце накопителя тяжелых ионов «ASTRID», имеющегося в их лаборатории. Когда ионы O_2^+ были накоплены, экспериментаторы, воздействуя пучком электронов, превратили их снова в нейтральные молекулы, каждая из которых распалась на высокоэнергетичные фрагменты. Энергию их регистрировали на детекторе.

К удивлению исследователей, в ходе такого эксперимента было обнаружено в 20 раз больше быстро движущихся атомов, чем предсказывали вычисления. Этот результат полностью отвечает реально наблюдаемому в природе явлению. Причину загадочного зеленого свечения можно считать, таким образом, установленной. Кроме того, стал понятен и ряд химических процессов, происходящих в атмосферах планет.

Выводы датских ученых получили поддержку А.Дальграно (A.Dalgrano; Гарвардско-Смитсоновский астрофизический центр, Кембридж, штат Массачусетс, США).

Химия атмосферы

Самолетные выхлопы и климат Земли

В марте 1997 г. Национальное агентство США по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА) провело в Норфолке (штат Вирджиния) специальную конференцию, посвященную влиянию полетов пассажирских и военных воздушных судов на состояние земной атмосферы. До сих пор исследователи интересовались выбросы двигателей самолетов и, главным образом, содержание в них оксида азота и диоксида углерода. На конференции выхлопы самолетов впервые были объявлены фактором, влияющим на климат Земли.

Выхлопные газы конденсируются и замерзают в холодном воздухе, оставляя за самолетом знакомый всем белый след в небе. Эти протяженные облака способствуют образованию новых облаков, так как содержат частицы льда и сажи, служащие центрами конденсации.

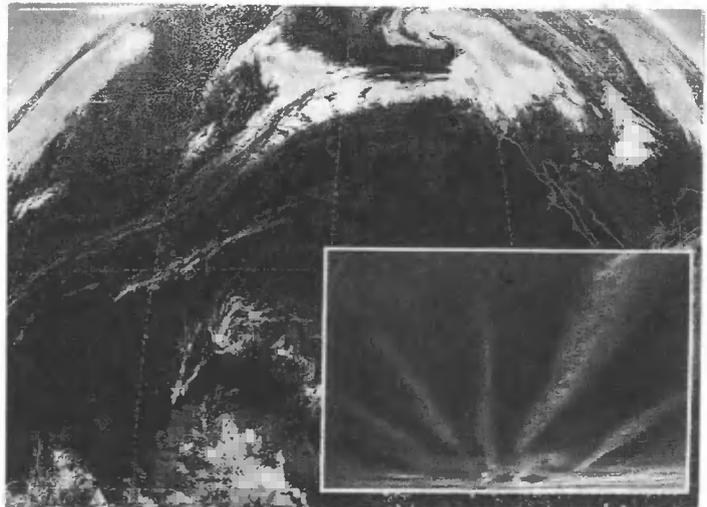
Перистые облака, препятствуя уходу тепловой энергии, удерживают темпе-

ратуру нижележащих слоев атмосферы от понижения. П.Миннис (P.Minnis; Исследовательский центр им.Лэнгли НАСА, Хэмптон, Вирджиния) утверждает, что содержащие влагу хвосты самолетных выбросов вносят заметный вклад в глобальное потепление на Земле. Кроме того, они вызывают локальное потепление климата в тех районах, где воздушное сообщение особенно интенсивно.

По мнению У.Шумана (U.Shumann; Институт физики атмосферы, Оберпфарфенхофен, Германия), около 10% всех перистых облаков над Центральной Европой образованы выхлопными газами самолетов.

Согласно оценкам, ежегодное поступление в атмосферу влаги от пассажирских и военных воздушных судов

Облака над Северной Пацификой. Вдоль западного побережья США и в районе Гавайских о-вов видны скопления перистых облаков (реконструкция по данным ИК-датчиков ИСЗ «GOES West»). На врезке: хвосты выхлопных газов самолетов, способствующие образованию перистых облаков.



достигает 230 млн т. Примерно 40% этой влаги приходится на средние широты Северного полушария, располагаясь в 10 км над поверхностью Земли. В ближайшие 15 лет ожидается двукратный рост гражданских авиаперевозок, и тогда проблема самолетных выхлопов станет уже весьма серьезной.

New Scientist. 1997. V.153. № 2075. P.5 (Великобритания).

Физика

Прямое наблюдение дробного заряда

Свойства двумерного электронного газа в поперечном магнитном поле B при низкой температуре интенсивно исследовались во многих лабораториях с 80-х годов. Электропроводность такого газа при некоторых значениях индукции поля B падает до нуля (квантовый эффект Холла), что позволяет, в частности, создать физический эталон для измерения отношения квадрата заряда электрона к постоянной Планка (e^2/h).

Значения B , при которых исчезает электропроводность, распадаются на два множества. В одном из них коэффициент заполнения уровней Ландау (квантовых уровней электронов в магнитном поле) отвечает целочисленным значениям, что находится в хорошем согласии с теорией. Другая часть значений B отвечает дробным коэффициентам заполнения, что отражено в названии открытия, сделанного в 1982 г. Д.Тсуи (D.C.Tsui) с соавторами: «Дробный квантовый эффект Холла» («Fractional Quantum Hall Effect»)¹.

Тогда же было показано, что объяснение дробного

эффекта Холла требует учета межэлектронного взаимодействия. Р.Лафлин (R.V. Laughlin, 1982) предложил теоретическую модель, в которой двумерный электронный газ рассматривался как несжимаемая жидкость. Перенос заряда в такой среде связан с элементарными возбуждениями в жидкости — квазичастицами. Лафлин оперировал квазичастицами с дробным электрическим зарядом: $Q = e/q$, где e — заряд электрона, а q — целое число, равное знаменателю дроби, выражающей соответствующий коэффициент заполнения уровня Ландау.

С тех пор несколько групп ученых пытались экспериментально проверить эту модель, однако результаты их опытов не допускали однозначного толкования в пользу существования дробного заряда Q .

Р.де-Пичотто с коллегами (R.de-Picciotto; Вейцмановский институт, Реховот, Израиль) измеряли квантовый дробовой шум в условиях дробного эффекта Холла². Двумерный электронный газ был сформирован внутри гетероструктуры GaAs—AlGaAs, охлажденной до температуры 50 мК и помещенной в магнитное поле с индукцией до 14 Т. В структуру был встроен точечный контакт, который при помощи сверхмалошумящего широкополосного усилителя с охлаждаемой до 4.2 К входной цепью позволял ре-

гистрировать шумовой ток.

Среднеквадратичная амплитуда дробового шума как функция полного тока описывается формулой, в которую входит в качестве параметра заряд квазичастиц Q . Для условий, соответствующих коэффициенту заполнения 1/3, наилучшее согласие расчетной и экспериментальной измеренной амплитуды шума наблюдается как раз при $Q=e/3$.

Данный результат можно считать первым прямым экспериментальным подтверждением существования квазичастиц с дробным электрическим зарядом.

© Д.В.Павлов,
Москва

Физика

Сканирующий СКВИД-микроскоп для петрологии

В поисках новых материалов, в частности высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), используют синтез при высоком давлении. Как правило, сверхпроводящая фаза получается в виде мелкодисперсных вкраплений с малой объемной концентрацией. Рентгеновская и электронная микроскопия для анализа таких систем малоэффективна.

В 1995 г. Дж.Кертли (J.R.Kirtley; IBM Th.J.Watson Research Center, Нью-Йорк, США) разработал с соавторами сканирующую СКВИД-микроскопию. Этот метод основан на регистрации СКВИДом (сверхпроводящим квантовым магнитометром) изменений магнитного потока, который проходит через сверхпроводящий контур при

¹ Подробнее см.: Семенчинский С.Г., Эдельман В.С. Полевой транзистор и постоянная тонкой структуры // Природа. 1982. № 9. С.38—41; Семенчинский С.Г. Дробный квантовый эффект Холла // Природа. 1984. С.34.

² Nature. 1997. V.389. P.162—164 (США)

движении его приемного витка над поверхностью образца. Контур образован тонким сверхпроводящим проводом; диаметр приемного витка 6 мкм. Ниобиевый СКВИД с туннельными барьерами из оксида алюминия и сверхпроводящий контур сформированы на кварцевой подложке как единая монокристаллическая структура.

Недавно Кертли с коллегами применили СКВИД-микроскоп для петрологического исследования ВТСР на основе системы Sr—Cu—O. Диффузионную пару соединений $\text{Sr}_2\text{CuO}_3 + 0.05 \text{KClO}_3$ выдерживали в золотой ампуле в течение 3 ч при температуре 950°C и давлении 60 кбар. Зависимость намагниченности полученного образца от температуры показала, что в нем — около 3% сверхпроводящей фазы с температурой перехода около 70 К.

Полированный шлиф исследовали обычным оптическим и СКВИД-микроскопами. На оптическом изображении видна сложная зонная структура, связанная с разной скоростью диффузии реагентов (O и Cl). Карта намагниченности выглядит гораздо проще: имеется одна небольшая область, где магнитный поток при температуре 4.2 К полностью вытеснен. В ней, по-видимому, преобладает фаза состава $\text{Sr}_3\text{Cu}_2\text{O}_5\text{Cl}$.

Хотя данное соединение само по себе не представляет особого интереса, обнаружение его в слитке подтверждает эффективность метода. Чувствительность прибора к магнитным и сверхпроводящим примесям оценена на уровне нескольких частей на миллион.

Nature. 1997. № 6647. V.389. P.164—167 (США).

Биология

Из личной жизни пауков-кругопрядов

Эволюция пауков пошла в первую очередь по линии изменений в поведении, а не в морфологии. Поэтому столь многочисленны работы по биологии размножения, светостроению и другим сторонам жизни пауков. И все время выясняется что-то новое.

Поведение ухаживания и спаривания пауков-кругопрядов семейства *Araneidae* довольно хорошо изучено. Известно, что крупные самки кругопрядов строят сети и живут долго, а мелкие самцы или не строят сетей и являются как бы клептопаразитами в сетях самок, или плетут временные хаотические конструкции, плохо приспособленные для отлова добычи. При спаривании разные формы кругопрядов стараются вывести самку из ее сети таким образом, чтобы она не смогла активно нападать на самца. Либо они спариваются на отдельной нити, либо манипулируют длинными ногами. Но детали этой стороны жизни большинства видов пауков остаются неописанными.

Арахнологи Т.Буковский и Т.Кристенсен, изучая биологию североамериканского кругопряда *Mecrathena gracilis*, который относится к группе шипастых кругопрядов и обладает многочисленными шиповидными выростами на брюшке, выяснили две особенности их размножения¹.

Во-первых, самец забирается в сеть к еще неполовозрелой самке, незадолго перед ее последней линькой.

Он линяет меньшее число раз, чем самка, и становится половозрелым раньше. Это выгодно: еще не перелинявшая или только что перелинявшая самка менее агрессивна. Возможно, со временем она «привыкает» к присутствию самца. Анализируя состояние самцов, сидящих в сетях самок, американские исследователи обнаружили отсутствие части ног и другие повреждения лишь у небольшой доли самцов. Поначалу самцы ведут себя пассивно и сидят у края паутины, видимо, опасаясь нападения самок. После спаривания самец быстро убегает, часто даже выпрыгивая из паутины самки. (Аналогичное поведение самцов известно у многих пауков-тенетников, в том числе и у кругопрядов.)

Во-вторых, для микрархнологов характерно двукратное спаривание: вначале — короткое, а повторное — вдвое продолжительнее. При этом самец старается оплодотворить самку через оба ее парные копуляторные отверстия. Скорее всего это нужно, чтобы гарантировать появление именно своего, а не чужого потомства — ведь самка способна затем спариваться и с другими самцами, поджидающими в других углах ее сети. Самцы стараются убрать конкурентов, обрывая их паутинные нити и проч.; сами они, кстати, тоже могут спариваться с несколькими самками.

Однако остается неясным, имеет ли сперма первого самца преимущество при оплодотворении самки, как это отмечено у многих других видов пауков. Если имеет, то второе спаривание становится ненужным. Может быть, в первый раз самец «от волнения» вводит недостаточное количество спермы? Непонятно также, каким образом самец следит за возрастом

¹ Bukowski T.C., Christensen T.E. // J. of Arachnology. 1997. V.25. № 3. P.307—320.

самки. Высказана гипотеза, что время от времени самец навещает растущую самку, а забирается к ней в сеть уже «ближе к делу» — перед последней линькой². Но пока эта гипотеза не доказана.

© К.Г. Михайлов,
кандидат биологических
наук
Москва

² Dodson G.N., Beck M.W. // Animal behaviour. V.46. P.951—959.

Биология

Ящерицы и полное солнечное затмение

Темы серьезных зоологических исследований нередко напоминают вопросы любознательных детей. Так, группа мексиканских ученых из Северо-Западного Центра научных исследований¹ задалась вопросом: как ведут себя ящерицы при полном солнечном затмении?

Зная время наступления полного солнечного затмения над Южной Калифорнией 11 июля 1991 г., они подготовились к наблюдениям. В пустыне соорудили вольеру площадью 20 м² и поместили в нее 10 взрослых отловленных побилизости игуановых ящериц *Uta stansburiana*. Следует отметить, что эта небольшая ящерица, обитающая в песках, — излюбленный объект исследований североамериканских герпетологов. Различные аспекты экологии и поведения уты изучены гораздо лучше, чем у большинства других видов пресмыкающихся.

¹ Alvarez-Cardenas S., Ortega-Rubio A., Gallinetta P., Vega-Villasante F. // The Southwestern Naturalist (USA). 1997. V.42. № 1. P.108—112.

В течение пяти дней перед затмением мексиканские специалисты скрупулезно регистрировали все характеристики поведения подопытных ящериц — и визуально, и путем записи на видеокамеру. То же самое они делали во время солнечного затмения, которое проходило с 10 до 12 часов.

Неожиданно наступившая «ночь» не вызвала особого беспокойства у ящериц. Три из них зарылись в верхний слой песка, а одна спряталась в камнях, как они это обычно делают по вечерам, отправляясь ко сну. Все другие остались на поверхности — неподвижные, с закрытыми глазами. И в привычных условиях некоторые уты на ночь нередко остаются на поверхности и спят прямо под открытым небом. Во время затмения таких было несколько больше, но объясняется это слишком скорым наступлением темноты, а также тем, что поверхностный горячий песок не успел остыть. Когда опять появилось солнце, ящерицы как ни в чем не бывало «проснулись». Правда, их обычный утренний распорядок оказался «скомканным», поскольку «утро» после затмения пришлось на самую полуденную жару.

Таким образом, реакция ящериц на солнечное затмение практически не изменилась по сравнению с обычным их вечерним поведением, а прекращение затмения вызвало нормальное утреннее состояние. В этом отношении ящерицы не отличаются от других животных — рыб, птиц, грызунов, шимпанзе, реакция которых на солнечное затмение изучалась раньше.

© Д.В. Семенов,
кандидат биологических
наук
Москва

Эволюционная биология

А был ли кембрийский «популяционный взрыв»?

Опираясь на ископаемые находки, биологи-эволюционисты считают, что предки большинства нынешних организмов появились в ходе так называемого кембрийского «популяционного взрыва». Он представлял собой волну все возрастающего разнообразия видов, возникшую в начале кембрийского периода, примерно 540 млн лет назад. Согласно этой точке зрения, животные, имеющие кишечный тракт и скелет, произошли от пассивно дрейфующих медузообразных, которые появились на последнем этапе докембрия (эдиакарское время).

К иному выводу пришли английские ученые М.Бразье (M. Brasier; Оксфордский университет) и Д.МакИлрой (D. McIlroy; Ливерпульский университет) на основе изучения ископаемых остатков, которые обнаружены ими на о.Айлей у западного побережья Шотландии. Среди древних осадочных пород они нашли цепочку из двухсантиметровых окаменелых фекалий, которые были оставлены живыми существами, населявшими этот район приблизительно за 70 млн лет до начала кембрийского периода. В ходе геологических процессов породы, содержащие эти окаменелости, были выведены на поверхность и затем обнажены. Возраст пород определен ураново-свинцовым изотопным методом.

Важность находки состоит в том, что она указывает на существование у этих животных пищеварительного тракта. У многих эдиакарских дрейфующих организмов было только одно отверстие

— для ввода пищи и выброса непереваренных остатков. Существа с о.Айлей должны были захватывать пищу с одного конца и извергать отходы — с другого. Таким образом, очевидно, что сквозной кишечный пищеварительный тракт сформировался задолго до появления эдиакарской фауны.

Палеонтологам очень немного известно о живших в ту пору организмах: они были мелкими и мягкотелыми, что препятствовало их сохранению в осадочных породах. Так что находка самых ранних многоклеточных маловероятна; полезнее оказываются поиски следов их жизнедеятельности.

По мнению Бразье, время возникновения первых организмов, обладавших кишечником, определялось эпохами повторных оледенений: быстрые изменения условий обитания способствовали ускорению эволюции и создавали основы «конструкций» для многих современных видов. Анализ процесса мутации ДНК, который представляет собой своего рода «молекулярные часы», также указывает на раннее происхождение позвоночных. Вполне вероятно, что кембрийский «популяционный взрыв» вовсе и не был внезапным «взрывом».

Видный специалист по докембрию П.Краймс (P.Crimes; Ливерпульский университет) отмечает важность находки и правдоподобность выводов, сделанных ее авторами.

Journal of the Geological Society. 1997. V.155. № 1. P.5 (Великобритания).

Зоология

Обезьяна «нашла» противоядие

Группа зоологов во главе с Т.Струзейкером

(Т.Struhzaker; Дьюкский университет, Дарем, штат Северная Каролина, США) изучала на о.Занзибар (территория Танзании) поведение красного колобуса Кирка, или занзибарского (*Colobus kirkii*). Ученые заметили, что в некоторых стаях этих обезьян многие особи часто едят древесный уголь, подбирая его у стволов обгоревших пальм, вытаскивая из брошенных людьми кострищ и даже воруют из деревенских очагов. Одна обезьяна может съесть около 5 г в сут. Такое поведение наблюдается у отдельных человеческих племен и обычно связано с потребностью вывести из организма ядовитые вещества, содержащиеся в некоторых употребляемых в пищу растениях. Древесный уголь способен активно их абсорбировать.

Этого Д.Куни (D.Cooney; Университет штата Вайоминг, Ларамы, США) считает, что занзибарские красные колобусы используют древесный уголь в тех же целях. Дело в том, что основная пища всех видов этих обезьян — листья, содержащие вещества, которые в больших дозах очень токсичны. Найдя способ нейтрализации токсинов, изобретательные колобусы расширили свой рацион, включив в него не использовавшиеся ранее растения, такие как индийский миндаль (*Terminalia catappa*) и манго (*Mangifera indica*), листья которых тоже насыщены токсинами.

Найденное противоядие привело к взрыву численности обезьян на о.Занзибар — она быстро превысила 500 особей на 1 км².

Primateology. 1997. V.18. P.234 (США); New Scientist. 1997. V.15. № 2094. P.7 (Великобритания).

Сельское хозяйство.
Биотехнология.

Еще один способ борьбы с нематодами

Почвенные нематоды, живущие на корнях культурных растений, наносят колоссальный ущерб сельскому хозяйству — за счет гибели урожая ежегодно теряет около 100 млрд долл. США. Борьба с нематодами ведется по-разному: перед посевом почву окуривают дымом от сжигания специальных химических соединений — довольно дорогих и нередко токсичных; используется и метилбромид, препарат, наиболее эффективный в такой борьбе. Но он разрушает озоновый слой, и потому во многих странах метилбромид применять запрещено.

Теперь, кажется, найден еще один способ избавиться от нематод на сельскохозяйственных полях.

В конце 80-х годов сотрудники голландского Центра растениеводства (г.Ванинген) обнаружили дикорастущую свеклу, устойчивую к трем видам нематод, которые обычно повреждают сахарную свеклу. Была предпринята попытка получить гибрид дикорастущего вида и культурного сорта, но он оказался слабым и несахаристым.

Однако в ходе опытов у дикого вида были выявлены хромосомы, ответственные за устойчивость к нематодам. Таким образом, появилась надежда на биотехнологический способ борьбы с ними — путем введения фрагментов ДНК нематодоустойчивой хромосомы в корни сахарной свеклы с помощью клубеньковых бактерий *Agrobacterium rhizogenus*. Голландские исследователи вместе с коллегами

из Дании и Германии «перебирали» фрагменты ДНК до тех пор, пока не отыскали ген, который непосредственно обуславливает сопротивляемость растений нематодам.

Сейчас в Голландии и Дании уже налажено производство рассады сахарной свеклы, которая выращивается из трансгенных клеток с введенным в них геном устойчивости к этим корневым вредителям.

New Scientist. 1997. V.154. № 2084. P.12 (Великобритания).

Физиология

Языкам учись смолоду

Совет кажется очевидным, однако теория до сих пор не могла ни подтвердить, ни объяснить, почему это так. Новая попытка дать объяснение сделана группой американских физиологов под руководством Дж.Хирш (J.Hirsch; Мемориальный Слоан-Кеттерингский онкологический центр, Нью-Йорк).

Объектом исследований стали 12 билингв — людей, одинаково хорошо владеющих двумя языками: английским и французским. Шестеро обследованных были ранними билингвами, т.е. обучились второму — французскому — языку в раннем детстве, другие шесть человек овладели им в возрасте между 11 и 19 годами.

Хирш с коллегами применили методику магнитного резонанса и получили картину активности мозга, в его так называемой области Брока — речевом центре, который расположен во фронтальной части коры. Оказалось, что у ранних

билингв возбуждается один и тот же участок области Брока, а у поздних работают два участка, отдаленные друг от друга примерно на 8 мм. Иначе говоря, при освоении подростками второго языка включается дополнительная мозговая структура.

Этот вывод противоречит более ранним результатам, но, оказывается, в прежних экспериментах к поздним билингвам относили детей, овладевших вторым языком к семи годам, а Хирш включала их в группу ранних билингв. Многим специалистам ее результаты представляются более реальными.

Nature. 1997. V.388. № 6638. P.171 (Великобритания).

Медицина

Холера на Африканском Роге

Почти все страны на территории Африканского Рога находятся в зоне постоянного возникновения очагов холеры.

Холерный вибрион часто обнаруживают в природных бассейнах; его нахождение в эстуариях связывают с планктоном, который инфицируется вибрионом при повышенных температурах. Человек также служит носителем патогенных форм *V.cholerae*. Смертность от холеры может достигать 50%, если не приняты экстренные меры к купированию возможной дегидратации организма.

Нынешняя ситуация в мире отнесена к начавшейся в 1961 г. в Сулавеси (Индонезия) седьмой пандемии холеры, вызванной бактерией *Vibrio cholerae* 01. Пандемия быстро распро-

странилась в Восточной Азии и достигла СССР в 1965—1966 гг.

В 1970 г. холера вторглась в Западную Африку, где это заболевание не наблюдалось в течение 100 лет. В 1991 г. холера поразила почти все страны Латинской Америки, где она также не отмечалась более столетия.

В Индии и Бангладеш в 1992 г. был выделен микроорганизм неизвестной ранее серогруппы *V.cholerae*, обозначенный 0139, причем осталось неясным, проник ли он в другие районы мира.

На Африканском Роге смертность от этого заболевания выросла с 3% (минимальное значение) до 20% — в настоящее время.

В декабре в Найроби Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) было созвано совещание, в котором приняли участие Джибути, Эритрея, Эфиопия, Судан, Кения, Объединенная Республика Танзания и Уганда. Представители стран-участниц высказали мнение, что вероятность переноса инфекции в результате движения товаров и людей преувеличена. В связи с этим ВОЗ настаивает на введении эмбарго на экспорт—импорт продуктов питания.

Роль ВОЗ в сдерживании инфекции и уменьшении смертности от холеры остается очень значимой. Именно ВОЗ ведет просветительскую работу, связанную с личной гигиеной; ведь холера не передается при контактах, если соблюдены необходимые меры предосторожности. Кроме того, ВОЗ проводит обучение специалистов и оснащает лаборатории стран — участниц совещания.

World Health Organisation. Fact Sheet № 107 (Revised). January 1998 (Швейцария).

Охрана природы

Мир заинтересован в спасении тигра

Среди крупных хищников тигр (*Panthera tigris*) уже не первый год вызывает тревогу специалистов и общественности. Еще в середине нынешнего века в обширном ареале вида существовали восемь подвидов: балийский (*P.t.balica*), яванский (*P.t.sondaica*), туранский (*P.t.virgata*), южнокитайский (*P.t.amoyensis*), индокитайский (*P.t.corbetti*), суматранский (*P.t.sumatrae*), амурский (*P.t.altaica*) и индийский, или бенгальский (*P.t.tigris*). Теперь их осталось пять — три первые исчезли с лица Земли.

В соответствии с последними данными, численность вида сейчас составляет примерно 4970—7430 зверей; особенно малочислен южнокитайский подвид — около 20—30 особей, суматранский насчитывает 400—500, индокитайский — 1100—1700 и бенгальский — 3000—4700, в популяции амурского подвида более 450—500 особей (на российской территории — 430—470). Если не принять чрезвычайных мер, существование тигров в дикой природе окажется под серьезной угрозой: южнокитайский, суматранский и амурский подвиды могут исчезнуть в ближайшие пять лет, а индокитайский и бенгальский — через 20 лет.

Активно участвует в деятельности по спасению тигра американская корпорация «Эксон». Она с 1992 г. поддерживает научно-исследовательскую программу Института дикой природы Хорнокера (США). В 1995 г. «Эксон» совместно с американским Национальным фондом рыб и животного мира основали фонд «Спасите

тигра». Поступающие в него добровольные взносы используются для финансирования международных научных программ, в частности по стабилизации и улучшению популяций тигра в дикой природе; сохранению естественной среды его обитания; разведению тигров в зоопарках; общественно-просветительской деятельности.

В 1995 г. фонд «Спасите тигра» оказал финансовую поддержку (50 тыс. долл. США) Сихотэ-Алинскому заповеднику. Благодаря этому гранту удалось включить в состав заповедника земли в бассейне р. Колумбе и таким образом увеличить охраняемую часть ареала тигра на Дальнем Востоке. Финансовая помощь оказана и лесному хозяйству: на строительство жилья и покупку обмундирования для лесников, приобретение бензина, моторного масла, запасных частей для патрульных машин и др.

В 1996 г. Всемирной сетью за выживание видов финансировался (50 030 долл.) «Проект по защите амурского тигра» (в дополнение к полевым исследованиям Института дикой природы Хорнокера). Проект включает патрульные мероприятия, направленные против браконьерства, поисково-разведывательные работы, просветительские программы по экологии и связям с общественностью. В осуществлении проекта участвуют оперативная группа и три местные группы охотнадзора — «Операция Амба», «Зов тайги» и «Дружина».

В 1997 г. корпорацией «Эксон» выделен грант (90 тыс. долл. США) Государственному комитету РФ по охране окружающей среды, в том числе снова — для поддержки усилий по сохранению амурского тигра в Приморском крае. За счет

этого гранта продолжают полевые исследования Института дикой природы Хорнокера по биологии и экологии тигра: отлов зверей, закрепление на них ошейников с радиопередающими устройствами и отслеживание маршрутов, сбор генетической и ветеринарной информации об отловленных тиграх, контроль за изменениями среды обитания хищников и популяций тех животных, которыми они питаются.

В проекте также участвуют: Общество охраны дикой природы, германское и американское отделения Всемирного фонда дикой природы, американское Агентство международного развития, Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, Дальневосточное отделение РАН.

© Л. П. Белянова,
Москва

Охрана окружающей
среды. Техника

Плутониевая проблема

В течение трех лет продолжались переговоры между представителями девяти ядерных держав о том, что делать с радиоактивным плутонием (отходами атомных производств), мировой запас которого составляет около 140 т. Пока удалось только утвердить правила его хранения и транспортировки, которые, по мнению многих специалистов, не очень строги.

По настоянию британской и французской делегаций было отвергнуто предложение США о резком сокращении производства плутония из отработанного ядерного топлива. Американцы

предлагали привести скорость наработки Pu в соответствие со спросом на него. Сейчас количество сепарируемого Pu намного превышает потребности реакторов-размножителей и реакторов, работающих на смеси оксидов U и Pu. Однако коммерческие круги во Франции и Великобритании не хотят терять заказы своих предприятий по переработке использованного ядерного топлива. Поэтому делегации этих стран отказались включить в текст соглашений пункты, в которых предлагалось ограничить объемы переработки уровнем реальной потребности в плутонии существующих атомно-энергетических реакторов.

Сама проблема вызвана отсутствием эффективного способа применения плутония в мирных целях. Единственная работающая технология его использования в ядерной энергетике — это изготовление и сжигание в реакторах смешанного уран-плутониевого топлива (МОХ-топлива)¹. Общественность США и европейских стран обеспокоена сложностью охраны увеличивающихся запасов радиоактивных веществ и угрозой их несанкционированного использования террористами или государствами, не участвующими в международных мерах обеспечения атомной безопасности.

New Scientist. 1997. V.155. № 2092. P.20 (Великобритания).

¹ Подробнее см.: Кудрявцев Е.Г. Плутоний: разнообразие подходов и мнений // Природа. 1995. № 12. С.3—11; Меньшикова Т.С., Антонов С.А. Состояние и перспектива использования МОХ-топлива в энергетических реакторах // Природа. 1996. № 10. С.94—104; Превратить бомбовый уран в горючее для АЭС // Природа. 1998. № 2. С.24.

Охрана окружающей среды

Последствия деятельности «Маяка» на Южном Урале

Официальная группа радиологов, образованная российским и норвежским правительствами, опубликовала отчет о результатах обследования пос.Озерск в Челябинской обл., где расположено предприятие «Маяк» по производству плутония. Установлено, что с начала работы (1948) «Маяк» выбросил в окружающую среду радиоактивные изотопы стронций-90 и цезий-137 общей активностью 8900 Петабеккерелей¹ (ПБк). Это в пять раз превышает суммарную радиоактивность ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs, которые попали в атмосферу, воду и почву после всех 500 ядерных испытаний, проведенных на поверхности нашей планеты (1550 ПБк), Чернобыльской аварии 1986 г. (70 ПБк) и утечки с британского атомного завода в Селлафилде (47 ПБк).

Комбинат «Маяк» насчитывал семь ядерных реакторов и три завода по сепарации плутония. Два реактора и один завод работают до сих пор. Рядом с «Маяком» расположено хранилище, содержащее 40 тыс. м³ высоко-радиоактивных отходов.

В результате вынужденных сбросов, а также аварий радиоактивному загрязнению подверглись сотни местных озер, р.Теча на ее 200-километровом протяжении и 20 тыс. км² прилегающей территории. С 50-х годов из 400 окрестных деревьев было переселено более 16 тыс. жителей. Площадь запретной для проживания и ведения сельского хозяйства зоны

составляет 350 км². Это — самый радиоактивно загрязненный район в мире.

Почти половина всех отходов «Маяка» находится в оз.Карачай: несколько часов пребывания на его берегах ведет к сильному облучению организма. Сброс радиоактивных веществ в озеро начали в 1951 г., и он продолжался до последнего времени, давая поступление контаминантов с активностью 25 ПБк/год. Участники предыдущего обследования, в 1994 г., взяв 475 проб в 22 пунктах, обнаружили, что грунтовые воды на расстоянии 3.6 км от оз.Карачай содержат до 8800 Бк ⁹⁰Sr в 1 л, что делает воду непригодной для питья в окрестных населенных пунктах. Существует опасность проникновения радиоактивных изотопов в реки, впадающие в Северный Ледовитый океан.

В апреле 1967 г. во время сильной засухи оз.Карачай пересохло, и его загрязненные донные осадки были разнесены ветрами на расстояние до 70 км. Сейчас идет постепенная очистка озера. Однако риск нового распространения вредных веществ в случае сильных бурь, ливней, наводнений и засух не исключен. Наибольшее загрязнение среды произошло в 1957 г. во время взрыва в хранилище высоко-радиоактивных отходов «Маяка» — Кыштымская авария, в результате которой образовался «хвост» зараженных материалов, протянувшийся по ветру на сотни километров.

Цель организованного обследования — выяснить вероятность новых аварий и определить состояние окружающей среды и ее влияние на здоровье местных жителей и работников «Маяка». По мнению участников обследования, ошибки, допущенные на «Маяке», во

¹ Пета — приставка для образования наименований единиц, равных 10¹⁵ исходных.

многим аналогичны тем, которые совершили сотрудники атомных объектов в Ханфорде (США) и Селлафилде (Великобритания) в 40—50-х годах, но российскую катастрофу отличает огромный масштаб.

Расходы на обследование «Маяка» осуществляются правительством Норвегии в рамках его общей программы, предусматривающей выделение по 10 млн англ. ф.ст. в год на изучение атомных проблем России. Население Скандинавии обеспокоено возможностью загрязнения атомными отходами их северных побережий. Норвежские власти призывают не граничащие с Россией страны Западной Европы и США принять участие в решении этих проблем.

New Scientist. 1997. V.156. № 2111. P.3, 15 (Великобритания).

Охрана окружающей среды

Проблемы захоронения атомных отходов в Великобритании

В течение 18 лет, начиная с 1959 г., примитивная шахта, пробуренная в скальном грунте на прибрежной территории Северной Шотландии, рядом с атомным предприятием Даунри, служила хранилищем для его радиоактивных отходов. На глубине 65 м в конце концов скопилось примерно 1000 т плутония, высокообогащенного урана, натрия и калия. В мае 1977 г. здесь произошел мощный взрыв, сопровождавшийся выбросом радиоактивных веществ.

Управление атомной энергетики Великобритании, которому принадлежит объект Даунри, немедленно

прекратило использование этого хранилища. Но опасность не устранена, так как оставшиеся в шахте отходы могут снова взорваться или осыпаться в море. За период с 1984 г. на местном побережье и прилежащем морском дне были обнаружены 200 зараженных радиоактивными отходами участков, что, по-видимому, связано с заброшенным хранилищем. Правительство было вынуждено наконец запретить в октябре 1997 г. рыболовство в радиусе 2 км от Даунри.

В декабре 1997 г. Управление атомной энергетики разработало программу ликвидации опасного объекта, предусматривающую выемку радионуклидов из шахты, их обработку, перупаковку и закладку в специальные контейнеры для хранения в наземных условиях. Стоимость этих работ определена в 500 млн англ. ф.ст. В альтернативном варианте предлагается «запечатать» шахту бетонными блоками. Это решение, несмотря на относительную дешевизну, менее удачно с точки зрения дальнейшей безопасности.

До сих пор в Великобритании нет четко выработанной стратегии относительно того, что делать с атомными отходами в будущем¹.

New Scientist. 1997. V.156. № 2112. P.3 (Великобритания).

Экология

Уроки плотины Дуная

В 1972 г. в районе Железных Ворот на Дунае, между берегами Югославии

(ныне — Республики Сербия) и Румынии было закончено сооружение крупной плотины, которая избавила от угрозы наводнения около 26 тыс. км² территории обоих государств. Одновременно плотина преградила путь осадочным породам, которые иначе были бы вынесены рекой в Черное море. Теперь они отлагаются на дне нового водохранилища.

Известно, что микроскопические песчинки — основной поставщик растворенных в морской воде силикатов, которые необходимы диатомовым водорослям. По весне они начинают бурное цветение, давая питательные вещества множеству обитателей моря. Силикаты совершенно необходимы диатомовым водорослям и для создания стеклистой поверхностной оболочки. По мере отмирания этих одноклеточных организмов их новое ежегодное поколение снова зависит от выносимых рекой минералов. При сокращении массы силикатов количество диатомовых уменьшается, а на их месте буйно зацветают другие виды одноклеточных водорослей.

Эти процессы на Дунае и в Черном море изучали сотрудники Гамбургского университета и Балтийского исследовательского института в Ростке (Германия). Результаты своих работ они сопоставили с данными длительных наблюдений, которые проводил румынский Институт морских исследований (Констанца).

Оказалось, что плотина у Железных -Ворот на две трети сократила вынос силикатов в дельту Дуная; даже в центральной акватории Черного моря их содержание в поверхностных водах упало более чем на 60%. Общая масса «не доставленных» в море силикатов оценивается в 14.7 млн т. Измерения,

¹ См. также: Что делать с плутонием? // Природа. 1998. № 6. С.109.

выполненные выше по течению Дуная, показали, что плотина удержала около 11.8 млн т. Известно, что Дунай поставляет в Черное море около 80% всех силикатов, остальное количество приносятся в основном Днепр и Днестр, но и они также перегородены плотинами.

Экологи предсказывали, что недостаток силикатов должен привести к изменениям в популяциях водорослей. Действительно, благодаря увеличению в воде количества азота и фосфора, сносимых с полей, и уменьшению силикатов усилилось цветение недиатомовых видов водорослей. Отмечено появление не нуждающихся в силикатах водорослей, которые не были известны исследователям до 1972 г. Особенно опасен рост динофлагеллатов, которые могут оказаться токсичными. Не исключено, что именно с этим частично связано снижение улова рыбы в Черном море — у берегов Румынии, Болгарии и Украины.

Ученые предполагают, что по той же причине диатомовые уступают место динофлагеллатам в прибрежных водах возле устьев Рейна и Миссисипи. Хотя эти реки не перегородены плотинами, но и там вынос силикатов упал — из-за мер, принимаемых в целях уменьшения береговой эрозии. В Восточном Средиземноморье, где высотная Асуанская плотина на Ниле тоже прервала снос в море массы осадочных пород, как следствие, резко снизились уловы рыбы в прилегающей акватории.

Nature. 27 March 1997. V.386. № 6623. P.385, 325 (Великобритания).

Погребенные рифы и газогидраты

В мае 1997 г. большая группа морских геологов из Бельгии (Центр морской геологии им.Ренара Гентского университета), Ирландии (Дублинский университетский колледж и одна из нефтяных компаний) и России (Центр морской геологии и геофизики ЮНЕСКО при МГУ) открыла во время экспедиции на судне «Бельжика» обширную провинцию крупных, засыпанных осадками коралловых рифов¹. Эта провинция, связанная с метановыми газогидратными залежами, располагается во впадине Поркьюпайн, между мелководной банкой и шельфом Юго-Западной Ирландии. Здесь обнаружены сотни погребенных холмов, самые крупные — до 2 км в диаметре и до 250 м в высоту. На сейсмопрофилях с высоким разрешением многие из них выглядят как парные образования, похожие на крылья бабочки или изображение человеческих легких. В трехмерной реконструкции — это кольцеобразные холмы с идущей до самого их подножия воронковидной (тонким концом вверх) внутренней полостью.

Главное местонахождение холмов — Магеллановы рифы, названные по имени судна, открывшего их всего за несколько месяцев до экспедиции на «Бельжике». Они протягиваются цепью на глубине 600—650 м и занимают площадь 1200 км². Большинство холмов имеет высоту 50—100 м; сверху они засыпаны слоем рыхлых осадков мощностью в десят-

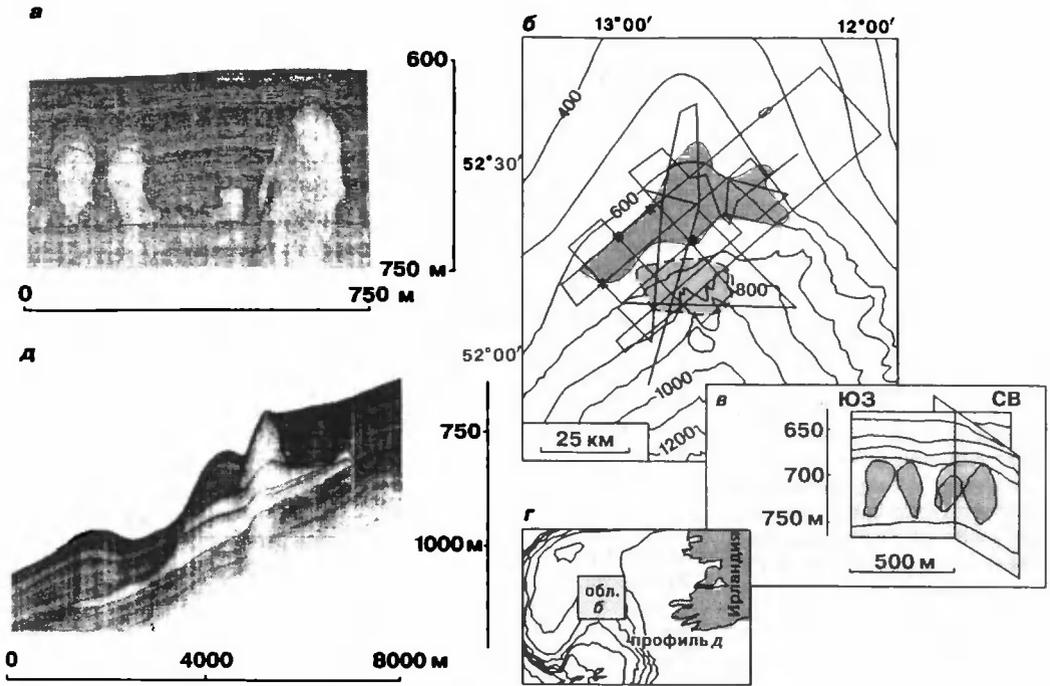
ки метров, а их основания покоятся на глубине около 750 м. Лишь несколько самых крупных холмов не покрыты осадками, и их вершины выходят на поверхность дна. Южнее Магеллановых рифов, на глубине 700—900 м, находится меньшая по площади провинция холмов, но более крупных, и совсем не скрытая осадками.

Кольцевая форма и воронковидная внутренняя полость холмов свидетельствуют, что образованы они мощными выбросами смеси газа и жидкости из толщ морского дна. Некоторые не засыпанные осадками крупные холмы расположены вдоль разломов, проходящих через высачивания метана из обширного глубинного резервуара углеводородов, но большинство их поднимается с ненарушенного геологического горизонта.

С вершин холмов грунтовыми трубками были отобраны обломки отмерших кораллов из рода *Lophelia*. Современные рифы, образованные глубоководным кораллом *Lophelia pertusa*, хорошо известны. Длинной цепью они протянулись вдоль верхней части материкового склона у Ирландии, Шетландских, Фарерских островов и вплоть до Лофотенских у северо-западного побережья Норвегии, по ходу основной струи теплого атлантического течения. Население рифов исключительно богато и разнообразно, к тому же надежно защищено от рыбацких тралов — кораллы немилосердно рвут их.

Открыты эти рифы еще в 1869 г. в экспедиции на судне «Поркьюпайн» («Дикобраз») под руководством знаменитого океанолога У.Томсона; отсюда — названия банки и впадины Поркьюпайн и порога Уайвилля Томсона, отделяющего глубоководную впадину Норвежского моря

¹ Henriot J.P. et al. // Nature. 1998. V.391. № 6668. P.648—649.



Погребенные глубоководные коралловые рифы на склонах впадины Поркьюпайн:

а-д — Магеллановы рифы; а и в — сейсмопрофиль и прорисовка двух небольших кольцеобразных рифов, засыпанных 30-метровым слоем осадков; б и г — схема района исследований (г) и положение Магеллановых рифов (темная штриховка) и провинции не засыпанных осадком холмов (светлая штриховка, окруженная штриховой линией, б); звездочки — крупнейшие из Магеллановых рифов, выходящие на поверхность дна, ломаная линия — маршрут экспедиции, изобаты — глубина в метрах; д — сейсмопрофиль рифов «Бельжикки» на древнем погруженном крае шельфа на восточном склоне впадины Поркьюпайн. (Из: Nature. 1998. V. 391. № 6668. P.648.)

от Атлантического океана.

Пока неясно, с чем связано возникновение погребенных коралловых рифов на газогидратах: с деятельностью хемосинтезирующих метаноксиляющих бактерий (симбионтов кораллов) или с формированием на выходах газогидратов скоплений неорганического (аутигенного) карбоната кальция, создающего необходимый для поселения кораллов и других сидячих животных жесткий субстрат. На мой взгляд, второе более вероятно.

Газогидраты — похоже на ледяные кристаллы твердые образования, в которых молекула метана находится в окружении молекул воды, —

формируются при низкой температуре и высоком давлении, обычно — на материковом склоне (глубина больше 500 м), где газы высачиваются из толщи осадка по разломам и трещинам. Исследователи предложили такой сценарий образования обширной провинции холмов. В последний ледниковый период, когда уровень океана значительно понизился и температура воды у Ирландии стала почти арктической, а борта впадины Поркьюпайн омывали холодные придонные течения, сформировался обширный мелководный резервуар метана. Газ замерз, и образовались скопления газогидра-

тов. В начале послеледникового потепления температура воды резко повысилась (изменения климата в поздней и послеледниковое время были очень быстрыми и начинались, как правило, с изменения циркуляции вод, в первую очередь в Северной Атлантике), ледяные кристаллы растаяли и газ нашел выход ниже по склону, по разломам морского дна. Произошла одновременная массовая разгрузка резервуара через сотни высачиваний. Выброс в воду, а оттуда в атмосферу огромной массы метана, который относится к числу парниковых газов, должен был усилить потепление и уско-

ритель его. На местах высачивания газа образовались и стали бурно расти «каменные кольца» глубоководных кораллов. Так возникли холмы. Но запасы газа быстро исчерпались. Одновременно, и тоже очень быстро, растаяли ледники на суше, и мощные потоки ледниковых стоков вынесли в океан мутные осадки, которые погребли холмы и погубили коралловые рифы.

В экспедиции на «Бельжик» обнаружили еще одну мощную цепь рифов, тоже засыпанных осадками. Это вздымающиеся на восточном склоне впадины Поркьюпайн барьерные рифы (глубина 750—1000 м), которые определяют положение древнего сильно эродированного края шельфа и никак не связаны с газогидратами.

Обнаружение на склонах впадины Поркьюпайн огромного скопления поселений глубоководных кораллов, ассоциированных с газогидратами, а возможно, и порожденных ими, может указывать на существование там крупных запасов ископаемых углеводородов, горючего газа и, не исключено, — нефти.

© К.Н.Несис,
доктор биологических наук
Москва

Сейсмология

Япония раскроет сейсмические данные

До настоящего времени в Японии существовало строгое правило, согласно которому почти вся информация о новейших землетрясениях, степенях напряжения в земной коре, изменениях уровня грунтовых вод и другой активности недр была доступна лишь шести независимым (не работающим на государственной службе)

сейсмологам. На них, в частности, возлагалась обязанность выработать прогноз и принимать решение, следует ли предостеречь о возможности землетрясения в районе Токаи, к западу от Токио, где сейчас оно считается наиболее вероятным. Все остальные лица и учреждения должны были довольствоваться информацией о местоположении эпицентра и очага землетрясения, а также о его магнитуде только после того, как событие произойдет.

В мае 1997 г. правительство страны существенно ослабило этот запрет, с тем чтобы любой ученый и все население в целом имело представление о сейсмической обстановке в конкретный момент времени. Японское метеорологическое агентство, которому подчинена сеть сейсмических станций, отныне намерено оперативно публиковать сведения об аномальных явлениях, которые можно расценивать в качестве предвестников землетрясения в районе Токаи. Каждое подобное сообщение будет сопровождаться кратким комментарием для широкой публики. Это приведет существовавшую в Японии практику к большему соответствию с порядком, действующим в других странах.

Кроме того, это позволит в дальнейшем лучше сопоставлять модели сейсмических событий, разрабатываемые узким кругом специалистов, с выводами более широкой научной общественности. Японское метеорологическое агентство в конце 1997 г. намерено было принять решение о распространении сейсмической информации по электронной сети www.

Science. 1997. V.276. № 5314. P.887 (США).

Вулканология

Яванский вулкан лихорадит

10 августа 1997 г. экипаж пассажирского самолета австралийской авиакомпании, направлявшегося из Сиднея в Сингапур, сообщил о том, что наблюдает столб пепла высотой от 7.6 до 9.1 км над вулканом Семеру в восточной части о. Ява (Индонезия), в точке с координатами 8.11°ю.ш., 112.92°в.д.

Через 20 сут аналогичное сообщение поступило от летчиков, выполнявших такой же рейс; на этот раз облако пепла было зафиксировано на высоте 8.5 км над вершиной горы, которая поднимается на 3676 м над ур. м. Этому событию предшествовали звуки взрывов, которые были слышны в предгорных поселениях, расположенных на расстоянии до 9 км от вершины. Сотрудники обсерваторий Гунунг-Савур, находящейся в 11 км от вулкана, насчитали 18 взрывов с интервалами от 2 до 40 мин; сопровождавшие их выбросы пепла поднимались не более чем на 1.5 км. Через юго-западный прорыв кратерной кромки по склону скатывались каменные глыбы, ярко светившиеся ночью.

Во время краткого посещения кромки активного кратера исследователи отметили, что между ее прорывом и действующими расщелинами формируется пирокластический вал, состоящий из различных по размеру обломков. Вулканологам не удалось разглядеть дно кратера и установить, растет ли там новый купол.

2 сентября 1997 г. на верхних склонах Семеру произошла трагедия: от группы немецких альпинистов отделились трое, намереваясь ближе подойти к кратеру; в

это время из него вылетел крупный раскаленный обломок, и двое из них погибли.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1997. V.22. № 8. P.2 (США).

Вулканология

Извержение не будет неожиданным

На территории штата Аляска находится более 80 действующих вулканов, многие из них — на Алеутских о-вах. Если раньше их извержения не представляли особой угрозы из-за слабой заселенности региона, то теперь численность его жителей существенно возросла,

Схема расположения вулканов и авиационных трасс в районе Аляски и Камчатки.

и, кроме того, над Аляской стали проходить важнейшие и очень напряженные линии гражданской авиации. Ежедневно над вулканами штата пролетают более 10 тыс. пассажиров, а при извержениях в атмосферу выбрасываются миллионы тонн пепла, который резко снижает видимость и может повредить реактивные двигатели самолетов. Поэтому специалисты ищут надежные способы прогноза вулканической активности и ее мониторинга в ходе уже начавшегося извержения. В отличие от землетрясений, которые чаще всего происходят без явных предвестников, извержения обычно дают о себе знать заблаговременно — от нескольких часов до нескольких месяцев.

Под руководством главного сейсмолога штата Аляска Р.Хансена (R.Hansen) К.Линдквист и Дж.Бенуа (K.Lindquist, J.Benua; Геофи-

зический институт при Аляскинском университете, Фэрбенкс, США) создали прибор «Icewoгm» («Ледяной червь»), который регистрирует вибрацию почвы и подземные шумы на фоне ветра и морского волнения, а также сейсмические сигналы, связанные с движениями магмы в вулканическом очаге, которые нередко предшествуют началу извержения.

Зарегистрированная почти в реальном времени информация на месте обрабатывается с помощью компьютера и автоматически передается в Аляскинскую вулканологическую обсерваторию, где принимается решение о целесообразности объявления тревоги той или иной степени.

В 1996 г. «Icewoгm» был опробован при извержении вулкана Павлова (п-ов Аляска). Благодаря прибору своевременно были объявлены «красные тревоги» и через



Федеральное авиационное управление США изменены маршруты самолетов, проходившие в опасной близости от столбов вулканического пепла. Вулканы Аляски принадлежат в основном к взрывному типу, а такая активность особенно опасна.

Geophysical Institute Quarterly. 1997. V.14. № 3. P.1 (США).

Метеорология. Техника

Новые возможности прогноза ураганов

Ущерб, причиненный тропическими ураганами, обрушившимися в 1995 г. на восточное побережье США, оценивается миллиардами долларов. Поэтому составление надежных прогнозов и разработка новых способов слежения за их развитием — крайне актуальная задача. Существующие методы прогноза мест зарождения урагана в океане оцениваются как сравнительно надежные, но значительно труднее предсказать место выхода урагана на сушу.

Д.Джеррелл (J.Jarrell; Национальный центр изучения ураганов), считает, что для прибрежных городов и островов наибольшую опасность представляет штормовой нагон — стремительно поднимающийся уровень воды: в такой ситуации крайне осложнена эвакуация людей.

Национальное управление США по изучению океана и атмосферы (НОАА), Национальное агентство США по авионавтике и космическим исследованиям (НАСА) и Национальное агентство Японии по исследованию космоса заключили соглашение об использовании для прогноза ураганов наиболее современных и эффективных технических средств. Планиру-

ется, что японский спутник «ADEOS» («Advanced Earth Observing Satellite»), на борту которого находится рефлектометр, созданный в Лаборатории реактивного движения НАСА, предоставляет точную информацию о направлении и скорости ветра у поверхности океана. По мнению Д.Хоука (J.Hoke), директора Центра морских прогнозов НОАА, такой рефлектометр позволяет заблаговременно оповещать мореплавателей об опасных погодных условиях. Через 3 ч после проведенных измерений оперативная информация, полученная со спутника «ADEOS» станциями приема НОАА, расположенными в штатах Вирджиния и Аляска, передается соответствующим учреждениям Японии, Европы и США для мониторинга окружающей среды, прогноза ураганов и штормовых синопсов. Высокая точность синхронных измерений на огромных по охвату акваториях открывает метеорологам новые возможности для выпуска ежедневных прогнозов.

В рамках внедрения новой технологии кроме спутника «ADEOS» будет использоваться оснащенный прецизионными измерительными приборами турбореактивный самолет «Гольфстрим-IV» — первый в мире самолет-обсерватория среди аппаратов этого класса. Ожидается, что получаемая с его борта информация на 20% повысит качество прогнозов места выхода урагана на материк. Установленная на нем аппаратура фиксирует состояние атмосферы на больших высотах, где воздушные струйные течения определяют траектории зарождающихся ураганов. Параметры атмосферы на средних и низких высотах, собираемые с другого самолета, помогут прогнозистам создать более полную карти-

ну урагана. Новая технология позволяет лишь предсказать место выхода урагана на материк, но не предотвратить его, хотя расходы на эвакуацию населения и имущества, безусловно, при этом снижаются.

Geotimes. 1997. V.42. № 8. P.14 (США).

Палеоклиматология

Амазонские джунгли — устойчивая экосистема

Палеоклиматологи до сих пор считали, что в последний ледниковый период, когда на Земле территория умеренных и северных широт была покрыта льдами, центральная-западная часть нынешней Бразилии (среднее течение Амазонки) представляла собой в основном саванну — засушливую травянистую равнину. Это мнение опровергают работы Т.Колинво (T.Colinvaux; Смитсоновский институт тропических исследований, Панама), а также его коллег из Дьюкского университета (Дарем, штат Северная Каролина) и Филдовского музея в Чикаго (штат Иллинойс).

Организовав экспедицию, исследователи пробурили дно оз.Пата, находящегося в густом тропическом лесу Амазонии (на северо-западе Бразилии), и подняли колонку грунта высотой 7 м. Ненарушенные слои осадочных пород датировали методом радиоуглеродного анализа.

Как установлено, верхняя часть осадков отложилась на дне озера в период между 30 800 и 14 200 лет назад (т.е. во время максимального оледенения). Когда же были идентифицированы содержащиеся в каждом кубическом сантиметре этих пород образцы древесной

пыльцы (от 50 до 100 тыс.), то оказалось, что 70—90% принадлежат не травам и кустарникам, а деревьям. Причем почти все породы деревьев и сегодня произрастают во влажном тропическом лесу. Отсюда следует, что по крайней мере область оз.Пата саванной в то время не была.

В осадочных породах обнаружена также пыльца хвойных деревьев, относящихся к виду *Podocarpus*. Сейчас они произрастают лишь в местностях, высота которых над уровнем моря на 1 км выше амазонских равнин. Это означает, что в период максимального оледенения и здесь температуры были относительно низкими, но лишь на 5—6°С ниже, чем сейчас.

Выявленные особенности осадочных слоев на дне оз.Пата говорят о том, что во время наибольшего оледенения его уровень был ниже, чем теперь. Вероятно, это было связано с уменьшением осадков и увеличением продолжительности сухих сезонов. Однако таких климатических изменений оказалось недостаточно для исчезновения или даже частичного вытеснения влажных тропических лесов.

Принятая до сих пор гипотеза «засушливо-травя-

нистой» Амазонии опиралась на существование кое-где к северу и югу от бассейна Амазонки древних песчаных дюн. Представления о саванновом ландшафте были механически перенесены на всю Амазонию. Учитывая, что в ледниковый период Амазония сохраняла свой влажный тропический облик (хотя колебания температуры составляли 5—6°С), авторы исследования полагают, что такая же картина наблюдалась и во время всех предыдущих оледенений. Поэтому можно утверждать, что амазонские джунгли существуют в течение 2 млн лет и представляют собой пример очень устойчивой экологической системы.

Smithsonian Institution Research Reports. 1997. № 87. P.4 (США).

Молекулярная археология

Гемоглобин динозавра

Биохимик М.Швейцер (M.Schweitzer; Университет штата Монтана, США) изучала костные остатки тираннозавра (*Tyrannosaurus rex*) — одного из крупнейших хищных динозавров. Некоторые кости сохранились настолько

хорошо, что качеством почти не отличались от костей современных животных: видимо, вода не проникла внутрь и кости мало подверглись фоссилизации. В костях тираннозавра имелись даже «следы» красных кровяных телец, а значит, мог в какой-то степени сохранить и гемоглобин.

Чтобы убедиться в этом, подопытным крысам ввели экстракт из костей. В ответ у животных начали вырабатываться такие же антитела, которые связывают гемоглобин у птиц и млекопитающих. Следовательно, иммунная реакция надежно подтвердила присутствие гемоглобина.

Швейцер удалось выделить сам гемоглобиновый белок и гем. Дальнейшие исследования белка, вероятно, помогут кое-что прояснить относительно эволюции и обмена веществ динозавров — например, установить, были ископаемые ящеры теплокровными или холоднокровными. Еще больше информации об эволюционных связях дала бы ДНК, но она, к сожалению, не сохранилась даже в виде более или менее протяженных фрагментов.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 1997. V.94. P.6291 (США).

КОРОТКО

Португальские палеонтологи-любители Исабель и Орацио Матеус (I. and O.Mateus), ведя раскопки около городка Лейрия, в 60 км к северу от Лиссабона, неожиданно наткнулись на огромное гнездовье динозавров. На небольшом участке лежало около сотни окаменевших яиц диаметром 12—13 см каждое¹. Французский спе-

циалист Ф.Таке (F.Taquet; Национальный музей естественной истории, Париж) установил, что яйцам около 140 млн лет. В четырех из них содержались кости уже достаточно развитых детенышей. Что помешало им появиться на свет, неясно. Изучение эмбрионов позволило установить, что яйца принадлежали крупным хищ-

ным динозаврам из группы теропод.

New Scientist. 1997. V.155. № 2089. P.23 (Великобритания).

¹ О находках яиц динозавров в Европе см.: Место кладок динозавров стало музеем // Природа. 1998. № 2. С.114.

От эволюции биосферы к эволюции сознания

А. М. Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

ХОТЯ мы, приняв некоторые оговорки, и соглашаемся с тем, что произошли от обезьяны, а в биологическом отношении очень похожи на других млекопитающих (недаром же всех так напугала овечка Долли), одна особенность безусловно отделяет нас от остального животного мира. Речь идет о развитом сознании, а точнее — осознании себя в мире идей и представлений, образующих определенную среду вокруг каждой личности. Будучи различной для разных эпох и народов, эта среда все же представляет собой некоторую развивающуюся систему.

Впрочем, меняется во времени не только духовная среда, окружающая личность, но и сама личность. Вполне логичным представляется поэтому изучение именно системы личность—среда. Воссоздание хода эволюции такой системы, реконструкция этапов ее развития — задача чрезвычайно сложная. И дело не только в том, что в нашем сознании (а также в подсознании, мифологии, этике, культуре) не осталось никаких «материальных» следов этой эволюции, а в том, что следы эти, возможно, — весьма многочисленные, просто нераспознаваемы, поскольку чрезвычайно раз-



В.А.Красилов. МЕТАЭКОЛОГИЯ. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ПРИРОДНЫХ И ДУХОВНЫХ СИСТЕМ. М.: Палеонтологический институт РАН, 1997. 208 с.

бросаны и вкраплены в совершенно иной контекст. Попытка распознать их сродни деятельности палеонтолога, исследующего развитие биологических систем, или же археолога, имеющего дело с продуктами материальной культуры.

Новая книга Валентина Абрамовича Красилова посвящена именно этому — реконструкции возможного развития системы взаимоотношений личности и ее духовной среды. Чтобы понять подход автора, нужно разобраться в приведенных

им дефинициях основных понятий. Так, под «метаэкологической системой» подразумевается «взаимодействие личности и ее духовной среды», а под «метаэкологией» — «изучение метаэкологических систем». «Эволюция», согласно определению автора, — «историческая последовательность изменений системы, обусловленных программой ее развития и адаптацией к изменяющимся условиям существования, а «адаптация» — «изменение (реакции, программы развития, поведения), дающее преимущество в конкретных условиях». Что же касается самой жизни (в том числе и духовной), то она трактуется как «сохранение системы путем ее воспроизведения на основе наследственной информации и адаптации».

Перечень названий глав книги, посвященной эволюции и написанной палеоботаником, может показаться странным. Вот они: «Предчувствия», «Двойники», «Переправа», «Борьба», «Эгосистема», «Продуктивность». Что же скрывается за этими эзотерическими заголовками, которые скорее интригуют, чем объясняют. Опасаюсь, что попытка краткого изложения самого содержания будет иметь своим результатом нечто похожее на комикс по произведению классической литературы. И все же, цитируя как можно больше самого автора и

стараясь использовать его язык, я попробую составить своего рода тезисы, причем последовательность их не обязательно будет строго соответствовать логической канве самой книги.

1. Все открытые (в термодинамическом смысле) системы подобны и подчиняются общим закономерностям направленного развития, ведущего к сокращению производства энтропии. В природных экосистемах по ходу их эволюции возрастает эффективность создания живого за счет неживого (косного), иначе говоря, увеличивается отношение живой биомассы к «мортмассе» (т.е. массе отмершего, но не разложившегося до конца и потому выведенного из круговорота органического вещества). Важнейшее условие, если не причина, подобных преобразований — рост биологического разнообразия за счет специализации и уменьшения перекрытия экологических ниш.

2. В ходе биологической эволюции совершаются разные «открытия» (например, фотосинтез, теплокровность, разумное поведение), позволяющие организмам стабилизировать среду своего обитания и, «воспользовавшись плодами стабилизации, сузить перекрытие экологических ниш, ослабить прямо связанную с последним конкуренцию (в идеале — подойти к бесконкурентному сосуществованию) и сократить избыточность своих популяций» (с.113). Естественный отбор на выживаемость становится менее значимым, но существенно усиливается роль других механизмов, например полового отбора (в дарвиновском смысле этого термина, означающего выбор самкой или самцом полового партнера) или различных форм кооперации.

3. В развитии человече-

ства прослеживаются основные тенденции биологической эволюции. В частности, цивилизация с первых своих шагов, вроде обустройства пещерных жилищ и освоения огня, имела целью выживание не самых приспособленных особей, которые, как замечает автор, «должно быть, неплохо чувствовали себя под открытым небом и не боялись холода», а, наоборот, — «наименее приспособленных» (с.113—114). По мере становления культуры создаются новые социальные ниши, а чем больше таких ниш, тем меньше общая напряженность конкуренции. Обладая громадными возможностями стабилизации среды, человек в принципе способен обеспечить устойчивое существование биосферы. Как бы предвидя будущее возражения читателя (человек ведь на самом деле только и делает, что дестабилизирует среду обитания), автор резонно замечает, что человеческая цивилизация существует всего несколько десятков тысяч лет — срок ничтожно короткий по эволюционным масштабам времени.

4. Представление о том, что наличие сознания и целеполагания (как одной из основных его функций) — это монополия человека, который как бы изначально стоит над природой, по мнению Красилова, есть скрытый креационизм — проявление веры в божественное происхождение *Homo sapiens*. Эволюция, как подчеркивает автор, «не признает абсолютных различий, ничто не возникает на пустом месте». Природа сама (как система) «определяет цель — поддержание жизни, и все живые существа стремятся к этой цели — инстинктивно, следуя указаниям генетической памяти, или сознательно, полагаясь на рассудок» (с.115).

Сознание же «означает совмещенное знание себя и окружающего», что и позволяет «реализовать причинно-следственную схему». И здесь Красилов делает чрезвычайно важное замечание: «Какова бы ни была «на самом деле» структура мира, нам она представляется причинно-следственной, иначе сознание не может работать. Поскольку рассудок имеет приспособительное значение, то логично предположить, что структура мира такова «на самом деле», иначе к чему же предки приспособлялись на протяжении миллионов лет?» (с.116).

5. Возникновение в процессе эволюции самосознания рассматривается как проявление системного свойства и объясняется необходимостью обзавестись механизмом саморегуляции, который обеспечивал бы устойчивость. Если на уровне генетической системы таким механизмом могут быть специальные ферменты, вырезающие дефектные участки ДНК, на уровне популяций — половой отбор (в качестве фактора «внешней регуляции» при этом фигурирует естественный отбор), а на уровне развивающегося интеллекта — логика, то для становления личности — это развитие самосознания. Ведь с появлением самосознания «резко сокращается количество ошибок и сбоев, которые неизбежны в работе интеллекта как средства приспособления к внешним условиям» (с.117).

6. Обращенность интеллекта «не только наружу, к внешнему миру, но и внутрь, к системе собственной деятельности» формирует соответствующие структуры, которые называют «внутренним миром». Популярное выражение «раздвоение личности» с точки зрения автора не

имеет смысла, поскольку именно рефлексия и есть «необходимое условие возникновения личности». Отсюда, кстати, и тема двойников, столь подробно развиваемая в мифологических системах (и в рецензируемой книге тоже): «любый бог творит по своему образу и подобию», а любая творческая личность «начинает с создания метафизического двойника, для которого все и делается» (с.25).

7. Хорошо известно, что палеонтологи нередко критически относятся к классическому дарвинизму (видимо, у них на то есть основания!), но Красилов считает его просто пройденным этапом или, точнее, переосмысленным в свете более общей, системной теории эволюции. Если критерий эволюционного прогресса — это «сокращение производства мертвого вещества в экосистеме», то бессмысленно судить о приспособленности по росту численности. От себя заметим, что и в современных теориях оптимального жизненного цикла скорость роста популяции тоже не рассматривается в качестве максимизируемого параметра, хотя еще недавно это казалось незыблемой догмой эволюционной генетики. Повышение приспособленности следовало бы, по мнению автора, «оценивать по снижению смертности». Отсюда в новом свете предстает и естественный отбор. И недаром все высшие организмы (человек здесь ни в коем случае не исключение) «располагают средствами для смягчения отбора (взаимопомощь, переадресовка агрес-

сии, замена реальной конфронтации на символическую и т.д.)». Из этого следует вывод, что «ослабление отбора в человеческом обществе — не естественная, как нередко думают, а вполне естественная прогрессивная тенденция» (с.107).

8. Переход конфликтных отношений в сотрудничество рассматривается как общая закономерность эволюции. Так, автор полагает, что взаимодействие нуклеотидных и белковых частиц могло начинаться как паразитизм, но «со временем первые превратились в программное устройство, воспроизводящее свою белковую среду — организм» (с.203). Для человека чрезвычайно важно воспринять модель оптимальных отношений со средой. Ведь «жизнь на Земле преодолела череду кризисов, во время которых вымирали сотни тысяч видов», но логика развития такова, что «этот дорогостоящий процесс должен был со временем вылиться в более рациональные формы». И отсюда очень важное замечание: «Появление в ходе эволюции разума, способного хранить и обрабатывать информацию о состоянии всей биосферы, имело ту же системную цель, что и генетическое кодирование в индивидуальном развитии: обеспечение устойчивого воспроизводства» (с.203). Развитие интеллекта и начало формирования биосферной этики открывают «возможности нравственного выбора», но последний предполагает «понимание целей, которые вытекают из анализа эволюционных тенденций» (с.207).

На такой достаточно оптимистической ноте заканчивается книга. Конечно, за рамками рецензии остались многие детали и даже отдельные линии повествования. Объяснить их — значит по сути пересказать всю книгу. Но гораздо лучше ее прочесть. С чем-то читатель почти наверняка не согласится, к чему-то отнесется скептически, но равнодушным он, безусловно, не останется.

Попытка автора совместить эволюцию ментального мира с эволюцией биологической получилась интересной и стимулирующей дальнейшие исследования. Само совмещение оказалось в общем простым и довольно естественным, а именно естественность всей концепции, на мой взгляд, и есть лучший довод в пользу ее весьма вероятной справедливости.

И последнее. Бесконечно сетуя на нынешнее кошмарное состояние российской науки, нельзя не признать, что об издании книги Красилова в период цензуры КПСС не могло быть и речи. Такой свободы мысли никто бы не потерпел. Определенная смелость потребовалась и сейчас. И поэтому можно поздравить ученый совет Палеонтологического института РАН, который рекомендовал к публикации эту работу, и А.П.Расницына, взявшего на себя обязанность ответственного редактора. Остается только пожалеть, что книга издана мизерным тиражом (500 экз.) и уже стала библиографической редкостью.

 Медицина

Г.А.Алексеев. ЧУВАШСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ. Т.1. Чебоксары: Чувашский государственный университет, 1997. 400 с.

В медицинских энциклопедиях, как правило, не содержится сведений по регионам, входящим в Российскую Федерацию. Впервые появилась отраслевая региональная Медицинская энциклопедия Чувашии. Первый том содержит слова от А до М. В нем помещены статьи, раскрывающие историю развития медицины и здравоохранения на территории Чувашии с древних времен до наших дней. Есть информация по истории лечебно-профилактических, санитарных, аптечных учреждений и медицинских учебных заведений. В приложении дается список лекарственных растений местной флоры. Издание снабжено указателем персоналий медицинских работников региона. Посвященные им статьи иллюстрированы портретами.

 Геохимия

В.В.Иванов. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ: СПРАВОЧНИК. В 6 КН. М.: Недра, 1997. Кн.6: Редкие f-элементы. 607 с.

Этот научный труд содержит информацию обо всех элементах периодической системы Д.И.Менделеева. Цель издания — создать общую картину химического состава, пространственной и

временной эволюции различных геосфер (экологических сред Земли) и их частей для всех химических элементов. В предыдущих пяти книгах рассмотрено поведение элементов на изотопном, атомарном и минеральном уровнях в различных геологических, климатических и атмосферных условиях.

Шестая книга завершает издание. В ней охарактеризованы элементы двух групп, различных по большинству эко-геохимических показателей, — семейства редких земель и семейства актиноидов. Первые почти не изучены, вторые, наоборот, приобрели большую известность благодаря урану.

 Палеонтология

П.В.Рич, Т.Х.Рич, М.А.Фентон. КАМЕННАЯ КНИГА. ЛЕТОПИСЬ ДОИСТОРИЧЕСКОЙ ЖИЗНИ. М.: МАИК Наука, 1997. 623 с.

Эту научно-популярную книгу в 1989 г. издали австралийские и американские палеонтологи. Идея ее перевода на русский язык возникла в 1995 г. после посещения российскими палеонтологами научного центра университета Мокаш в Австралии.

Книга содержит характеристику множества ископаемых, начиная от бактерий и кончая млекопитающими (включая человека). Актуальность перевода продиктована отсутствием на русском языке книг такого объема и уровня популяризации.

Издание богато проиллюстрировано. На обложке дано изображение знамени-

той находки — скелета археоптерикса (*Archaeopteryx*) из верхнеюрских известняков Германии, ставшего символом англоязычного издания. Используются фотоматериалы Национального музея естественной истории (США), а также Института палеонтологии позвоночных и палеоантропологии (Пекин).

АТЛАС МИРОВОЙ ФАУНЫ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА / Под ред. В.В.Аркадьева и Т.Н.Богдановой. СПб.: Санкт-Петербургский горный институт, 1997. 357 с.

В предлагаемом издании описаны и изображены 247 видов кораллов, брюхоногих, двустворчатых и головоногих моллюсков (аммонитов и белемнитов), брахиопод, морских лилий и ежей, происходящих из меловых отложений. Отдельные из описанных видов относятся к триасово-юрским и палеогеновым отложениям.

Цель издания — дать определение ископаемой фауны по результатам геологических экспедиций, проведенных в Крыму. В основу работы положены многочисленные фаунистические коллекции Санкт-Петербургского горного института, собранные в бассейне среднего течения р.Бельбек (горный Крым, окрестности поселка Куйбышево), а также палеонтологические коллекции МГУ.

Все изображения на фототаблицах, приведенных в книге, даны в натуральную величину. Атлас завершается указателем латинских названий, использованных в издании.

Археология

АРХЕОЛОГИЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ / Под ред. Э.А.Савельева. М.: ДиК, 1997. 754 с.

В книге обобщены и научно систематизированы источники по археологическому наследию народов Коми и исторически связанных с ними этносов, проживавших в древности на территории северо-востока России — от бассейна Вычегды и верховий Печоры на юге, бассейна Мезени на западе до побережья Баренцева моря на севере. В основу положены материалы, полученные в результате археологических экспедиций, разведочных и раскопочных работ, проводившихся на этой территории в течение последних 100 лет. В книге дана характеристика поселений, могильников, жертвенных мест, хозяйства и быта древнего населения; прослеживаются культурные и торговые связи племен региона на протяжении многих тысячелетий. Особое внимание отведено проблеме начального этапа формирования народа Коми и древнерусской колонизации европейского северо-востока, в результате которой край Коми вошел в состав Русского государства.

Значительное место уделено вопросам матери-

альной культуры и этногенеза других племенных образований — югры, печоры и миртя. Исследование показало огромное значение взаимодействия культур разных народов во все периоды древней истории.

История науки

МОСКВА НАУЧНАЯ / Под ред. В.М.Орла. М.: Янус-К, 1997, 520 с.

Этот коллективный труд посвящен феномену превращения Москвы в крупнейший общероссийский научный центр мирового значения. На конкретном материале анализируется процесс становления и развития в нашей столице выдающихся научных школ и важнейших исследовательских направлений.

В статьях, включенных в сборник, содержится большой и разнообразный фактический материал, мало известный широкому кругу читателей. Отмечаются не только крупные успехи и достижения ученых, работавших в Москве, но и трудности, которые им приходилось преодолевать, работая в условиях жесткой командно-административной системы. В книге рассказывается о гонениях и преследованиях, которым подвергались москов-

ские ученые в годы массовых сталинских репрессий.

Издание подготовлено Институтом истории естественных и техники им. С.И.Вавилова РАН при поддержке АО «Московский комитет по науке и технологиям» Правительства Москвы.

В оформлении книги использованы материалы иконотеки института.

А.К.Сытин. ПЕТР СИМОН ПАЛЛАС — БОТАНИК. М.: КМК. Ltd, 1997. 338 с.

Петр Симон Паллас (1741—1811) — крупнейший естествоиспытатель XVIII в., географ и путешественник, академик Петербургской Академии наук. В 1768—1774 гг. он возглавил экспедицию в центральные области России и Южной Сибири (Алтай, Забайкалье).

Книга посвящена не только ботаническим трудам Палласа. Она содержит биографию ученого и анализ его исследований растительного покрова Северной Евразии. В приложении даны маршруты Академической экспедиции, а также путешествий Палласа по югу России. В издании имеются указатели по многотомным описаниям путешествий на русском и немецком языках. Впервые публикуются архивные материалы ботанических коллекций Палласа.

Сад у Кремлевской стены

И. П. Кулакова

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

В САМОМ центре Москвы, на историческом «пяточке», откуда расходятся мощные волны городской активности, где сконцентрированы крупнейшие магазины, учреждения и общественные здания, можно найти место, всегда исполненное покоя. Александровский сад относится к тем «пространствам пребывания», которые так необходимы каждому городу. Фоном этого уникального сада служат величественные стены и башни, сами по себе являющиеся шедевром древнерусского крепостного строительства. Первоначально сад так и назывался — Кремлевский, и лишь с 1856 г. он получил название Александровского. Создавался же он более полутора столетий назад — как островок для «зрелищного передвижения» нарядной толпы, место, специально предназначенное для «фланирования» публики.

Возвратимся мысленно на триста лет назад. В начале XVIII в. сада у Кремлевской стены не было и в помине. С 1707 г. по указу Петра I, воевавшего со Швецией, вокруг Кремля стали возводить земляные укрепления с бастионами — трудно поверить, но тогда царь всерьез опа-

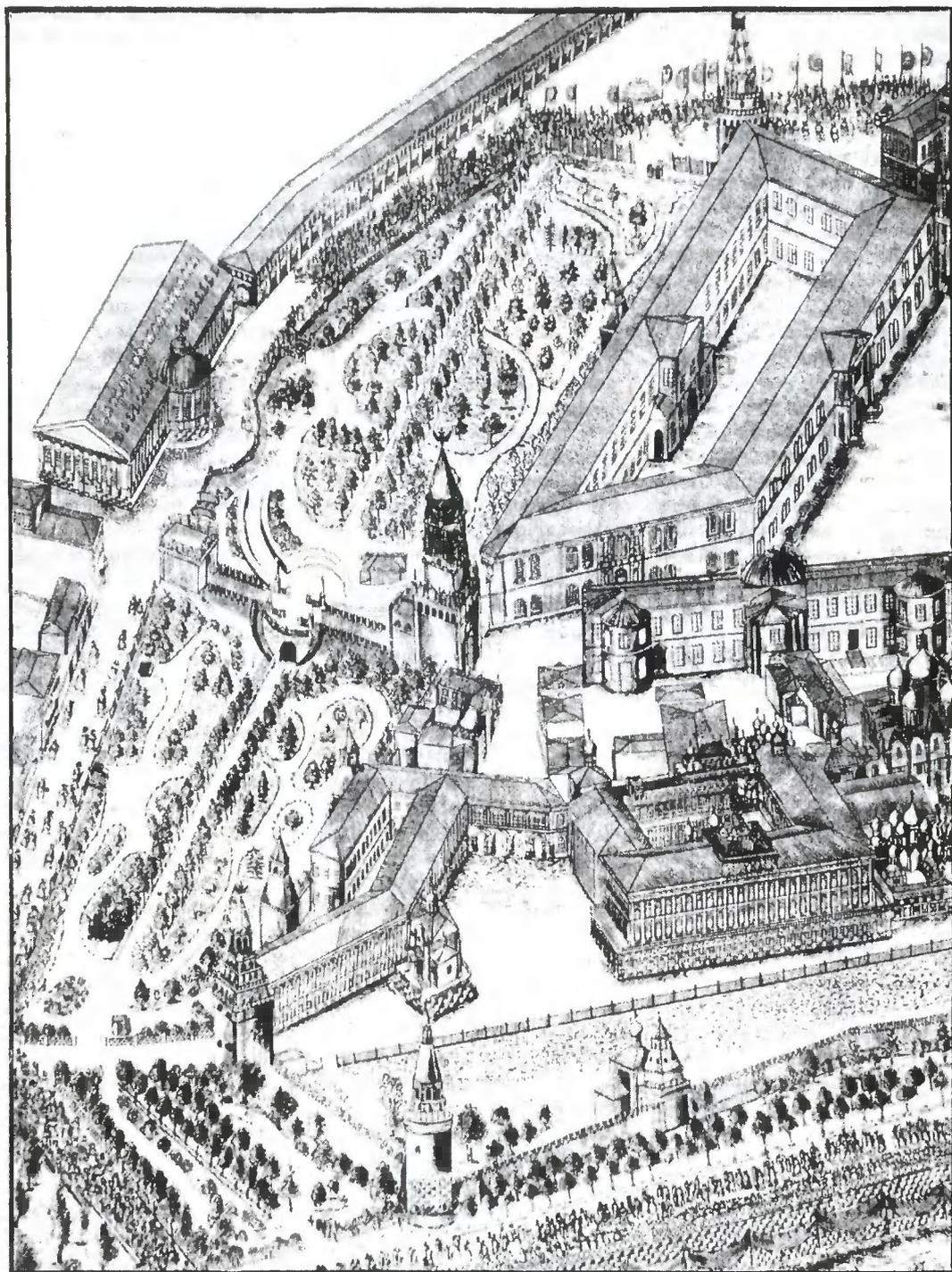
сался нападения шведов на древнюю столицу. После окончания войны надобность в бастионах отпала, но укрепления, постепенно разрушаясь, просуществовали до 20-х годов XIX в. А между тем Россия медленно, но верно вступала в век Просвещения, и это не могло не отразиться на облике Москвы.

Нельзя сказать, что для москвичей до XVIII в. было нехарактерно тяготение к природе, но в городской усадьбе сад был скорее элементом натурального хозяйства, садом-огородом. Именно в XVIII в. Москву начинает отличать обилие частных садов в сочетании с городской застройкой. Помимо небольших садиков, все чаще сопутствовавших городскому жилищу, в Москве культивировались гигантские усадебные сады и парки, куда лишь изредка допускалась публика.

Как заметил выдающийся современный исследователь В. Н. Топоров, в Москве XVIII—XIX вв. сад — это мощный фон, та живописная основа, на которой воспринималась застройка. На его взгляд, постепенно сады — «стихия Москвы» — занимают все большее место как в городском пространстве, так и в сознании обитателей. Доля «эстетического» возрастает, сад становится сре-

достением культуры и природы, элементом духовной сферы. Садово-парковое творчество было пронизано стремлением преподать человеку образец поведения, в результате парковое искусство становилось «пейзажной проповедью».

Известно, что «растение и садовник» — навязчивая тема века Просвещения. Очевидна связь: садоводство и культивирование качества своего «я». Отметим родство этой ассоциации с педагогическими теориями времени. Пример того, насколько буквально пытались воспитатели юношества следовать такому родству при устройстве садов, — сохранившиеся планы загородного филиала Московского Воспитательного дома. Проект конца XVIII в. предусматривал разделение не только жилых помещений, но и садов для прогулок мальчиков и девочек. При этом «сад для воспитанников» представлял собой регулярный тип, строго симметричный в плане, с четким перекрестием дорожек и соразмерными газонами. «Сад для воспитанниц», напротив, был абсолютно лишен симметрии, прихотливые изгибы дорожек среди островков зелени заканчивались уютными изогнутыми скамьями. Детей и юношество конца XVIII — начала XIX в. наме-



Кремлевский сад. Гравюра 1845 г.

ренно учили «гулять» на природе, как бы «раздвигая» для них пространство. За город (на Воробьевы горы, к Петровскому дворцу) совершались групповые летние прогулки, обязательные для воспитанников Московского университета, из числа тех, что не разъезжались на каникулы.

Но вот в Москву вошел Наполеон. В пожарах город потерял три четверти своих построек, потребовались гигантские усилия по его возрождению. Уже в 1816 г. специально созданная комиссия представила на высочайшее рассмотрение новый план переустройства Москвы. Разумеется, прежде всего постановили восстанавливать жилье, но думали и об озеленении города! Примечательно, что на месте бывшего Земляного вала предписывали оставить пространство, «дабы со временем весь проезд вокруг Земляного города с обеих сторон был между садами». Так было положено начало Садовому кольцу. Восстановили пострадавший при пожаре Тверской бульвар — на тот момент единственное место, специально устроенное для публичных гуляний. (Традиционно народные праздничные гуляния проводились также у стен монастырей.)

Важно подчеркнуть особое внимание устроителей к созданию в столице публичного сада у стен Кремля. Общедоступные сады появляются в начале XIX в. и в других городах (губернаторские сады в Минске, Баку, при курортах Кисловодска, Грузуфа). Главное — возникает понятие «публика», расширяется круг посетителей

публичных мест. Для благоустройства Занеглименья, неказисто и беспорядочно застроенного еще до пожара, было решено заключить реку Неглинную в подземную трубу. С экологией и в те времена возникали проблемы: известно, что к концу XVIII в. эта речка превратилась буквально в сточную канаву для мясных рядов и харчевен, располагавшихся на берегу. Жизнь рядом с рекой, по мнению обер-коменданта Кремля, могла «вызвать вредительную болезнь». Упрятать Неглинку под землю удалось лишь к 1819 г. Работами руководил Осип Иванович Бове, который вообще курировал тогда архитектурную сторону всей застройки Москвы. Земля скрытых петровских бастионов пригодилась при выравнивании рельефа окружающего Кремль пространства. Так возникли площади: Воскресенская и Петровская (ныне Театральная).

Наконец приступили к разбивке Александровского сада: его территория была поделена на три части, которые «сдавались» поэтапно. От Воскресенской площади до Троицкой башни тянулся Верхний, самый парадный сад, открытый в 1821 г. Позднее, в 1822 г., появился Средний, самый глубокий (до Боровицкой башни), и, наконец, Нижний, простиравшийся далее до набережной, — в 1823-м. Границами садов служили мосты. Под Троицким мостом устроили арочный проход: полукруглые белокаменные пандусы спускались с моста в Верхний сад, в Средний вели красивые металлические лестницы.

Итак, вернемся в 1821-й

год. Торжественное открытие Верхнего сада 30 августа, в день тезоименитства императора Александра, стало большим событием в жизни послепожарной Москвы. По этому поводу в журнале «Отечественные записки» писали, что «по Высочайшей воле» и под надзором «Комиссии для строений» в Москве открыто гулянье между Воскресенских и Троицких ворот. Взорам восхищенной публики открылся первый публичный сад столицы.

Главный вход был устроен с Воскресенской площади. Там установили высокую величественную чугунную ограду с золочеными бронзовыми украшениями (проект Е.Паскаля). По бокам центральных ворот стояло по две пары массивных колонн. Военная символика в оформлении сада должна была напоминать о победоносном завершении Отечественной войны 1812 г. и прославлять Александра: «На четырех столбах у ворот поставлены одноглавые орлы, а на прочих позлащенные секиры». Заметим, что в оформлении ограды не случайно присутствовали имперские атрибуты — столбы в виде ликторских связок — это напоминание о победоносных походах времен Римской империи. (Ликторы — почетные древнеримские стражи при высших должностных лицах; в руке им положено держать связку прутьев, во время военного похода — секиру.) Аналогичные ворота находились на другом конце сада до 1872 г. Сбоку, по оси Большой Никитской в сад вели еще одни ворота с массивными пилонами, ориентированные на Арсеналь-

ную башню Кремля (они уничтожены в 1930-х годах). Сквозь низкую решетку, окаймлявшую Александровский сад со стороны Манежа, была хорошо видна зелень. Следует сказать, что нынешняя ограда отлита уже в 1934 г. и упрощенно повторяет старую.

Разумеется, первоначальная планировка сада не сохранилась. В 20-е годы XIX в. она была более пейзажной: лужайки, группы кустов и деревьев, по сторонам главной аллеи — дорожки, усыпанные песком. Вот как описал сад очевидец: «По обеим сторонам главной прямой дороги, обсаженной в четыре ряда липами, расположены в английском вкусе цветники и кустарники. <...> Два большие пандуза <...> обсажены цветами, а в приличных местах поставлены по парапету вазы и статуи. <...> Деревья, еще не разросшиеся, не препятствуют одним взглядом объять все излучистые дорожки, по коим толпятся гуляющие»¹.

Упомянутый «английский» стиль в устройстве парков пришел на смену регулярным «французским» еще в конце XVIII в. «Английские» пейзажные парки стремились как бы подражать природе, в которой нет прямых линий. Но, разумеется, «природность» была весьма условной, продуманной, выстроенной по законам искусства. Парк или сад воспринимался в контексте общекультурных ассоциаций, отражал особое видение мира. И если решетка и ворота Александровского со своей монументальностью несли печать имперской ге-

роики, то эта официозность быстро топилась в «элегическом настрое» самого сада. Впрочем, романтизм был весьма сдержанным — сад как-никак Кремлевский.

Помимо общего руководства, Бове принадлежит авторство некоторых архитектурных украшений сада. Наиболее интересное из них — грот «Руины» (искусственные романтические развалины; мавзолеи вообще были типичной принадлежностью всякого пейзажного парка того времени). Грот является как бы входом в искусственный холм у основания Средней Арсенальной башни. Арка гота выполнена из блоков туфа, чередующихся с кирпичной кладкой; интересно, что туда вкраплены и белокаменные резные детали разобранных после пожара московских зданий. Арку поддерживает колоннада. (Кажется, колоннада призвана создать впечатление того, что древний Кремль покоится на античных развалинах.) Среди остатков первоначального архитектурного оформления, дошедших до нашего времени, сохранилась еще одна романтическая постройка (малопонятное современному посетителю сооружение) — фонтан в виде античного жертвенника.

Бове искал приемы, единые по стилю как для сада, так и для окружавших его классических построек. Ему это вполне удалось. Вот что замечал современник: «По другую сторону за небольшим двором, ограничивающим сад от проезда, виден недавно воздвигнутый колоссальный экзерцицгауз (Манеж, выстроенный к 1818 г. по проекту инженера А.Бетанкура. — И.К.) и длин-

ный ряд обывательских лавок, коих единообразие фасада делает приятную противоположность к разбросанным нерегулярным цветникам»².

В саду звучала музыка: на верхней площадке холма для гуляющих играл оркестр. Пространство сада оказалось заглубленным по отношению к окружающей территории, что само по себе отделяло уютный зеленый мирок от города. (Может быть, поэтому сад под стенами Кремля, оазис в центре города, и сейчас так любим москвичами?)

Неудивительно, что почти за два столетия своего существования Александровский сад претерпел значительные изменения. Позднее, уже в 1913 г. — в честь 300-летия дома Романовых, — здесь появился весьма маловыразительный четырехгранный обелиск серого гранита (проект С.Власьева). По логике событий после октября 1917 г. монумент следовало бы уничтожить. Но в 1918 г. по указанию В.И.Ленина эмблемы и надписи царского времени были убраны, а на передней плоскости были начертаны имена выдающихся революционеров и мыслителей — Маркса, Энгельса, Либкнехта, Лассаля, Кампанеллы, Фурье, Бакунина, Чернышевского и др. Еще позднее обелиск перенесли в глубь сада. У Кремлевской стены, в передней ее части, в 1967 г. был сооружен простой и величественный мемориал — могила Неизвестного солдата, где горит вечный огонь славы защитникам столицы (скульптор Н.Томский, архи-

¹ РГДА. Ф.197. Оп.1. Д.29. Л.21—23об.

² Там же.

текторы Д.Бурдин и В.Климов). Вдоль Кремлевской стены — ряд блоков из красного гранита; под ними хранится земля шести городов-героев.

Александровский сад всегда привлекал москвичей. Однако еще недавно здесь преобладали «гости столицы»: как одна из главных составляющих сад входил в экскурсионные маршруты (наряду с Красной площадью, Царь-пушкой и прочими «символами» Москвы). Дух официозности витал над садом, сакральный характер пространства распространялся и за пределы кремлевских стен. Александровский сад был всегда «вылизан»: идеальные изумрудные газоны, множество цветников из тюльпанов, роз и других цветов от весны до осени. Сейчас роскошные клумбы

современного дизайна сосредоточены в основном у входа на Манежную площадь. Оценка роли нового торгово-развлекательного комплекса на Манежной — особая проблема. На наш взгляд, новые сооружения несколько заглушили голос сада. Да и сама площадь потеряла свое пространство. (А ведь, если не изменяет память, в начале реконструкции речь шла о подземном торговом комплексе, и была надежда на то, что Манежная сохранит свой облик. Ведь эстетическую ценность представляют не только сами здания, но и ритм застройки исторической части города. И этот уникальный ритм, «разреженный» рисунок города отличен от среднего европейского.) Система просторных площадей вокруг Кремля планировалась еще при Екатерине II.

Теперь же с Моховой за лесом фонарных столбиков плохо видны стены Кремля, а от Кремля почти полностью закрыт комплекс классических построек Московского университета. (Бронзовые гуси-лебеди в мозаичных бассейнах, имитирующих Неглинку, были бы уместнее в каком-нибудь пионерлагере, но не у Александровского сада.) Впрочем, нельзя не отметить: комплекс на Манежной притягивает людей. Сюда, к фонтанам и лавочкам, приходят семьями. Стало больше гуляющих и в Александровском саду. Изменился и настрой: в выходные дни можно видеть сидящих и даже лежащих прямо на травке людей. Сад опять обретает свой публичный характер. Может быть, на вершине холма для гуляющих вновь заиграет оркестр?

Над номером работали
Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы
И.М.АНДРЕЕВА
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
Л.А.ПАРШИНА
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

Компьютерный набор
Е.Е.ЖУКОВА

Перевод
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры
В. А. ЕРМОЛАЕВА
Л.М. ФЕДОРОВА

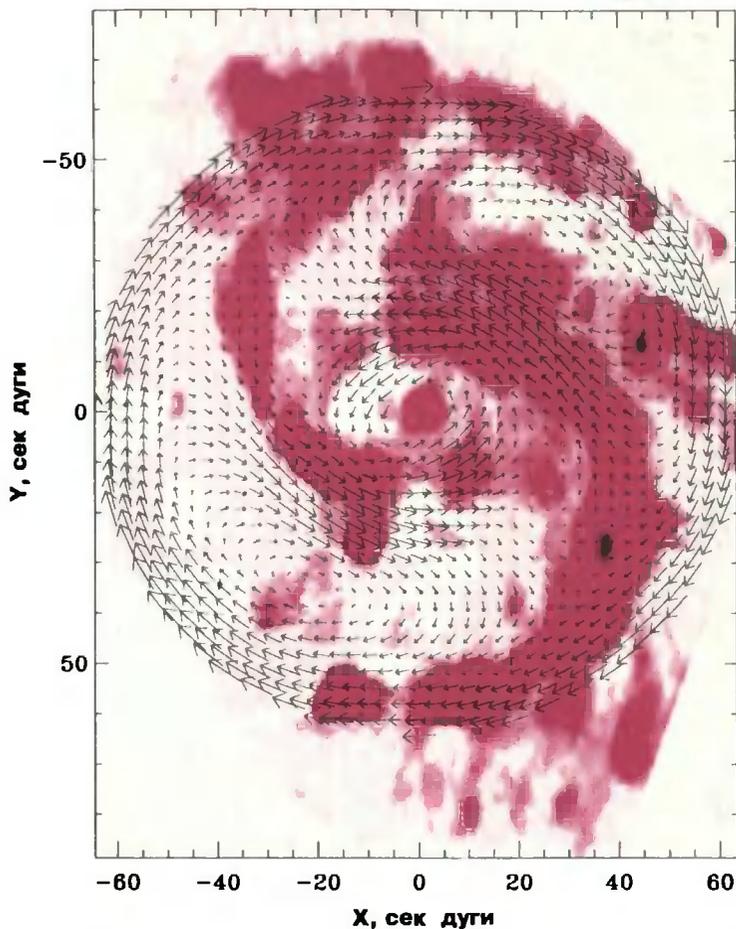
В художественном оформлении
номера принимал участие
М.В.ИВАНОВСКИЙ

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-23-33
Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 15.06.98
Бумага типографская № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 3548

Ордена Трудового Красного
Знамени Чеховский
полиграфический комбинат
Комитета Российской
Федерации по печати
142300, г. Чехов
Московской области
Тел.: (272) 71-336
Факс: (272) 62-536



Недавно в спиральных галактиках были открыты гигантские антициклоны — своеобразный «динамический портрет» галактики. Они указывают на области ее основных резонансов и природу процесса самоорганизации, породившего одновременно и вихри, и спиральные рукава. Почему вихри были открыты по прошествии полутора столетий после обнаружения спиральных рукавов, хотя вместе они составляют единую структуру? Ответ на этот и другие вопросы содержится в предлагаемой статье.

Фридман А. М., Хоружий О. В. ПРЕДСКАЗАНИЕ И ОТКРЫТИЕ ГИГАНТСКИХ ВИХРЕЙ В ГАЛАКТИКАХ



0032 - 873X - Типограф - 1998, № 7 - 28