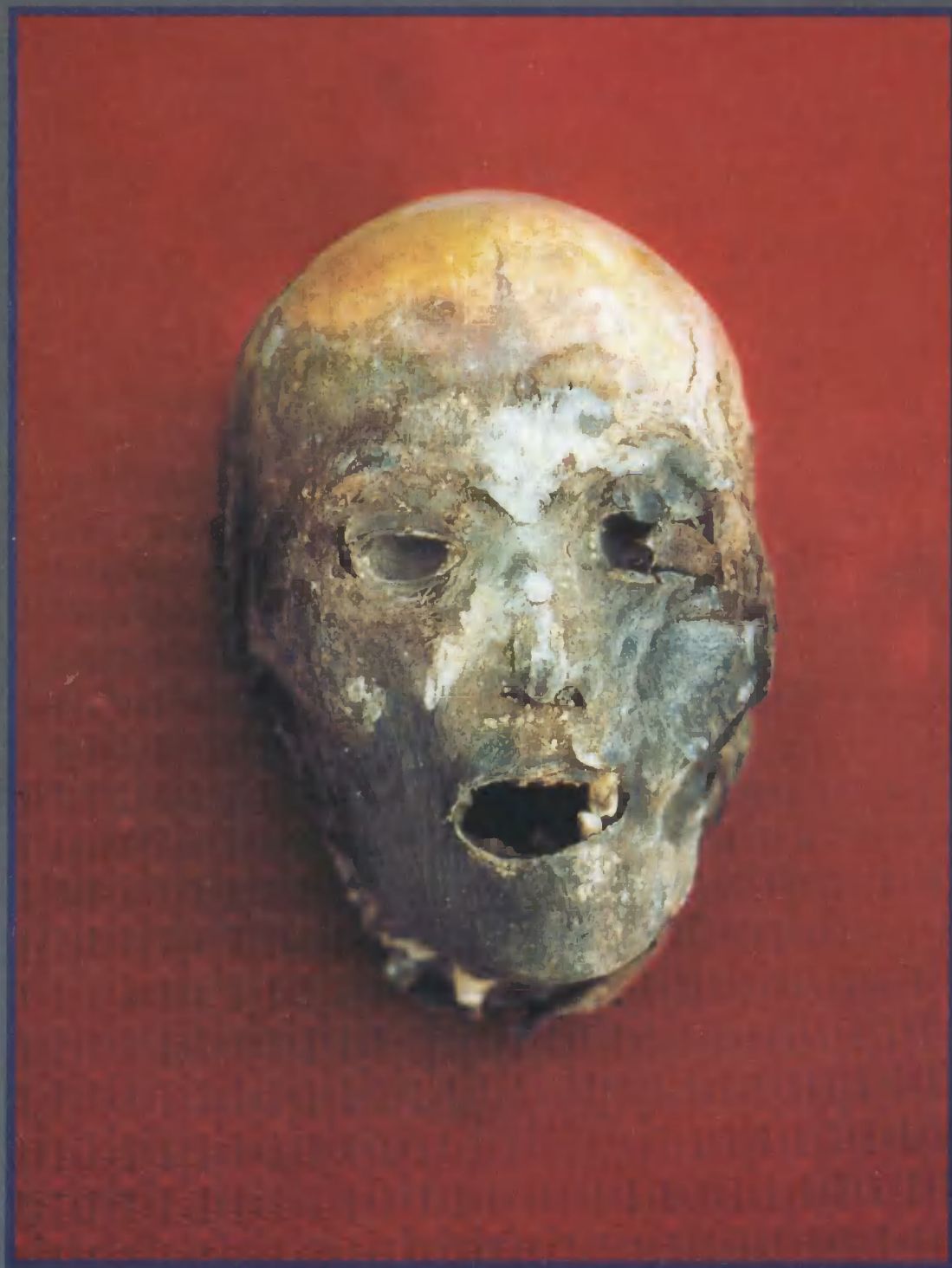


ПРИРОДА

2000 8



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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Голова мумии, обнаруженной в древнем захоронении у с. Жана-Аул в юго-восточной части Алтая.

См. в номере: **Худяков Ю.С., Кочеев В.А.** Мумия из Чатыра.

Фото Ю.С.Худякова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Астрономический (верхний) и календарный циферблаты Пражских часов.

См. в номере: **Кузьмин А.В.** Звездная летопись цивилизации.



В НОМЕРЕ:

3 **Рокозов Ю.В.****«Загробная» жизнь липидов**

Тщательная разработка версии загадочного перемещения жиров водорослей в уголь и нефть привела к созданию новых направлений фундаментальных исследований в геохимии.

9 **Янковский Н.К., Баранова А.В.****Машина об одном колесе**

На пути безудержного деления клеток, приводящего к злокачественной опухоли, стоит целая система генов-супрессоров. Их изучение позволит понять причины возникновения рака и найти эффективные методы борьбы с ним.

16 **Михайлов О.В.****Желатин как матрица в координационной химии**

Богатейшие возможности для синтеза самых разнообразных координационных соединений открывает желатиновая матрица с предварительно закрепленными в ней металлокомплексами. Не менее обширными видятся и области применения таких систем.

25 **Райкова Е.В., Напара Т.О., Ибрагимов А.Ю.****Загадочная паразитическая квидария**

Более века назад в икринках осетровых рыб обнаружен полиподий — паразитический квидарий, над жизненным циклом которого ученые до сих пор ломают голову.

32 **Кузьмин А.В.****Звездная летопись цивилизации**

Цивилизации сменяют одна другую, и человек поднимается все выше по ступенькам познания. Вместе с этим меняется вид карты звездного неба, в образах которой, как в зеркале, отражается мир ее создателей и последующих реформаторов.

Научные сообщения

42 **Гордость европейской астрономии
Водопад астрономической информации (43)**

Вести из экспедиций

44 **Ленин А.Ю., Сагалевич А.М.****Курильщики поля Рейнбоу — район масштабного abiогенного синтеза метана**

Исследования российских океанологов осенью прошлого года на одном из участков гидротермальной активности подводного Срединно-Атлантического хребта подтвердили важную роль abiогенного синтеза метана в океане.

54 **Худяков Ю.С., Кочев В.А.****Мумия из Чатыра**56 **Поланджян Р.С.****Виноделие в древней Армении**

Возвращение

61 **Борисов В.П.****Дмитрий Павлович Рябушинский**

Новости науки

69

№ Ледовитый океан — без льдов? (69). — Частные спутники дополняют государственную метеосеть США (69). — Существует ли десятая планета? (70). — Создается крупнейшая радиоастрономическая обсерватория (70). — Малой планете присвоено имя российского астронома. **Коротцев О.Н.** (71). — На пороге обнаружения нейтринных осцилляций (71). — Сменить пол к новолунью! **Несис К.Н.** (72). — Вестиментиферы кормятся местными бактериями (73). — Погодные аномалии и здоровье (73). — О радиоактивном загрязнении сибирских рек (74). — Метангидраты: наука и экономика (74). — Гигантский кратер в Южной Африке (75). — Техногенные волны Северного моря (75). — Извержение было предсказано точно (76). — Очередное пробуждение вулкана Ясур (76). — Краткосрочные потепления на фоне длительного похолодания (76). — Амфиоды из балтийского янтаря (77). — Пирамиды принадлежат норманнам или иннуитам? (77). Коротко (15, 24).

78 **ПАМЯТИ Н.И.ВОРОНЦОВА****Формозов Н.А.****Масштаб личности****Голубовский М.Д.****Последняя книга (82)**

Новые книги

89

Встречи с забытым

91 **Еремеева А.И.****Метеориты, «камни грома» и Парижская академия наук перед «судом истории»**

CONTENTS:

3 Rokosov Yu.V.

The Afterlife of Lipids

Careful investigation of the scenario involving a mysterious transformation of algal fats into coal and petroleum has given rise to new lines of basic research in geochemistry.

9 Yankovsky N.K. and Baranova A.V.

A One-Wheel Vehicle

There is a whole system of tumor suppressor genes that prevent uncontrollable cell division. Their study will provide clues both to the causes of cancer and to efficient methods for combating it.

16 Mikhailov O.V.

Gelatin as a Matrix in Coordination Chemistry

A gelatin matrix containing metal complexes opens up vast opportunities for synthesizing a wide range of coordination compounds. The possible applications of such systems appear to be no less vast.

25 Raikova E.V., Napara T.O., and Ibragimov A.Yu.

Enigmatic Parasitic Cnidaria

More than half a century ago, sturgeon eggs were found to contain polypodia—a parasitic cnidaria, whose life cycle is still an enigma.

32 Kuzmin A.V.

Star Chronicles of Civilization

Civilizations follow in succession, and humans are climbing higher and higher up the stairs of knowledge. At the same time, the star map of the sky is changing, mirroring the world of its creators and subsequent reformers.

Scientific Communications

42

The Pride of European Astronomy A Cascade of Astronomical Information (43)

News from Expeditions

44 Lein A.Yu. and Sagalevich A.M.

Black Smokers of the Rainbow Field: Large-Scale Abiogenic Methanogenesis

Investigations conducted by Russian oceanologists last fall in one of the hydrothermally active areas of the Mid-Atlantic Ridge confirmed the important role of abiogenic methane production in the ocean.

54 Khudyakov Yu.S. and Kocheev V.A.

A Mummy from Chatyr

56 Palandzhyan R.S.

Viniculture in Ancient Armenia

Comeback

61 Borisov V.P.

Dmitry Pavlovich Ryabushinsky

Science News

69

Nb The Arctic Ocean — Iceless? (69). — Private Satellites Supplementing the U.S. Meteorological Network (69). — Is There a Tenth Planet? (70). — The Largest Radioastronomical Observatory under Construction (70). — A Small Planet Named for a Russian Astronomer. Korotsev O.N. (71). — On the Verge of Detection of Neutrino Oscillations (71). — Change Sex by the New Moon! Nesls K.N. (72). — Vestimentiferans Feeding on Local Bacteria (73). — Weather Anomalies and Health (73). — On the Radioactive Contamination of Siberian Rivers (74). — Methane Hydrates: Science and Economy (74). — A Giant Crater in South Africa (75). — Anthropogenic Waves in the North Sea (75). — The Eruption Was Accurately Predicted (76). — Yasur Volcano Reawakening (76). — Short-Term Warmings within a Long-lasting Cool Period (76). — Amphipods from Baltic Amber (77). — Do Pyramids Belong to the Normans or to the Inuits? (77).
In Brief (15, 24).

78 TO THE MEMORY OF N.N.VORONTSOV

Formozov N.A.

The Scale of His Personality

Golubovsky M.D.

The Last Book (82)

New Books

89

Encounters with the Forgotten

91 Eremeeva A.I.

Meteorites, «Thunder Stones», and the Paris Academy of Science Exposed to the Judgement of History



«Загробная» жизнь липидов водорослевой клетки

*Даже ошибки могут привести к успеху,
иногда к большему, иногда — к меньшему.
Но не все, направляясь в Индию, попадают в Америку.*
Эрих Кестнер

*Если заниматься углями, то не какими-нибудь,
а сапропелитовыми.
Если заниматься нефтью, то не какой-нибудь,
а гидротермальной.*
Н. Кропотина

Ю.В.Рокосов

В статье рассказывается о том, как тщательная разработка версии загадочного перевоплощения жиров водорослей в уголь и нефть привела к созданию и развитию новых направлений фундаментальных исследований в геохимии. Это теоретические и лабораторные исследования природных процессов образования органического вещества сапропелитовых осадочных пород и нефти.

Жизненно важная роль липидов (от греч. λίπος — жир) в клетках связана с их участием в транспорте веществ, регулированием активности ферментов и прочими функциями. Доля липидов в живом веществе относительно невелика, но она заметно возрастает после отмирания организмов, когда другие составляющие клетки — белки и углеводы — разрушаются. В полной мере это относится к водорослевым липидам — основным предшественникам органического вещества (ОВ) некоторых осадочных горных пород, таких как сапропелитовые угли и горючие сланцы, а также породы с рассеянным ОВ липидного типа. Высокомолекулярная фракция этого



Юрий Васильевич Рокосов, кандидат химических наук, научный руководитель лаборатории химии сапропелитовых углей Института угля и углехимии Сибирского отделения РАН (Кемерово). Область научных интересов — геохимия высокомолекулярного органического вещества и гидротермального нефтегазообразования, углехимия.

вещества именуется сапропелитовым керогеном. Согласно современной теории нефтеобразования, основной источник нефти в природе — рассеянное ОВ, так называемая нефтяная разновидность сапропелитового керогена. Концентрированное ОВ — сланцевая или угольная разновидность такого керогена — возможное сырье для производства синтетической нефти.

Итак, в сколько-нибудь значительных масштабах в процессах образования сапропелитового керогена и нефти участвует не все водорослевое вещество, а лишь его липид-

ная часть. Однако представляем ли мы себе природные процессы, лежащие в основе «загробной» жизни липидов водорослевой клетки? Цель нашей работы — создать модель, которая позволила бы удовлетворительно описать пути превращения водорослевых липидов, приводящие к образованию сапропелитовых углей и нефти.

Современная методология познания сущности сложных природных явлений разработана школой академика Д.С.Коржинского для изучения процессов минералообразования. Основные этапы ее

© Ю.В.Рокосов



Рис.1. Схема физико-химического моделирования природных процессов (Жариков В.А., 1976, с дополнениями).

реализации (рис.1) определил В.А.Жариков¹. Первое, с чем мы столкнулись при адаптации этой методологии к нашим задачам, — необходимость определить главные эмпирические закономерности (этап I на рис.1), характеризующие процессы преобразования липидов после отмирания водорослевой клетки. Мы представили себе это так.

Мономерные элементы липидов, изначально имеющие преимущественно нормальное строение, сшиваются поперечными связями — очевидно, в результате каких-то конкретных химических реакций. Последующие изменения липидов сопровождаются, с одной стороны, образованием дополнительных связей-сшивок, а с другой — расщеплением этих и других связей и превращением получившихся полимеров в нефтяные продукты.

Неслучайные связи липидов

Классические модели полимерных липидных структур в качестве поперечных связей представляют следующие структурные звенья²: полиме-

²Tegelaar E.W., Leeuw J.W.de, Derenne S., Largeau C. // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1989. V.53. P.3103—3106.

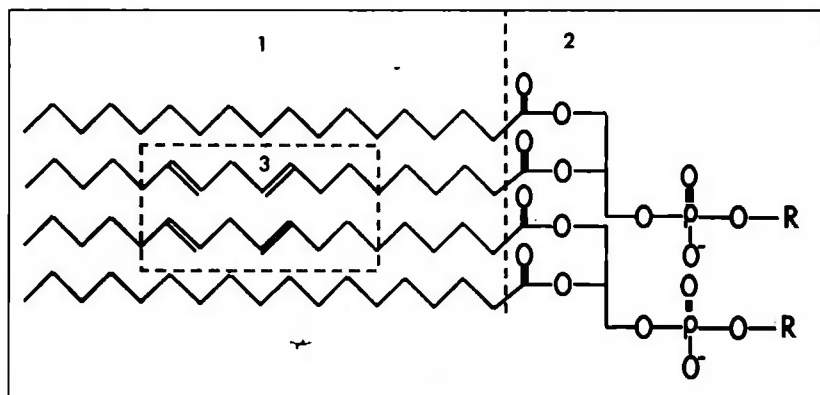


Рис.2. Структуры распространенных липидных компонентов водорослей: 1 — гидрофобная, 2 — гидрофильная; 3 — фрагменты, несущие полимеризационно-способные ненасыщенные группы ($-\text{CH}=\text{CH}-$); R — остаток аминокислоты.

тиленовые, кислородные (кетонные, простые и сложноэфирные) и сульфидные (моно- и дисульфидные) мостики. Согласно современной геохимической концепции селективного сохранения биомакромолекул, основными составляющими сапропелитового керогена признаются альгенаны (от англ. algae — водоросли) — устойчивые, негидролизующиеся макромолекулы, присутствующие во внешних оболочках живых водорослевых клеток и селективно сохраняющиеся в процессе диагенеза³. Мостиковые связи в альгенанах представляются в основном как кислородные, а их устойчивость к гидролизу объясняется стерическими факторами.

Самым слабым местом в концепции селективного сохранения альгенанов нам показалось отсутствие анализа предпосылок, свидетельствующих о возможности поперечного сшивания полиметиленовых цепочек биополимеров посредством углерод—углеродных связей. Тогда мы и приступили к разработке концепции обра-

³Диагенез — биологические, физические и химические изменения осадочного вещества и заключенных в нем органических остатков без заметного воздействия повышенных температур.

¹Жариков В.А. Основы физико-химической петрологии. М., 1976.

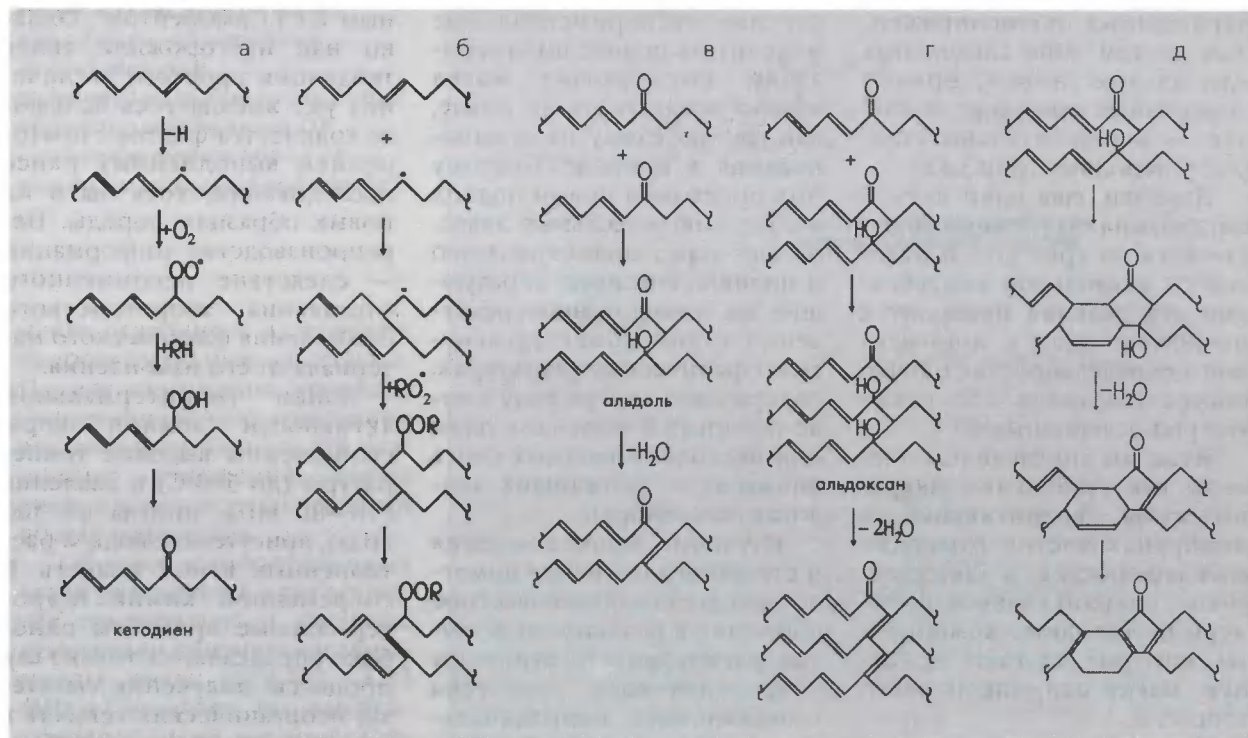


Рис.3. Схема образования стабильных макромолекул из липидных компонентов отмирающих водорослей: окисление (а), свободнорадикальная полимеризация (б), альдольная конденсация (в,г), циклизация по реакции Дильса–Альдера (д).

зования таких связей в альгенонах⁴.

Наиболее распространенные липидные компоненты клеточных мембран водорослей — фосфолипиды. Структуры типичных представителей этого класса биополимеров показаны на рис.2. Мы задали себе вопрос: ненасыщенность липидных компонентов — не та ли переменная, которая во многом определяет генезис полимерных липидов и, значит, сапропелитового керогена? Так как ответ напрашивался положительный, то необходимо было рассмотреть в качестве полимеризующихся фрагментов части гидрофоб-

ных алкильных цепей, содержащие непредельные группы.

Не секрет, что процесс отмирания клетки непременно включает перекисное окисление липидов биологических мембран. В клеточных биомембранах или в их близком окружении содержатся ненасыщенные соединения и катализаторы перекисного окисления, в состав которых входят ионы металлов переменной валентности. В живущей клетке скорость перекисного окисления ограничена структурным фактором и природными антиоксидантами. Нарушение молекулярной организации и разрушение антиоксидантов приводят к усилению такой реакции.

Была построена (этап II на рис.1) модельная схема образования стабильных макромолекул из липидных компонентов, подвергшихся перекисно-

му окислению уже на стадии отмирания водорослевых клеток (рис.3).

Согласно теории, первый продукт окисления большинства органических веществ — перекиси. Они легко претерпевают различные превращения, приводящие к разрыву связи O-O и образованию устойчивых соединений (рис.3,а).

Реакционноспособные фрагменты в окисляющихся липидах представлены прежде всего радикалами, поэтому неизбежна меж- и внутримолекулярная полимеризация по свободнорадикальному механизму (рис.3,б). В этом случае образуются углерод-углеродные, перекисные и простые эфирные поперечные связи.

Кетодиеновые группировки в молекулах липидов должны конденсироваться с образованием в конечном счете

⁴Rokosov Yu.V., Bodoev N.V., Sidel'nikov V.N. Hydrothermal decomposition chemistry of sapropelitic (algal) coals: A concept of carbon-to-carbon crosslinked structures in algaenan // In Proc. 8th Intern. Conf. on Coal Science. Elsevier, Amsterdam, 1995. VI. P83—86.

окрашенных полисопряженных систем типа альдольных или альдоксановых, причем поперечные связи в этом случае — исключительно углерод-углеродные (рис.3,в,г).

Наконец, еще один путь — циклизация по реакции Дильса—Альдера (рис.3,д). В отличие от альдольной конденсации эта реакция приводит к макромолекулам с пониженной неопределенностью, однако поперечные связи здесь также углерод-углеродные.

Итак, мы определили альгенаны как стабильные макромолекулы, возникающие в мембранах клеток отмирающих водорослей, и как селективно сохраняющиеся полимерные липидные компоненты, которые составляют основную массу сапропелитового керогена.

В нашей модели в формировании мостиковых структур ключевую роль играют реакции перекисного окисления липидов в мембранах водорослевых клеток. Результирующий тип связей в альгенанах зависит от доминирующего механизма полиреакций. В случае меж- и внутримолекулярной полимеризации по радикальному механизму образуются три типа поперечных связей — перекисные, простые эфирные и углерод-углеродные. Реакции же альдольной конденсации и циклизации по Дильсу—Альдеру приводят лишь к углерод-углеродным связям.

Кроме того, следует учесть, что по аналогии с закономерностями отверждения высыхающих масел (например, льняного) тип поперечных связей керогеновых полимеров со временем должен изменяться от -О-О- и -О- к непосредственным С-С-связям⁶.

Экспериментальное моделирование альгенанов (рис.1,

частные экспериментальные модели) на основе полимеризации высыхающих масел можно представить не иначе, как грубую схему их возникновения в природе. Поэтому был предложен новый подход к созданию модельных альгенанов⁶ через полимеризацию и поликонденсацию образующих их липидов непосредственно в липосомах (замкнутых сферических структурах, содержащих внутри воду в виде пузырька и имеющих один или несколько двойных слоев липидов) — ближайших аналогов биомембран.

Изучение происхождения и строения альгенанов помогло преодолеть общеизвестное сомнение в реальности попыток расшифровать структуру сапропелитового керогена (восстановить первоначальное керогеновое яйцо из яичницы-болтуньи). Мы определили химию альгенанов как новое направление науки «о строении, свойствах и происхождении стабильных макромолекул, которые образуются из липидных компонентов клеточных мембран отмирающих водорослей, селективно сохраняются в процессе диagenеза и составляют основную массу керогена сапропелитовых углеродистых пород»⁷.

Липиды в экстремальной водной обстановке

Как же изменится полимер-липидная модель сапропелитового керогена в условиях образования природной нефти?

Природные гидротермальные процессы способствуют геологически мгновенному образованию нефтеподобных веществ — нафтоидов. Исследования по этой проблеме обобщены американским уче-

ным Б.Р.Т.Симонейтом⁸. Однако нас насторожила явная тенденция простого увеличения уже имеющегося большого количества фактов с повторением выполненных ранее исследований, хотя бы и на новых образцах породы. Перепроизводство информации — следствие несомненного отставания теоретического осмысления фактического материала от его накопления.

Зонам гидротермальной активности земной коры свойственны высокие температуры (до 500°C) и давления (10–80 МПа, иногда до 300 МПа), присутствие воды и растворенных в ней веществ. В современной химии гидротермальные процессы однобоко определяются только как процессы получения (синтеза) неорганических веществ в условиях, типичных для образования минералов в недрах Земли. Мы переопределили гидротермальную деятельность по отношению к основным типам химических превращений — синтезу и разложению. Оказалось, что гидротермальный процесс разложения преимущественно связан с превращениями органических веществ — природных многокомпонентных полимерных систем (или их высокомолекулярных моделей, используемых для изучения таких превращений).

Удивительно, но и в геохимических исследованиях преобразования углеродистых осадочных пород всегда игнорировался факт протекания в первую очередь реакций гидротермального разложения органического вещества. Все внимание концентрировалось на продуктах многочисленных вторичных и побочных реакций, происходящих в результате водного пиролиза (изме-

⁶Рокосов Ю.В., Бодоев Н.В., Сидельников В.Н., Рокосова Н.Н. // *Геохимия*. 1996. №4. С.345–356.

⁶Рокосов Ю.В. // Там же. 1996. №12. С.1245–1248.

⁷Рокосов Ю.В. // *Нефтехимия*. 1997. №1. С.17–22.

⁸Симонейт Б.Р.Т. *Органическая геохимия водных систем при высоких температурах и повышенных давлениях: гидротермальная нефть* // Основные направления геохимии. М., 1995. С.236–259.

Рис.4. Схема превращения липидных структурных элементов при гидротермальном разложении высокомолекулярного ОВ сапропелитовых пород (R — остаток глицерофосфатида).

нения осадочного материала в гидротермальных системах). Но для понимания процесса гидротермального изменения высокомолекулярного ОВ осадочных отложений важно знать именно первоначальный состав нафтоидов.

Образцы сапропелитовых углей разлагались в автоклаве, где температура и давление превышали критические параметры воды (374.4°C , 22.2 МПа). Оказалось, что высокотемпературный водно-щелочной гидролиз сапропелитовых углей дает высокий выход алифатических карбоновых кислот и кетонов (до 60% в расчете на исходный уголь)⁹. В то же время общепринятые теоретические представления о высокомолекулярных структурах сапропелитового керогена не дали удовлетворительного объяснения полученным результатам¹⁰.

Другое дело — концепция образования мостиковых углерод-углеродных связей в альгенах. Исследование построенной нами модели (этап III на рис.1) проводилось путем прогнозирования структурных особенностей продуктов гидротермального разложения синтетического и природного керогена (рис.4). При моделировании гидротермального нефтеобразования применялся оксин, полученный из натуральной льняной олифы. В качестве природной

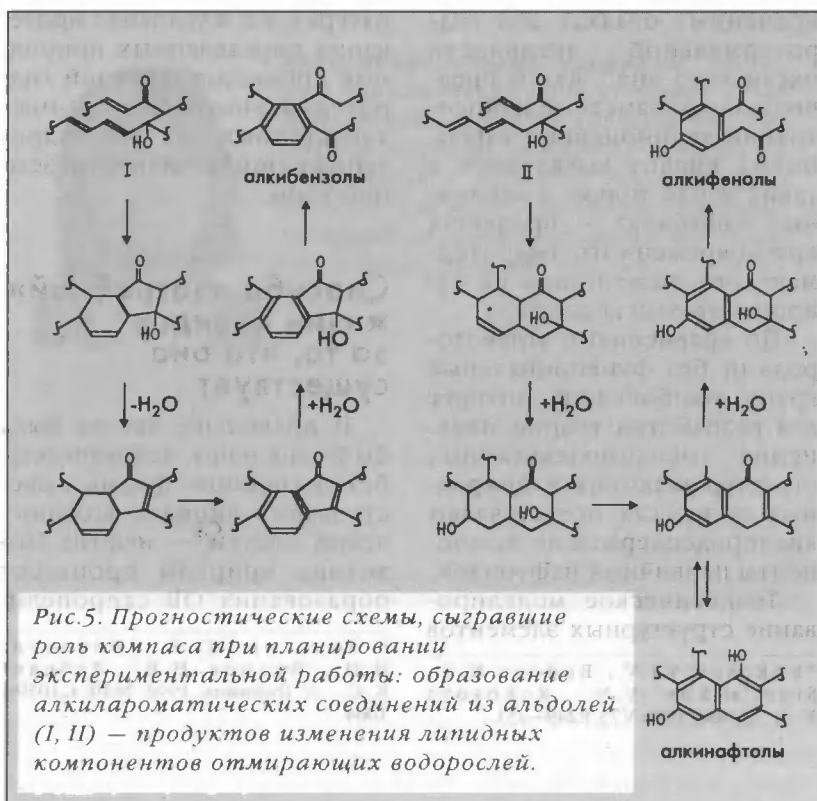
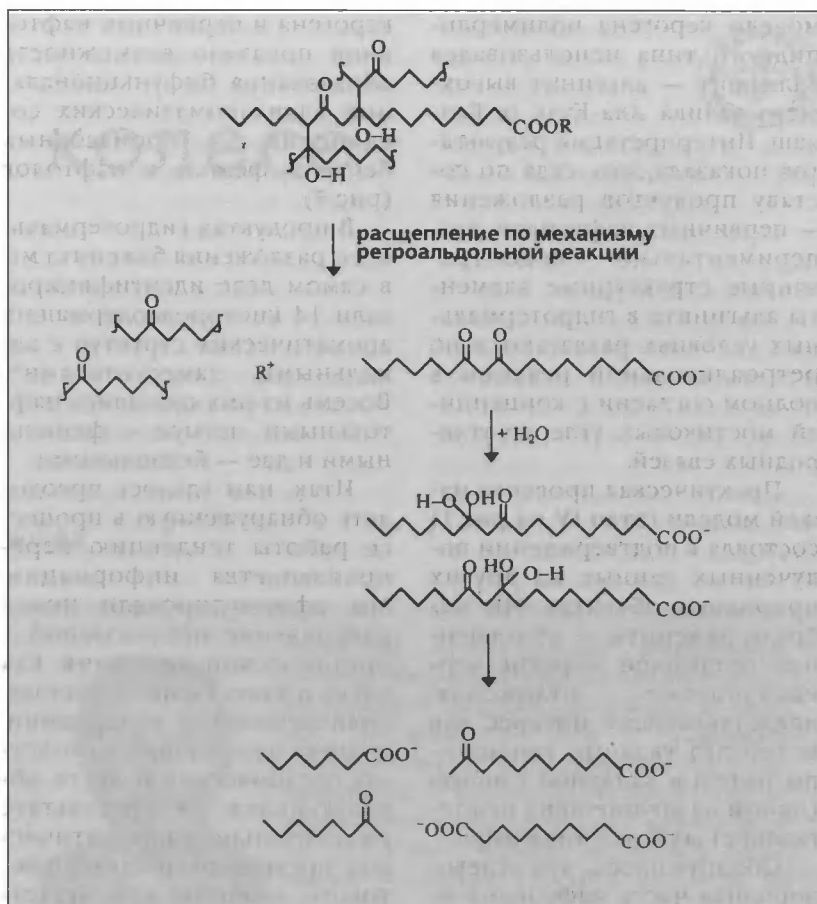


Рис.5. Прогностические схемы, сыгравшие роль компаса при планировании экспериментальной работы: образование алкилароматических соединений из альдегидов (I, II) — продуктов изменения липидных компонентов отмирающих водорослей.

⁹Rokosov Yu.V., Bodoev N.V., Sidel'nikov V.N. // Fuel. 1992. V.71. P.1161—1168.

¹⁰Bodoev N.V., Rokosov Yu.V., Koryug V.A. // Ibid. 1990. V.69. P.216—220.

модели керогена полимерлипидного типа использовался балхашит — альгинит высохшего залива Ала-Куль оз.Балхаш. Интерпретация результатов показала, что, судя по составу продуктов разложения — первичных нафтоидов, экспериментально смоделированные структурные элементы альгинита в гидротермальных условиях разлагаются по ретроальдольной реакции в полном согласии с концепцией мостиковых углерод-углеродных связей.

Практическая проверка нашей модели (этап IV на рис.1) состояла в подтверждении полученных данных на других природных объектах. Мы выбрали бажениты — обогащенные органикой морские черносланцевые отложения, представляющие интерес как возможно главные генераторы нефти в Западной Сибири (одном из крупнейших нефтегазоносных бассейнов мира).

Обнаружилось, что углеводородная часть нафтоидов из баженита такая же как и в современных осадках зон гидротермальной активности океанского дна¹¹. Как и предполагалось, заметные концентрации длинноцепных карбоновых кислот выявляются в таких зонах только в первичных нафтоидах — продуктах кратковременного гидротермального воздействия на сапропелитовый кероген.

По сравнению с углеводородами без функциональных групп наибольший интерес для разработки теории изменения высокомолекулярных структур керогена в природных процессах представляют кислородсодержащие компоненты первичных нафтоидов.

Теоретическое моделирование структурных элементов

керогена и первичных нафтоидов показало возможность образования бифункциональных алкилароматических соединений — производных бензола, фенола и нафтолов (рис.5).

В продуктах гидротермального разложения баженита мы в самом деле идентифицировали 14 кислородсодержащих ароматических структур с алкильными заместителями¹². Восемь из них оказались нафтольными, четыре — фенольными и две — бензольными.

Итак, нам удалось преодолеть обнаруженную в процессе работы тенденцию переизводства информации. Мы сформулировали новое направление исследований в органической геохимии как науку о качественном составе, количественном содержании, формах нахождения и свойствах органических веществ, образующихся в результате окислительно-гидролитических превращений сапропелитового керогена в присутствии воды при высоких температурах, т.е. в условиях протекания определенных природных процессов (реакций гидротермального разложения), характерных для зон гидротермальной активности земной коры.

Спасибо «загробной» жизни липидов за то, что она существует

И правильно: какова была бы жизнь наша, человеческая, без «загробной» формы существования липидов водорослевой клетки — нефти? Понимание природы процессов образования ОВ сапропели-

товых пород и его изменений в недрах Земли — одна из самых важных проблем современной органической геохимии. Для ее решения большое значение имеет развитие новых направлений фундаментальных исследований — химии альгенанов и химии гидротермального разложения сапропелитовых углеродистых пород — и формирование на их основе исследовательской школы¹³, под которой понимается «не одна локальная группа, а совокупность отдельных групп, пусть даже разделенных географически, но работающих по согласованной программе, связанных друг с другом общностью целей и постоянным обменом информацией»¹⁴.

Резюмируя изложенный материал, следует подчеркнуть, что системно-структурное моделирование позволяет четко проследить уникальную роль липидов в образовании сапропелитовых осадочных пород и первичной гидротермальной нефти. Мы только-только начинаем разбираться в том, как липиды сохраняют себя после отмирания водорослевой клетки. Но уже сейчас можно сказать, что их «загробная» жизнь оказывается не менее интересной, чем земная. Кто знает, возможно, полимерлипиды сыграют такую же роль в развитии геохимии высокомолекулярного ОВ, как «кальцит в кристаллографии, лягушка в физиологии и бензол в органической химии». Впрочем, мы-то уже знаем это почти наверняка! ■

¹¹ Rokosov Yu.V., Bodoev N.V., Sidel'nikov V.N., Rokosova N.N. // Ibid. 1996. V.75. P.249—251.

¹² Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н., Бодоев Н.В., Лебедев К.С. // Геохимия. 1998. №10. С.1059—1064.

¹³ Рокосов Ю.В. Органическая геохимия на пороге XXI века: новые направления исследований и перспективы создания новой научной школы // Науки о Земле на пороге XXI века: новые идеи, подходы, решения. М., 1997. С.159.

¹⁴ Дмитриев И.С. // Вопросы истории естествознания и техники. 1996. №1. С.130—136.

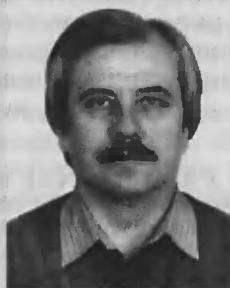


Машина об одном колесе

Н.К.Янковский, А.В.Баранова

Как возникает рак? Спросите любого студента-медика — и он расскажет вам, что иногда в организме появляются клетки, по каким-то причинам «выходящие из-под общего контроля», они разрастаются, образуется опухоль, которая распространяется все шире и шире, давит на соседние ткани, а потому причиняет боль, отбирает питательные вещества и в конце концов дает метастазы, рассеивающиеся по удаленным органам. Картина безрадостная. Однако не следует предаваться преждевременной грусти — клеткам не так-то просто вырваться на свободу.

Существуют специальные механизмы, ограничивающие клеточный рост. Целый ряд генов кодирует белки, препятствующие развитию рака. Такие гены называются супрессорами (подавителями) опухолевого роста, или по старой терминологии — антионкогенами. Для того чтобы клетка взрослого организма «получила мандат на деление», необходимы очень веские причины — к примеру, восстановление поврежденной ткани. Но защитные механизмы подвержены износу.



Николай Казимирович Янковский, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией анализа генома Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН. Область научных интересов — разнообразие структур геномов человека и его связь с видообразованием и этногенезом; причины и механизмы развития болезней человека на уровне генома; ДНК-вакцины против бактериальных инфекций.



Анна Вячеславовна Баранова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Основные научные интересы связаны со структурой и функцией генов человека и генома в целом, с использованием молекулярных методов лечения наследственных и приобретенных болезней.

Под воздействием естественной радиации и реагирующих с ДНК химических веществ или просто с течением времени в генах-супрессорах возникают мутации, нарушающие их нормальную работу.

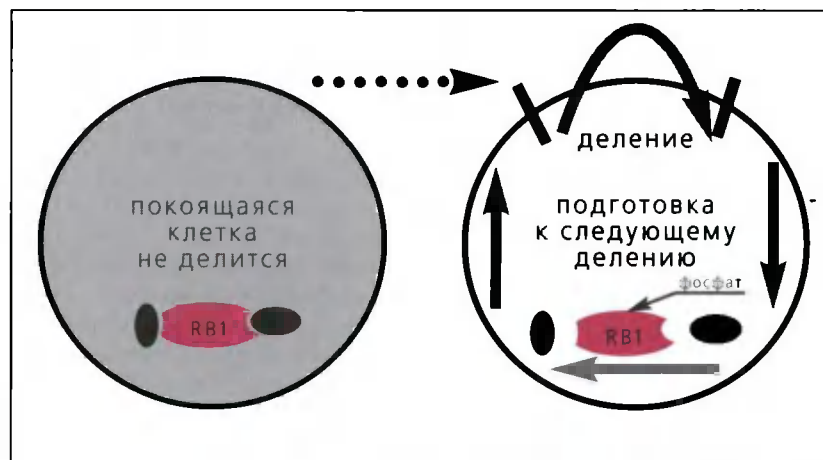
У каждого человека (как, впрочем, и у каждой мыши, кузнечика и червяка) имеется двойной набор генов, полученный от матери и отца. Для того чтобы клетка вышла из-под контроля и начала безостановочно делиться, необходимы два независимых мутационных события в обеих копиях гена-супрессора. Вероятность такого несчастливого совпадения достаточно мала. Однако случается, что ребенок получает в наследство один из аллелей уже испорченным. Тогда для развития опухоли достаточно одного удара — и защитные механизмы будут сокрушены. Приблизительно в одном проценте случаев (а это не так уж мало, как кажется на первый взгляд)

злокачественная опухоль, а точнее предрасположенность к ее возникновению, наследуется. Изучение ДНК пациентов с такими синдромами предрасположенности к определенным видам злокачественных опухолей помогает разобраться, почему возникает рак, как функционируют супрессоры опухолевого роста и какие методы борьбы с раком наиболее перспективны¹.

Рассмотрим действие гена-супрессора опухолевого роста на примере хорошо изученного онкологического заболевания ретинобластомы — детской опухоли, развивающейся на глазной сетчатке и достаточно легко поддающейся лечению. Ретинобластома возникает в результате мутации обеих копий гена-супрессора Rb1 (от англ. retinoblastoma). Даже при наличии двух мута-

ций вероятность развития опухоли составляет 90%, а 10% носителей поврежденных генов остаются совершенно здоровыми — считается, что их защищают какие-то невыясненные факторы среды. Кроме семейных случаев, когда один мутантный аллель получен от кого-то из родителей, а второй испортился «по ходу дела», описаны и редкие ненаследственные, при которых обе мутации появились независимо одна от другой в течение жизни пациента. Однако для потомков человека, перенесшего ретинобластому, вероятность развития этого заболевания гораздо выше, чем средняя величина риска в человеческой популяции. Более того, у наследников из «ретинобластомных» семей нередко поражаются оба глаза, и каждая опухоль развивается независимо в течение жизни.

Как же неповрежденный ретинобластомный ген сдерживает возникновение опухоли? Он кодирует белок RB1, присутствующий в каждой клетке на протяжении всего клеточного цикла — и во время деления, и во время подготовки к нему. Клеточный цикл — это нормальный образ жизни клетки, от деления к делению. Однажды разогнавшись, колесо клеточного деления катится, умножая количество клеток в геометрической прогрессии. Однако лишь малая часть клеток нашего организма — так называемые стволовые клетки крови, да клетки нижнего слоя постоянно отшелушивающегося эпидермиса — делится непрерывно. Большинство клеток спокойно сидит на своих местах и исправно функционирует. Происходит это потому, что небольшие белки, отвечающие за переход клетки к делению, надежно скреплены со сторожевым белком RB1. Если организму понадобится, что-



Событие клеточной жизни. В каждой клетке присутствует белок RB1, который регулирует клеточное деление. Когда клетка находится в покое, RB1 надежно связан с небольшими белками. Если эти белки освобождаются в результате присоединения к RB1 нескольких фосфатных групп, клетка начинает делиться.

бы данная клетка перешла от покоя к делению, RB1 получит сигнал (присоединение к белку RB1 нескольких остатков фосфорной кислоты) к высвобождению связанных с ним белков, а они в свою очередь запустят деление клетки. Похоже на пружину механических часов, прижатую стопором. Стопор отпущен — пружина начинает раскручиваться. RB1 всегда наготове: как только процесс деления закончится, этот белок опять возьмет ситуацию под контроль, и клетка перейдет в состояние покоя.

Что же произойдет, если RB1 по тем или иным причинам выйдет из строя? Ответ понятен. Ничем не сдерживаемые белки, ответственные за деление, разгонят клетку на постоянное и быстрое удваивание, масса «сумасшедших» клеток будет расти, образует-
ся злокачественная опухоль.

К настоящему времени известно около 20 генов, ответственных за торможение деления клетки на различных его этапах и в разных тканях. Эти гены называют «хранителями клеточного цикла». Повреждение каждого из таких генов-супрессоров приводит к развитию конкретных разновидностей рака, а также к соответствующему наследственному синдрому предрасположенности к этим типам опухолей.

Однако не все так просто. В соответствии с принятой в настоящее время теорией, формирование злокачественной опухоли является кульминацией достаточно длительного, многошагового процесса. Опухоль не сразу становится агрессивной, заболевание развивается постепенно. Сначала безобидный полип на стенке кишечника; затем небольшая опухоль, окруженная капсулой и ничем не беспокоящая своего хозяина; потом — легкое недомогание и последующая диагностика заболе-

вания; несколько курсов лечения, в результате которых опухоль то отступает, то разрастается снова; наконец, метастазы, устойчивые к действию лекарственных препаратов.

Нередко для полного развития опухоли требуется шесть и более независимых мутационных событий, нарушающих функцию различных клеточных генов-супрессоров. Исходя из достаточно низкой частоты мутаций в соматических клетках, трудно представить, что так много мутантных генов может возникнуть у представителей одной и той же клеточной линии за время человеческой жизни. Образование опухоли значительно облегчается, если ДНК предзлокачественных клеток по тем или иным причинам становятся в большей степени подверженными мутациям, чем ДНК нормальных клеток. Однажды закрепившийся ускоренный мутагенез подстегивает пошаговое развитие опухоли.

Существуют также гены, снижающие скорость появления мутаций (их называют генами «общего контроля»). Делают они это по-разному: одни исправляют уже возникшие ошибки, ремонтируя поврежденные участки ДНК, другие участвуют в организации контрольной проверки ДНК перед новым делением. Если ДНК клетки повреждена, эти гены выполняют функцию «санитаров леса», выбраковывая клетку, несущую мутантные гены. Когда ДНК клетки повреждена столь сильно, что надежды на качественную починку уже не осталось, белок, кодируемый геном p53, запускает внутриклеточный каскад реакций, приводящий к добровольной клеточной смерти — апоптозу. Дефектная клетка совершает самоубийство, переваривая саму себя. Тысячи клеток нашего организма подвержены апоптозу каждый день — но мы не чувствуем этого, потому

что поврежденные клетки исчезают незаметно, безо всяких признаков воспаления. Тем самым организм защищается от возможного развития опухоли, состоящей из потомков дефектной клетки.

Нетрудно догадаться, что гены «общего контроля» также служат супрессорами опухолевого роста. Повреждение обеих копий гена «общего контроля» ускоряет закрепление мутаций, а значит, увеличивается их доля, приходящаяся на гены-«хранители клеточного цикла», и в конце концов возникает опухоль.

Из сказанного ясно, что при семейной предрасположенности к некоторым видам рака унаследованная от родителей мутация находится в одной из копий гена «общего контроля». Для инициации опухолевого процесса требуется дополнительная мутация второго аллеля того же гена, а также выключение обоих аллелей какого-либо гена «хранителя клеточного цикла». Следовательно, для развития опухоли в случае семейной предрасположенности такого типа необходимы три независимых мутационных события. Именно поэтому риск появления опухоли для носителей наследственной мутации гена «общего контроля» повышен всего в 5—50 раз, что по крайней мере в 10 раз меньше, чем риск для носителя поврежденного аллеля гена «хранителя клеточного цикла». Ненаследственные опухоли, обусловленные мутациями генов «общего контроля», встречаются крайне редко, поскольку для их образования и развития необходимы четыре независимых мутационных события.

Рассмотрим, к чему приводит нарушение генов «общего контроля» на примере четырех генов, повреждения которых вызывают наследуемый неполипозный рак кишечника. Такой диагноз ставится в 10—15% всех случаев опухо-

лей толстой и прямой кишки. Чаще всего наследуемый неполипозный рак возникает у относительно молодых пациентов. При лабораторном исследовании опухоли одновременно наблюдается множество генетических изменений, затрагивающих и сами кодирующие участки — гены, и некодирующие повторяющиеся области ДНК. Такое явление называют RER-фенотипом. Налицо все признаки ускоренного закрепления мутаций, поскольку система «вылавливания» ошибок дает сбой. Каждый из четырех генов, ответственных за возникновение наследственного неполипозного рака кишечника, необходим для проверки и последующего исправления ошибок при удвоении ДНК во время деления клетки. Один из белков, производимых этими генами, распознает ошибку, другой — вырезает поврежденный участок и т.д. Каждый из генов необходим на своем месте, потеря любого приведет к порче системы, ремонтирующей ДНК.

А может ли опасный в плане развития опухолей RER-фенотип возникнуть сам по себе, без поломки генов, ответственных за устранение ошибок в ДНК? Да, может. Это происходит, к примеру, в тканях, подвергающихся воздействию таких природных канцерогенов, как гидроксид радикал ($\text{OH}^{\cdot}$) и пероксид водорода, которые образуются в ходе нормальных биохимических реакций. RER-фенотип нередко встречается при нераковом остром панкреатите — заболевании поджелудочной железы. В этом случае система исправления ошибок в ДНК не справляется с высоким содержанием вызывающих мутации свободных радикалов, что и приводит к повреждению генов-«хранителей клеточного цикла» и последующему образованию злокачественной опухоли. Так, на фоне нерако-

вого острого панкреатита может развиваться аденокарцинома поджелудочной железы.

Подлинные причины возникновения той или иной разновидности рака изучают во все не в погоне за бесполезной информацией и не ради чисто научного интереса. Знание особенностей работы генов-супрессоров опухолевого роста позволяет искать пути восстановления функции этих генов в опухолевой ткани, а значит, и естественные методы лечения злокачественных заболеваний. Обнадеживающие результаты в этой области уже получены — и не только на искусственно культивируемых клеточных линиях, мышах и крысах, но и в клинике.

Так, уже упоминавшийся ген «общего контроля» p53 тем или иным образом поврежден в 50% всех возникающих у человека опухолей, независимо от их происхождения. Когда этот ген — «защитник последней линии» — сдается, опухоль становится намного агрессивнее, начинается быстрый рост, появляются метастазы. Около восьми лет назад в Андерсоновском центре исследования рака начались работы по созданию искусственных конструкций, предназначенных для доставки в опухолевые клетки рака легких нормальной копии гена p53. Конструкции были сделаны на основе ретро-, а затем и аденовирусов. Однако такие вирусные образования нельзя систематически вводить в кровяное русло, поскольку иммунная система человека распознает их и уничтожит как чужеродное вещество. Другими словами, врачам придется инъецировать лекарство прямо в опухоль, что не позволит бороться с еще не распознанными метастазами. Тем не менее тесты на животных показали, что после таких инъекций опухоль уменьшается в размерах,

она как бы съезживается, а значит, меньше давит на ткани, и зловещие симптомы отступают².

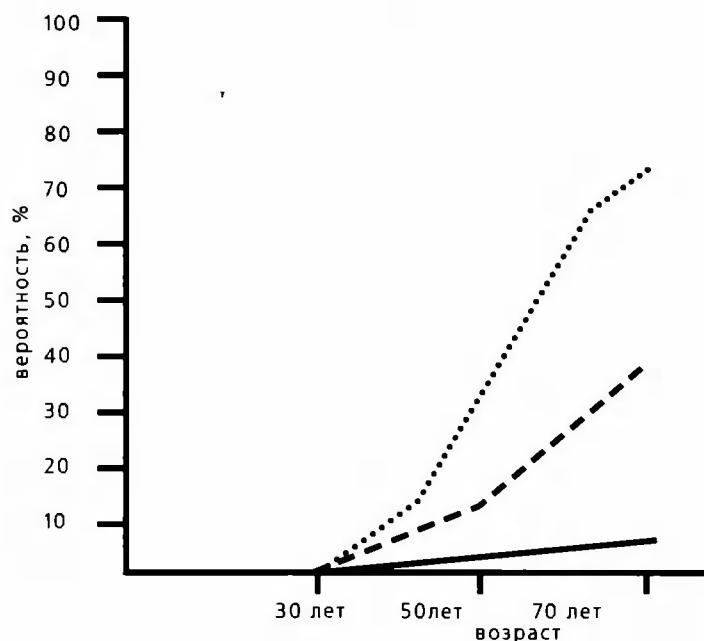
Компания «Интроджин Терапевтикс» использовала эти вирусные конструкции для клинических испытаний на пациентах, больных раком легких, а также чешуйчатоклеточной карциномой головы и шеи. Другая корпорация, «Шеринг-Плау», тоже проводила подобные клинические испытания. Исследователи комментируют результаты весьма сдержанно, хотя достоверно показано, что по крайней мере некоторые из образцов опухолей остановили свой рост или даже сократились в размере. Никаких побочных эффектов от применения препарата ни в одном случае не обнаружили.

Интересный подход применили исследователи инновационной компании «Оникс Фармацевтикал». Они тоже использовали аденовирусы человека, но несколько иным образом. Известно, что при заражении клетки аденовируса с помощью специального механизма выключают ген p53, одна из функций которого — подавлять размножение этого вируса. Ученые создали дефектный аденовирус, не способный выключать ген-супрессор. Этот вирус не может размножаться в нормальных тканях, зато избирательно поражает опухолевые клетки, в которых p53 не функционирует, и убивает их. Дефектный аденовирус ввели прямо в опухоль 32 больным карциномой головы и шеи. У 12 пациентов размер опухоли резко уменьшился, в некоторых случаях на 90%. Действие нового препарата на другие виды злокачественных новообразований широко изучается.

²Gomez-Navarro J., Curiel D.T., Douglas J.T. // *Eur. J. Cancer*. 1999. V35. №14. P2039—2057.

Как известно, чем раньше поставлен диагноз, чем раньше начата терапия злокачественного заболевания, тем больше шансов достичь успеха. В настоящее время общий диагноз «рак» ни в коем случае нельзя назвать окончательным приговором. Все зависит от тканевого типа возникшей опухоли, вовремя и правильно подобранного лечения и активной позиции самого пациента. В этой ситуации огромное значение приобретает сверхранняя диагностика, выявляющая новообразование на стадии, когда оно еще не причиняет никаких неприятностей и не успело распространиться за пределы очага возникновения. Современные методы позволили разработать системы тестирования мутаций в ДНК пациента. Такая процедура генетического тестирования пока не может охватить все население земного шара, да это и не нужно. Но она уже давно используется для обследования семей, в которых на протяжении нескольких поколений наблюдаются одни и те же, достаточно редкие, разновидности рака — ретинобластома, полипоз кишечника, множественные опухоли эндокринного происхождения.

Генетическое тестирование дает точный ответ на вопрос, унаследовал ли данный потомок мутантную копию гена-супрессора и какова вероятность развития данного вида опухоли. Но это всего лишь вероятность. Пусть она равна 50 или даже 90% (хотя такие высокие цифры встречаются в тестовых отчетах далеко не каждый раз), всегда остается шанс для проявления неких (пока неизвестных) средовых, а может, и генетических факторов, предохраняющих данного индивидуума от рокового диагноза. Другими словами, заведомый носитель мутантного аллеля узнает о возможной передаче «больного» гена



Вероятность развития рака молочной железы или яичников для женщин разного возраста. Сплошная кривая — мутации гена BRCA1 не обнаружено; штриховая — рак молочной железы у нескольких близких родственников (тестирование не проводилось), пунктирная — унаследована мутация гена BRCA1.

потомству и получает рекомендацию регулярно проходить обследование у соответствующего специалиста. К примеру, человеку, унаследовавшему мутацию одной из копий гена-супрессора APC, а значит и предрасположенности к развитию семейного полипоза кишечника, начиная с 25-летнего возраста необходимо один раз в год делать эндоскопию кишечника. В этом случае обнаруженные полипы немедленно удаляются, они не успевают приобрести злокачественный характер, а значит, риск развития наследственного рака для данного индивидуума сведется практически к нулю.

С некоторыми оговорками генетическое тестирование можно рекомендовать для семей с документально под-

твержденной историей неоднократного возникновения в ряду поколений рака молочной железы и яичников. Предрасположенность к этим достаточно распространенным заболеваниям создают мутации генов-супрессоров BRCA1 и BRCA2. Обычно средний риск развития рака молочной железы либо яичников к 70 годам составляет 7%. Это значит, что у 7% женщин, доживших до такого преклонного возраста, регистрируются данные разновидности рака. Для женщин-носительниц мутантного аллеля эта вероятность к тем же 70 годам составляет 80%. Но если в семье зарегистрировано несколько случаев рака молочной железы, это еще не значит, что мутация присутствует в генах каждого ее члена. Тестирование прояснит ситуа-

цию и либо навсегда избавит от необоснованных страхов, либо укажет на необходимость с определенного возраста использовать специальное профилактическое средство (тамоксифен), снижающее вероятность развития рака этих типов¹.

Существует еще одна, относительно новая, область применения знаний о выключении определенных генов-супрессоров опухолевого роста в процессе развития рака. Дело в том, что при хирургическом лечении рака единственную гарантию положительного результата обеспечивает лишь полное удаление всех пораженных участков. К сожалению, зачастую не так-то легко определить, затронут ли опухолью данный участок органа или здоров. Вероятность ошибки велика, а цена ее — огромна. В то же самое время многие органы нельзя удалять целиком — хирургическое вмешательство желательно ограничить. На выручку приходит сама мутация, испортившая ген-супрессор. Она служит прекрасным маркером присутствия опухолевых клеток. В хороших западных клиниках уже проводятся операции «под молекулярным контролем». Выглядит это примерно так: видимая невооруженным глазом опухолевая ткань удаляется полностью, а по окружности через каждые несколько миллиметров берутся микроскопические пробы, которые с помощью молекулярно-генетических экспресс-методов исследуются в расположенной рядом лаборатории. Если какие-то опухолевые отростки оказались пропущенными при первом прикосновении скальпеля, их удаляют через два часа после анализа. Средняя продолжительность жизни пациентов после «контролируемой» опе-

рации значительно выше, чем у оперированных обычным образом. А главное — не так уж редки случаи, когда операция, сделанная на ранней стадии заболевания, приводит к полному излечению.

Еще раз напомним: семейные случаи заболевания раком составляют всего лишь несколько процентов от всех пациентов онкологических клиник. С одной стороны, это хорошо — не так уже много людей с замирающим сердцем следят за своей молекулярной судьбой. Но посмотрим на проблему с другой стороны — пациенты, осведомленные о риске развития опухоли конкретного типа, заботятся о своем здоровье, а значит, менее подвержены «обычным» — но не менее опасным — заболеваниям, которые сваливаются на прочих граждан как снег на голову. Кроме того, семейные случаи злокачественных заболеваний однородны по составу мутаций, повреждающих гены-супрессоры, поэтому легко поддаются ранней диагностике и даже профилактическому лечению. А вот спорадические опухоли, развивающиеся под действием факторов окружающей среды, изменчивые по своей природе, не так просто обнаружить. Для большинства таких опухолей не найдено никакого генетического изменения, однозначно указывающего на то, что процесс злокачественного роста уже запущен. Некоторые распространенные разновидности онкозаболеваний — к примеру, рак легких у курильщиков — вообще не имеют специфичного гена-супрессора. К появлению опухоли в этом случае приводит целый ряд генетических изменений, ни одно из которых не встречается у других больных. Генетическая сложность не позволяет провести ни раннюю диагностику, ни подобрать специфическое лечение. Потому-то рак легких

и остается одним из самых опасных злокачественных заболеваний.

Где же выход? Глобальная тенденция развития современной медицины — разделить каждое заболевание на более мелкие типы и подтипы, варианты и субварианты, различающиеся клинической картиной. В соответствии с научными прогнозами, логическим развитием этой парадигмы станет концепция: «Один больной — одна болезнь». Следовательно, лечение будет строго индивидуальным, т.е. высокоспецифическим. Главным препятствием на пути создания индивидуальной медицины всегда было время, которое необходимо потратить на полное описание заболевания, выяснение его молекулярных основ и создание лекарственного препарата, попадающего точно в цель. Индивидуальная медицина требует столь же тщательного изучения состояния конкретного больного, а это много лет работы для крупной молекулярно-генетической лаборатории мирового класса.

Но выход есть — ученые уже нащупали к нему дорогу. В настоящее время разрабатываются биологические чипы, на поверхности которых находятся тысячи микроскопических площадок, каждая из которых содержит конкретные участки ДНК человеческих генов. Такие чипы позволяют одновременно провести тысячи анализов и выполнить исследовательскую работу по каждому заболеванию не за годы, а за неделю. Немаловажно, что все анализы будут сделаны в одном и том же образце ткани, т.е. достоверность полученных результатов увеличится. Работы по созданию биочипов начаты и в России. До наступления эры индивидуальной медицины осталось не так уж много времени! Пройдет 20–30 лет, и подробное

¹Sakorafas G.H., Tsiotou A.G. // Br. J. Surg. 2000. V.87. №2. P.149–162.

молекулярное описание каждой опухоли превратится в рутинную процедуру. Тогда во много раз возрастет эффективность лечения. Вот поэтому во всем мире и тратится столько усилий на подробное описание генов, участвующих в развитии опухолей⁴.

Итак, рак — заболевание с наследственной компонентой. Но это не значит, что заболевает каждый, у кого имеется

⁴ Afshari C.A., Nuwaysir E.F., Barrett J.C. // *Cancer Res.* 1999. V.59. №19. P.4759—4760.

родственников, пораженный той или иной злокачественной опухолью. Стоит помнить о том, что на страже здоровья стоит целый ряд генов-супрессоров опухолевого роста. Они препятствуют неконтролируемому клеточному делению, исправляют возникшие в ДНК ошибки и направляют сильно поврежденные клетки на путь апоптоза — запрограммированной клеточной смерти. Изучение этих генов помогает понять причины возникновения рака и искать новые методы борьбы с ним.

Сегодня в этой области сделано немало, но работы еще непочатый край. Разработка методов клинического восстановления нормальной функции поврежденных генов-супрессоров опухолевого роста — одно из наиболее перспективных направлений биологии рака.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 99-04-99305. ■

Многолетние наблюдения метеорологических станций Австралии показали, что ежегодно с приходом весны Южного полушария в атмосфере континента существенно повышается концентрация аэрозолей, причем это отмечается и там, где их промышленные и иные источники отсутствуют.

Проблемой занялась группа специалистов по химии атмосферы — австралийский исследователь С.Янг (S.Young) и его американские коллеги Дж.Розен и Н.Кьоме (J.Rosen, N.Kjome). В течение месяца они вели комплексные наблюдения на метеостанции Милдур (штат Виктория) и установили, что в считающейся чистой тропосфере (от 2 до 12 км) на самом деле очень высокая концентрация и аэрозолей, и озона. Как выяснилось из анализа траекторий загрязняющих веществ, они поступают из Африки, проделывая путь в несколько тысяч километров примерно за 8 сут. Переносу газов и частиц, порождаемых частыми в тропических лесах

пожарами, способствуют воздушные течения и грозовые явления.

Atmosphere. 1999. №6. P.8 (Австралия).

Французские специалисты из Лаборатории физики твердого тела (Сакле), используя синхротрон Лаборатории прикладных исследований (Орсе), изучили микроскопические примеси, содержащиеся в железных предметах, найденных археологами. Целью работы было установить способ выплавки металла из руды. Дело в том, что до XVIII в., когда стали строить доменные печи ($t \approx 1800^\circ\text{C}$), железо выплавляли в низкотемпературных печах при более низкой температуре. Обычные методы микро- и рентгенооскопии не давали археологам ответа на вопрос о способе, а значит, и времени выплавки металла.

Новый метод позволил выявить те физико-химические характеристики примесей, по которым можно уверенно отличить один способ выплавки от другого.

Science et Vie. 1999. №986. P.30 (Франция).

Американские специалисты из Центра сохранения дикой фауны в Далласе провели уникальную по сложности операцию на желудке белого носорога (*Ceratotherium simum*): у самки по кличке Глен Роуз была выявлена опухоль, причинявшая ей мучения. Ветеринарам-хирургам предстояло выбрать способ анестезии, затем разместить 2,5-тонную тушу так, чтобы получить доступ к желудку, удалить большой участок омертвевшего кожного покрова и сделать надраз оболочку желудка для анализа опухолевой ткани. Руководителю операции приходилось погружаться во внутренности «пациентки» почти до плеч.

Стремление сохранить жизнь животному вполне понятно: этот вид носорогов, обитающих в Восточной и Южной Африке, стоит на грани исчезновения. В зоопарках Северной Америки сейчас содержится 117 особей.

Terre Sauvage. 1999. V.141. P.20 (Франция).

Коротко

Желатин как матрица в координационной химии

О.В.Михайлов

Вместо пролога

Читавшие «Звездные дневники Ийона Тихого» С.Лема, видимо, помнят путешествие четырнадцатое их одноименного героя на некую планету Энтеропию, где обитают сверхгигантские животные — курдли. На них разумные существа сей планеты — ардриты — охотятся... изнутри. Этот способ охоты невольно приходит на ум, когда речь заходит о химических процессах, протекающих при контакте желатиновых матричных систем с водными растворами хелатообразующих лигандов. Образованию комплексов металла с лигандом в этих необычных условиях и посвящена данная статья. Вначале, как полагается, следует



Олег Васильевич Михайлов, доктор химических наук, профессор Казанского государственного технологического университета. Область научных интересов — координационные соединения, химия иммобилизованных матричных систем и фотопроцессов. Автор более 100 научных работ, изданных в 20 странах мира. В «Природе» опубликовал статьи: «Магнитная релаксация в аналитической, координационной и бионеорганической химии» (1980. № 11) и «Проявление на свету» (1988. № 10).

Введение

Одно из новейших направлений современной координационной химии — комплексобразование в массиве природного полимера желатина, в котором предварительно иммобилизованы металлсодержащие соединения. В таких системах исходные вещества и продукты реакции с той

или иной степенью жесткости удерживаются в полимерной матрице. В принципе допустимы два варианта подобного закрепления: посредством функциональных групп полимера либо за счет межмолекулярных сил. В первом — необходимо наличие у полимера структурных фрагментов, способных химически связывать ион металла; тип же образующихся связей металла с полимером зависит от природы реагирующих компо-

нентов. Второй вариант наряду с формированием подобных химических связей предусматривает еще и закрепление вещества в полимере вследствие дисперсионного, ориентационного, индукционного и аналогичного им взаимодействий. Возможен и третий случай, когда закрепление достигается благодаря действию лишь упомянутых физических сил и не сопровождается образованием химических связей металла с по-

© О.В.Михайлов

лимером. Такой вариант можно реализовать посредством как сугубо физико-механических (напылением, адсорбцией, импрегнированием), так и физико-химических (осаждением вещества в полимере) операций¹.

Системы первого и второго типов, равно как и комплексообразование в них, в настоящее время уже весьма хорошо изучены, им посвящен целый ряд монографий и обзорных статей. Системы же третьего типа вплоть до начала наших исследований выглядели этими «пасынками» в мире иммобилизованных металлокомплексов и внимания исследователей не привлекали. Почему? Может, потому, что в свое время просто не удалось найти подходящих полимеров для комплексообразования? А может, и потому, что исследователи не видели принципиальной разницы между образованием комплексов в матрицах и в растворе (или твердой фазе)? Автор этих строк взялся за перо, чтобы проиллюстрировать богатые синтетические возможности подобных иммобилизованных систем (пусть и — пока — на сравнительно небольшом количестве объектов с одним-единственным полимерным массивом), каковыми являются

Матрицы из желатина с иммобилизованными металлгексацианоферратами(II)

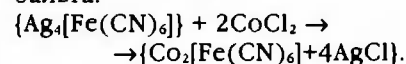
Почему именно желатин представляет особый интерес для создания иммобилизованных систем, в которых вещество закрепляется межмолекулярными силами и благодаря

этому могут образовываться металлокомплексы? Ведь как природных, так и синтетических полимерных систем, в принципе пригодных для «физического закрепления» вещества, предостаточно — от декстрана до полиэтилентерефталата. Но в том-то и дело, что именно желатин обладает всеми необходимыми качествами (изотропностью физико-механических свойств, гидрофильностью, прозрачностью, стойкостью к действию кислот и щелочных растворов, пластичностью), необходимыми для образования гетероядерных комплексов или хелатов при контакте матрицы, в которой уже иммобилизован металлокомплекс, с водным раствором лиганда (неорганического или органического вещества, образующего координационное соединение с ионом другого металла). Наконец, этот полимер дешев, легкодоступен и удобен в обращении. Тем не менее до начала наших работ системы с желатином как объект исследования в координационной химии вообще не использовались. Причина? Сейчас трудно сказать, но, видимо, не в последнюю очередь та, что традиционные методы иммобилизации просто не позволяли получать матричные системы с молекулярным уровнем дисперсности металлокомплексов. (Подобное достижение на первый взгляд сравнимо с ювелирной работой легендарного тульского левши, подковавшего блоху, или — в современном варианте — изготовившего электромотор размером с маковое зернышко.)

Автору этих строк повезло — ему удалось найти комплексы, довольно легко иммобилизуемые в желатиновом массиве. Ими оказались гексацианоферраты(II) p-, d- и f-элементов, у которых с жесткостью фиксации в желатине удачно сочетаются оптимальная кинетическая лабиль-

ность, стабильность и весьма низкая растворимость в воде. Внешне схема их иммобилизации весьма проста, хотя сам синтез всей системы — специфический и довольно трудоемкий процесс. Удобный исходный объект для ее осуществления — желатиновая матрица с иммобилизованным галогенидом серебра, а это не что иное, как светочувствительные слои современных фотоматериалов. Степень дисперсности галогенида в них отнюдь не молекулярная, но галогенид можно легко превратить в Ag (для этого используются давно и хорошо известные в фотографической практике процессы экспонирования — «засветки», — проявления и фиксирования), и тогда размеры частиц иммобилизованного вещества уже сопоставимы с размерами крупных кластеров. А уж дальше посредством серии специфических химических реакций иммобилизованное в желатиновой матрице серебро можно заместить очень широким ассортиментом металлокомплексов вообще и гексацианоферратов(II), в частности, сохранив при этом — что очень важно — уже достигнутый молекулярный уровень дисперсности частиц. В результате в желатине окажутся иммобилизованными металлгексацианоферраты (МГФ). Проще всего такую систему получить в три стадии. На первой — содержащееся в матрице серебро окисляется гексацианоферратом(III) калия в $\text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$:

$$4\text{Ag} + 4\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \{\text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\} + 3\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$$
 (в фигурных скобках — формулы иммобилизованных соединений). На второй — образовавшийся гексацианоферрат(II) серебра взаимодействует с галогенидом того или иного металла, например кобальта:



¹ Помогайло А. Д. Полимерные иммобилизованные катализаторы. М., 1988; Помогайло А. Д., Уфлянд И. Е. Макромолекулярные металлохелаты. М., 1991.

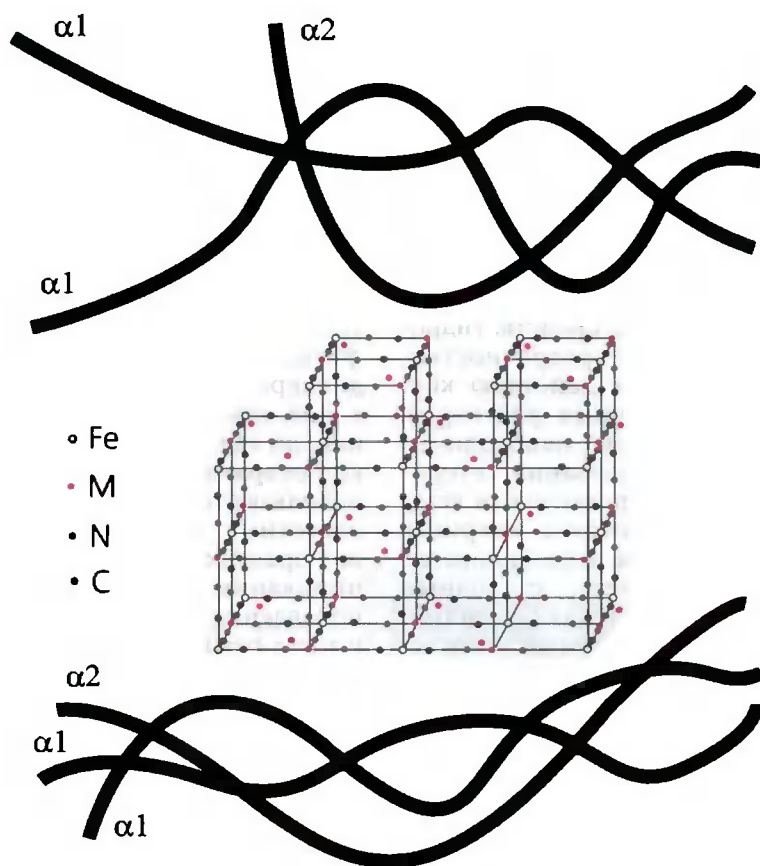


Схема строения желатиновой матрицы с иммобилизованным металлгексацианоферратом(II). Этот комплекс может насчитывать от единиц до нескольких десятков молекул $M_2[Fe(CN)_6]$ и зажат между участками молекул желатина, каждая из которых состоит из переплетенных между собой полипептидных цепей — $\alpha 1$ и $\alpha 2$.

И наконец, на третьей — галогенид серебра удаляется из системы под действием раствора тиосульфата натрия: $\{Co_2[Fe(CN)_6] + 4AgCl\} + 8Na_2S_2O_3 \rightarrow \{Co_2[Fe(CN)_6]\} + 4Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + 4NaCl$.

В ряде случаев можно получить подобные системы с иммобилизованным металлгексацианоферратом(II) и более коротким путем — в две ста-

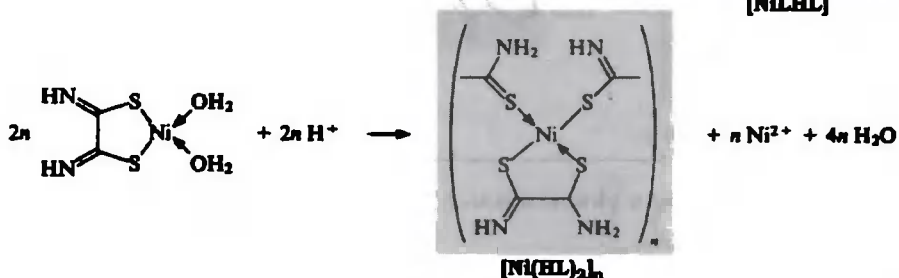
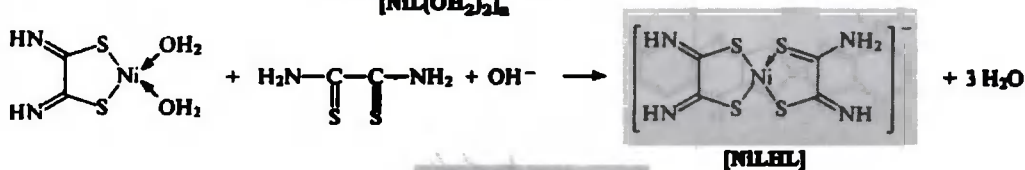
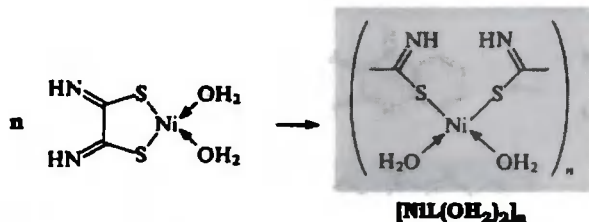
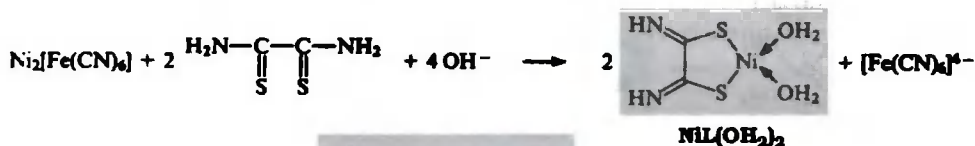
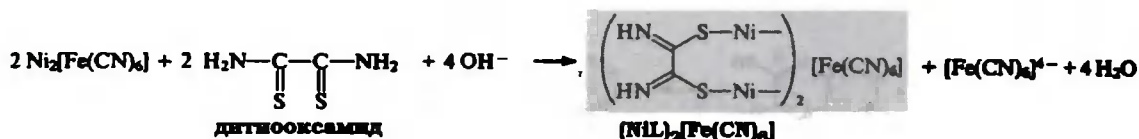
дии. На первой — иммобилизуемый комплекс осаждается вкуче с гексацианоферратом(II) или галогенидом серебра, на второй — соединения серебра удаляются из желатинового массива опять-таки тиосульфатом².

Как известно, молекулы желатина состоят из трех поли-

² Михайлов О. В. // Успехи химии. 1995. Т.64. №7. С.704—720.

пептидных цепей — двух $\alpha 1$ и одной $\alpha 2$ — с почти одинаковой молекулярной массой. Цепи эти соединены меж собой ограниченным числом поперечных связей, и неудивительно, что желатиновые массивы по своей эластичности напоминают резину. Такая структура не допускает формирования жестких кристаллических блоков и удобна для создания матричных систем, так как имеет множество ячеек, куда при подходящих условиях могут «забраться» молекулы самых разных соединений. Даже будучи заполненными ими, такие ячейки сохраняют определенную свободу перемещения в пространстве. Вот почему на основе этого полимера можно получить матричные системы с практически однородным распределением иммобилизованного вещества. Перечень ценных для нас свойств желатина этим не ограничивается, но сейчас важно другое. «Просвечивание» матриц с иммобилизованным веществом потоком электронов показало, что все они прозрачны по отношению к нему. А это значит, что содержащиеся гексацианоферраты(II) металлов и в самом деле имеют молекулярный уровень дисперсности. В соответствии со своими структурами в твердой фазе они являют собой координационные полимеры с относительно небольшой молекулярной массой и занимают пустоты между молекулами желатина. У атомов железа и другого металла, например кобальта, находящихся близко к граничной поверхности этих структур, всегда имеются вакантные координационные места.

Совокупность данных о желатине как полимерном массиве позволяет выделить следующие специфические особенности комплексообразования в системе желатин—металлгексацианоферрат(II):

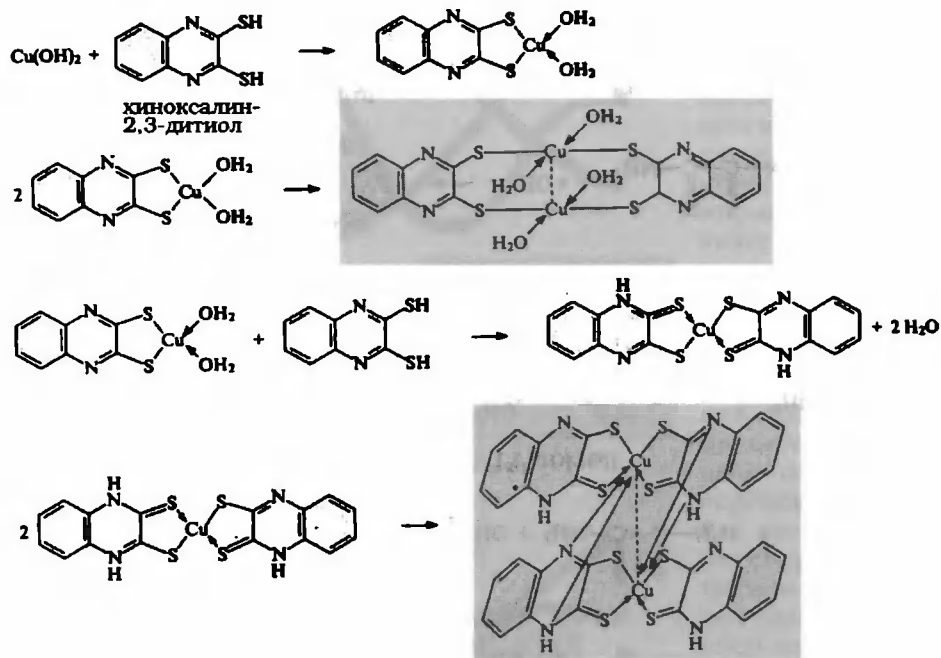


Образование комплексных соединений при взаимодействии иона никеля с дитиооксамидом в желатиновой матрице. Здесь и далее такие соединения выделены цветом.

- затрудненный, по сравнению с раствором, контакт между реагентами;
- наличие заряда у молекул полимерного массива (поскольку желатин — амфолит);
- крайне малый объем, где образуется комплекс;
- ограниченная подвижность комплексообразователя (в данном случае — иммобилизованного МГФ) при достаточно высокой подвижности молекул взаимодействующего с ним лиганда;
- малая скорость «доставки» лиганда в реакционный объем.

В этой связи желатиновую матрицу с МГФ, с одной стороны, можно рассматривать как твердофазный реакционный микрообъем, с другой — как некое промежуточное состояние между раствором и твердой фазой. «Лобовая атака» МГФ лигандом, пока последний не находится в водно-щелочном растворе, не приводит к успеху — гексацианоферрат(II) металла надежно защищен от него желатиновой «бронею». Другое дело при контакте того же металлокомплекса со щелочными растворами хелатирующих

лигандов. Их депротонированные формы образуют более устойчивые по сравнению с МГФ координационные соединения, и лиганды, диффундируя в желатиновый слой, «атакуют» находящийся в нем МГФ изнутри. Получается как в охоте на упомянутого курдюка, когда охотник, прежде чем проникнуть внутрь этого чудища, предварительно смазывает себя специальной смесью. А уж далее лиганд, добравшись до металла М, связывает его в соответствующее хелатное соединение. Входящее же в состав МГФ двухва-



Синтез димерных хелатов из ионов меди и хиноксалин-2,3-дитиола в МГФ-матрице.

лентное железо трансформируется в кинетически инертный анион $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, который потом удаляется из полимерной фазы в раствор. Возможен, впрочем, и другой вариант. Вначале МГФ разрушается под действием ионов OH^- , которые содержатся в контактирующем с матрицей растворе, а уж потом возникший на его «развалинах» другой координационный полимер — оксигидроксид соответствующего металла — вступает в комплексообразование с наличным лигандом.

Теперь настало время хотя бы кратко охарактеризовать

Выбор цели

Не секрет, что исследователи в области координационной химии не обращали сколько-нибудь серьезного внимания на потенциальные возможности металлокомплексных желатиновых систем и не смогли не только реализовать в них комплексообразование, но и хотя бы просто получить их. Скептицизм остается и ныне. В этой связи в исследовании по гранту у нас были две задачи:

- выявить синтетические возможности нашей системы в процессах «классического»

комплексообразования (по схеме: ион металла + органический лиганд, содержащий N,P,O,S, → комплекс) и темплатного синтеза (ион металла + фрагменты того же лиганда → комплекс), протекающих при контакте МГФ, иммобилизованных в желатине, со щелочными растворами органических соединений;

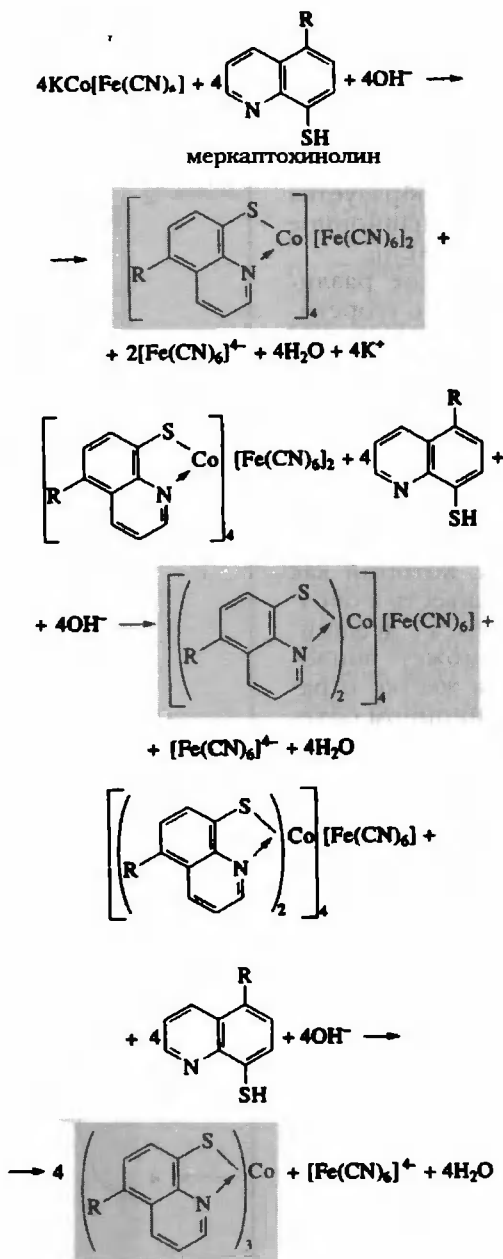
- собрать доказательства того, что в подобных экзотических условиях могут формироваться такие хелатные соединения, которые либо вообще невозможно синтезировать в растворе или твердой фазе, либо удастся получить

лишь в более жестких условиях (например, при повышенной температуре).

С учетом отмеченных уже специфических особенностей комплексообразования в нашей системе можно было прогнозировать преимущественное формирование в полимерном массиве следующих типов координационных соединений, нехарактерных для синтеза в растворе или твердой фазе: промежуточных комплексных форм; координационных димеров и полимеров; лигандо- и протонodefицитных хелатов. Золотая жила, которую — копать и копать! Но рамки статьи позволяют, к сожалению, продемонстрировать лишь наиболее яркие моменты этих «раскопок». Посмотрим вначале, что может дать нам

«Классическое» комплексообразование в МГФ-матрице

Без сомнения, самое резкое отличие этого процесса от образования координационных соединений в растворе (или твердой фазе) наблюдается в системе ион металла—лиганд, где металл — это, скажем, двухвалентный никель, а лиганд L — дитиооксамид $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{S})-\text{C}(=\text{S})-\text{NH}_2$. Результаты анализа кинетических кривых комплексообразования, химического анализа и традиционных физических методов исследования свидетельствуют, что если этот процесс протекает в желатиновой матрице с иммобилизованным МГФ, то синтезируются минимум пять (!) координационных соединений, причем разного цвета. В стилизованной форме их можно записать как $(\text{Ni}_2\text{L})_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (зеленовато-серый), $\text{NiL}(\text{OH}_2)_2$ (розово-фиолетовый), $[\text{NiL}(\text{OH}_2)_2]_n$ (фиолетовый), $[\text{Ni}(\text{HL})_2]_n$ (темно-синий) и $[\text{NiLHL}]^-$ (бесцвет-



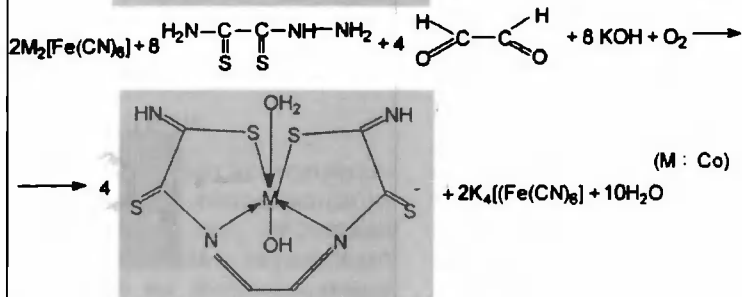
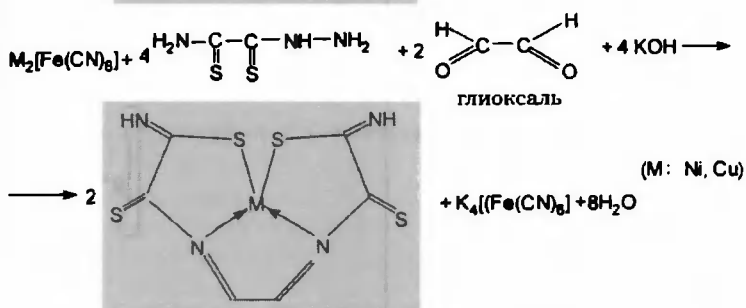
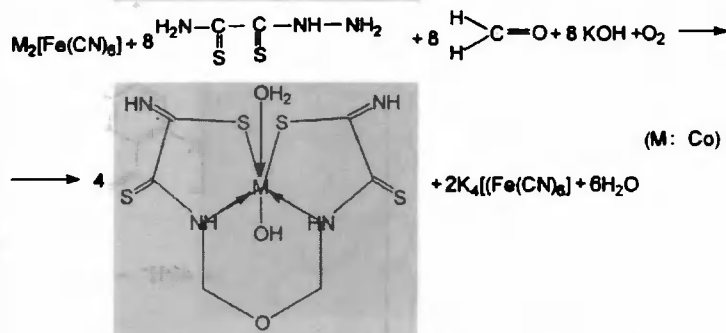
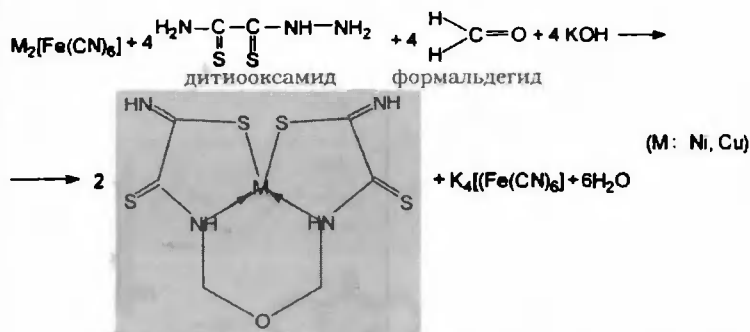
Реакция образования хелатов из ионов кобальта (III) и меркаптохинолина в МГФ-матрице. R: H, SH или SCH₃.

ный), где HL^- и L^{2-} — одно- и двукратно депротонированная форма лиганда дитиооксамида. Примечательно, что $NiL(OH)_2$ при $pH < 5$ быстро и необратимо переходит в $[Ni(HL)_2]_n$. Если эту же реакцию комплексообразования проводить в растворе или твердой фазе, образуется лишь одно координационное соединение³ — $[Ni(HL)_2]_n$.

Откуда это резкое различие? А дело в том, что теоретически возможны два варианта атаки дитиооксамидом имеющих у иммобилизованного в желатине $Ni_2[Fe(CN)_6]$ вакантных координационных мест — либо сразу двух, принадлежащих разным атомам никеля, либо только одного. Первый из них, который как раз и должен привести к образованию комплекса с дефицитом лиганда, может воплотиться только в жестко ограниченном реакционном объеме и недостатке лиганда в нем. В принципе для комплексообразования в растворе и твердой фазе можно создать или то, или другое условие, а вот **одновременно** оба — лишь в желатиновой системе. Если же в этой системе реализуется второй вариант, из-за ее крайне малого реакционного объема создаются очень высокие концентрации ионов OH^- . Это способствует «атаке» ими вакантных «аксиальных» координационных мест образующегося в первый момент интермедиата $Ni(HL)_2$ с последующим присоединением одной молекулы лиганда и формированием протондефицитного хелата $NiL(OH)_2$. При достаточно большой концентрации последнего в желатиновой системе он агрегирует и образуется полимер $[NiL(OH)_2]_n$ — опять-таки благодаря крайне малому реакционному объему.

Как легко заметить, данные по комплексообразованию

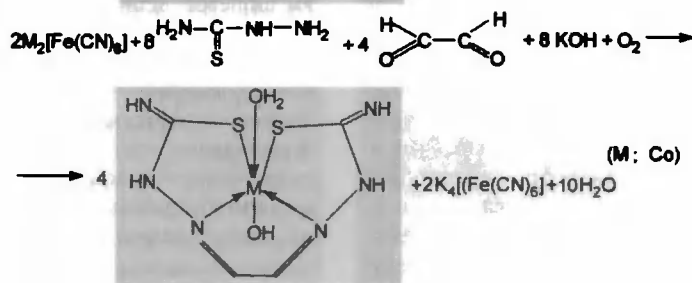
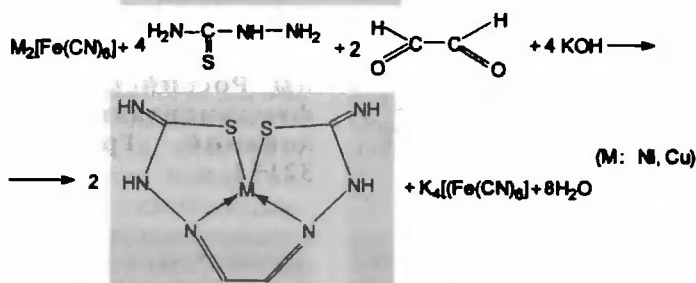
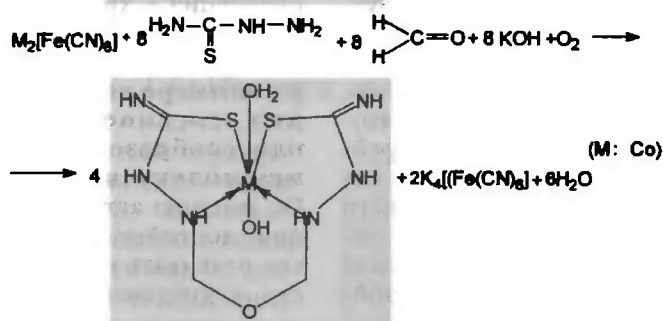
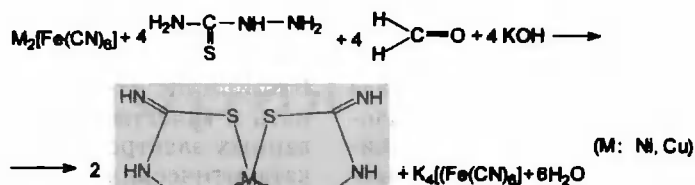
³ Mikhailov O. V. // Transition Metal Chemistry. 1996. V.21. № 3. P.363–369.



Темплатный синтез макроциклических хелатов в МГФ-матрице.

в этой системе подтверждают справедливость прогноза о возможности формирования в ее специфических условиях комплексов с дефицитом лиганда $[Ni_2L][Fe(CN)_6]$, координационных полимеров

$[NiL(OH)_2]_n$ и хелатов с выраженным дефицитом протонов $NiL(OH)_2$, $[NiLHL]^-$. Перечень систем ион металла—лиганд, для которых комплексообразование в желатиновой матрице с иммобилизованным



МГФ открывает новые синтетические возможности, этим примером отнюдь не исчерпывается. Так, взаимодействием в ней ионов Cu(II) с хиноксалин-2,3-дитиолом могут быть получены два димерных

хелата, Co(III) с 8-меркаптохинолином — три координационных соединения, два из которых — интермедиаты. Характерно, что из этих же соединений, если реакция протекает не в матрице, а в рас-

творе или твердой фазе, образуется лишь по одному хелатному комплексу. Но все это меркнет по сравнению с тем, что способен обеспечить

Темплатный синтез

Комплексообразование в желатиновой системе, по сравнению с таковым в растворе или твердой фазе, имеет еще большие преимущества в темплатном синтезе (т.е. из фрагментов), во всяком случае в одном из его вариантов, сопровождающемся внутримолекулярной дегидратацией. Крайне малый реакционный объем, в котором происходит комплексообразование, и протондонорная способность желатина обеспечивают как большее сближение молекул реагирующих веществ и их избирательную ориентацию по отношению друг к другу, так и повышение подвижности протонов в молекулах образующихся промежуточных комплексов. Первым примером такого синтеза было взаимодействие иона металла (Ni, Cu) с дитиооксамидом и формальдегидом, протекающее с образованием темно-коричневых макроциклических хелатов. Позднее выяснилось, что в качестве металла может быть использован и кобальт (причем в этом случае темплатный синтез сопровождается переходом Co(II) → Co(III)), формальдегид заменен на глиоксаль, ацетальдегид или ацетон, а дитиооксамид — на тиосемикарбазид. Замечательно, что темплатный синтез с использованием указанных органических соединений в растворе или твердой фазе требует как минимум повышенной (60°C) температуры, тогда как в МГФ-системе для него хватает и комнатной⁴.

⁴ Mikhailov O.V. // Reviews in Inorganic Chemistry. 1997. V.17. №4. P.287—332.

В темплатном синтезе сделаны пока лишь первые шаги. Однако и полученных данных вполне достаточно для того, чтобы с уверенностью говорить о его богатейших потенциальных синтетических возможностях в подобных специфических условиях, в частности, для получения гетеро-ядерных макрокомплексов.

Ну, а в заключение скажем

Для чего пригодны МГФ-системы

Прикладные аспекты комплексообразования в них вытекают непосредственно из свойств самих этих матриц. Во-первых, их можно использовать для измерения спектров поглощения иммобилизованных в них комплексов, поскольку все полученные нами металлокомплексные желатиновые системы оптически изотропны, а содержащиеся в них химические соединения имеют молекулярный уровень дисперсности. И мы уже раз-

рабатывали новый метод изготовления тест-объектов, чтобы измерять электронные спектры поглощения труднорастворимых координационных соединений. Во-вторых, МГФ-системы пригодны для фотографии. Вспомним, ведь их предшественники — галогенсеребряные светочувствительные материалы. Как обычно обрабатываются серебряные изображения? Отбеливанием, фиксированием и тонированием. Так вот, первые две стадии по составу используемых реагентов и химизму процессов соответствуют получению самой МГФ-системы, а третья — комплексообразованию в ней, но уже без серебра. Варьируя композиции отбеливающего и тонирующего растворов, а также время обработки ими, можно создать «металлокомплексные изоб-

ражения» с очень разным составом и оптико-фотографическими характеристиками⁵.

Потенциальные возможности металлохелатных желатиновых матриц этим, однако, отнюдь не исчерпываются. В принципе их можно применять в качестве иммобилизованных электродов, сенсоров, каталитических систем и много другого.

Представленный материал дает основания говорить о создании нового научного направления в химии — **изучения реакционной способности иммобилизованных в полимере координационных соединений и комплексообразования за счет межмолекулярных сил**. По мнению автора, направления, достойного того, чтобы его развивать и по возможности — совершенствовать.

⁵ Михайлов О.В. // Успехи химии. 1997. Т.66. №8. С.735—749; Mikhailov O.V., Khamitova A.I., Kazymova M.A. // Нихон сясин гаккайси (Journal of Science of Photographic Science and Technology of Japan). 1998. V.61. №6. P.387—393.

Исследования поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований. Грант 96-03-32112. ■

Коротко

На о.Реюньон (Индийский океан) 19 июля 1999 г. началось новое извержение вулкана Питон де ля Фурнез. На протяжении 10 сут, до 19 июля, отмечалась довольно слабая сейсмичность, а за 5 сут до извержения произошло землетрясение магнитудой 2,3 по шкале Рихтера. Позднее сейсмографы зарегистрировали целый «рой» толчков-предвестников с $M = 1.0$, которые сменялись сейсмическим тремором. Само извержение началось с фонтанов лавы, бивших на 100-метровую высоту. Ухудшение погоды помешало вулканологам вести непрерывные наблюдения.

За последние 300 лет этот щитовой вулкан с пологими склонами, образованными излившимися базальтами, извергался около 100 раз и тем самым существенно на-

растил высоту юго-восточной части острова.

Geotimes. 1999. V.44. №11. P.13 (США).

М.Хеннингтон (M.Hannington), сотрудник Канадской геологической комиссии, обнаружил, что в излияниях гидротермальных источников на дне залива Пленти, у северо-восточного побережья Новой Зеландии, содержится наряду с другими компонентами ртуть. По его оценкам, ежегодное поступление ртути из гидротермалей залива, находящегося на 200-метровой глубине, составляет около 1 кг.

Вполне вероятно, что этот элемент естественного происхождения включается в пищевую цепь океана. Как известно, возле гидротермальных источников прекрасно функционируют бактериальные сообщества, трансформирующие минеральную форму ртути в

органическую, которая по звеньям пищевой цепи попадает к рыбам. Так можно объяснить повышенное содержание ртути в организмах живущих здесь рыб, отмечаемое уже на протяжении 30 лет. В свое время это заставило японских рыбаков прекратить лов тунца в данном районе.

Science et Vie. 1999. №987. P.25 (Франция).

Группа американских и израильских специалистов провела гистологический анализ костных клеток динозавра. Его скелет был обнаружен на территории штата Колорадо (США), где он обитал 190 млн лет назад (в юрском периоде). В костном фрагменте длиной 16,5 см ученые обнаружили следы метастазов, распространившихся, вероятно, от какого-то органа, пораженного раком.

Sciences et Avenir. 1999. №633. P.30 (Франция).



Загадочная паразитическая книдария

Е.В.Райкова, Т.О.Напара, А.Ю.Ибрагимов

Книдарии, или стрекающие (*Cnidaria*), — древнейший из многоклеточных тип беспозвоночных животных. Надежный и важный систематический признак книдарий — стрекательные клетки (или книдоциты, или нематоциты, или крапивные клетки), которые служат им для ловли добычи, защиты, прикрепления к субстрату и передвижения. Книдарии, как правило, — свободноживущие формы, к ним относятся знакомые читателю гидра (широко распространенный пресноводный полип) и множество морских медуз. Объект же нашего внимания — настоящий гурман, живет не где-нибудь, а внутри икринок осетровых рыб! О существовании паразитических видов среди книдарий известно уже довольно давно. В морях обитают представители семейства наркомедуз (*Narcomedusae*, отряд *Trachilida*, класс *Hydrozoa*), которые паразитируют на стадии личинки в гастральной полости других медуз. Они прославились также тем, что во время эмбрионального развития один из бластомеров (клеток дробления яйца) становится клет-



Екатерина Викторовна Райкова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии клетки Института цитологии РАН. Область научных интересов — цитология, эмбриология, паразитология.



Татьяна Олеговна Напара, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается изучением клеточных циклов низших беспозвоночных животных.



Алексей Юрьевич Ибрагимов, студент биологического факультета Санкт-Петербургского университета. Интересуется проблемами общей паразитологии, систематики и циклов развития беспозвоночных животных.

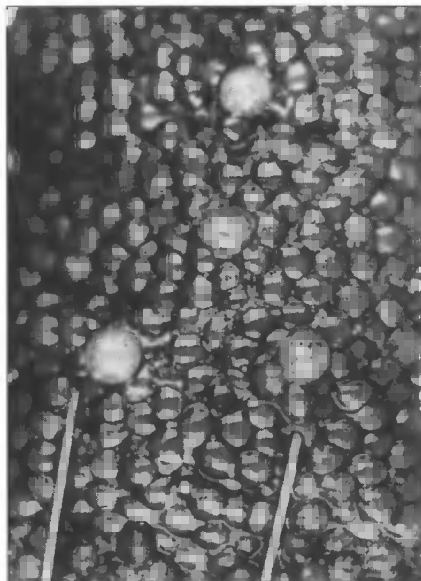


Рис.1. Четыре зараженные икринки среди нормальной зрелой икры стерляди (слева). Увел.3.

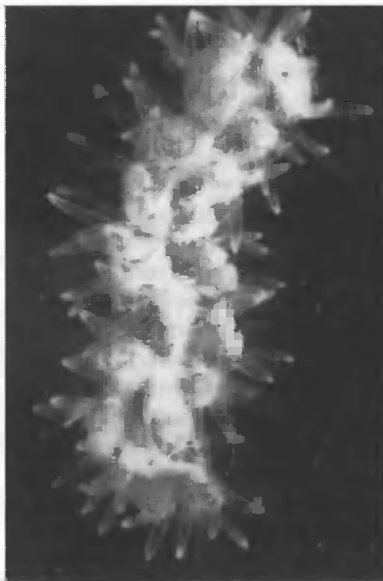


Рис.2. Столон после выхода из ооцита в воду. Увел.6.

кой-переносчиком (форозитом) дробящегося зародыша, а потом участвует и в его питании¹.

В 1871 г. академик Ф.В.Овсянников нашел загадочного паразита (рис.1) внутри икринок стерляди, который после вылупления в воде (рис.2 и 3) приобретает вид гидроидного

полипа². Открытие внутриклеточного паразита (не из числа простейших, а из многоклеточных) стало настоящей сенсацией. Затем «овсянниковскую паразитную личинку» изучал О.А.Гримм, но он принял ее за личинку какого-то неведомого червя. И только в 1885 г. профессор М.М.Усов дал описание этого необычного животного, подтвердил его систематическую принадлежность к книдариям и назвал по сходству с гидрой и по манере передвиже-

ния *Polypodium hydriforme*.

Этому организму вновь повезло, когда его исследованием основательно занялся московский зоолог А.Н.Липин. И тут сенсации последовали одна за другой. Самая главная из них состояла в том, что внутри стерляжьей икры полиподий вывернут наизнанку и имеет вид столона с почками, щупальца которых находятся внутри самих почек (рис.4, стадия 1), а клетки энтодермы обращены к желтку стерляжьего яйца. Таким образом, полиподий как бы купается в окружающем его деликатесе. Перед нерестом стерляди полиподий снова выворачивается, но теперь как бы на лицевую сторону, втягивая при этом весь не съеденный желток в образующиеся гастральные полости каждой почки и благополучно вылупляется из икринки в воду (рис.2 и 4, стадия 2). Как рачительный хозяин, он обеспечивает себя таким образом полноценной пищей на первое время свободной жизни³.

Выращивая свободноживущих полипов в аквариуме (рис.3), Липин получил половозрелых особей с энтодермальными гонадами, снабженными выводными протоками, что уж совсем не укладывалось в характеристику класса *Hydrozoa*. Липин исследовал как женские, так и мужские гонады, но настоящих яиц и спермиев ему увидеть не удалось⁴. Что касается систематического положения, то Липин отнес *P.hydriforme* к другому классу книдарий — *Scyphozoa* и в этом разошелся во мнениях с другим зоологом В.М.Шимкевичем, который придавал большое значение паразитическому образу жизни полиподия и считал его видом, близким к наркомедузам.



Рис.3. Свободноживущий полиподий с 24-мя щупальцами. Увел. 15.

¹ Lipin A. N. // Uss. Zool. Jahrb. (Anat.). 1911. Bd. 31. S.317—426.

² Lipin A. N. // Zool. Jahrb. (Anat.). 1925. Bd.47. S.541—635.

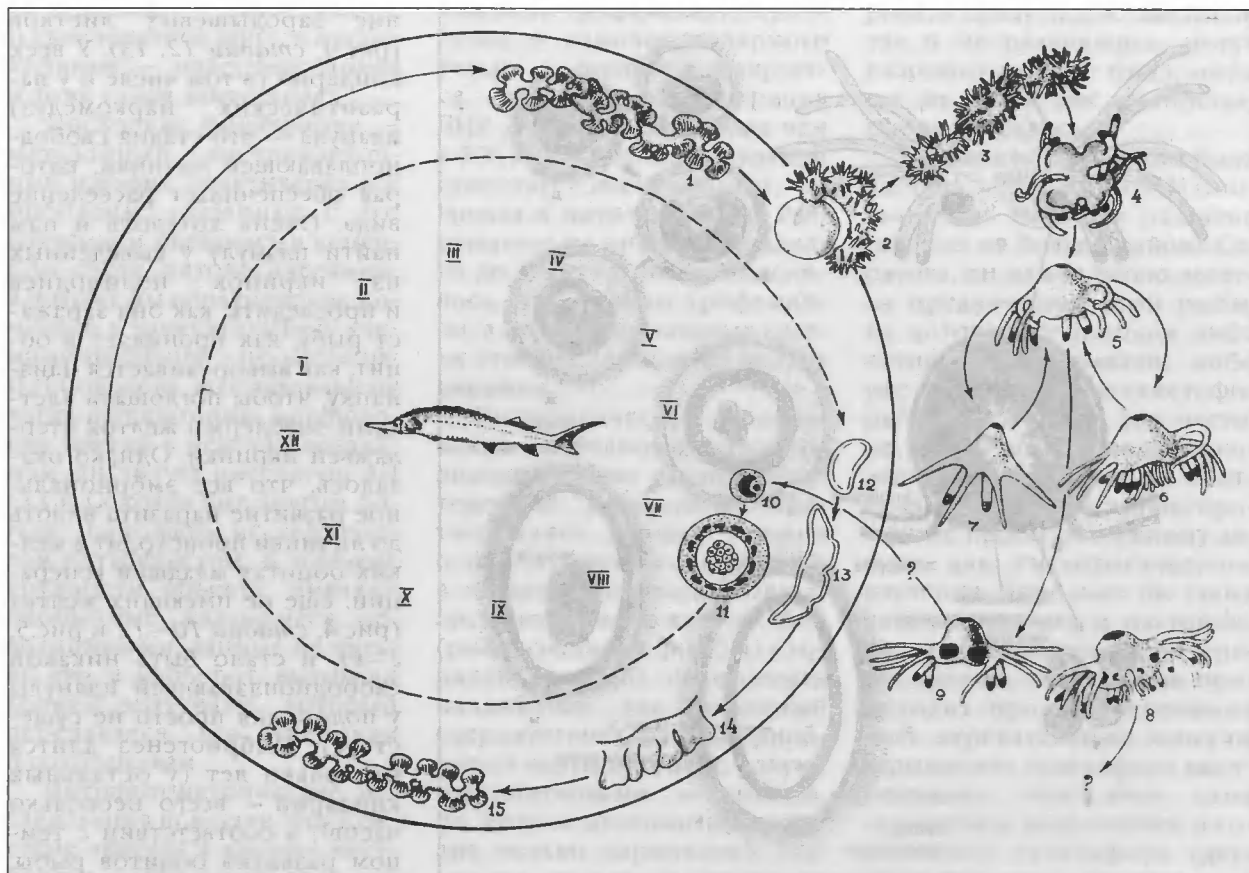


Рис.4. Жизненный цикл *Polypodium hydriforme*. Паразитические стадии внутри круга, свободноживущие — снаружи. Римскими цифрами обозначены месяцы года, арабскими — стадии развития: 1 — зрелый столон с внутренними щупальцами в яйце перед икрометанием; 2 — выход из яйца столон с наружными щупальцами во время икрометания; 3 — свободный столон в воде; 4 — фрагмент столон; 5 — особь с 12 щупальцами; 6 — особь с 24 щупальцами; 7 — особь с шестью щупальцами; 8 — полиподий с 24 щупальцами и четырьмя «женскими» гонадами, роль которых неизвестна; 9 — особь с четырьмя «мужскими» гонадами (способ заражения ооцита неизвестен); 10 — двуядерная паразитическая клетка в молодом ооците; 11 — морула, окруженная трофамнионом; 12 — планула (трофамнион здесь и далее не показан); 13 — почкующаяся планула; 14 — столон без щупалец; 15 — столон с внутренними щупальцами.

Впоследствии специалисты о полиподии если и вспоминали, то в основном как о зоологическом курьезе, причисляя его, как и губок, к *Epnatiozoa* (вывернутым наизнанку животным). В учебниках зоологии и даже паразитологии о полиподии писали мелким шрифтом как о дополнении к отряду *Hydrida*, да и в спецкурсах о нем не упоминали.

Вновь заговорили об этом удивительном животном ихтиологи Ленинградского университета, которые вели работы с осетровыми на Волге

и в других водоемах СССР. Оказалось, что *P.hydriforme* серьезно угрожает запасам этих ценных рыб. Г.М.Персов, К.З.Трусов, москвички Т.А.Детлаф и А.С.Гинзбург нашли полиподия в икринках не только стерляди и даже не только у волжских рыб. Персов настоятельно советовал профессору В.А.Догелю, в то время заведующему кафедрой зоологии беспозвоночных Ленинградского университета, обратить внимание на эту проблему и исследовать полиподия. Догель сразу откликнулся:

«Особенно угрожающим является то обстоятельство, что *P.hydriforme* есть паразит икры, т.е. органов размножения, а потому при сильной инвазии может привести к кастрации самок осетровых. Вот почему мы считаем своим долгом поднять сигнал тревоги и призвать к исследованию поднятого нами вопроса»⁵. Это было в 1940 г. А потом была война, затем послевоенная разруха. Ситуация с осетровыми

⁵Догель В. А. // Зоол. журн. 1940. Т.19. №2. С.321—323.

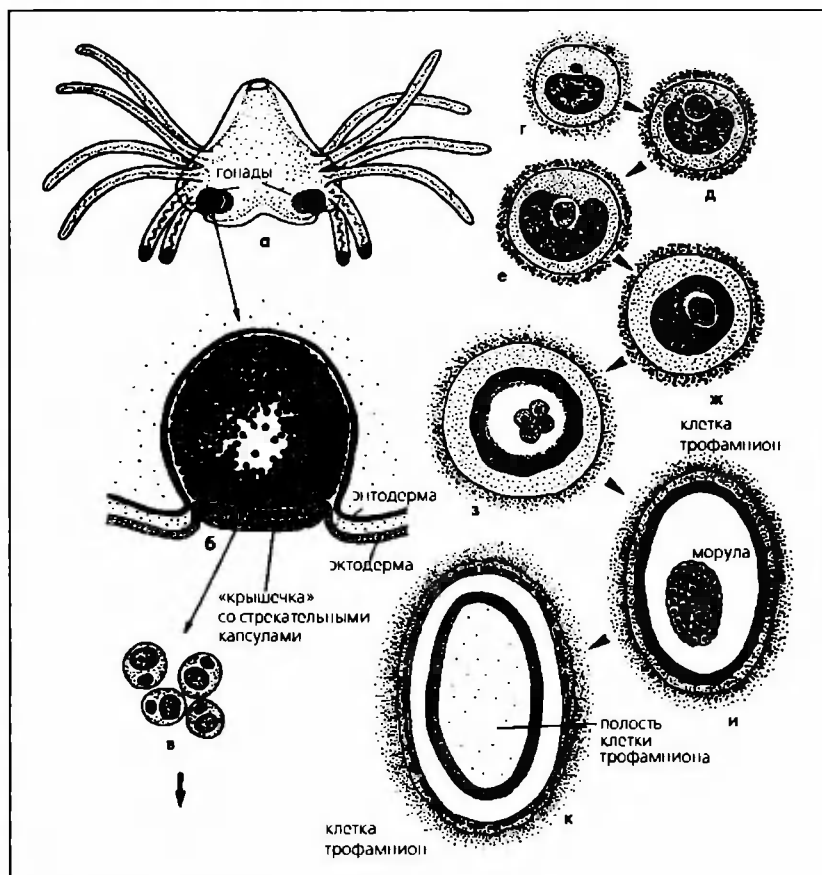


Рис.5. Схема возникновения двуядерных клеток и преобразование двуядерной клетки в зародыш и трофамнион: а — свободноживущая особь с гонадами; б — гонада-гаметофор, содержащая зрелые двуядерные клетки; в — несколько одноклеточных двуядерных гамет при большом увеличении; г-к — паразитические стадии цикла внутри ооцитов осетровых; г — двуядерная клетка; д — вторая клеточная паразитическая стадия; е — малая клетка в углублении ядра большой клетки; ж — ядро большой клетки полностью окружает малую клетку; з — дробление малой клетки внутри полости клетки-трофамниона; и — морула внутри полости большой клетки-трофамниона; к — планулообразная личинка внутри полости клетки-трофамниона.

ми действительно становилась тревожной. Персов говорил, что видел самок стерляди с тотальным заражением икры полиподием. В коллекции препаратов болезней рыб ГосНИОРХа хранится зафиксированный в формалине яичник такой несчастной стерляди из р.Камы, где нет практически ни одной здоровой икринки. Догель даже сравнил угрозу, нависшую со стороны полиподия осетровому стаду, с дамкловым мечом.

Под руководством Догеля в стенах ГосНИОРХа исследованием этой проблемы пришлось заняться и одному из авторов статьи (Е.В.Райковой). Основное внимание уделялось изучению годовичного цикла и паразитических стадий *P.hydriforme*, и новые неожиданные факты не заставили себя ждать. Оказалось, что планула, которую видели в ооцитах (икринках стерляди) и Усов, и Липин, также имеет обратное расположе-

ние зародышевых листков (рис.4, стадии 12, 13). У всех книдарий (в том числе и у паразитических наркомедуз) планула — это стадия свободноплавающей личинки, которая обеспечивает расселение вида. Очень хотелось бы нам найти планулу у выведенных из икринок полиподиев и проследить, как она заражает рыбу, как проникает в ооцит, как выворачивается наизнанку, чтобы поглощать клетками энтодермы желток стерляжьей икринки. Однако оказалось, что все эмбриональное развитие паразита вплоть до личинки происходит в мелких ооцитах младшей генерации, еще не имеющих желтка (рис.4, стадии 10—12 и рис.5, г-к), и стало быть никакой свободноплавающей планулы у полиподия просто не существует. Эмбриогенез длится несколько лет (у остальных книдарий — всего несколько часов!) в соответствии с темпом развития ооцитов рыбы. Начальные стадии *P.hydriforme* внутри ооцитов имеют вид клетки с двумя неравными ядрами (с микро- и макронуклеусом в одной цитоплазме) — прямо как у инфузорий (рис.4, стадия 10; рис.5, г). Все это казалось невероятным, однако и последующие события в эмбриональном развитии полиподия внутри икринок вызвали не меньшее удивление: двуядерная клетка делится и образует две неравные по размеру клетки, причем малая заключена внутри большой. Стадия «клетка в клетке» (рис.5, д-ж) длится до тех пор, пока ооциты не вступают в фазу большого роста. Соответствие стадий развития паразита фазам оогенеза стерляди оказалось идеально строгим. Потом это было проверено и на других осетровых — белуге, шипе, осетре и севрюге. Таким образом, эмбриогенез у *P.hydriforme* — самый медленный среди книдарий; клетка, из которой развивает-

ся зародыш, — самое мелкое и своеобразное яйцо, а стадия личинки — инвертированная и тоже самая длительная⁶.

Поскольку *P.hydriforme* — метазойный внутриклеточный паразит, практически все проблемы, связанные с его изучением оказались в конечном счете цитологическими, а потому мы обратились за помощью к замечательному ученому-цитологу, профессору И.И.Соколову, возглавлявшему тогда лабораторию морфологии клетки в недавно созданном Институте цитологии АН СССР. Соколов был другом Догеля, настоящим исследователем-натуралистом, и никакие трудности объекта, никакие необычные, казавшиеся невозможными, данные не пугали его, а наоборот, вызвали только энтузиазм, который передавался его ученикам и сотрудникам.

Цитофотометрические исследования показали, что в системе «клетка в клетке» внутренняя малая (генеративная) клетка, как и ранние бластомеры (вплоть до 16-клеточной стадии), сохраняют количество ДНК, соответствующее гаплоидному набору хромосом. Это состояние генеративного ядра и ранних бластомеров длится у *P. hydriforme* несколько лет. Диплоидность восстанавливается позже и пока невыясненным способом.

Все паразитические стадии (продукты деления малой клетки) развиваются в полости, образуемой большой клеткой с большим ядром (рис.5, ж—к). Эта клетка-оболочка была названа трофамнионом по аналогии с трофической оболочкой вокруг зародыша у перепончатокрылых⁷ (наездника — паразита

гусениц). Трофамнион *P.hydriforme* — гомолог полярного тельца — полиплоидизируется, при этом концентрация ДНК увеличивается более чем в 500 раз, и в таком состоянии существует несколько лет, защищая и питая зародыш. Разрушается же он лишь незадолго до нереста рыбы. Выяснилось, что именно трофамнион, а не энтодермальные клетки столона, поглощает желток икринки.

Гистологическое исследование свободноживущих полиподиев также принесло интересные результаты. Подтвердились данные Липина о необычности гаметогенеза в гонадах полиподия. Оказалось, что у «мужских» особей (рис.4, стадия 9; рис.5,а) в гонадах (рис.5,б) гаметогенез начинается, как типичный сперматогенез, а затем приобретает черты оогенеза, с двумя редукционными делениями. Во втором делении происходит только кариокинез (т.е. делится только ядро), а цитокинез блокируется и, вероятно, на многие годы. Клетка получается двуядерной, при этом одно ядро сразу же полиплоидизируется и становится макронуклеусом, а другое — остается гаплоидным (рис.5,в). Гонада заполняется двуядерными клетками и закупоривается «крышечкой» (эктодермальной пластинкой, несущей стрекательные клетки) и превращается в гаметофор (рис.5,б).

У «женских» особей (рис.4, стадия 8) гонады — это сложный энтодермальный орган, состоящий из двух яичников с яйцеводами, открывающимися в гастральную полость. Ни мейотических делений, ни каких-либо характерных для яиц дейтоплазматических включений никому из исследователей наблюдать у половых клеток не удалось. Более того, женские гонады оказались нестабильными образованиями: они могут дегради-

ровать сразу после закладки, так и не развившись, могут разрушиться даже тогда, когда все их части уже полностью сформировались.

Удивительная находка была сделана ихтиологом И.И.Смольяновым. Исследуя развитие севрюги на Волге в районе Саратова, он нашел около десятка предличинок этой рыбы, на которые полиподии либо активно откладывали, либо уже отложили свои гаметофоры⁸. Смольянов, к его чести, не только определил незнакомые ему организмы, но и отправил тщательно зафиксированные пробы по нужному адресу для гистологического изучения. Побольше бы таких любознательных и настойчивых исследователей! На срезах удалось увидеть, как происходит процесс заражения рыб: стрекательные капсулы «крышечки» гаметофора выстреливают, при этом сама «крышечка» разрушается, а содержимое гаметофора (двуядерные половые клетки) вступает в контакт с покровами предличинки.

Благодаря этой находке мы убедились в правильности своих предположений и получили много новой информации. Во-первых, исчезли сомнения в том, что половые клетки в гонадах культивируемых полиподиев вполне «нормальные» — они такие же двуядерные, как и в природе. Значит, гаметогенез действительно заканчивается образованием столь необычных двуядерных клеток. Во-вторых, стало очевидным и предназначение гонад, выполняющих функцию гаметофоров. В-третьих, найдено важное звено в цепи событий при заражении рыб: прикрепление гаметофоров полиподия происходит на стадии предличинок, когда покровы будущих осетров еще достаточно нежны.

⁶ Raikova E. V. // J. Parasitol. 1994. V.80. P1—22.

⁷ Raikova E. V. // Cell and Tissue Res. 1980. V.206. P.487—500; Иванова-Казас О.М. Очерки по сравнительной эмбриологии перепончатокрылых. Л., 1961.

⁸ Смольянов И.И., Райкова Е.В. // Докл. АН СССР. 1961.Т.141. С.1271—1274.

Однако много еще неясно. Двухядерные клетки в гаметофорах и те, которые уже проникли внутрь ооцитов стерляди, различаются лишь по величине самих клеток и по концентрации ДНК в большом ядре (рис.5, в и г). Малые ядра на обеих сравниваемых стадиях цикла оказались гаплоидными. Следовательно, развитие полиподия происходит без оплодотворения, т.е. партеногенетически, что очень редко встречается у книдарий, но характерно для других паразитов. Возникла и очень пикантная цитологическая и общебиологическая проблема: развитие нового поколения паразита, заражающего самок осетровых, осуществляется за счет половых клеток, которые образовались в мужской гонаде! Спрашивается, для чего же тогда нужна гонада другого типа с выводными протоками и питающими клетками, которую мы считали женской? Эта загадка не решена и поныне. Вероятно, в ходе эволюции под влиянием паразитического образа жизни у *P.hydriforme* произошла переориентация пола мужских гонад. Женские гонады постепенно перестали давать зрелые яйца и сохранились как рудименты. Развитие пошло по типу партеногенеза на базе мужской гонады. Эта сугубо аберрантная черта в развитии *P.hydriforme* — видоизмененный андрогенез⁹, уникальное явление в животном мире, не описанное в естественных (не экспериментальных) условиях.

Находка Смольянова привнесла много и чисто паразитологических проблем. Если осетровые заражаются еще на стадии предличинки, то сколько же лет проходит, пока паразит займет свое место в ооците? Ведь осетровые растут медленно, и самая быс-

тро созревающая из них стерлядь становится половозрелой лишь в 6—7 лет, а севрюга гораздо старше. Различает ли полип, откладывая гаметофоры на мальков, будущих самок или самцов? В последнем случае развитие, вероятно, приведет в тупик. Кроме того, судя по опыту культивирования и по находкам в природе, полипы созревают примерно к середине лета. В эту пору в Волге как раз и появляются вылупившиеся севрюжки, но ведь основной-то хозяин полиподия — стерлядь, а она нерестится всегда в конце мая, вместе с ее икринками выходят в воду и столоны полиподия (рис.2). Предличинки стерляди вылупляются еще через неделю, когда столон полиподия в воде распадается до появления одиночных полипчиков (рис.3; рис.4, *стадии* 3—5), которые как раз успевают израсходовать весь запасенный желток и только-только начинают свою «книдарную» свободную жизнь, приступая к самостоятельной ловле добычи.

Жизнь свободноживущих *P.hydriforme* также полна загадок. Немного странным кажется их облик. У них нет зонтика (рис.3), но они умеют хорошо парить в воде, медленно передвигаясь по дну, переставляя свои щупальца. Щупальца не окружают венчиком рот, как у других форм, а размещены по бокам, по шесть с каждой стороны: четыре тонких осязательных и два толстых опорных, на концах усаженных множеством стрекательных клеток (рис.3). Неясно, как полипы ориентируются, ведь у них не обнаружено никаких органов чувств, чем питаются в реке. Глотка у них тоже своеобразная — выстлана воротничковыми клетками, что очень характерно для малоподвижных или сидячих животных, например коралловых полипов, но только не для гидроидов.

Необычно и бесполое размножение *P.hydriforme*. Паратомия, т.е. продольное деление, начинается всегда с абсорбального полюса, где закладываются новые щупальца, а ротовой конус разделяется в последнюю очередь, что другим книдариям не свойственно. Образовавшиеся после деления две сестринские особи получают с одной стороны старый комплект щупалец, а с другой, со стороны борозды деления, — шесть новых. В связи с этим полиподии всегда в той или иной степени асимметричны (рис.3). Основная форма — 12-щупальцевые особи (рис.4, *стадия* 5), но если деление запаздывает, появляются 24-щупальцевые (рис.4, *стадия* 6), а если новые щупальца почему-либо не закладываются, что обычно бывает перед гибелью, то получают 6-щупальцевые полипы (рис.4, *стадия* 7).

Таким образом, перечисленные аберрантные черты организации полиподия явно не укладываются в характеристику класса *Hydrozoa*. В то же время его паразитический образ жизни и черты эмбрионального развития, принцип архитектоники столона и свободноживущих форм, гомология осей тела, строение щупалец, а также одинаковый, по классификации Р.Вейла¹⁰, тип стрекательных капсул свидетельствуют в пользу родства полиподия с наркомедузами. И наконец, как мы уже отмечали, у *P.hydriforme* ярко выражены «протозойные» черты, сходные с организацией как инфузорий, так и миксоспоридий (*Myxozoa*), которых раньше относили к простейшим.

В последние годы много внимания уделяется филогенетическим отношениям миксоспоридий и книдарий. Еще

⁹ Райкова Е.В. // Цитология. 1985. Т.27. №4. С.391—401.

¹⁰ Weill R. // Trav. stat. Zool. Wimereux. 1934. V.10—11. P.1—701.

в 1938 г. Вейл предположил, что миксоспоридии — это редуцированные книдарии¹¹. Более полувека спустя М.Э.Сиддал с коллегами, изучив молекулярные характеристики последовательностей 18S РНК миксоспоридий и полиподия (использовался и присланный нами *P.hydriforme*), убедились в том, что это — сестринские группы¹². Подтвердилось это и в большой работе по изучению филогении многоклеточных животных, основанной на анализе 18S рибосомной ДНК¹³. В результате же других молекулярных исследований, в которых миксоспоридий сравнивали с книдариями (но не с полиподием), выявлено сходство миксоспоридий с двусторонне-симметричными животными¹⁴ (*Bilateria*).

Действительно, из-за паразитического образа жизни у *P.hydriforme* много общего с миксоспоридиями. Изложение этой проблемы заслуживает однако специальной статьи, которая уже готовится к печати. Мы стремились показать, что, хотя во всех современных учебниках полиподий и считается наркомедузой, у него достаточно своих абберрантных черт, выводящих его даже за рамки класса гидроидных (*Hydrozoa*). Радиально симметричные стрекательные клетки у полиподия весьма своеобразны. Книдоциль (чувствительный волосок) расположен над крышечкой

ядовитой капсулы, а не рядом с ней, как у остальных книдарий; стрекательная нить у большинства капсул снабжена шипами¹⁵ (по принятой классификации Вейла они рассматриваются как капсулы с гладкой нитью).

В мезоглее (студенистом веществе между экто- и эндодермой) полиподия обнаружены нехарактерные для гидроидов структуры: внеклеточные микротрубочки¹⁶, амебоциты (бесцветные подвижные клетки, защищающие организм от инородных частиц, подобно лейкоцитам позвоночных животных), которые не долговечны и быстро гибнут; а также нервные элементы¹⁷. Кроме того, мышечная система полиподия, и только у него одного, представлена лишь самостоятельными гладкими мускульными клетками, лежащими в мезоглее¹⁸.

Итак, какое же положение должен занять *P.hydriforme* в системе типа *Cnidaria* в настоящее время? Правильно установить систематическую принадлежность животного так же важно, как определить место химического элемента в системе Менделеева. Базируясь в основном на данных собственных исследований и сравнивая их с литературными, мы согласны с тем, что *P.hydriforme* и *Mухозоа* — это сестринские группы. На наш взгляд, они вместе с паразитическими наркомедузами могут представлять собой отдель-

ный таксон паразитических книдарий в ранге класса, эволюция которого под влиянием паразитического образа жизни шла по пути упрощения.

* * *

Нерешенных проблем еще очень много, остаются невыясненными многие загадки на стыке фундаментальных исследований по цитологии, паразитологии, эмбриологии, эволюционной морфологии.

За последние двадцать лет *P.hydriforme* был обнаружен в икринках осетровых рыб Нового Света. Очень бы хотелось сравнить «наших старосветских» полиподиев с их океанскими собратьями, тем более что виды осетровых там совсем другие, а паразиты в их икре морфологически неотличимы. Заодно неплохо бы разобраться и с определением видов у наших собственных полиподиев из разных водоемов и разных хозяйств — стерляди, осетра, севрюги, шипа и белуги, обитающих в бассейнах Каспия, Амура, Арала, в сибирских реках. Мы понимаем, что нужно торопиться, ибо численность осетровых быстро сокращается и отнюдь не по вине полиподия, а от загрязнения наших морей и рек, хищнического вылова и вопиющей бесхозяйственности. Уже сейчас в Астрахани не всегда увидишь осетра, а тем более белугу, и найти подходящих рыб для сбора полиподия становится все труднее. Но мы полны энтузиазма, и нам бы очень хотелось разгадать тайну *P.hydriforme* как можно скорее.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант № 97-04-48988. ■

¹¹ Weill R. // Trav. Stat. Zool. Wiméreaux. 1938. V.13. P.727—744.

¹² Siddall M.E., Martin D.S., Bridge D. et al. // J. Parasitol. 1995. V.81. P.961—967.

¹³ Zrzavy J., Mihulka S., Kepka P. et al. // Cladistics. 1998. V.14. P.249—285.

¹⁴ Smothers J.F., Dohlen C.D. von, Smith L.H.Jr., Spall R.D. // Science. 1994. V.265. P.1719—1721; Schlegel M., Lom J., Stechmann A. et al. // Arch. Protistenkunde. 1996. Bd.147. S.1—9.

¹⁵ Raikova E.V. // Zoologica scripta. 1990. V.19. P.1—11; Ибрагимов А.Ю. // Цитология. 1999. Т.41. С.200—209.

¹⁶ Raikova E.V., Napara T.O. // 7-th Workshop on Hydroid development. Evangelische Akademie Tutzing. 22—25 Sept. 1997. P.99.

¹⁷ Napara T.O. // 7-th Workshop on Hydroid development. Evangelische Akademie Tutzing. 22—25 Sept. 1997. P.98.

¹⁸ Райкова Е.В., Напара Т.О. // Цитология. Т.41. №5. С.425—431.

Звездная летопись цивилизации

А.В.Кузьмин

*Институт истории естествознания и техники РАН
Москва*

На генеральных ассамблеях Международного астрономического союза (1922, 1925, 1928) были приняты ключевые решения, определившие список созвездий и их современные границы на карте звездного неба. В результате карта лишилась живописных образов и стала состоять из очерченных линиями площадок. Эти линии были направлены по небесным параллелям и кругам склонения, соответствовавшим равноденствию 1875 г. Хронологически реформа совпала с радикальными преобразованиями в астрономии, космологии и физике. Взгляд в прошлое позволяет утверждать, что это не случайное совпадение, а закономерность, связывающая принятый, канонизированный вид звездной карты с представлением людей об их месте в окружающем мире.

Звездная карта: степени познания

Познание звездного неба — неотъемлемая часть мировой культуры, затрагивающая многие, порой совершенно разноплановые области че-

ловеческой деятельности — от собственно астрономии до истории искусств.

Формирование уклада общественной жизни шло под влиянием не одного только климатического, но и астрономического фактора — периодически наблюдаемых небесных явлений. Последние, будучи естественными индикаторами сезонных климатических изменений, становились основой религиозно-культовых систем, в свою очередь представлявших собой идеологический фундамент системы общественной. Связь между небесными явлениями и погодой в коллективном сознании людей древнего мира возводила первые в ранг сверхъестественного божественного закона, который определял жизнь природы и общества. Толкователи этого закона играли в социуме организующую роль, ибо благодаря своим знаниям они становились в представлении народа проводниками воли обоженных небесных светил. Именно такие люди осмысливали на доступном им уровне природные феномены и строили соответствующую картину мира.

Картина мира на определенной степени развития включает в себя некое обоб-

щенное, целостное представление людьми данной эпохи своего места в окружающем мире. Оно может рассматриваться в качестве ключевой характеристики эпохи и находит в структуре и символике звездной карты специфическое отражение.

По данному признаку логично выделить шесть основных стадий развития естественнонаучной картины мира: I — предантропоцентризм, II — антропоцентризм, III — топоцентризм, IV — геоцентризм, V — гелиоцентризм и полицентризм, VI — современный этап, по сути отказ от всякого центризма. Каждому из названных этапов отвечает определенный вид карты неба. Хронология формирования звездной карты, ключевые понятия, исторические реалии и имена также удобно группировать в шесть пунктов. Отметим, что эпохи I и II относятся к дописьменному периоду истории, поэтому звездная карта могла быть зафиксирована только в устной традиции и материальных памятниках индоевропейской культуры 6–4-го тысячелетий до н.э., в предметах неолитического и нижне-палеолитического искусства.

I. Предантропоцентризм (до 6-го тысячелетия до

н.э.): эпоха матриархата, лунарные мифы, «медвежий» культ, культ предка. На этом хронологическом этапе происходит выделение Большой Медведицы и других древнейших семизвездий, а также символическое деление неба на три мира: водный, земной и воздушный.

II. Антропоцентризм (6—4-е тысячелетия до н.э.): культы близнецов и коня, зачатки солнечных религий. Появляется квартет Близнецов (начинают определять звездные маркеры, фиксирующие положения Солнца в точках, где оно находится в разные времена года: весной — Близнецы, летом — Дева, осенью — Стрелец, зимой — Рыбы).

III. Топоцентризм (3-е тысячелетие до н.э. — первая половина 2-го тысячелетия до н.э.): *Имхотеп* (ок. 2750 г. до н.э.), *Великие пирамиды*, *Сфинкс*, *египетский календарь*, *эламская и минойская культуры*, культы *Быка и Льва*, *солнечные религии*. Возникает квартет Тельца (определяются новые звездные маркеры точек весны, лета, осени, зимы — Телец, Лев, Скорпион, Водолей).

IV. Геоцентризм (вторая половина 2-го тысячелетия до н.э. — начало 1-го тысячелетия н.э.): *храм Луксора* (ок. 1380 г. до н.э.), *храм Амона в Карнаке и Абусимбельский храм* (ок. 1250 г. до н.э.), *Евдокс* (ок. 408—355 гг. до н.э.), *Арат* («Феномены» — ок. 275 г. до н.э.), *Аристотель* (ок. 384—322 гг. до н.э.), *Гиппарх* (ок. 150 г. до н.э.), *Птолемей* («Альмагест» — ок. 150 г. н.э.). Добавляется квартет Овна (Овен, Рак, Весы, Козерог) и образуется двенадцатеричный Зодиак, что видно на звездной карте «по Арату», основанной на источнике примерно 1900 г. до н.э.

V. Гелиоцентризм и полицентризм (конец XV — XIX в.): *Н.Коперник*, *И.Кеплер*, *Г.Галилей*, *И.Ньютон*. Созданы

первая печатная карта А.Дюрера (1515), звездный глобус Г.Меркатора (1551) и звездные атласы И.Байера (1603), Я.Геллия (1687), Н.Лакайля (1764), И.Бодэ (1801), Ф.В.Аргеландера (1843), Б.А.Гулда (1877).

VI. Отказ от центризма (XX в.): *А.Эйнштейн*, *А.А.Фридман*, *Э.Хаббл*. Утверждены современные границы созвездий (I—III съезды МАС, 1922—1928). Символические изображения созвездий убраны с карт, но традиционные наименования звездных групп сохранены.

Первые шаги

Завершенные системы астральных символов, к которым, в частности, относятся зодиакальные квартеты¹, можно определить как группу абстрактных символов, которые выражают представление наблюдающих небо и природу людей об их собственном месте в окружающем мире на определенном этапе развития человеческой цивилизации.

Начиная с эпохи нижнего палеолита и до завершения неолита (приблизительно до начала 6-го тысячелетия до н.э.) человек в силу объективных причин отождествлял себя с частью окружающей его природы. Еще не выводя себя за рамки единого мира живых существ, люди не искали или по крайней мере не формулировали понятия «центр», а просто ощущали себя *частью целого*. Поэтому можно определить это время как эпоху, предшествующую возможности человека отождествить себя с центром (в смысле модели

¹ Зодиакальные квартеты — группы из четырех созвездий Зодиака, определяющих положения Солнца в дни зимнего и летнего солнцестояний и весеннего и осеннего равноденствий. Подробнее см.: Гурштейн А.А. Минувшие цивилизации в зеркале Зодиака // Природа. №10. 1991. С.57—71.

мира), — эпоху предантропоцентризма.

В эпоху предантропоцентризма сделан первый шаг на долгом пути построения карты неба — небо символически разделили по подобию сложившихся представлений о природе на три мира: мир воздуха (небо, птицы), мир земли (суша, земля, наземные животные и растения), мир воды (река, море, рыбы). Примерно тогда же (предположительно², около 14-го тысячелетия до н.э.) практически везде, где только еще зарождались человеческие сообщества, произошло выделение самого заметного, всегда наблюдаемого в средних широтах Северного полушария Земли семизвездного «иероглифа» — созвездия Большой Медведицы. Отождествление этого созвездия с медведем совсем не случайно. Медведь гораздо ближе других животных по среде обитания, внешнему облику (способности передвигаться на задних лапах), особенностям питания к древнему человеку. Это сходство и способствовало приравниванию медведя к человеку, его тотемизации. Он повсеместно почитался в качестве главного предка и священного покровителя пещерного человека. Английское название медведя bear совпадает с глаголами «рождать, носить, поддерживать». То же и в немецком: Bär — медведь, gebären — рожать. Во многих языках сакральная миссия медведя отражена в запрете произносить его имя. Например, в русском языке отсутствует прямое имя медведя, его роль с давних времен выполняет косвенное, иносказательное прозвище «медведь» = «мед ведающий». Именно к эпохе предантропоцентризма относятся обнаруженные в местах обитания

² Гурштейн А.А. Небо поделено на созвездия в каменном веке // Природа. 1994. №9. С.60—71.

древнего человека ритуальные захоронения медведей³.

В эпоху перехода от нижнего палеолита к неолиту, наблюдая Луну, люди определили лунный месяц и его четвертую часть — семидневную неделю как единицу календарного счета времени. Семь дней недели были соотнесены с семью яркими «блуждающими светилами» — планетами, ближайшими к Земле. Вслед за Большой Медведицей были выделены и другие звездные группы, в основе которых, в особенности на более ранних этапах, присутствовало характерное семизвездие. В совокупности с вышеупомянутым семидневным лунным (недельным) циклом это, по видимому, стало главной причиной сакрализации числа 7.

Основой следующей стадии антропоцентризма стал культ близнецов, зародившийся еще в недрах эпохи предантропоцентризма. Связь божественных Близнецов и культа коня прослеживается в совпадающих ритуалах (принесение коня в жертву и захоронение его вместе с человеком) во всех древних индоевропейских традициях и позволяет дать хронологическую, а порой и пространственную привязку индоевропейского мифа о Близнецах.

Образы эпохи воплощены и в сформированной в тот период карте неба, а именно — в выделении на небосводе четырех созвездий, составляющих зодиакальный квартет Близнецов. Другие зодиакальные созвездия были отмечены и зафиксированы много позже⁴.

На протяжении 6—4-го тысячелетий до н.э. человек выделил себя из окружающего мира — определил понятие четырех сторон света. Это

можно проделать, только отождествив свое собственное положение с центром. Поэтому мы и дали этой эпохе название «антропоцентризм». Квартет Близнецов, за исключением Рыб, составляют антропоморфные символы: Близнецы обычно изображаются как мужчина и женщина; Дева — как женщина или колос; Стрелец — мужчина или... конь. Единственное созвездие названного квартета, составляющая его «водного слоя», — Рыбы, символ смерти и возрождения. Одна рыба плывет по течению — мертвая, вторая против течения — живая. Все названные четыре символа дуальны. Женщина и колос — сбор диких злаков и первые опыты земледелия. Мужчина с луком и конь — охота, приручение лошади.

Центральное место во всех этих символических фигурах занимает человек. Даже значение символа Рыб можно трактовать как попытку человека осознать или сформулировать понятия жизни и смерти, что опять ставит в центр самого человека, точнее — проблемы его сознания, определившиеся на этом этапе развития параллельно с выделением главных задач его хозяйственной деятельности. Символика квартета Близнецов представляет четкое проявление антропоцентричного менталитета людей 5—4-го тысячелетий до н.э.

Звезды на службе

Главные итоги антропоцентрического этапа — создание основ земледельческой культуры и письменности. Общественная жизнь в следующем, 3-м тысячелетии до н.э. базируется на мощной государственной власти, которая объединила разрозненные до той поры коллективные сообщества. Это, в частности, способствовало принятию новых

идей, связанных с иной мировой моделью — этническим топоцентризмом.

Антропоморфные символы, ведущий из которых — символ Близнецов, уходят на второй план, господствующими же становятся символы Льва и Быка. Первый из них был призван символизировать царскую (государственную) власть, второй — основу благосостояния нации — сельское производство и его главную часть, земледелие.

Эти важнейшие символы, относящиеся к основным сферам деятельности людей той эпохи, находят свое место в продолжающей совершенствоваться небесной карте. Они обозначают собой две важные звездные группы: одна служит для нахождения точки, занимаемой Солнцем в момент весеннего равноденствия (главный ориентир начала хозяйственного года), другая определяет точку летнего солнцестояния — время максимальной высоты Солнца в полдень, апофеоз лета.

Итак, на рубеже 3-го тысячелетия до н.э. на звездной карте выделяются созвездия квартета Тельца. Образ же человека сохраняется только в одном маркере-созвездии — Водолее, отвечающем точке зимнего солнцестояния — смерти и возрождению. (Заметим, что в квартете Близнецов, наоборот, именно зимнему периоду соответствовал единственный неантропоморфный символ.) Новое созвездие в полной мере сохраняет двойственность предыдущего символа — созвездия Рыб. Человек держит в руках два сосуда, из которых струится вода: из одного сосуда — живая, из другого — мертвая. Таким образом, идея смерти и возрождения на новом этапе по-прежнему присуща звездному маркеру зимнего солнцестояния, как это было прежде.

Далее следует Телец, символ плодородия, — созвездие,

³ Shepard P., Sanders B. The Sacred Paw. The Bear in Nature, Myth, and Literature. N.Y.; L, 1985.

⁴ Gurshtein A. A. // *Vistas in Astron.* 1993. V.36. P.171—190.

теперь посещаемое Солнцем в весеннее равноденствие. Созвездие Льва — новый маркер летнего солнцестояния, летний апофеоз и знак царской власти. Завершает свой годовой цикл природа символом осеннего равноденствия — Скорпионом, оплодотворяющим ее и погибающим. А затем снова возвращается Водолей, самая южная точка неба — точка зимнего солнцестояния. Мертвая вода Водолея — смерть, очищение и преобразование, живая вода — начало новой жизни.

Появление квартета Ближнецов свидетельствует: люди уже обнаружили солнечный путь на фоне звезд. Заменяли эту схему на новый квартет потому, что осознали — солнечный путь (его кардинальные точки) постепенно меняет свое положение на фоне звездных маркеров. Это наблюдение можно считать первым шагом на пути открытия астрономического феномена прецессии.

Конец 3-го и все 2-е тысячелетие до н.э. — эпоха создания большого числа мегалитических сооружений. Известнейшее среди них — Стоунхендж — возводилось, по данным ряда исследований, на протяжении всего 3-го и значительной части 2-го тысячелетия до н.э., причем его характерный облик в основном сформировался к XIX в. до н.э. В инженерной основе таких построек лежит совершенное знание так называемой горизонтной астрономии, ибо определяемые ими направления указывают особые точки восходов и заходов Солнца и Луны на горизонте. Это подтверждает точную привязку наблюдателей к данному месту Земли, подчеркивая тем самым уникальность, неповторимость каждого из сооружений, при общей реализованной в них идеи синтеза календаря, часов, храма и обсерватории.



Знаки Зодиака — Водолей и Телец (Германия, XVI в.).

Изучение Стоунхенджа показало, что его создатели обладали знаниями особенностей движения и Солнца, и Луны вблизи горизонта не только в разные сезоны года, но и на протяжении цикла возвращения «высокой» и «низкой» Луны (это еще и открывало возможность предсказаний затмений).

Расширение межэтнических связей неизбежно способствовало формированию геоцентрической модели мира, объединяющей множество этноцентрических идей в представление о единой Земле. Помогали этому и данные астрономических наблюдений, проводившихся в разных географических регионах Земли. В результате создавалась и распространялась единая система небесных и географических (земных) координат, ибо небесные и земные карты, как известно, взаимобусловлены.

Высказанное предположение подтверждается исследованиями астрономических данных, изложенных в поэме Арата из киликийского г. Сол «Явления» (ок. 275 г. до н.э.)⁵, причем основополагающие

элементы экваториальной системы небесных координат — экватор и тропики — вполне могли быть найдены еще ок. 1900 г. до н.э.

Арат в «Явлениях» использовал более раннее описание небесной сферы, что следует из анализа конкретных указаний на взаимные положения звезд и ее кругов. Эти положения меняются со временем из-за прецессии земной оси. Зная, где относительно тропика или экватора располагалась та или иная звезда, можно точно определить эпоху, когда это наблюдалось и было зафиксировано. Таким образом, удастся достоверно датировать первоисточник и соответственно время, не позднее которого была известна данная экваториальная система небесных координат. Кроме того, широтное расположение места наблюдений задает зону невидимости. Некоторые звезды Южного полушария для наблюдателя неба северных широт невосходящие и, естественно, в описании их нет. По величине зоны невидимости можно судить о широте места наблюдения.

Ряд независимых исследований показали сходные результаты. Е. Маундер (1909) датировал первоисточник

⁵ Арат. Явления (небо, наука, поэзия). М., 1992.

2500 г. до н.э., А.Кромеллин (1923) — 2460 г. до н.э., М.Овенден (1966) — ок. 2600 г. до н.э., А.Рой (1984) — ок. 2000 г. до н.э., С.В.Житомирский (1997) — ок. 1800 г. до н.э. Широтное расположение наблюдателя⁶ относится к 36° с.ш.

Эпоха написания поэмы Арата отмечена широким распространением этноастрономических памятников типа Стоунхенджа. В нашем веке открыто множество святилищ-обсерваторий (Вудхендж — тоже в Англии, Аркаим — на Южном Урале, курган Савин — на р.Тобол и др.), определяющих ориентиры для фиксации точек горизонта, где происходили восходы и заходы Солнца в моменты стояний и равноденствий. Заметим, что эти важные точки горизонта имеют непосредственное отношение к небесному экватору и тропикам. Через точки восхода и захода Солнца в равноденствия проходит небесный экватор, а в летнее и зимнее солнцестояния — небесные тропики, соответственно северный и южный (в Северном полушарии Земли). Таким образом, создается экваториальная система небесных координат и открывается прямая дорога к идентичной системе координат географических, которая, вообще говоря, является зеркальным отражением первой на поверхности Земли.

Знание экваториальных и тропических созвездий могло служить надежным навигационным средством. Часть поэмы «Явления» с приметами перемен погоды существенно обогащает источник, становясь по сути полным сводом сведений для людей, постоянно меняющих местопребывание, например для мореплавателей. Связь источника поэмы

с горизонтной астрономией особенно подтверждается ее второй частью, которая целиком посвящена одновременным заходам и восходам созвездий.

Скорее всего, первоисточник был несколько скорректирован ок. 400 г. до н.э., а неприкосновенность текста в первоизданном виде в течение предыдущих 1500 лет объясняется религиозно-культурным значением астрономических обобщений, возведенных жрецами в ранг незыблемого канона.

Остров Крит: прародина небесных кругов?

Итак, район наблюдений описанного Аратом неба находился в области 36° с.ш., т.е. севернее мест, где в то время (рубеж 3—2-го тысячелетий до н.э.) располагались известные развитые цивилизации — шумерская и древнеегипетская. Кому же принадлежат эти наблюдения?

В районе 36-й параллели (немного южнее) находится о.Крит, где тогда процветало государство — носитель высоко развитой минойской культуры, достоверных свидетельств о научных достижениях которой в настоящее время еще нет. Последнее утверждение не может отрицать, с одной стороны, возможности новых открытий (иероглифическая письменность Крита до сих пор не расшифрована), с другой — переосмысления уже имеющихся археологических данных.

Как культурная группа минойцы появляются ок. 2500 г. до н.э. Около 2000 г. до н.э., в среднеминойском периоде, начинается процесс урбанизации, строятся первые дворцы, города Кносс, Маллия, Фест и др. Расширяется заморская торговля. Пика развития эта цивилизация достигла

в конце среднеминойского и начале позднеминойского периода, в XVIII—XV вв. до н.э., когда Крит контролировал юг Эгейского моря и множество островных поселений. Великолепие минойской культуры поражает современного человека. Хотя многие ее признаки отмечены на территории современных Анталии, Египта, Сирии, критская цивилизация не только представляет самостоятельное явление, но во многом превосходит культуру других древних государств.

Кроме того, в 23' к северу от 36-й параллели расположен о. Санторин (древнее название — Тира), покинутый жителями в результате сильнейшего извержения вулкана ок. 1400 г. до н.э. 36-я параллель в точности проходит также по южной части о.Родос. Эти и еще несколько небольших островов данного географического региона вполне подходят на роль того самого места, где в начале 2-го тысячелетия до н.э. сложился источник, содержание которого известно нам в изложении Арата.

Цивилизация о.Крит представляет в данном случае особый интерес из-за определенных хронологических и символических аналогий, говорящих о близости минойской и древнеегипетской культур. В частности, культы Быка и Льва, известные из археологических данных как на Крите, так и в Египте, несомненно, связаны с определением точек весеннего равноденствия и летнего солнцестояния⁷.

К концу 1-го тысячелетия до н.э., после окончательного выделения двенадцатеричного Зодиака и создания единой системы небесных координат, именно здесь математическое по сути понятие знака Зодиака определилось как 1/12

⁶ Житомирский С. В. «Явления» Арата. Датировка и анализ первоисточника // Дракон и Зодиак. М., 1997. С.51—69.

⁷ Roy A. E. // Vistas in Astron. 1984. V.27. P.171—197.

часть окружности, что было продиктовано потребностью в точных наблюдениях. Гиппарх Родосский (ок. 150 г. до н.э.), обобщив имеющиеся данные, проведя собственные систематические наблюдения и сравнив найденные им положения звезд с таковыми из других каталогов, впервые дал научное описание предварения равноденствий⁸.

Определения циклов планет, первые известные записи о которых относятся к старовавилонскому периоду вавилонской астрономии⁹, через 300 лет после Гиппарха были приведены в математической модели Птолемея (ок. 150 г. н.э.).

Создание указанных теоретических обобщений мы хронологически связываем с окончательным становлением геоцентрической системы мира, сохранившей свое господствующее положение в системе знаний до начала XVII в. Гелиоцентрическая модель была окончательно обоснована и принята только благодаря открытиям Кеплера, отказавшегося от доминировавшей в прежние века идеи совершенства движения тел по идеальной окружности.

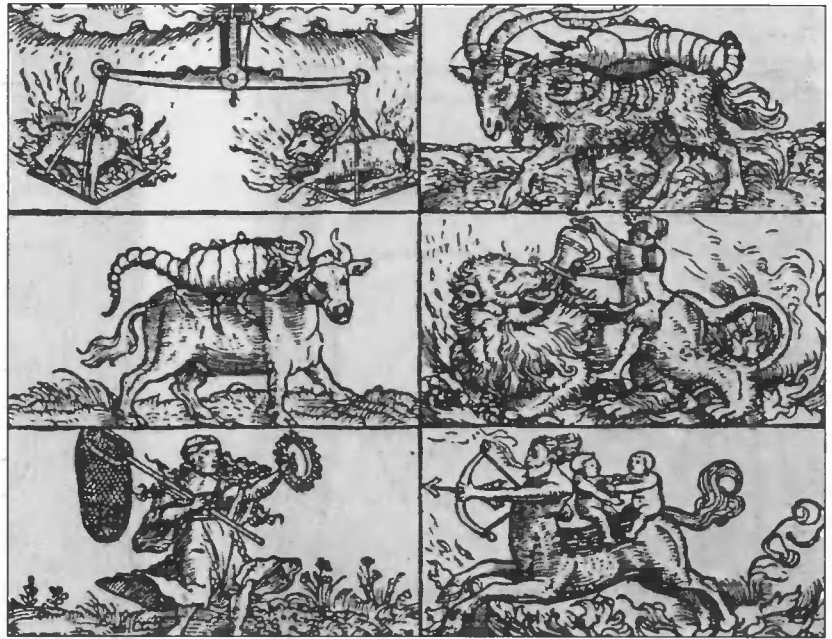
От гелиоцентризма — к расширяющейся Вселенной

Кеплером была поставлена и решена ключевая задача: вплести теорию Коперника о вращении Земли вместе с другими планетами вокруг Солнца¹⁰ в ткань современной ему науки. Эпохальной можно назвать саму мысль о том, что

⁸ Предварение равноденствий — опережение наступления весеннего равноденствия по отношению к предыдущему году.

⁹ Варден Б. ван дер. Пробуждающаяся наука II: Рождение астрономии. М., 1991.

¹⁰ Идеи Коперника были развиты Дж.Бруно, который осознал, что наше Солнце — это всего лишь одна звезда из бесчисленного множества. Так практически одновременно с гелиоцентризмом родился полицентризм.



Пары противоположных знаков Зодиака (с немецких табличек, 1624 г.).

на самом деле планеты не движутся по идеальным круговым орбитам. Ранее круг воспринимался как самая совершенная фигура, к которой стремится все на свете. Это древнейшее заблуждение было растворено во всех областях человеческой деятельности. Сколько, к примеру, архитекторов трудилось над проблемой центрического храма, идеально круглого купола! Кеплер же в «Новой астрономии» (Прага, 1609) представил свои эллипсы и тем самым скорректировал всю небесную механику.

За шесть лет до выхода «Новой астрономии» появился звездный атлас Байера, впервые целостно дающий концепцию небесной карты в ее современном виде.

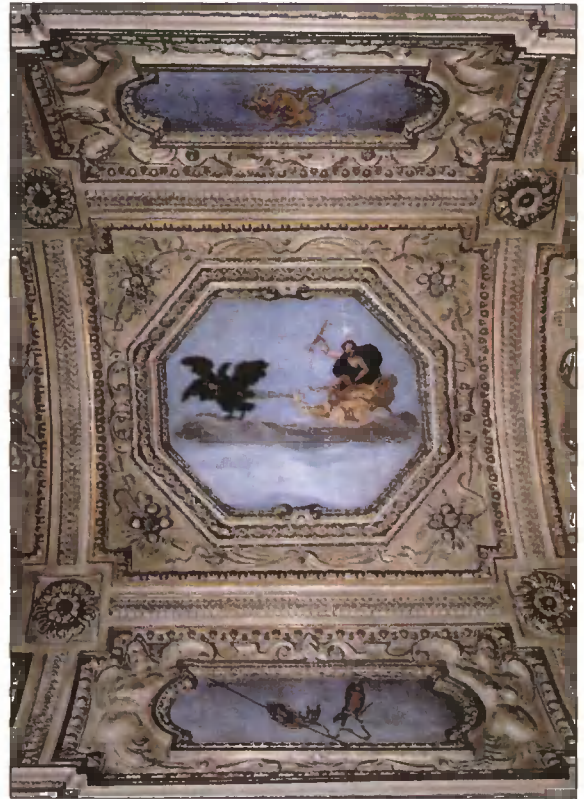
Атлас Байера содержит графические созвездия и изображения звезд, обозначенные греческими и латинскими буквами и нанесенные на сетку небесных координат. Небо представлено там в прямом изображении — как мы его видим с поверхности Земли. В атласе

Гевелия (1687) изображения звездных конфигураций зеркальные, какими они предстают взору наблюдателя, разглядывающего поверхность звездного глобуса. Звездный каталог атласа Гевелия включает сведения о блеске звезд наряду с информацией о связи небесных объектов с греческими легендами и мифами.

В атласе Байера впервые появляются созвездия, отразившие новые символические образы, которые возникли под воздействием географических открытий и путешествий европейцев в Южное полушарие Земли. Таким образом, по звездной карте можно узнать о новых аспектах человеческой деятельности, но при этом старые астрономы, свидетели прежних эпох, все сохраняются. (То, что подавляющее число этих созвездий остались на карте до наших дней, доказывает тезис об устойчивости астрономов.)

Появление новых созвездий в атласе Гевелия демонстрирует также желание заполнить оставшиеся нетронуты-





Астральные сюжеты в росписи плафонов. Художник Б.дель Бианко. (Замок Вальдштейн, Прага, XVII в.)
 В центре каждого плафона — аллегорическое изображение одной из семи традиционных астрологических планет, по краям — изображения соответствующих им знаков Зодиака (их дома с точки зрения астрологии):
 Луна — Рак;
 Меркурий — Дева (вверху) и Близнецы;
 Венера — Весы (вверху) и Телец;
 Солнце — Лев;
 Марс — Скорпион (вверху) и Овен;
 Юпитер — Стрелец (вверху) и Рыбы;
 Сатурн — Козерог (вверху) и Водолей.
 Фотографии из книги М.Шпрек «Praga mysteriosa» (Praba, 1996).





Карта северной области неба (атлас Б.Бодэ, конец XVIII в.).

ми пространства звездной сферы за счет созвездий весьма малых размеров (таких, как Лисичка, Муха) и созвездий, не содержащих ярких звезд (Единорог, Рысь). Это обстоятельство косвенно подтверждает идею поэтапного формирования двенадцатеричного Зодиака и особенно его последнего, завершающего шага — выделения в небе зодиакального квартета Овна (Овен, Рак, Весы, Козерог). Созвездия этой четверки также невелики по размерам и не содержат ярких звезд. В атласе Гевелия просматривается некоторый возврат к образам греческой мифологии и другим аллегорическим сюжетам.

Появление на карте неба Ж.де Лаланда в 1799 г. созвездия Кошки, отсутствующего на современной звездной карте, — также интересный пример потребности человека по-

мешать на небе что-то из повседневной жизни.

Через 100 лет после начала наблюдений с помощью телескопа был создан первый телескопический звездный каталог Дж.Флемстида, изданный в 1725 г. уже после смерти автора. Каталог стал частью «Британской истории неба» (1725).

Возникновению на карте большого числа созвездий с символами научных приборов мы обязаны Лакайлю, исследовавшему южное небо (1752). Это, с одной стороны, также свидетельствует о символическом отражении в новых астрономиях самой работы автора, с другой — косвенно демонстрирует сложившееся к тому времени понятие о науке как об отдельной самостоятельной сфере деятельности людей. Отчасти этим можно объяснить окончательное ис-

чезновение со звездных карт христианских и подавляющего числа «придворных» сюжетов, которые тогда полностью утратили популярность среди астрономов. Но скорее такое исчезновение вызвано тем, что новыми наименованиями пытались заменить уже устоявшиеся названия ярких звездных групп, — если бы ими обозначали еще незанятые участки неба, то шансов сохраниться у них было бы значительно больше. Это еще одна демонстрация устойчивости древнейших астрономов.

Начало XX в. ознаменовалось открытиями в области естествознания, полностью изменившими представления об устройстве нашего мира. Метагалактика — вся наблюдаемая астрономическая Вселенная как целое — стала описываться однородной и изотропной релятивистской космологической моделью.

Первая релятивистская космологическая модель была предложена Эйнштейном (1917). В 1922 г. российский физик, геофизик, космолог Фридман получил серию нестационарных релятивистских космологических решений, соответствующих равномерному расширению или сжатию Галактики.

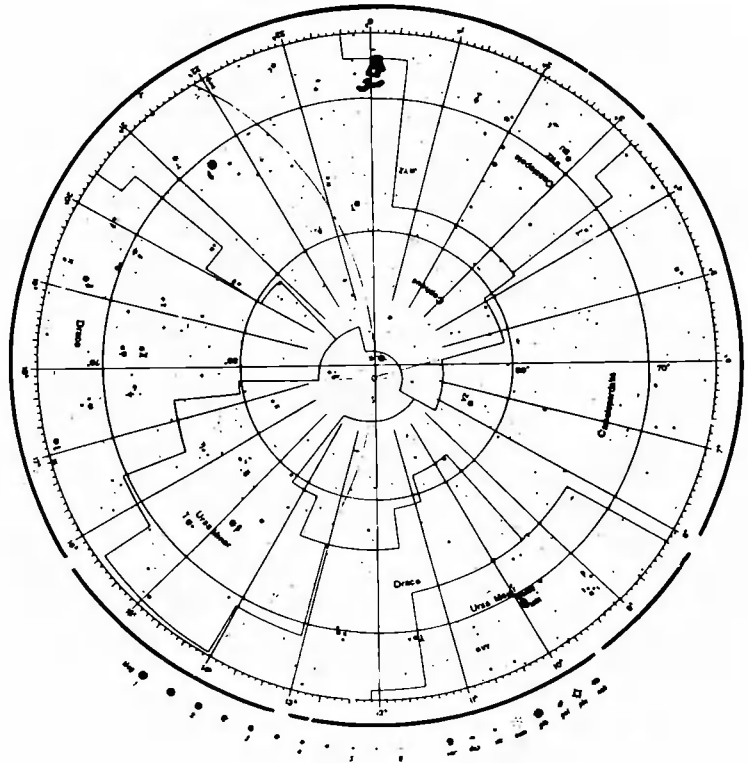
Несколькими годами позднее (1929) американский астроном Хаббл, сопоставляя наблюдаемое систематическое доплеровское «покраснение» далеких галактик с их расстояниями до нас, установил, что галактики равномерно удаляются от нашей Галактики и друг от друга, следовательно, вся наша Метагалактика равномерно расширяется.

Эти открытия, прежде всего радикально преобразовавшие астрономию, космологию и физику, обозначили переход от гелио- и полицентрической модели к полному отказу от всякого центризма. Данное событие по значению можно сравнить с появлени-

ем «Новой астрономии» Кеплера, утвердившей в свое время гелиоцентрическую модель мира.

Особенно примечательно, что, как и в начале XVII в., в начале XX в. преобразование астрономической картины мира сопровождалось параллельно происходящей модификацией звездной карты. Список и точные границы созвездий были утверждены, как говорилось выше, на первых трех съездах МАС, а окончательный результат (современная звездная карта) был опубликован в Лондоне в 30-м. Обе важные даты последнего значимого этапа создания звездной карты совпали с годом издания трудов Фридмана и временем подтверждения его теоретических моделей наблюдениями Хаббла.

Главное отличие современной звездной карты от карты Байера (разумеется, кроме ее более высокой точности) — замена очертаний прежних изолированных фигур созвездий их точными границами при сохранении традиционных, порой древнейших названий и в целом издревле закрепленных за ними площадей. Правда, в начале века звучали и голоса в пользу полного упрощения — отказа не только от фигурных изображений, но и от традиционных названий созвездий с заменой их прежних границ равными прямоугольными площадками — но поддержки не нашли. Этот факт вновь продемонстрировал стойкость астрономов, преемственность древнейшей традиции. Что же представляет собой современная звездная карта? Последняя реформа утвердила список из 88 созвездий и «покрыла» ими без остатка всю звездную сферу. Границы созвездий на картах проведены линиями вдоль небесных параллелей и кругов склонения



Карта северной области неба (равноденствие 2000 г.). Штрих-пунктирная линия показывает примерный путь Северного полюса мира среди звезд согласно современной модели прецессии. Границы созвездий, проводимые в направлении север—юг, пересекаются в точке Северного полюса равноденствия 1875 г. (P).

относительно координатной сетки, соответствующей равноденствию 1875 г. Вследствие прецессии координатная сетка со временем смещается, и границы созвездий перестают совпадать с направлением кругов склонения и небесных параллелей. В атласах последующих эпох они будут иметь постепенно увеличивающийся перекос, уже сейчас отчетливо заметный вблизи полюсов. Звезды, в особенности те, что с самого начала располагались рядом с границей, могут изменить свой звездный дом, оказавшись из-за собственного движения в со-

седнем созвездии. Но это явление крайне редкое и происходит только с едва заметными звездами, ибо с самого начала границы проводились по участкам, не имеющим ярких небесных объектов. Сами же границы охватывают площади, соответствующие древнейшим традиционным участкам звездного неба, в которые когда-то были вписаны символические образные фигуры созвездий.

Историческая преемственность и отражение современного уровня знаний — таков путь звездной летописи человеческой цивилизации. ■

Гордость европейской астрономии

Научные сообщения

Близится к завершению строительство крупнейшей в мире системы оптических телескопов Европейской южной обсерватории на горе Сьерро-Параналь в чилийской пустыне Атакама.

Из четырех гигантских рефлекторов с диаметром главного монолитного зеркала 8.2 м уже работают три. Великолепно показали себя первые два инструмента — Анту и Кьюен; в 2000 г. откроет свой «глаз» третий телескоп — Мелипаль, а в 2001 г. будет готов и четвертый инстру-

мент — Йепун¹. Но даже когда начнут работать все четыре гигантских «глаза», создание Очень большого телескопа (Very Large Telescope, VLT) еще не закончится.

Самое важное — объединить в систему, работающую как один сверхтелескоп, четыре больших и несколько меньших инструментов; для их установки уже подготовлена

¹ Названия этих телескопов в переводе с языка народа мапуче означают: Анту — Солнце, Кьюен — Луна, Мелипаль — Южный Крест, Йепун — Сириус. Подробнее см.: Сурди и В. Г. Крестины восьмиметровых телескопов // Природа. 2000. №1. С.62—64.

площадка (на снимке — слева). По суммарной площади зеркал этот сверхтелескоп будет эквивалентен одному 17-метровому телескопу, а по четкости дифракционного изображения раз в десять превзойдет все современные инструменты.

На доводку этой сложнейшей системы понадобятся годы. Но уже сейчас огромные телескопы прекрасно работают в самостоятельном режиме, и это стало предметом гордости европейских астрономов.

ESO Press Release. 8 December 1999. ■

Очень большой телескоп Европейской южной обсерватории. Гора Сьерро-Параналь, Чили.

ESO Press Photo 43a/99.



Водопад астрономической информации

Уникальный комплекс оптических телескопов ЕЮО, хотя и не объединен пока в единую систему, выдает большой поток научной информации: это изображения небесных объектов и их спектры, зафиксированные с помощью ПЗС-матриц и записанные в файлы. Сейчас производительность VLT составляет около 2200 файлов в неделю; 10 Гбайт содержащейся в них информации размещаются на 16 компакт-дисках. В состоянии полной нагрузки VLT будет выдавать около 40 тыс. Гбайт в год.

Таким образом, европейские астрономы оказались в ситуации, когда «не было ни гроша, да вдруг — алтын!». Конечно, информацию нужно хранить, обрабатывать и анализировать. Первые две задачи в общем решены. А вот анализ и интерпретация новых данных могут потребовать от немногочисленного сообщества европейских астрономов непомерно большого времени и грозят вообще стать невыполнимой задачей. Поэтому, не желая накапливать без пользы научные данные, ЕЮО решила создать их открытое хранилище, доступное другим ученым. В него будут поступать необработанные файлы в формате FITS, сжатые приблизительно в два раза. Для их обработки можно применять пакет программ MIDAS, распространяемый этой обсерваторией. С условиями доступа к информации по Internet или ее получения на CD-ROM можно ознакомиться по адресу <http://archive.eso.org/>. Для поиска в архиве определенных объектов, участков неба, моментов съемки и т.п. можно использовать поисковую систему

org/wdb/wdb/eso/observations/form).

Вниманию любителей астрономии: в архиве лежат «сырые» непрокалиброванные данные, для обработки которых нужна солидная квалификация. Но, с другой стороны, теперь без излишней патетики можно сказать, что любой желающий способен «подглядывать» в 8-метровый телескоп. Выбор объектов по-прежнему остается за хозяевами инструмента, но пользоваться его плодами и делать открытия теперь позволительно каждому.

О качестве изображений, даваемых телескопами VLT,

можно судить по приводимому здесь фото. Это снимок спиральной галактики Мессье 83 (NGC 5236), расположенной в южном созвездии Гидра, на расстоянии около 15 млн св. лет от нас. Он получен путем совмещения трех ее изображений, зарегистрированных телескопом Анту через фиолетовый (429 нм), зеленый (657 нм) и красный (768 нм) светофильтры. Размер кадра 6.8'×6.8'; качество изображения 0.8". Весь материал для получения этого изображения взят из Архива VLT.

ESO Press Release 18/99.

29 November 1999 ■

Спиральная галактика Мессье 83.

ESO Press Photo 18/99



Курильщики поля Рейнбоу — район масштабного абиогенного синтеза метана

А.Ю.Леин, А.М.Сагалевиц

Гидротермальная активность дна океана не перестает привлекать внимание исследователей, а иногда награждает их настоящими открытиями. Так, в 1995 г. на поле Логачев, расположенном на 14°45' с.ш. подводного Срединно-Атлантического хребта, а двумя годами позднее на поле Рейнбоу (36°с.ш. того же хребта) был обнаружен новый тип гидротермальной активности. Он ассоциирован не с базальтами океанской коры, а с серпентинизированными (т.е. содержащими минерал серпентин — водный силикат магнезия) ультраосновными породами нижней части коры и верхней части мантии¹.

Оказалось, что водная толща над этими полями содержит аномально высокие концентрации CH_4 , в 5–20 раз превышающие фоновые, а в гидротермальных сульфидных рудах здесь присутст-



Алла Юльевна Леин, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Область научных интересов — геохимические и биогеохимические исследования циклов серы и углерода.



Анатолий Михайлович Сагалевиц, доктор технических наук, заведующий лабораторией научной эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов того же института. С 1990 г. — бессменный начальник экспедиции на научно-исследовательском судне «Академик Мстислав Келдыш». Как командир аппаратов «Мир-1, -2», «Пайсис-VII, -XI» совершил более 200 погружений, проведя около 2000 часов под водой.

¹Богданов Ю.А., Сагалевиц А.М., Черняев Е.С. // ДАН. 1995. Т.343. №3. С.353–357; Богданов Ю.А., Бортников Н.С., Викентьев И. В. и др. // Геология руд месторождений. 1997. Т.39. №1. С.68–90.

вует широкий спектр нефтяных углеводородов².

Поле Рейнбоу входит в область метановых аномалий в придонных слоях воды, выявленных на большом отрезке вдоль оси Срединно-Атлантического хребта³. По оценкам разных авторов, в этой зоне, протягивающейся с перерывами от экватора до 36° с.ш., ежегодно образуется 0.5–0.6 км³ серпентинизированных перидотитов. При формировании такого их объема за год может генерироваться⁴ до 150 тыс. т CH₄ и до 300 тыс. т H₂. По расчетам О.Г.Сорохтина, при серпентинизации ультрабазитов в океане может образоваться до 6.5 млн т CH₄ и до 8 млн т H₂ в год. С учетом широко распространенных, но меньших по концентрации метановых аномалий, связанных с взаимодействием базальтов и морской воды, эти величины заставляют серьезно задуматься о роли abiогенного метана в океане.

Реальность расчетов возможного синтеза метана и водорода можно проверить, непосредственно изучая гидротермальные системы с активными черными курильщиками, связанными с выходом серпентинизированных пород к поверхности дна, в том числе на поле Рейнбоу.

Здесь российские океанологи уже работали осенью 1998 г., но геохимия флюидов, распределение эндогенных компонентов в придонном слое воды (плюме), масштаб и распределение пер-

вичной продукции хемосинтеза и ее влияние на формирование гидротермального биологического сообщества были изучены недостаточно.

Именно эти вопросы предстояло решить экспедиции Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН в 42-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» осенью (28 сентября — 10 октября) 1999 г., начальником экспедиции был один из авторов этой статьи — А.М.Сагалевиц, научным руководителем — Е.Г.Гурвич.

Экспедиция действовала на основании соглашения с английской компанией «Deer Ocean Expeditions Ltd». Кроме группы российских ученых из 13 человек в ней приняли участие 22 представителя девяти стран — не специалисты-океанологи, а любознательные натуралисты, обеспечившие своим участием возможность проведения научных работ. Впервые в истории изучения черных курильщиков с помощью глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1 и -2» их смогли увидеть известный американский подводник Д.Волш, погружавшийся в 1960 г. в Марианскую впадину в батискафе «Триест» (в 70-е годы — Советник Президента США), бывший командир атомной подводной лодки, президент Международного клуба исследователей профессор А.Мак-Ларенс, американский космонавт О.Гарриот и многие другие интересные люди. Всего на гидротермальном поле Рейнбоу выполнено 14 погружений аппаратов «Мир-1 и -2». Во всех погружениях пилоты подводных аппаратов отбирали геологические и биологические образцы, проводили измерения гидрофизических и гидрохимических параметров. В экспедиции получен большой объем видео- и фотоматериалов, создан научный фильм о поле Рейнбоу.

Геологическая характеристика поля Рейнбоу

Поле Рейнбоу открыто летом 1997 г. французско-британско-португальской экспедицией на западном склоне осевого поднятия Рейнбоу, в 400 км к юго-западу от Азорской точки тройного сочленения плит — Американской, Африканской и Евразийской⁵ в диапазоне глубин от 2270 до 2320 м. Протяженность поля с запада на восток — 250 м, с севера на юг — 60 м. Несмотря на столь малые размеры поля, здесь отмечается один из самых интенсивных потоков эндогенного вещества из океанской коры в пределах Срединно-Атлантического хребта⁶. На поле обнаружено более 10 групп активных черных курильщиков и много реликтовых сульфидных построек.

Наблюдения из «Миров» показали, что вся площадь поля покрыта охристыми корками, тонким слоем гидротермальных отложений, пленками гидроксидов железа, что свидетельствует о большом выносе этого металла на поверхность дна в результате гидротермальной активности.

Необычность осевого поднятия Рейнбоу заключается в том, что это не вулканическое образование, как на других отрезках мировой рифтовой системы. Поднятие сформировано серпентинитовой протрузией (диапиром). Поэтому подповерхностная магматическая камера в районе гидротермального поля Рейнбоу отсутствует. Проникающая в кору по системе открытых трещин океанская вода, частично участвующая в серпентинизации ультраоснов-

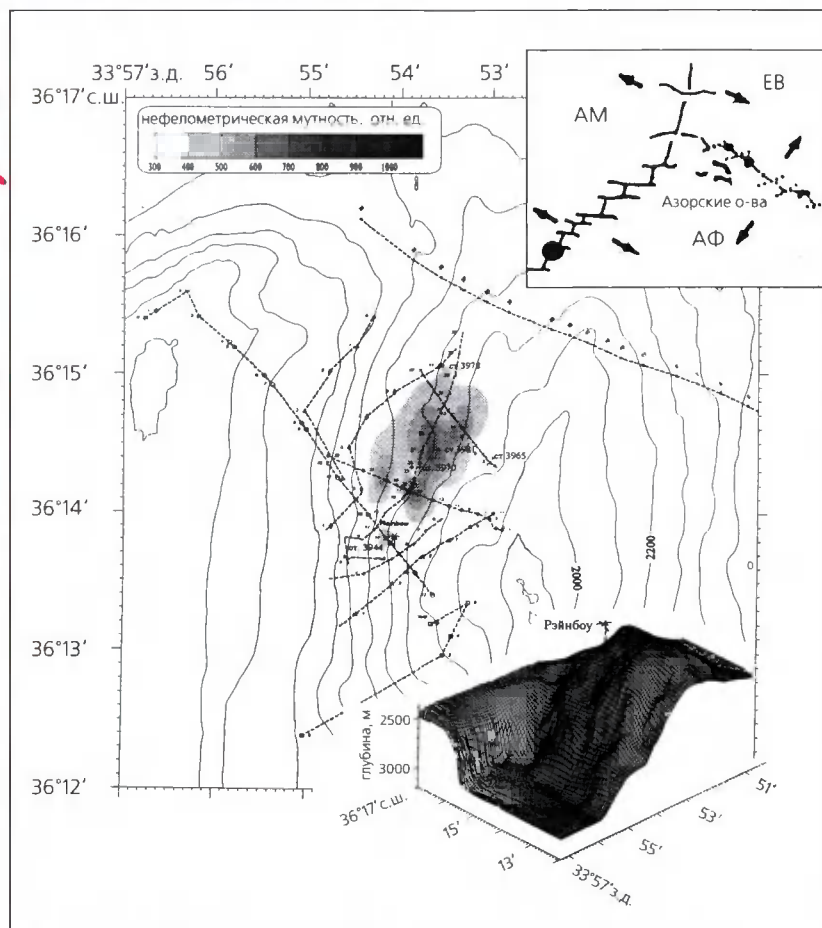
² Леин А.Ю., Глушенко Н.Н., Осипов Г.А. и др. // ДАН. 1998. Пересыпкин В.И., Леин А.Ю., Богданов Ю.А., Борников Н.С. // Океанология. 1999. Т.39. №2. С.258—269.

³ Charlou J.L., Fouquet Y., Bougault H. // Geoch. et Cosmochim. Acta. 1998. V.62. №13. P.2323—2333.

⁴ Дмитриев Л.В., Базылев Б.А., Борисов М.В. и др. // Рос. журн. о Земле. 2000. Т.1. №1. С.1—16.

⁵ Fouquet Y., Barriga F., Charlou J.L. et al. // InterRidge News. 1998. V.7. №1. P.24—28.

⁶ Parson L.M., Fouquet Y., Ondreas H. et al. // EOS. 1997. V.78. №46. F-832.



Положение разрезов зондирования в водной толще и распределение нефелометрической мутности на горизонте 2100 м в районе гидротермального поля Рейнбоу (Лукашин В.Н., 1999). На врезке в правом верхнем углу — положение поля Рейнбоу (черный кружок) вблизи Азорской точки тройного сочленения плит: Американской (АМ), Африканской (АФ) и Евразийской (ЕВ). В правом нижнем углу — положение поля в рельефе дна на хребте Рейнбоу.

ных пород нижней части океанской коры и верхней мантии, трансформируется в высокотемпературный (364°C) гидротермальный флюид.

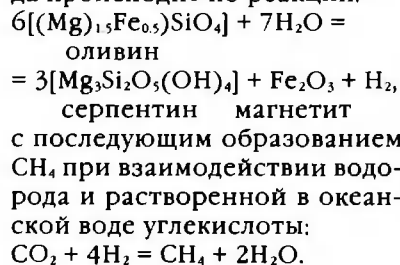
Гидротермальный флюид

Черные курильщики Рейнбоу окутываются мощными дымами. Аппарат часто не может подойти даже близко к такой постройке из-за крошечной тьмы, вызванной высокой

плотностью гидротермального флюида, который при извержении не поднимается вверх, а зависит в 1–2 м от жерла и потом оседает. Приходилось отбирать горячий флюид из мелких, стоящих отдельно построек выносными титановыми батометрами с помощью манипуляторов «Миров». В 42-м рейсе впервые удалось проанализировать состав горячего раствора. Обращает на себя внимание высокое содержание H_2 и CH_4 при сравнительно низкой

концентрации H_2S , а также самые высокие из всех известных концентраций Co — характерного, наряду с Ni , компонента ультрабазитовых пород. Еще одна особенность флюида — сравнительно низкая концентрация растворенного Si и высокое содержание растворенных Fe и Zn на фоне малых концентраций Cu и других металлов. Изотопный состав углерода метана поля Рейнбоу (и Логачев) отличается от всех известных гидротермальных растворов в океане самым высоким содержанием тяжелого изотопа ($\delta^{13}C = -13.4 + -14.3\%$). Эти величины наиболее приближены к значениям $\delta^{13}C$ метана в филиппинских офиолитах⁷ — древнего аналога современных гидротермально-измененных магматических пород океана.

Синтез CH_4 в гидротермальной системе Рейнбоу связан с серпентинизацией ультрабазитов. Образование серпентина, магнетита и водорода происходит по реакции:



Значение $\delta^{13}C$ углерода растворенной углекислоты в морской воде варьирует от -5.1 до -5.9% . Во флюиде Рейнбоу концентрация CO_2 оказалась очень низкой, что не позволило измерить эту величину. Судить о ней пришлось по значениям $\delta^{13}C$ арагонита ($CaCO_3$) в серпентинитах, где эти значения сдвинуты в положительную сторону (-4.0 — $+1.0\%$). Это самая изотопно-тяжелая гидротермальная углекислота, что можно объяс-

⁷Abrajo T.A., Sturchio N.C., Bohlen J.K. et al. // Chem. Geol. 1988. №71. P.211–222.

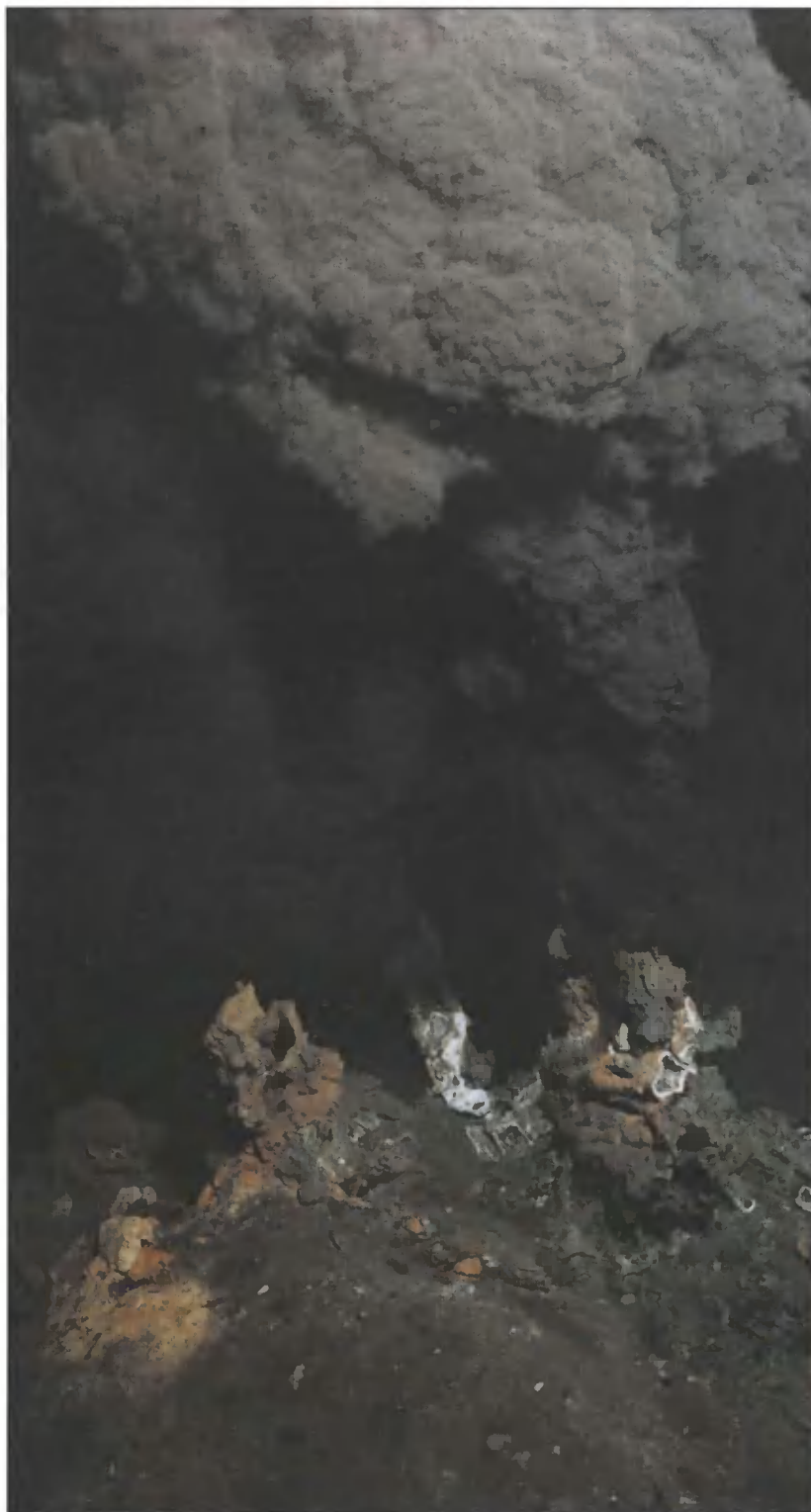
нить только участием CO_2 в синтезе CH_4 и обогащением остаточной от этой реакции углекислоты тяжелым изотопом ^{13}C .

Таким образом, изотопные исследования CH_4 и CO_2 свидетельствуют в пользу двухступенчатой реакции образования CH_4 при серпентинизации ультрабазитов с выделением водорода и с последующим синтезом CH_4 на водороде и CO_2 из морской воды, участвующей в процессе серпентинизации. Концентрация H_2 в растворе поля Рейнбоу (и Логачев) в 100–1000 раз выше, чем во флюидах других активных полей в океане (до 13 мМ). Возможно, что водород лишь частично утилизируется в процессе метаногенеза из-за недостатка растворенной углекислоты в сфере реакции.

Концентрация H_2S в растворе невелика — < 2.5 мМ. Это объясняется тем, что содержание серы в ультрабазитах ниже, чем в базальтах. Значение $\delta^{34}\text{S}$ серы, равное 2.4–3.1‰, типично для сероводорода из растворов Срединно-Атлантического хребта. Следует добавить, что помимо горячих флюидов из черных курильщиков на поле Рейнбоу обнаружены теплые и холодные высачивания с содержанием CH_4 , равным 220 мкл/л.

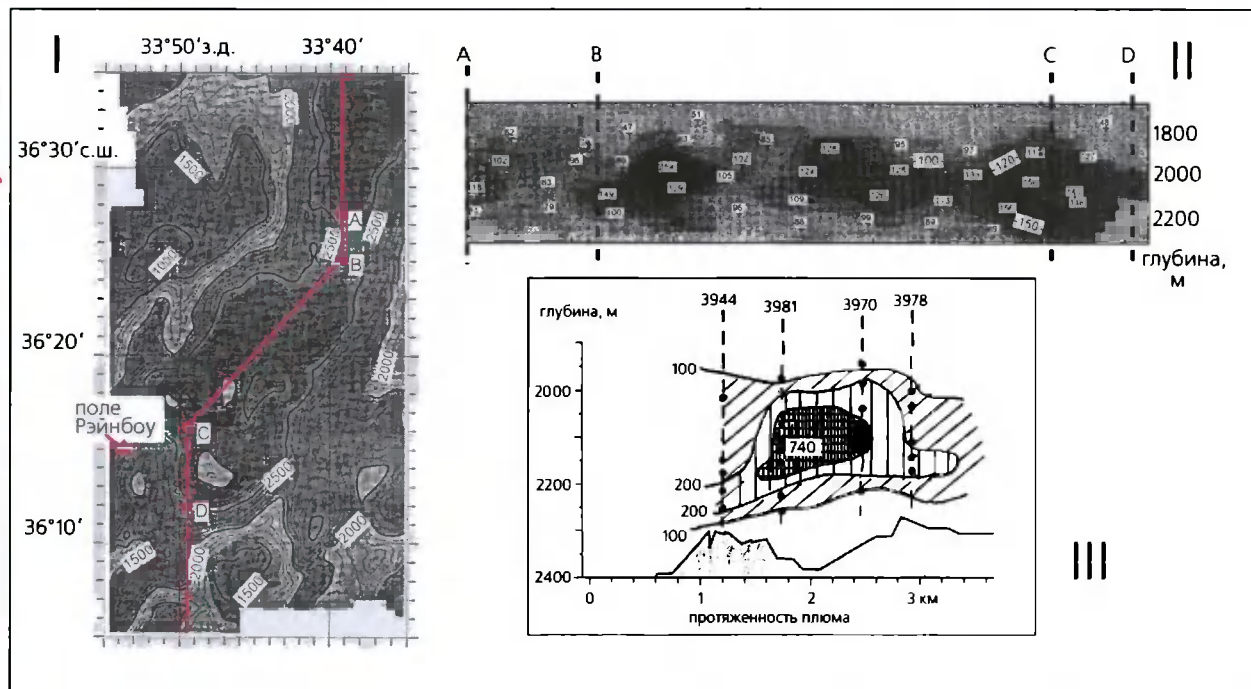
Водная толща над активным гидротермальным полем

Под руководством В.Н. Лукашина были выполнены зондирования водной толщи на 15 станциях. Проведено 10 пилообразных разрезов со 194 проходами зонда от горизонта 1700 м водной толщи до глубины 20–50 м от дна. Исследования показали, что расположенный в диапазоне глубин от 1910 до 2200 м гидротермальный плюм имеет фор-



Черные курильщики поля Рейнбоу.

Здесь и далее фото из архива ИО РАН



Положение гидротермального поля Рейнбоу на хребте Рейнбоу (I). Распределение концентраций метана (нл/л) на профиле ABCD (II) (Boudauid H. et al., 1998) и вдоль длинной оси плюма активного поля Рейнбоу (III). Черными кружками показаны места отбора проб.

му неправильного эллипса и распространяется на северо-северо-восток на расстояние 2–4 км. В одном из спусков «Мир-1» по просьбе наблюдателя (А.Ю.Леин) прошел почти вертикально через центральную зону плюма. Слои с высокой нефелометрической мутностью чередуются в ней с почти прозрачными слоями воды. Меняется также общая окраска взвешенного материала — от белесой муты на глубине 1900 м до насыщенно-желтой в 100 м от дна. При зондировании также установлена многослойная (более четырех слоев) структура плюма с несколькими ядрами, возникающая в результате изменения температуры и солености флюида. Плюм поля Рейнбоу более интенсивный, чем над соседними гидротермальными полями Срединно-Атлан-

тического хребта — ТАГ и Брокен Спур. Значения мутности в его центре превышают фоновые более чем в пять раз. Минимальный объем плюма в пределах превышения условной нефелометрической мутности над фоновой на 10 отн.ед., по оценкам Д.Л.Алейника, составляет 0.83 км³. Для изучения вертикальных потоков гидротермального вещества под плюмом была поставлена притопленная буйковая станция с седиментационными ловушками, после подъема которой получено 15 проб с четырех горизонтов. Профильтровано также 22 пробы воды из плюма для изучения потока вещества, его вещественного, химического и изотопного составов.

Наибольшие концентрации растворенного CH₄ (740 мкл/л) в водной толще при-

урочены к центральному ядру плюма, в интервале глубин 2050–2200 м.

Аномалии концентрации CH₄ (до 250 нл/л) в водной толще, насколько можно судить по литературным данным, прослеживаются на 35 км к северо-северо-востоку от поля Рейнбоу⁹.

Донные отложения

На поле Рейнбоу в рейсе описаны четыре типа **гидротермально-осадочных (металлоносных) отложений**. Образцы были получены пробоотборниками с «Миров» и с помощью геологических трубок. Вблизи сульфидных построек и труб отложения

⁹German C.R., Richards K.J., Rudnicki M.D. et al. // Earth and Planetary Science Letters. 1998. V.156. P.267–273.

представлены разнотермистыми сульфидными осадками (I тип) и сульфидно-гидроксидными осадками (II тип) с низким содержанием карбонатов. У подножия построек и между ними дно покрыто сульфидно-карбонатными (III тип) и карбонатными илами с примесью гидроксидов металлов (IV тип).

Поскольку морфология гидротермальных **сульфидных построек** была изучена ранее⁹, отметим только, что в 42-м рейсе впервые исследовалась вся площадь поля Рейнбоу. Оказалось, что современная гидротермальная деятельность сосредоточена в основном в северо-западной части и на севере центральной части. В одном из наиболее продуктивных погружений «Мира-1» (командир корабля — А.М.Сагалевиц, наблюдатели — Д.Волш и А.Мак-Ларенс) было обследовано шесть современных и древних курильщиков и собрана представительная коллекция руд и коренных пород.

Рудный материал в коллекции 42-го рейса представлен фрагментами неактивных и активных труб и массивными сульфидами из тел самих построек (свалы руд). По предварительным данным, руды из отдельно стоящих курильщиков состоят из сульфидов Fe, Cu и Zn, часто с преобладанием цинковой минерализации. Руды из внешней зоны гидротермальных холмов имеют преимущественно медную специализацию. Во всех рудах присутствуют сульфиды железа (пирротин, пирит или марказит). Внешние участки сульфидных труб и холмов покрыты корками гидроксидов железа разной мощности от 0.1—1 см до 3—5 см и более.

По данным рентгенофлюоресцентного анализа, в типич-

ной сфалеритовой руде содержание Zn составляет 30%, Cu — 8%, Fe — 18%, S — 20%, Co — 0.4%. В типичной медной руде содержание Zn 1.6%, Cu — 22%, Fe — 45%, S — 22%, Co — 0.895%. Из ценных металлов в рудах содержится от 1 до 5 г/т и более золота и 0.07 г/т платины.

Среди основных минеральных фаз следует отметить высокотемпературный кубанит (CuFe_2S_3), содержащий более 1% кобальта, несколько генераций сфалерита (ZnS), в том числе его железистые разновидности (до 18% Fe), пирротин (Fe_{1-x}S) и пирит (FeS_2).

В 42-м рейсе впервые обнаружен еще один тип сульфидных руд, возможно, широко распространенный в неактивной части поля Рейнбоу — округлые обломки сульфидных труб (до 80%), сцементированных карбонатно-кремнистыми минералами. В образовании этих руд, видимо, участвовали последние порции остывавших гидротермальных растворов. В периферийных частях поля встречаются тонкие черные марганцевые корки и налеты поверх гидроксидов Fe и нонтронит. Предварительно выделены три основные парагенные минеральные ассоциации сульфидов: ранняя — пиритовая, главная — пирротин-пирит-сфалерит-халькопиритовая (+ борнит + ковеллин) и поздняя — марказит (?) - пирит-халькопирит-сфалеритовая.

Концентрация н-алканов в образцах гидротермальных руд, серпентинитов и металлоносных отложений составляет 0.07—2.29 мг/г (воздушно-сухой пробы). Эта величина выше, чем в отложениях поля ТАГ и Брокен Спур. По данным В.И.Пересыпкина, участвовавшего в рейсе, в большинстве рудных проб поля Рейнбоу присутствуют фракции низкомолекулярных соединений C_{10} — C_{24} (из которых фракция C_{15} — C_{19} — это н-

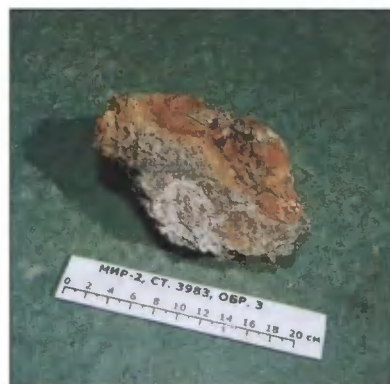
алканы гидробионтов, а C_{16} — C_{18} — н-алканы биомассы бактерий) и высокомолекулярные соединения (C_{25} — C_{40}). Привнос терригенных высокомолекулярных соединений ($>\text{C}_{25}$) в заметных количествах в центральную глубоководную часть океана мало вероятен. Следовательно, присутствие в донных отложениях Рейнбоу (и поля Логачев) н-алканов C_{25} — C_{40} объясняется скорее всего абиогенным синтезом углеводородов и активно идущими термокаталитическими процессами в гидротермальной системе. Возможность абиогенного синтеза углеводородов в сульфидных рудах поля Логачев доказывалась нами ранее с использованием тонких биохимических и хромато-масс-спектрометрических методов. Планируются дальнейшие исследования природы углеводородов руд Рейнбоу, но уже сейчас можно сказать, что в распределении н-алканов у них много общего с рудами поля Логачев.

Биогеохимические исследования

В первую очередь была оценена величина бактериальной (первичной) продукции хемосинтеза и метанотрофии. Читатели «Природы» уже, конечно, знают о возможном синтезе органического вещества в океане не за счет энергии солнца, а энергии бактериального окисления восстановленных эндогенных соединений (H_2 , H_2S , CH_4 , NH_4 , Me^{2+} и др.) гидротермальных флюидов¹⁰. Оценки первичной продукции хемосинтеза с использованием радиоизотопного метода определения скорости $^{14}\text{CO}_2$ -ассимиляции проводятся нами на борту судна «Академик Мстислав Келдыш»

⁹ Богданов Ю.А., Сагалевиц А.М., Гурвич Е.Г. и др. // ДАН. 1999. Т.365. №5. С.657—662.

¹⁰ Леин А.Ю., Гальченко В.Ф., Пименов Н.В., Иванов М.В. // Геохимия. 1993. №2. С.252—268.



Руды гидротермального поля Рейнбоу. Слева направо: срез сульфидной (пирит-халькопиритовой CuFeS_2) руды, фрагмент сфалеритовой трубы (в центре — кубанит); обломок коренной породы — серпентинита.



Реликтовые сульфидные постройки.



«Хозяйка» поля Рейнбоу —
химера *Hydrolagus mirabilis*.

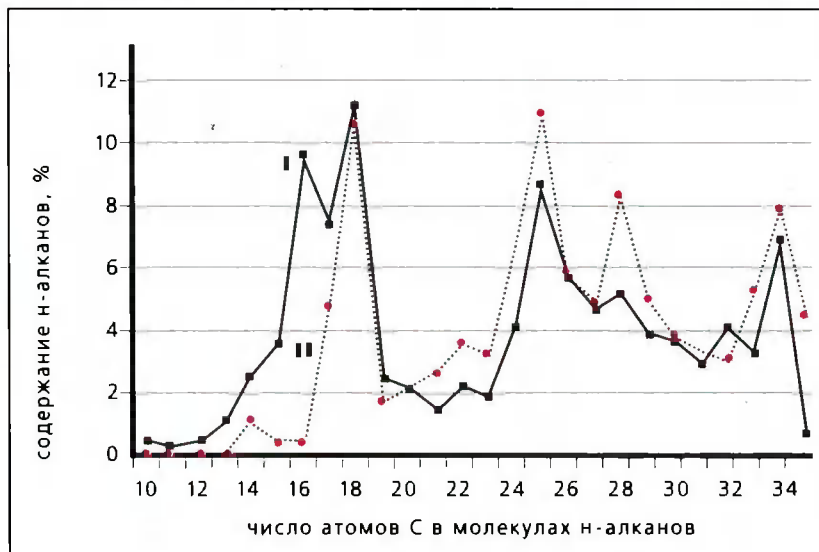
начиная с 1987 г. Эта работа была сделана для девяти полей Тихого и Атлантического океанов¹¹.

Из фотической зоны на глубинах более 2 км до дна доходит лишь около 1% первичной продукции фотосинтеза.

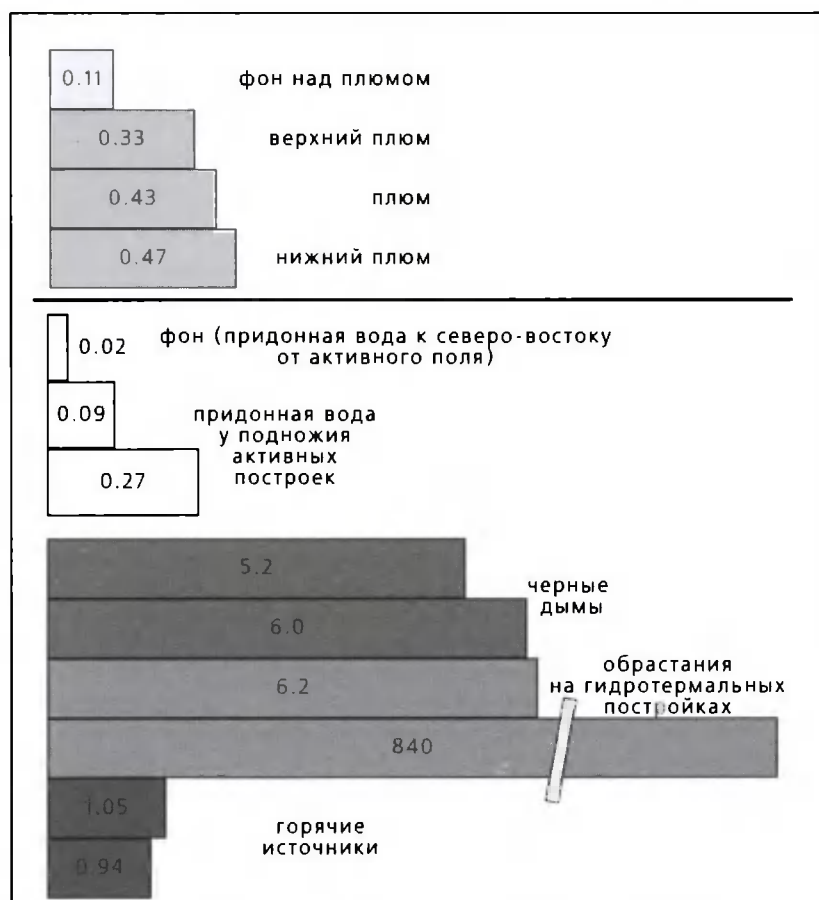
В рейсе была измерена величина первичной продукции хемосинтеза во всех четырех экосистемах гидротермально-го поля: в 300—400-метровой толще воды (плюме), в водной толще в зоне черных дымов, в гидротермально-осадочных отложениях и на поверхности сульфидных руд.

Наибольшее количество C_{org} синтезируется бактериями на твердом (сульфидных трубах и постройках) и рыхлом (осадках) субстрате дна, а также в зоне черных дымов. Но максимальный вклад в общую продукцию хемосинтеза дают процессы CO_2 -ассимиляции, происходящие в мощном плюме над активным полем. Суточная хемосинтетическая продукция C_{org} в плюме составляет 270 кг С или 100 т С/год.

По результатам исследования в 1998—1999 гг., средняя величина суммарной продукции хемосинтеза в плюме Рейнбоу (~200 мг С/м²·сут)



Хроматограммы н-алканов из сульфидных руд поля Рейнбоу (определения В.И.Пересыпкина). I — сердцевина труб, II — корки.



Сопоставление скоростей CO_2 -ассимиляции (мкг С/л·сут) в разных экосистемах гидротермального поля Рейнбоу по вертикали — от выхода флюида до фона над плюмом. Вверху — в плюме; внизу — над черным курильщиком.

¹¹ Леин А.Ю., Пименов Н.В., Виноградов М.Е., Иванов М.В. // Океанология. 1997. Т.37. №3. С.396—407.

близка к средней продукции в плюмах ТАГ и Логачев (180 и 190 мг С/м²·сут) и на порядок величин больше, чем в плюме более молодого поля Брокен Спур (20 мг С/м²·сут).

Первичная продукция фотосинтеза в районе Рейнбоу¹² составляет 310 мг С/м²·сут (930 кг/сут, или 340 т/год на площади 3 км² над полем). Продукция бактериального

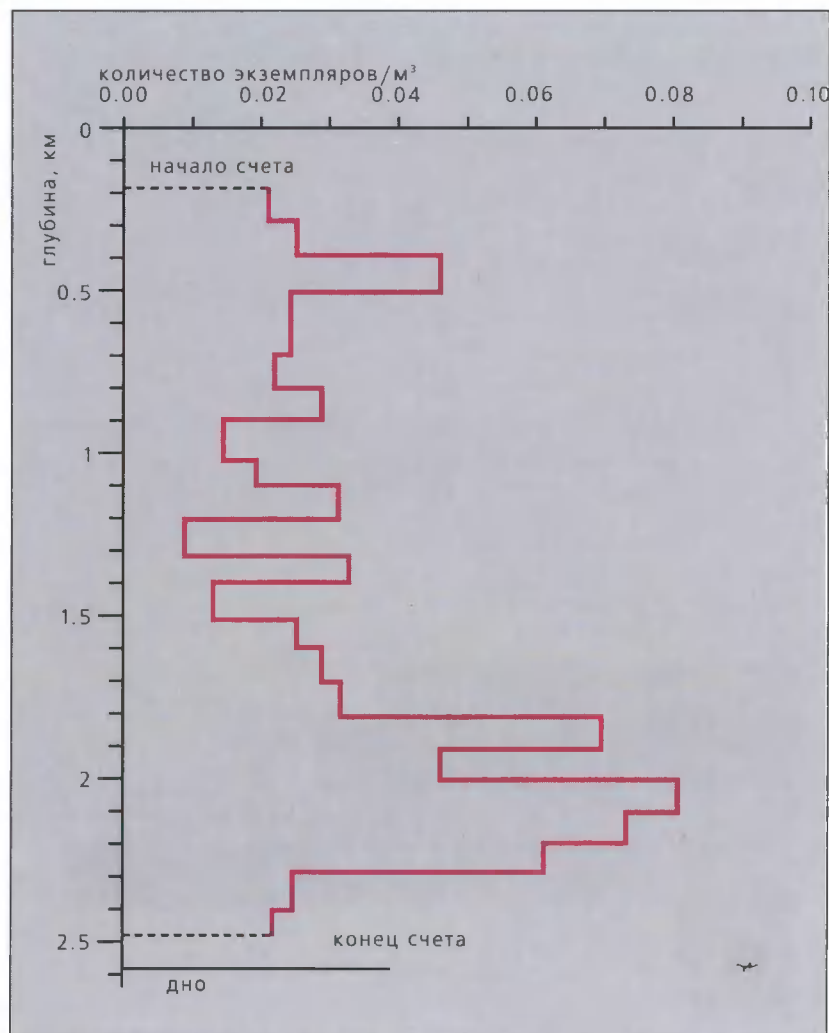
хемосинтеза в плюме составляет ~20% от продукции $C_{орг}$ в фотическом слое. Эта часть углерода захоранивается в отложениях дна, увеличивая содержание $C_{орг}$ в них с 0.15% до 1–2% и более, другая – разносится течениями. Но главное, что этот углерод обеспечивает развитие и существование гидротермального биологического сообщества Рейнбоу. Именно благодаря бактериальному синтезу органических соединений из неорганических субстратов гидротер-

мального флюида происходит невероятное сгущение жизни у выходов источников, не обнаруженное пока ни в одной экосистеме на нашей планете.

Биологические исследования

В рейсе проводились фаунистические и зоогеографические описания поля Рейнбоу с привязкой мест обитания животных к конкретным геологическим условиям. Биологи приняли участие в трех погружениях на «Мире-2», но сбор биологических проб проводился во всех спусках.

Серия сетных ловов и подсчет планктона из аппарата позволили уточнить детали вертикального распределения отдельных групп **планктонных сообществ**, в том числе плохо улавливаемого сетями микропланктона. На глубине 600 и 1100 м были отмечены пики численности макропланктона и отмечается высокое содержание желетелого планктона (0.02–0.03 экз/м³). При наблюдениях из аппарата подтвердилось и предполагавшееся ранее существование над активным полем на глубине плюма максимума количества планктона, сформированного главным образом аппендикуляриями (они легко разрушаются при ловах сетями). Сгущение планктона над активным полем доказывает участие хемосинтезированного органического вещества в питании планктонного сообщества пелагиали, т.е. свидетельствует о незамкнутости гидротермальной экосистемы и о выносе части энергии за ее пределы. Это очень важный вывод. В рейсе собрана богатая коллекция **донной фауны беспозвоночных** (36 видов). Еще 10 видов отмечены визуально или присутствуют в фотоматериалах и видеозаписях, 25 видов животных из восьми таксонов обнаружены



Вертикальное распределение желетелого планктона, в том числе аппендикулярий, в толще воды над активным полем Рейнбоу (Виноградов Г.М., 1999).

Трофическая структура гидротермального биологического сообщества на поле Рейнбоу и изотопный состав биомассы

Организмы	Тип питания	$\delta^{13}\text{C}$, ‰
Первый трофический уровень		
бактериальные обрастания на сульфидных постройках	хемоавтотрофия (+метанотрофия?)	-14.2
взвесь на фильтрах	хемоавтотрофия (+метанотрофия?)	-23.0 ÷ -25.6
Второй трофический уровень		
<i>Rimicaris exoculata</i>	симбиотрофия	-10.9 ÷ -14.1
<i>Mirocaris</i> sp. (мелкие)	миксотрофия (?)	-14.6 ÷ -15.1
<i>Bathymodiolus</i> sp.	симбиотрофия	-22.6 ÷ -29.0
<i>Bathymodiolus</i> sp.	миксотрофия	-18.4 ÷ -22.6
Ophiuroidea	грейзер	-18.0
Gorgonaria	сестонофаг	-21.4
Pennatularia	сестонофаг	-25.2
Cirripedia	сестонофаг	-22.1
Spongia	сестонофаг	-20.4
Третий трофический уровень		
Polychaeta (внутрираковинный комменсал мидий)	детритофаг	-23.1 ÷ -23.4
Gastropoda	хищник	-24.9
Amphipoda	плотоядные	-24.0
Decapoda	хищник	-18.2

на Рейнбоу впервые, а пойманный экземпляр *Crinoidea* оказался единственным во всем районе Срединно-Атлантического хребта.

Руководящие формы поля Рейнбоу — креветки *Rimicaris exoculata* и *Mirocaris fortuinata* и миксотрофные двустворки *Bathymodiolus* sp. Биологические исследования и анализ изотопного состава углерода биомассы позволили нам построить трофическую структуру гидротермального биологического сообщества поля Рейнбоу (таблица), она сильно напоминает структуру поля Логачев и заметно отличается от структуры поля Брокен Спур и ТАГ, где отсутствуют мидии *Bathymodiolus* sp.

Изотопный состав биомассы мидий Рейнбоу позволил разделить их на симбиотрофных, с тионовыми и метанотрофными эндосимбионтами,

и на гетеротрофных, с фильтрационным типом питания. Комменсалы мидий — полихеты, живущие внутри их раковин, имеют тот же изотопный состав, что и сами мидии.

В рейсе впервые участвовал ихтиолог. С его помощью были получены данные о видовом составе, распределении и закономерностях поведения **рыб**. Обнаружено восемь видов рыб из семи семейств. Среди них доминировали *Aldrovandia* sp. из семейства галозавровых и один-два вида *Macruridae*. Основная масса этих рыб встречена на подступах к активным курильщикам.

Химеру *Hydrolagus mirabilis* мы называли хозяйкой поля Рейнбоу, поскольку она сопровождала почти все маршруты «Миров» вблизи дна в 1998 и 1999 гг. Впервые для района отмечена *Lepidion* sp. из семейства моровых.

Вблизи активных курильщиков были встречены рыбы *Lucodes microcephalus* (*Zoarcidae*), до нашего рейса известные лишь по одной находке начала века в районе Срединно-Атлантического хребта южнее Исландии. Возможно, это обязательный обитатель гидротермальных или рифтовых зон.

Таким образом, в 42-м рейсе получены исключительно важные новые данные по геохимии, гидрофизике и биологии поля Рейнбоу. Особенно значительны результаты анализа горячего флюида и особенностей распределения концентрации CH_4 , а также изотопные исследования углерода CH_4 и CO_2 , подтверждающие реальность абиогенного синтеза метана, главным образом при двухступенчатой реакции серпентинизации ультрабазитов. Полученные материалы свидетельствуют о заметной роли абиогенного гидротермального CH_4 в океане и не исключают возможности его частичного захоронения в осадочных ловушках при латеральной миграции содержащих газ флюидов от оси хребта к его периферии.

Научная программа рейса выполнена полностью благодаря самоотверженной работе всех членов экспедиции и в первую очередь экипажей подводных аппаратов. Высадив иностранных участников на Азорских о-вах, в порту Понте Дельгада, наше судно направилось в Калининград.

В заключение хотелось подчеркнуть, что эта экспедиция продолжила серию контрактных рейсов научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш». Такая форма организации исследований при полном отсутствии бюджетного финансирования позволяет получать новые, ценные для российской и мировой науки данные. ■

Мумия из Чатыра

Ю.С.Худяков,

доктор исторических наук

Институт археологии и этнографии Сибирского отделения РАН

Новосибирск

В.А.Кочеев,

Институт гуманитарных исследований

Горно-Алтайск

Об уникальных находках в курганах кочевников скифского и хуннского времени (VI в. до н.э. — II в. н.э.) в Горном Алтае написано и опубликовано немало, в том числе и в журнале «Природа»¹. Благодаря особым условиям залегания, в частности — вечной мерзлоте, в этом районе иногда сохраняются мумифицированные тела умерших людей и животных, одежда, обувь, бытовая утварь, конская сбруя из кожи, войлока, материи и других органических материалов, которые в других местах часто быстро истлевают и исчезают без следа. Поэтому удается реконструировать облик и образ жизни древних кочевников. Новые детали к их «групповому портрету» добавляет находка, которой могло и не быть.

В 1991 г. при строительных работах в местечке Чатыр у с.Жана-Аул в юго-восточной части Алтая бульдозер расчищал площадку для гравийного карьера. Здесь дети подобрали череп коня и кожаные ремни от узды с многочисленными бронзовыми накладками. Оказалось, что бульдозер наткнулся на захоронение. Благодаря активному вмешательству одного из жителей, М.Садуакасова, работу в этом месте приостановили. Местные власти обратились в прокуратуру,



Кольца и перстень.

Здесь и далее фото Ю.С.Худякова

сочтя захоронение современным, а действия любителя старины неправомерными. Лишь после того, как все удостоверилось, что перед ними древняя могила, на место находки выехал один из авторов этой заметки — В.А.Кочеев. Несмотря на то что памятник основательно разрушен, его все же удалось исследовать.

Погребение было прикрыто каменной насыпью, почти полностью снесенной бульдозером. В могиле находился скелет коня и каменный ящик из вертикальных плит, внутри которого лежало тело умершей женщины. Хорошо сохранились мягкие ткани лица, рук и части тела, что было результатом естественной мумификации, поскольку никаких следов бальзамирования не обнаружено. Лицо передает

монголоидный облик умершей — выступающие скулы, узкие глаза, маленький приплюснутый нос. В ушах сохранились витые нитяные «серьги», вероятно заменители настоящих — металлических. Ожерелье погребенной состояло из 16 бусин зеленоватого, розоватого, белого с прожилками камней. Крупные дисковидные, шарообразные и цилиндрические бусины по форме похожи на среднеазиатские украшения.

Сохранились также бронзовые кольца и перстень, изготовленные из свернутых пластинок. Перстень с округлым щитком был надет на средний палец правой руки, а кольца — на безымянные пальцы обеих рук и на указательный левой руки. Похожие украшения были найде-

¹ Полосьмак Н.В. Феномен алтайских мумий // Природа. 1995. №11. С.71—85; Молодин В.И. Новый курган с мерзлотой на Алтае // Там же. 1996. №8. С.83—85; Худяков Ю.С. Эдиганская мумия // Там же. 1998. №10. С.33—38.



Деревянные блюдо (длина ~30 см) и кружка (диаметр ~10 см).

ны в могильнике Кудыргэ на Алтае².

На женщине была верхняя наплечная одежда. Вероятно, это был халат, сшитый из кусков красноватого и коричневого шелка. К сожалению, эта одежда, отправленная в Государственный Эрмитаж, до настоящего времени не реставрирована. Анализ китайского шелка, из которого сшит халат, мог бы уточнить хронологию памятника.

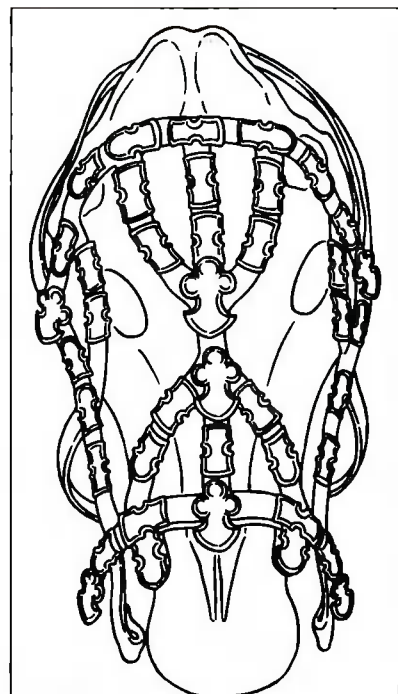
В могиле находилось овальное деревянное блюдо на четырех ножках, видимо, для мясной пищи, рядом с ним стояла шаровидная деревянная кружка с отогнутым венчиком и боковой петлевидной ручкой. Такие блюда известны в культурах кочевников со скифского времени, а кружки характерны для культуры древних тюрков и обнаружены в захоронениях в Туве и на Тянь-Шане.

В могиле также найдена роговая пластина-накладка на горло бурдюка, предназначенного, вероятно, для питья. Фрагменты кожаных ремней

с многочисленными бронзовыми бляшками дали возможность реконструировать узду, украшенную бронзовыми бляшками³.

Облик умершей женщины, вид колец, перстня и сбруйных бляшек дают основание отнести чатырское погребение к культуре древних тюрков, к эпохе существования Первого Тюркского каганата. Похожие находки сделаны в уже упомянутом могильнике Кудыргэ на Алтае и в древнетюркских погребениях на Тянь-Шане.

Чатырское захоронение представляет большой интерес для генетического анализа и сравнения его результатов с данными, полученными в ходе изучения мумий скифского и хуннского времен в Горном Алтае. По этим материалам можно будет судить о контактах между этническими группами кочевого населения, проживавшего на территории Горного Алтая в течение 1-го тысячелетия до н.э. и 1-го тысячелетия н.э. Кочевники скифского и хуннского



Реконструкция узды.

времен были европеоидами, а древние тюрки — монголоидами, но древние популяции могли быть ассимилированы и стать одним из субстратов древнетюркского этноса. ■

² Гаврилова А.А. Могильник Кудыргэ как источник по истории алтайских племен. М.; Л., 1965. С.41.

³ Худяков Ю.С., Кочеев В.А. // Гуманитарные науки в Сибири. Сер. археол. и этногр. 1997. №3. С.12.

Виноделие в древней Армении

Р.С.Паланджян

*Институт археологии и этнографии Национальной академии наук Армении
Ереван*

Армянское нагорье вместе с соседствующими Малоазиатским и Иранским составляют обширную Переднеазиатскую горную страну — типичный регион с субтропическим континентальным климатом, аридными ландшафтами предгорий и долин и более увлажненными комплексами высотных поясов. Важная роль в экономическом и социальном развитии Передней Азии принадлежит виноградарству и виноделию, истоки которых уходят в глубокую древность. Армянское нагорье и Закавказье — основной очаг формирования дикого и культурного винограда¹. Это отражено и в библейском предании: прародитель Ной, благополучно переживший потоп, спустившись с горы Арарат, возделал землю и насадил виноградник, изготовил вино и обильно потренил его².

Археологические исследования выявили очень древние примеры использования винограда в этом районе. Так, обуглившиеся виноградные косточки обнаружены в Юго-Восточной Анатолии при раскопках поселений 5-го тысячелетия до н.э., в Арцахе (Карабах) — во время раскопок поселения 2-го тысячелетия до н.э., в кувшине, вкопанном в земляной пол жилища.

Начиная с 1-го тысячелетия до н.э. происходит быстрое развитие сельского хозяйства и ремесел. В рабовладельческих государствах Древнего

Востока расцветают садоводство и виноградарство на базе искусственного орошения. Ассирийские и урартские клинописные тексты, а также археологические раскопки свидетельствуют о высоком уровне виноградарства и на территории Армянского нагорья.

Дальнейший подъем виноделия в Армении происходит в послеурартский период. В VI в. до н.э. Армения, наряду с Сирией, Киликией, Персией и Согдианой, была одним из центров развитого виноградарства огромной Ахеменидской державы. Именно к этому времени относятся сведения об экспорте вина из Армении.

Свидетельство «отца истории»

В первой книге своей «Истории» Геродот, описывая Вавилонское царство, сообщает: «Теперь я перейду к рассказу о самом удивительном из всего, что есть в этой стране (кроме самого города Вавилона). Суда, на которых плавают вниз по реке (Евфрат. — Р.П.) в Вавилон, совершенно круглые и целиком сделаны из кожи. В Армении, которая лежит выше Ассирии, вавилоняне нарезают ивовые прутья для остова корабля. Снаружи обтягивают плотными шкурами наподобие днища корабля... Перевозят они вниз по реке глиняные сосуды с финикийским вином»³.

Последнее предложение, содержащее характеристику вывозимого из Армении вина,

различными авторами интерпретируется по-разному. Дело в том, что слово «φοινικίον» имеет несколько значений. Его можно перевести как «пальмовый», «ярко-красный», «финикийский». В английском издании «Истории» (1957) фраза звучит как «заполненные вином пальмовые бочки». С.Кркаяшарян в армянском переводе (1986) изложил ее как «вино в красных кувшинах», хотя он не исключает также и «красное вино».

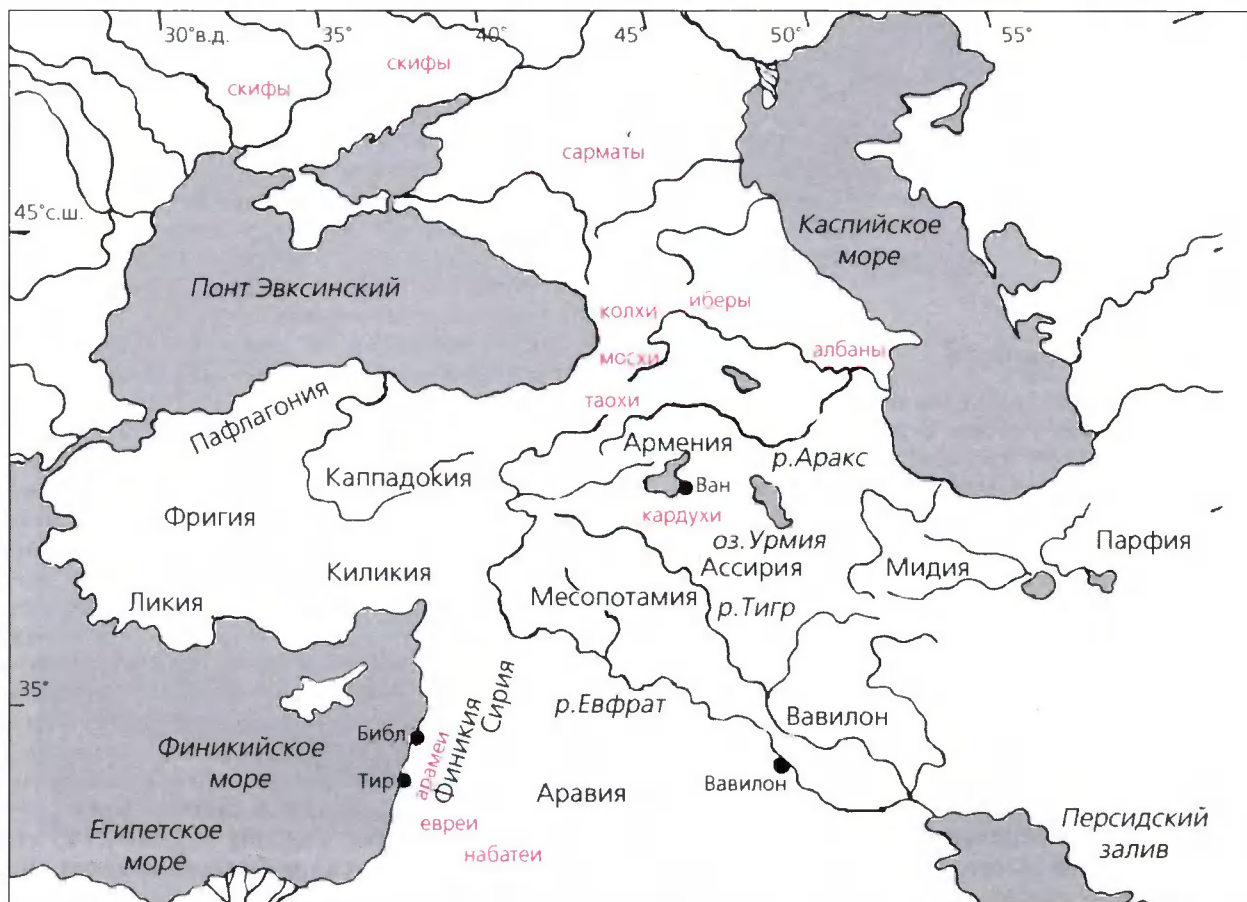
Сразу же отметим, что версия «пальмовых бочек» представляется наименее вероятной, поскольку слово «βίκοισ» означает не бочку, а глиняный сосуд, кувшин. К тому же на территории исторической Армении пальмы не произрастают, и местное производство бочек из пальмового дерева просто нереально.

Поскольку свидетельство Геродота имеет исключительно важное значение для изучения виноделия в Армении середины 1-го тысячелетия до н.э., попытаемся выяснить, какой из этих двух переводов ближе к исторической обстановке того времени, какие особенности вина хотел подчеркнуть «отец истории». Конечно, он был знаком с наиболее распространенными в то время сортами вин, производившимися в Восточном Средиземноморье, на островах Эгейского моря и в греческих городах Малой Азии. Представляется крайне маловероятным, чтобы автор точных и детальных характеристик ограничился лишь упоминанием «вина в красных кувшинах» или «красного».

¹ Вавилов Н. И. Избранные труды. М.: Л., 1960. Т.2. С.348.

² См.: Бытие. 9: 20—21.

³ Геродот. История в девяти книгах. Л., 1972.



Страны и народы Передней Азии во времена Геродота (V в. до н.э.).

Вариант перевода интересующего нас словосочетания как «финикийское вино» заслуживает более обстоятельного разбора. Финикийское можно рассматривать и как упоминание сорта, уже широко известного в пределах античного Средиземноморья. Так, знаменитое прамнское вино, воспетое Гомером, изготавливалось одновременно в разных местах. Разумеется, речь идет не о «цехах по розливу вин», произведенных на родине данных сортов, а о выращивании на новом месте уже апробированных сортов винограда или освоении известных технологий. Ассирий-

ский царь Сенекерим (705—681 гг. до н.э.) выращивал у себя виноградную лозу, привезенную из других стран⁴. В Ахеменидскую эпоху в Персии начали возделывать виноград, произрастающий в сирийской местности Халиб. Персидский царь употреблял только знаменитое в то время халибское вино, изготавливавшееся именно из этого винограда. Император Август предпочитал Ретику, которую, несмотря на германское название, делали в Италии. Рим-

ский аграрий Марк Порций Катон (234—149 гг. до н.э.) в своем труде «Земледелие» в подробностях учил римлян технологии изготовления греческих вин.

Геродот упоминает финикийское вино еще в двух местах своего сочинения. При описании Египта: «...из всей Эллады, да, кроме того, еще из Финикии в Египет привозят дважды в год вино в глиняных сосудах», — и рассказывая об ахеменидском царе Камбисе, который послал дары царю Эфиопии: «...пурпурное одеяние, золотое ожерелье, золотые браслеты, алебастровый сосуд с благовонными

⁴ Singer Ch., Holmyard E., Hall A. A History of Technology. Oxford, 1958. V.1.

маслами и кувшин финикийского вина».

Все эти соображения говорят о том, что скорее всего речь идет о финикийском сорте вина, производившемся в Армении и пользовавшемся спросом в Вавилоне.

Какие вина пили в древности?

У нас нет описания древних армянских вин. Тем не менее представление об их качестве могут дать разнообразные сведения о винах Средиземноморья и Передней Азии — частью этого культурного мира была и территория Армянского нагорья. Посмотрим, что представляли собой финикийские вина, аналоги которых обнаружил Геродот на кораблях, прибывших в Вавилон по Евфрату. Плиний Старший (I век н.э.) в своей «Естественной истории»⁵ привел перечень лучших их сортов. Список возглавляют знаменитые вина островов Эгейского моря, ионического города Клазоне и Сикиона (п-ов Пелопоннес). Затем следуют напитки финикийских городов Триполи, Берита, Тира и сладкое вино Себеннис из Египета.

Сладкие вина пользовались в античный период особым спросом. Греческий писатель Атеней (конец II — начало III в. н.э.) перечислил приблизительно 80 сортов наиболее известных вин, отдав первенство лесбосскому сладкому, которое он сравнивает с вином финикийского города Библа, подчеркивая, что последнему нет равных. Греки Архестрат (IV в. до н.э.) и Акай (V в. до н.э.) намного раньше отмечали, что оно обладает даже более сладким букетом, чем лесбосское, и хранится долгие годы.

Наряду с экспортом вина

в древнем мире происходило распространение технологий виноградарства и виноделия. Этот процесс охватывал огромные пространства Средиземноморья и Передней Азии. Финикийская колонизация Средиземноморского бассейна с конца 2-го — начала 1-го тысячелетия до н.э. способствовала распространению виноградарства и виноделия на территориях, жители которых ранее не были знакомы с таким родом производственной деятельности. В начале 1-го тысячелетия до н.э. город-государство Тир основал колонии в Северной Африке, на юге Пиренейского п-ова, в Сицилии, Сардинии. Среди эмигрантов было много крестьян, сделавшихся в новых краях земледельцами. Своим виноделием знамениты г.Ликс на западе Северной Африки и г.Карфаген. Там были созданы сочинения, излагавшие богатый опыт финикийского земледелия. На юге Пиренейского п-ова финикийцы основали города Гадес, Малага, Секси, Абдера. Производившиеся там сладкие вина славились в Риме и успешно соперничали с итальянскими. Они экспортировались даже в Малую Азию. Лучшие современные сладкие вина — Малага, Херес — издревле производятся на юге Испании, на территориях сельскохозяйственных угодий бывших финикийских городов Малага и Кадис (Гадес).

Особенности древнего виноделия на территории Армянского нагорья

В СССР ведущая роль в производстве лучших вин типа Малаги принадлежала Армении. В Араратской долине выращиваются высокосахаристые сорта винограда, из которых вырабатываются прекрасные вина — очень сладкие

и крепкие. Именно высокое качество в те далекие времена обусловило их экспорт из Армении в Вавилон.

Торговые связи между финикийцами и жителями Армянского нагорья упоминаются уже в источниках VI в. до н.э. Библейский пророк Иезекииль (около 585 г. до н.э.), описывая богатства Тира, сообщает: «Из дома Фогарма за товары твои доставляли тебе лошадей и строевых коней, и лошаков»⁶.

Производство сладких вин в пределах Армении уходит своими корнями в урартскую эпоху⁷. В Ассирии особенно высоко ценились напитки, изготовленные из винограда, произрастающего в гористых местностях. Одним из наиболее известных было вино из окрестностей горы Арзабиа в юго-восточной части Армянского нагорья, к северу от оз.Урмия. В клинописных текстах Саргона II (722—705 гг. до н.э.) упомянуто сладкое вино из хранилищ г.Улху к северо-востоку от Урмии, а сам Саргон II предпочитал напитки из района оз.Ван. В библиотеке царя Ашшурбанипала (686—626 гг. до н.э.) сохранился список лучших вин. Его возглавляет вино Изаллы, изготавливавшееся в южном краю Армянского нагорья, вблизи современного города Диарбекира. На втором месте указано хелбонское, которое славилось при дворе ахеменидских царей. И только после них помещено вино, изготовленное в ассирийских царских садах⁸.

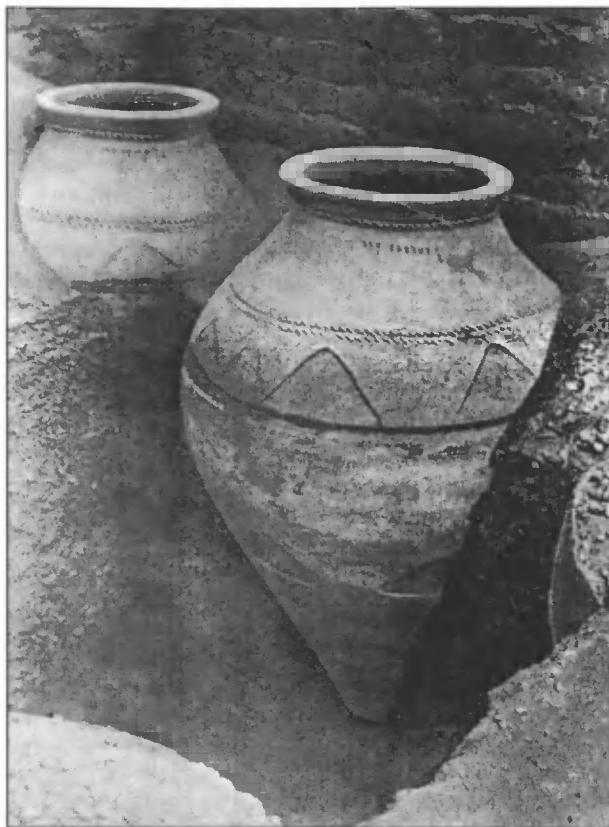
При раскопках урартского

⁶ Книга пророка Иезекииля. 26: 14. Дом Фогарма, или Тогарма (армянское название Торгом) — одно из древних наименований части Армянского нагорья, расположенной в бассейне верхнего течения р.Евфрат. Согласно ветхозаветным преданиям, Фогарма — правнук Ноя, внук Иафета.

⁷ Пиотровский Б. Б. Кармир-Блур. Ереван, 1950. Т.1; Ереван, 1952. Т.2; Он же. Ванское царство. М., 1959; Арутюнян Н. В. Топонимика Урарту. Ереван, 1985.

⁸ Forbes R. J. Studies in Ancient Technology. Leiden, 1955. V.3. P.120.

⁵ Pliny. Natural History, with an English translation by H.Rackman. London, 1960.



*Хорошо сохранившиеся карасы для вина¹¹.
Тейшебаини. VII—VI до н.э.*

*Кладовая для хранения вина №25. Внизу
слева — глиняный жертвенник, около
которого найдены курильница
и антропоморфные фигурки.*

¹¹ Здесь и далее иллюстрации из книги «Кармир-Блур» (Л., 1970).

города Тейшебаини (Кармир-Блур) на южной окраине Еревана (вторая половина VII — начало VI в. до н.э.), были найдены обуглившиеся виноградные косточки, которые, по данным С.А.Погосяна и А.М.Негруль, принадлежат к известным в настоящее время сортам винограда воскеат (харджи), мсхали, арарати (хачабаш), кишмиш, т.е. уже в первой половине 1-го тысячелетия до н.э. в пределах Армянского нагорья были созданы местные сорта высококачественного винограда.

Раскопки в Тейшебаини выявили восемь хранилищ вина, семь из которых располага-

лись в нижнем этаже крепости, а самое большое — на втором этаже. Расположенное под винохранилищем помещение было полностью выложено камнем, что позволяло выдерживать тяжелые емкости. В одном из огромных глиняных кувшинов — карасов — сохранился винный осадок. Хранилище не имело крыши, на верхнем этаже располагалась площадка на открытом воздухе, где напиток, прогреваясь в течение длительного времени, обезвоживался и становился слаще, приобретал более густую консистенцию. Только сладкие вина могли длительное время хранить-

ся под солнцем. Данная методика обезвоживания при их изготовлении применялась на территории Армянского нагорья, по меньшей мере, уже в 1-ом тысячелетии до н.э.

В центральной части одного из винохранилищ нижнего этажа крепости был обнаружен жертвенник, вблизи которого, рядом с курильницей, находились три глиняные раскрашенные фигурки, изображающие бородатые существа, их головы и спины покрыты рыбьей чешуей. В следующем хранилище нашли подобную фигурку с хвостом. В одной из комнат склада обнаружено большое количество кув-



Глиняная статуэтка — антропоморфное бородатое существо, покрытое рыбой чешуей.

шинов для вина. Были найдены и глиняные воронки крупного размера, при помощи которых вино из карасов разливалось в кувшины.

Обсуждая назначение глиняных статуэток, Б.Б.Пиотровский приходит к выводу, что они представляли собой изображения богов, охранявших здоровье, отводивших злые силы. Изображения божеств широко распространены в древнем Междуречье: в царских гробницах Ура, во дворцах ассирийских царей, на ассирийских, вавилонских и урартийских печатях.

Однако возможна и иная трактовка. Мы предполагаем, что статуэтки символизируют знаки зодиака: фигурки, покрытые чешуей, — Рыб, хвостатое существо — Скорпиона. Знаки зодиака часто встречаются в наскальных изображениях, жертвенниках и бронзовых поясах в пределах Армянского нагорья.

Изваяния из Тейшебаини могли датировать время розлива вин в винохранилище. Такое предположение основано на анализе археологических данных по древнему Средиземноморью. Детальное изучение амфор родосского вина показало, что на них часто указаны наименования месяцев⁹. Ю.Крушкол считает¹⁰, что вино разливали по амфорам в разное время года: осенью — молодое, не до конца перебродившее (десертное,

с большим содержанием сахара), весной — хорошо отбродившее (столовое сухое). Согласно названиям месяцев, отпечатанным на амфорах, на Родосе преобладало производство столовых сухих вин.

Если исходить из трактовки Крушкола, то в хранилищах Тейшебаини скульптурки датировали время розлива вин различного качества. В 1-м тысячелетии до н.э. созвездие Рыб соответствовало отрезку времени между 19 февраля и 20 марта, а созвездие Скорпиона — между 23 октября и 21 ноября. По-видимому, в винохранилище с рыбообразными изваяниями розлив производили в марте. И это было хорошо отбродившее сухое вино. В другом, где была обнаружена фигурка Скорпиона, не до конца добродившее сладкое вино в кувшины разливали осенью. Тейшебаинские вина отправлялись в столицу государства — г.Тушпу (Ван).

* * *

Производство сладких десертных вин в древней Армении опиралось на многовековые традиции, и не случайно Геродот, ознакомившись с экспортированным из Армении вином, назвал его «финикийским», т.е. сравнил с широко известным сортом. В древнем Вавилоне сладкие, как патока, вина были очень популярны. Это — дорогие напитки, и поэтому целесообразность экспорта сладких «финикийских» вин из Армении в Вавилон, где потребность в них была высока, вполне очевидна. ■

⁹ Grace V. Amphores and the Ancient Wine Trade. Princeton, 1961.

¹⁰ Крушкол Ю. // Вестник древней истории. 1946. №3. С.191—196.

Дмитрий Павлович Рябушинский

В.П.Борисов

*Институт истории естествознания и техники РАН
Москва*

Над большинством людей моего поколения довлеет стереотип купеческого сословия, сформированный пьесами А.Н.Островского. Длиннополый сюртук, сапоги «бутылками», ограниченность и самодурство — такой образ русского купца оседал в сознании после проработки школьной программы. А уж говорить о влиянии купечества на нашу культуру полагалось скорее в отрицательном, чем положительном смысле.

Позже пришлось не раз убеждаться в том, что «лучей света в темном царстве» было не так уж мало. Среди них «русский Нобель» Х.С.Леденцов, просветитель А.Л.Шанявский, издатели Сабашниковы, коллекционеры живописи Третьяковы и Морозовы. Сын муромского купца первой гильдии Владимир Зворыкин стал автором фундаментальных изобретений, положенных в основу современной системы электронного телевидения. В купеческой семье вырос поэт Валерий Брюсов. Купеческие семьи давали начало целым династиям промышленников, финансистов, политиков. Ярким примером такого плодovitого клана может служить род Рябушинских.

Основатель династии Михаил Яковлевич приобрел известность в Москве в середине XIX в. после того, как купил небольшую ткацкую фабрику в Голутвинском переулке, где организовал крупное производство холщовых, полушерстяных и бумажных тканей. Смекалке и оборотистости московского купца можно было позавидовать. В Калужской губернии на него работали три тысячи деревенских ткачей-кустарей, которым конторы Рябушинского раздавали пряжу, чтобы затем скупить готовую ткань. На полученную прибыль купец скоро построил две новые фабрики — в селах Насо-

нове, Медынского уезда, и Чурикове, недалеко от Малого Ярославца. Почти тысяча станков для них была выписана из английского города Манчестера. За двадцать лет Михаил Рябушинский увеличил прибыль от производства в двадцать пять раз; к концу 50-х годов его капитал превысил 2 млн руб.

С ранних лет к делу отца были привлечены сыновья Павел и Василий. В семье, жившей по старообрядческим законам, царили строгость и порядок во всем. Между тем правительство Николая I, озабоченное мыслями об укреплении единоверия, решило воздействовать на упорствующих старообрядцев экономическими мерами. Было объявлено, что с 1 января 1855 г. староверы лишаются ряда гражданских привилегий, в том числе права состоять в купеческом сословии. Особенно тяжело приходилось теперь молодым: по закону они не могли претендовать на освобождение от рекрутчины с ее 25-летним сроком солдатской службы.

Многие старообрядцы тогда дрогнули, отказавшись от своей веры. Но не таковы были Рябушинские. Старший сын Михаила Яковлевича Павел узнал, что образованному незадолго до того городу Ейску на Азовском море установлен ряд льгот, в том числе по записи в купечество. Не мешкая молодой Рябушинский отправился в путь длиной 3 тыс. верст. В Москву Павел вернулся с бумагами, удостоверяющими, что он и его брат Василий состоят ейскими купцами 3-й гильдии. После смерти Михаила Яковлевича Павел продолжил дело отца, значительно расширив производство и многократно увеличив капитал принадлежавшего ему и брату «Товарищества мануфактур». Удачливые промышленники вскоре были причислены к московскому купечеству, сначала ко 2-й, а с 1863 г. — к 1-й гильдии. До конца своих дней Павел Михайлович оставался стойким по-

© В.П.Борисов

следователем веры своих предков. В 1886 г. он был в числе 30 выборных купцов-старообрядцев, подписавших прошение Александру III о дозволении устраивать старообрядческие ча-совни с алтарями.

В 50-летнем возрасте, после романтической встречи с дочерью петербургского купца-старообрядца С.Т.Овсянникова, Павел Михайлович женился. Белокурая, голубоглазая Александра Рябушинская подарила мужу за 20 с небольшим лет восьмерых сыновей и пять дочерей.

Наследники московского миллионера сумели проявить себя в разных областях. Главным продолжателем семейного дела стал старший сын Павел Павлович, выдвинувшийся в скором времени в число ведущих банкиров и промышленников России. Вместе со своим братом Владимиром он выступил в печати за право на управление Россией близкой ему «крепнущей, мощно развивающейся силы, которая по заложенным в недрах ее духовным и материальным богатствам уже и сейчас далеко оставила за собой вырождающееся дворянство и правящую судьбами страны бюрократию». После Октябрьской революции П.П.Рябушинский стал одним из активных борцов против диктатуры Советов. Находясь в эмиграции, он организовывал поддержку правительству генерала Врангеля, занимался составлением «Плана торговой политики для переходного момента в России, который наступит после падения Советской власти».

Иного рода известность получил другой наследник отцовских миллионов, Николай. Он был меценат. Окруженный художниками, писателями и артистами, он славился также кутежами, которые устраивались на его шикарной вилле «Черный лебедь».

Два брата Рябушинских связали свою судьбу с наукой. Рано умерший Федор успел посвятить часть своей 25-летней жизни географии Сибири, истории и антропологии. Он стал энтузиастом изучения Камчатки, пожертвовал на Камчатскую экспедицию 200 тыс. рублей и сумел привлечь для участия в ней лучших российских специалистов.

Но наибольшую известность в научном мире получил Дмитрий Павлович Рябушинский, о котором далее и пойдет речь.

«За заслуги, оказанные отечественному воздухоплаванию»

Дмитрий Рябушинский родился 18 октября 1882 г. в Москве. Окончив гимназию, по семейной традиции поступил в Московскую практическую академию коммерческих наук. Хотя

Академия коммерческих наук не ставила целью подготовку ученых, состав преподавателей был весьма сильным. Там читали лекции профессора и Московского университета, и Высшего технического училища. Курс механики читал Н.Е.Жуковский. Лекции основателя отечественной школы аэродинамики побудили связать жизнь с авиацией многих ученых и конструкторов. «Заболел» идеями воздухоплавания и юный представитель рода Рябушинских.

В 1901 г. Дмитрий окончил Коммерческую академию с золотой медалью «для ношения в петлице на Аннинской ленте», со званием кандидата коммерции и большим желанием заниматься авиацией.

Вступать в трудовую жизнь пришлось уже без родителей: отец умер, когда Дмитрию было 17 лет, спустя два года ушла из жизни мать. Роль главы семьи легла на плечи старшего брата Павла Павловича. По его совету юный Рябушинский решает продолжить образование и осенью 1901 г. начинает слушать лекции в Гейдельбергском университете.

Прослушав курсы физики, физической химии, философии и зоологии, Дмитрий Павлович едет в Париж, где находятся его сестры, к тому же во французской столице горячо обсуждаются полеты на планерах О.Лилиенталя и Ф.Ферберера, проекты постройки самолетов.

Направляясь во французскую столицу, 20-летний Рябушинский еще не знает, что едет туда за судьбой. В Париже он встретит свою будущую жену, в этом городе пройдет и большая часть его жизни.

Сестрам Дмитрия Надежде и Александре скучать во французской столице не приходится; на устраиваемых ими приемах можно услышать как русскую, так и французскую речь. Здесь Дмитрий познакомился с юной очаровательной фрейлиной царского двора Верой Зыбиной. В Париже Вера находилась вместе с матерью; сама прекрасная музыкантша, она с удовольствием посещала музыкальные концерты и художественные выставки. Первая встреча будущего ученого с обаятельной фрейлиной была недолгой: впереди Дмитрия ждали кругосветное путешествие и серьезные дела в Москве.

О поездке вокруг земного шара сведений сохранилось мало. По воспоминаниям Дмитрия Павловича, находясь на палубе океанского лайнера, он много наблюдал за полетом чаек. Но это уже свойство человеческой памяти, или скорее психологии, — отбирать из воспоминаний самое подходящее. Братья Райт писали, что ряд идей по управлению планером к ним пришел, когда они наблюдали за полетом сарычей.

Так или иначе, но в Москву Дмитрий Рябушинский вернулся с твердым намерением за-



Дмитрий Павлович Рябушинский.

аэродинамическая лаборатория и гидроэлектростанция. По своим исследовательским возможностям Кучинский аэродинамический институт мог считаться уникальным комплексом. За рубежом исследовательские центры такого типа стали появляться спустя пять-шесть лет.

В 1906 г., после раздела имущества с братьями, Дмитрий Павлович получил имение Кучино в свое полное распоряжение. В том же году состоялось и его бракосочетание с В.С.Зыбиной, которая стала его верным другом и помощницей.

Кучинский аэродинамический институт сыграл важную роль в становлении отечествен-



Будущая жена Рябушинского Вера Сергеевна Зыбина, фрейлина Императорского двора.

няться постройкой летательных аппаратов. Об этом он не замедлил сообщить своему учителю — профессору Жуковскому. Умудренный опытом ученый убедил своего воспитанника не повторять ошибок многих энтузиастов, чьи попытки построить самолет закончились неудачей. «Здесь еще много нужно исследовать, — убеждал Жуковский, — и я бы вам рекомендовал заняться этим».

Как и другие братья, Дмитрий получил по завещанию отца большое состояние. К реализации совета профессора будущий ученый подошел с размахом. В ноябре 1904 г. в подмосковном имении Рябушинских Кучино была построена хорошо оборудованная аэродинамическая лаборатория. На создание лаборатории Дмитрий затратил 100 тыс. золотых рублей и в дальнейшем расходовал на ее содержание примерно по 40 тыс. в год. Основной частью лаборатории стала аэродинамическая труба, по своим параметрам превосходившая все известное оборудование такого типа. Вскоре после открытия лабораторию стали именовать Аэродинамическим институтом в Кучине. Институт имел хорошие мастерские, машинную станцию и даже жилые дома для сотрудников и рабочих. К 1911 г. были построены также ги-

ной и мировой науки о летательных аппаратах. Молодой директор Рябушинский пригласил в Кучино Жуковского. Эксперименты на новом оборудовании проводили также В.В.Кузнецов, Б.М.Бубекин, С.С.Неждановский и другие соратники ученого.

По мере появления в институте новых исследователей функции администратора стали тяготить Рябушинского. В конце концов он, владелец всего этого оборудования, имеет право на первоочередное проведение интересующих его экспериментов? Последовало малоприятное объяснение с Жуковским, после чего мэтр и его коллеги расстались с Кучинским институтом. Профессор Кузнецов остался единственным научным сотрудником, продолжавшим работу вместе с Рябушинским. Кучинский аэродинамический институт превратился в частное научное учреждение. Описание проведенных исследований Рябушинский помещал в специальном бюллетене, который издавал на французском языке. Ряд экспериментов, выполненных Дмитрием Павловичем в этот период, принес ему известность в научном мире.

Размолвка с учителем не повлекла за собой драматических последствий. Жуковский не напоминал о тягостных объяснениях и с интересом обсуждал с Рябушинским полученные в Кучине результаты.

Скажем здесь, что решив пополнить свое образование, Дмитрий Павлович стал посещать с 1907 г. в качестве вольнослушателя Московский университет. Затем перешел в полные студенты физико-математического факультета, полный курс которого окончил в 1912 г.

Трудно сказать, можно ли отнести Рябушинского к числу любимых учеников Жуковского. Во всяком случае он был единственным в своем роде, и профессор относился к Дмитрию с почтением. 30 мая 1912 г. Жуковский обратился в деканат факультета со следующим письмом:

«Покорнейше прошу факультет ходатайствовать об оставлении при университете на два года (без содержания от Министерства) окончившего курс физико-математического факультета с дипломом 1-й степени Дмитрия Павловича Рябушинского для приготовления к магистерскому экзамену на степень магистра прикладной математики. Д.П.Рябушинский известен своими работами по сопротивлению воздуха. При сем прилагаю три выпуска "Bulletin de L'Institut Aerodinamique de Koutchino", содержащие его труды в этой области. Д.П.Рябушинский хорошо знает французский, немецкий и английский языки. Инструк-

цию для занятий предлагаю такую же, какую для занятий К.А.Андрееву.

Заслуженный профессор Н.Жуковский».¹

В феврале 1916 г. Рябушинский завершил сдачу магистерских экзаменов и был зачислен приват-доцентом Московского университета по кафедре теоретической и практической механики. В университете он читал курсы теории упругости и аэродинамики. Кроме того, Жуковский, председатель Воздухоплавательной комиссии Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии, сделал Дмитрия Павловича своим заместителем. Став одним из организаторов Московского аэроклуба, Рябушинский привлек к этому делу своих братьев.

Одновременно Дмитрий Павлович продолжал эксперименты с использованием оборудования Кучинского института. Им было проведено обстоятельное изучение работы воздушных винтов в разных режимах. Анализ явления авторотации винта стал значительным достижением.

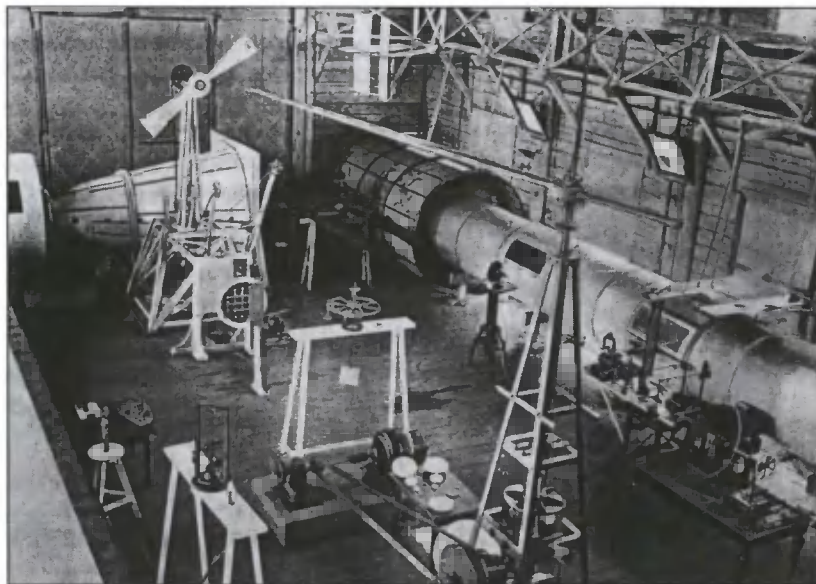
Аэродинамическая труба Кучинского института была использована для изучения спектров обтекания разрезных крыльев и других тел ламинарными и турбулентными потоками. После ввода в строй гидродинамической лаборатории Рябушинский старался уделять внимание также и проведению исследований в области гидравлики.

Труды Аэродинамического института в Кучине, публиковавшиеся на французском языке, были известны специалистам во всем мире. Работы Рябушинского, кроме того, печатались в отечественных и зарубежных научных сборниках, выходили отдельными изданиями. Развитие воздухоплавания пользовалось в те годы вниманием общества. Августейший покровитель авиации Великий князь Александр Михайлович наградил Дмитрия Павловича знаком отличия «За заслуги, оказанные отечественному воздухоплаванию».

В апреле 1914 г. научный мир отметил 10-летие Кучинского аэродинамического института. Приветствия прислали многие ученые и государственные деятели, научные общества России, Франции, Германии, Италии и США. Поздравление поступило и от Николая II. Во время юбилейного заседания Дмитрий Павлович сообщил о своем намерении приступить к решению новой «гораздо более трудной и грандиозной» задачи — разработке теории «перелета на другую планету». Одним из направлений исследований стала теория ракетного движения, занятие которой ученый продолжил в эмиграции.

Первая мировая война внесла коррективы в работу института. Глава московского военно-промышленного комитета Павел Павлович Ря-

¹ Центральный исторический архив Москвы. Ф.418. Оп.90. Д.479. Л.9.



Рябушинский привлек научное учреждение своего брата к выполнению заданий Главного артиллерийского управления. В Кучине появились необычные объекты для исследования и опытного производства: минометы, безоткатные орудия и ракеты. Часть институтских помещений была преобразована Верой Сергеевной Рябушинской в военный госпиталь, где она сама работала сестрой милосердия. Авиационная техника военного назначения производилась также в цехах еще одного промышленного детища семьи Рябушинских — завода АМО (будущего автогиганта ЗИЛ).

Член Французской академии

Вскоре после Октябрьской революции стали поступать слухи о погромах и поджогах в соседних с Кучиным имениях. Опасаясь за жену и малолетних дочерей, Рябушинский отправил их за границу, а сам остался, чтобы попытаться сберечь Аэродинамический институт. По его ходатайству институт был национализирован и передан в ведение Наркомата просвещения. Решением Отдела научных учреждений Наркомпроса Дмитрий Павлович был утвержден в должности директора.

В августе 1918 г. Рябушинский получил разрешение на поездку в Данию для выполнения научной работы по заданию Академии наук. Однако не успев выехать из Советской России, он был арестован петроградским ЧК. Без сомнения ученому тогда невероятно повезло: ходатайство Академии наук помогло ему выйти

из тюрьмы. В связи с этим напомним, например, о судьбе химика М.М.Тихвинского, которому не помогло даже письменное обращение академиков Н.С.Курнакова, Л.А.Чугаева и И.И.Черняева к В.И.Ленину. «...Тихвинский не случайно арестован, — начертал на письме великий вождь, — химия и контрреволюция не исключают друг друга».

В декабре 1918 г. Дмитрий Павлович добрался до Копенгагена. Иллюзии относительно сотрудничества с новой властью его покинули, и он решил не возвращаться. Спустя несколько лет Кучинский аэродинамический институт прекратил свое существование.

В 1919 г. Рябушинский поселился в Париже. О том, что он был богат, пришлось забыть: капиталы остались у большевиков. От нищеты спас Павел Павлович, назначивший младшему брату из личных средств своего рода стипендию.

Чтобы заявить о себе как ученом, Дмитрий Павлович издает в 1920 г. в Париже 6-й выпуск «Bulletin de l'Institut Aerodinamique de Koutchino». В нем помещены шесть научных статей Рябушинского; исследования посвящены проблемам гидродинамики и аэродинамики. В 1922 г. ученый выступил в Сорбонне с лекциями «Исследования в области гидродинамики» и «Об общих уравнениях движения твердых тел в жидкости». Прочитанные лекции вместе с опубликованными ранее трудами становятся основанием для присуждения Парижским университетом 15 июня 1922 г. Рябушинскому ученой степени доктора математических наук.

Он получает возможность выполнять исследования по заказу Технического управления Министерства авиации Франции. Заработок небольшой, а между тем материальные проблемы резко обостряются: в 1924 г. уходит из жизни брат Павел. На попечении Дмитрия Павловича — жена и три дочери. По воспоминаниям младшей дочери Александры, семья жила в этот период весьма стесненно.

С 1925 г. Дмитрий Павлович начинает читать лекции в Парижском университете. В течение последующих 18 лет Рябушинский прочитал в Сорбонне 15 курсов лекций. Официально его статус назывался «приглашенный иностранный ученый», поскольку Дмитрий Павлович до конца жизни не принимал французского гражданства и пользовался паспортом русского эмигранта. Материальной и моральной поддержкой в 1926 г. стала стипендия Рокфеллеровского фонда, которая была выделена Рябушинскому по ходатайству знаменитого математика Поля Пенлеве.

Известного своими трудами русского ученого приглашали выступить с докладами многие научные центры. В 1927 г. Дмитрий Павлович читал лекции в Варшавском политехническом институте, в том же году выступил в Англии, в Институте математики и физики (Оксфорд) и Научном обществе Лидсского университета.

В 1928 г. Рябушинский в течение семестра читал лекции в Русском научном институте и Университете Белграда. Работавший в Америке академик С.П.Тимошенко организовал для соотечественника цикл выступлений в крупных научных центрах США. Дмитрий Павлович выступил с докладами в Мичиганском университете, Массачусеттском технологическом институте, Вашингтонском бюро стандартов, Центре авиакосмических исследований им.Ленгли.

1929-й год стал важной вехой. В этом году Институт механики Парижского университета открыл лабораторию механики жидкостей, и Рябушинский был приглашен на должность заместителя директора новой лаборатории. Своеобразной данью уважения русскому ученому стало празднование 25-летия Кучинского аэродинамического института, которое проходило там же, где работал Рябушинский, — в лаборатории механики жидкостей. Получив долгожданное постоянное место работы, он принимается за дело с большой энергией. В скором времени его лаборатория была оборудована разнообразными приборами для экспериментальных исследований. Исследовательские установки, созданные Рябушинским, не раз с успехом демонстрировались на международных выставках. На новом оборудовании ученый исследовал газовые потоки в дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых ре-

жимах, обтекание воздушных и гребных винтов и другие проблемы. Проведенные Дмитрием Павловичем исследования корреляций между воздушными и жидкостными потоками стали известны в литературе как «анalogии Рябушинского».

В 1932 г. Французская академия наук присуждает Дмитрию Павловичу премию им. Анри Вуазена, а в 1935 г. избирает его в члены-корреспонденты.

«Изгнанники должны возвращаться на свою землю»

Достигнув 50-летия, Дмитрий Павлович по существу заново отстроил свою жизнь. Прошрое, в котором 22-летний миллионер Рябушинский стал хозяином огромного института, казалось сном. Теперь — скромная лаборатория, умеренная зарплата, но и это уже положение в обществе, о котором 10 лет назад можно было только мечтать.

Дочери ученого и бывшей фрейлины царского двора подавали большие надежды. Старшая, Вера, увлеклась историей и со временем стала ведущим специалистом по истории и культуре басков. Средняя, Мария, оказалась одаренной художницей. По окончании колледжа в Биаритце Мария уехала в США, где продолжила образование в Нью-Йоркской академии изящных искусств. К 25 годам Мария Рябушинская получила известность, ее картины выставлялись во многих галереях. В сентябре 1935 г. Дмитрий Павлович принимал участие в 5-м Международном конгрессе по прикладной механике, проходившем в американском городе Кембридже. Мария приехала на конгресс повидаться с отцом. Красавица-дочь повсюду сопровождала Дмитрия Павловича, и эта дружная пара запомнилась многим.

Та встреча Рябушинского с дочерью оказалась последней. Вскоре Мария погибла, сбита в Нью-Йорке автомобилем. Ей только что исполнилось 29 лет. Несколькими годами спустя трагически оборвалась жизнь и старшей дочери, Веры. Причиной ее гибели стала автомобильная катастрофа во время экспедиции на Пиренеи. Бесполезно спрашивать судьбу: за что?

Лаборатория механики жидкостей в Париже была постоянным местом работы Рябушинского до 1940 г., когда ее пришлось закрыть по указанию немецких оккупационных властей. Обращение к выдающемуся немецкому ученому в области аэро- и гидродинамики Л.Прандтлю помогло получить разрешение на возобновление работы лаборатории. Однако после освобождения Парижа от немцев ее вновь пришлось закрыть: теперь уже французские власти



На 5-м Международном конгрессе прикладной механики. Дмитрий Павлович — третий в первом ряду (со шляпой на коленях). Слева от него — дочь Мария. Справа — Норберт Винер. США, 1935 г.

наказали работников лаборатории за «коллорабационизм». После второй мировой войны Рябушинский сотрудничал в основном с Французским национальным центром научных исследований.

В феврале 1952 г. умерла жена Дмитрия Павловича, которая прошла вместе с ним все трудности эмигрантской жизни, не ропща на судьбу и всячески поддерживая мужа. Стараясь после гибели дочерей не оставлять ее одну даже на несколько дней, Рябушинский обычно брал жену на конференции. Последней их совмест-

ной поездкой стало участие в 7-м Международном конгрессе прикладной механики, проходившем в Лондоне в 1948 г.

В мае 1954 г. в Сорбонне состоялось торжественное празднование 50-летия научной деятельности Дмитрия Павловича. Председательствующим на юбилейной церемонии был директор Института механики, вице-президент Французской академии наук Анри Вилла. Поздравления Рябушинскому поступили от президента Французской академии наук Луи де Бройля, Академий наук Бельгии, Дании, Ита-



Президиум торжественного заседания в Сорбонне, посвященного 50-летию научной деятельности Д.П.Рябушинского. Справа, обращаясь к нему, стоит вице-президент Французской академии наук (ФАН), директор Института механики Парижского университета А.Вилла, крайний слева — вице-президент ФАН А.Кеке, справа от Вилла — видные ученые Э.Баррилен, Р.Тьери, П.Вернотт. 1954 г.

лии, Австрии, Швейцарии, Американской академии искусств и наук, британского Королевского общества, от выдающихся ученых: Ч.Рамана, Э.Уиттейкера, Р.Саутуэлла, Х.Драйдена и многих других. Тепло поздравили своего соотечественника представители российской эмиграции В.Маклаков, И.Савченко, Н.Лосский, И.Ильин, С.Лифарь и др. Министерство авиации Франции выпустило посвященный Дмитрию Павловичу юбилейный сборник на 443 страницах с научными статьями (его друзей, коллег и учеников) по механике жидкостей и другим проблемам, которым ученый посвятил свою жизнь.

Дмитрий Павлович много времени отдавал Русскому научно-философскому обществу во Франции, им же основанному. В 1946 г. он возглавил Общество охранения русских культурных ценностей за рубежом, немало сделавшее для спасения от гибели многочисленных архивов русских эмигрантов. Рябушинский состоял

также председателем Европейского комитета по изданию книг о вкладе российской эмиграции в мировую культуру и членом Совета русских академических групп. Неутомимой деятельностью Дмитрия Павловича мы обязаны появлением многих изданий, донесших до нас описание жизни русского зарубежья.

Умер Рябушинский 27 августа 1962 г. в Париже. Похоронен рядом со многими известными русскими людьми на кладбище Сен-Женевьев-де-Буа.

* * *

Став эмигрантом, Дмитрий Павлович никогда не посещал Россию. Вместе с тем он живо интересовался всем, что происходило на родине, поддерживал контакты с коллегами из Советской России. «Изгнанники должны возвращаться на свою землю, — задумчиво произнес он однажды, — вопрос только, когда». ■

Ледовитый океан — без льдов?

Пространство, занимаемое плавучими льдами в высоких широтах Северного полушария, постепенно сокращается, однако до сих пор особого беспокойства это не вызывало в связи с растянутостью процесса и надеждой на его естественную обратимость.

Различные исследовательские группы в своих заключениях опирались на спутниковые наблюдения и на исторические данные; использовалась информация с борта ИСЗ «Nimbus-7» за 1978—1987 гг. и данные военных спутников США «F-8, -11 и -13», полученные после 1987 г. Все это дало представление о распространении как многолетних, паковых, так и однолетних льдов и их суммарной площади. Оказалось, что в 1958—1978 гг. площадь, занимаемая льдами в северных полярных морях, сокращалась в летние сезоны примерно на 3% за 10-летие. При таком темпе Северный Ледовитый океан может превратиться в сплошь открытые воды через 350 лет. Однако по-прежнему оставалось неясным, какова динамика паковых льдов.

Ныне значительно более определенные выводы делают две группы климатологов и океанологов: одна во главе с О.М.Иогансенсом (О.М.Johannessen) из Центра по изучению природной среды и телеметрии им.Нансена (Норвегия), в которой, в частности, работает Е.В.Шалина из Санкт-Петербургского отделения того же Центра, и вторая во главе с К.Винниковым, в которую входят сотрудники целого ряда научных учреждений, в том числе Центра космических полетов им.Годдарда НАСА, Арктического и Антарктического института в Санкт-Петербурге и др. Они установили, что арктические плавучие льды не только отступают территориально, но и неуклонно теряют в мощнос-

ти, причем темпы этого процесса весьма высоки: за 20 лет площадь многолетних льдов уменьшалась со скоростью 7% в 10-летие. Эти подсчеты были сопоставлены с измерениями мощности северных полярных льдов, сделанными с атомных подводных лодок США. Первый комплект таких данных относится к 1958—1976 гг., второй — к 1993, 1996 и 1997 гг., когда осуществлялась программа «Scientific Ice Expedition» («Научная ледовая экспедиция»). Размещенные на подлодках акустические датчики картировали рельеф нижней поверхности льдин. Выяснилось, что в глубоководной акватории Ледовитого океана средняя толщина ледового покрова сократилась за 10 лет с 3.1 до 1.8 м. Этот процесс шел вялотеку, интенсивнее, чем уменьшение площади покрова.

По некоторым заключениям, арктические плавучие льды менее чем за 30 лет потеряли 40% своего объема. Исследователь Заполярья Дж.Уолш (J.Walsh) полагает: если процесс не приостановится, то до полной потери ледового покрова останется всего несколько десятилетий, и тогда эта огромная акватория из колоссальной (до 80%) отражателя солнечной энергии превратится в тепловой ее коллектор. В результате характер общей циркуляции Мирового океана и атмосферы над ним коренным образом изменится вплоть до средних географических широт; иными станут и пути прохождения штормов, и характер распределения осадков.

Среди причин сокращения ледового покрова Северного океана наиболее вероятной называют Арктическую осцилляцию (аналог Южной осцилляции в Тихом океане, приводящей к явлению Эль-Ниньо). Это неустойчивый колебательный процесс, в ходе кото-

рого атмосферное давление над Северным полюсом то возрастает, то падает параллельно с его падением и ростом в кольцевой окраине полярного региона. В зависимости от фазы Арктической осцилляции меняется характер ветровых полей, что в свою очередь влияет на толщину дрейфующих льдов. В положительной фазе в Арктику вносятся большие массы теплого воздуха, нагреваются воды, поступающие в высокие широты из Северной Атлантики, а из Арктики выносятся многолетние льдины.

По мнению же Винникова и его соавторов, основная причина массового таяния дрейфующего льда — рост концентрации парниковых газов в атмосфере.

Science. 1999. V.286. №5446. P.1828, 1934, 1937 (США).

Космические исследования. Метеорология

Частные спутники дополняют государственную метеосеть США

Американская компания «Astro Vision Inc.» объявила о намерении запустить в октябре 2001 г. искусственный спутник Земли «Avstar-1», предназначенный главным образом для детальных наблюдений погодных явлений и лесных пожаров в масштабе планеты. Через полгода за первым спутником последует другой из той же серии.

Эти небольшие и недорогие искусственные спутники будут передавать телевизионным компаниям высококачественные изображения грозных фронтов, ураганов в ходе их зарождения, развития, выхода на сушу, а также других стихийных бедствий.

Национальное агентство США по аэронавтике и космическим исследованиям (НАСА) заключило с «Astro Vision» контракт на покупку за 9.4 млн долл. всех данных по динамике торнадо. Обнаружение воронок можно будет заметить теперь на 15 мин раньше. На борту каждого спутника серии

Новости науки

«Avstar» установят две камеры: одну — обзорную, широкоугольную, с разрешением 7 км, другую — с более узким полем зрения, но различающую объекты попеременно всего ~500 м. Конечно, эти приборы значительно уступают возможностям военно-разведывательных ИСЗ США, но по своему разрешению близки к камерам спутников серии «GOES» («Geostationary Operational Environmental Satellites» — «Гео-стационарные спутники для непрерывного мониторинга окружающей среды»), которые запускаются Национальным управлением США по изучению океана и атмосферы (НОАА).

Пользователи «Astro Vision Inc.» смогут получать изображение интересующей их территории каждую минуту, тогда как существующие ИСЗ обычно выдают по одному изображению в 15 мин или даже в полчаса. Такое преимущество особенно важно для наблюдения за развитием гроз и ураганов, распространением лесных пожаров, ходом извержения вулканов.

В перспективе компания предполагает запускать аналогичные ИСЗ примерно каждые полгода, причем разрешающая способность аппаратуры будет доведена до 100 м.

По мнению ведущего метеоролога Центра космических полетов им.Годдарда в Гринбелте Ф.Хэслера (F.Hasler), высокая скорость передачи информации частными спутниками обеспечит им серьезное преимущество перед ИСЗ «GOES».

Science. 2000. V.287. №5452. P.407 (США).

Астрономия

Существует ли десятая планета?

После открытия в 1930 г. американским астрономом К.У.Томбо (C.W.Tombough) планеты Плутон казалось, что перепись планет Солнечной системы завершена; поиски десятого члена этой семьи вели тогда лишь самые отчаянные энтузиасты. Но в последние годы

надежды найти планету Икс ожились благодаря совершенствованию скорее не оптических методов, а расчетных: точный учет отклонений известных небесных тел от их орбит позволяет ныне выявлять предполагаемых «возмутителей» их движения.

Внимание исследователей привлекает облако Оорта — скопление малых небесных тел, окружающее Солнечную систему по сфере далеко за орбитой Плутона. Именно оттуда приходят кометы, срывающиеся со своих орбит и вторгающиеся иногда во внутреннюю область нашей системы, где их удается наблюдать.

Поведение таких комет исследовали Дж.Матезе и Д.Уитмайр (J.Matese, D.Whitmire); свои результаты они доложили на конференции Американского астрономического общества (сентябрь 1999 г., Падуа, Италия). Общее внимание привлекло их утверждение, будто во внешней части облака Оорта находится крупная планета или даже коричневый карлик (небесное тело, масса которого недостаточна, чтобы в нем началось ядерное горение). Именно эта «несостоявшаяся звезда», по их мнению, «вбрасывает» своим тяготением некоторые кометы в центральную область Солнечной системы.

Исследователи изучили орбиты около 30 из 82 комет, которые вырвались в разное время из облака Оорта и стали более других известны астрономам. Считается, что изменение их орбит связано с тяготением звезд, близких к Солнечной системе. Однако, по вычислениям Матезе и Уитмайра, в этом случае на Землю обрушился бы достаточно равномерно распределенный поток таких тел, чего на самом деле не наблюдается: с одного небесного полушария их поступает втрое больше, чем с другого. К тому же у таких комет нетипично короткие орбиты, которые не приводят их ни в глубину облака Оорта, ни в близкий к Солнцу район, куда залетают другие кометы. Объяснить это можно было бы существованием внутри внешней

части Облака некоего крупного тела, обращающегося вокруг Солнца на расстоянии, в 25 тыс. раз большем расстояния от Солнца до Земли. Масса такой планеты должна в 1.5—6 раз превышать массу Юпитера.

Однако у многих коллег это сообщение вызвало скептицизм. Уругвайский планетолог Х.Фернандес (J.Fernandez), признавая наличие некоторых аномалий в распределении комет, считает, что статистика, на которую опирались исследователи, недостаточна для столь далеко идущих выводов. Аналогичного мнения придерживаются американские специалисты по небесной механике Х.Левисон (H.Levison) и С.Тремейн (C.Treiman).

Science. 1999. V.286. №5439. P.385 (США).

Астрономия. Организация науки

Создается крупнейшая радиоастрономическая обсерватория

Представители астрономической науки США, Великобритании, Франции, Германии и Нидерландов подписали соглашение о создании крупнейшего в мире радиотелескопа, который предполагается построить к 2009 г. на горном плато Чахнантор в Чилийских Андах. Прибор, именуемый ALMA (Atacama Large Millimeter Array — Большая атакамская антенна миллиметрового диапазона), будет находиться на высоте 5 тыс. м над ур.м. (выше всех постоянно действующих ныне обсерваторий мира); там крайне разреженная горно-пустынная атмосфера, почти полностью свободная от водяных паров, активно поглощающих излучение в миллиметровом диапазоне.

Радиотелескоп будет состоять из 64 «чаш» диаметром по 12 м и позволит наблюдать в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах электромагнитных волн самые холодные (как газопылевые межзвездные облака) и самые удаленные во времени и пространстве объекты Вселенной.

Полезная площадь ALMA достигнет примерно 3 тыс. м², что оставит далеко позади любой из существующих радиотелескопов этого диапазона. Специалисты надеются с его помощью проникнуть в те эпохи, когда галактики еще только зарождались. Разрешающая способность всей антенной решетки будет столь высока, что качество изображения удаленных объектов окажется не хуже, чем у телескопа с единой антенной диаметром 10 км.

На разработку прибора отведено три года. К числу участников проекта, вероятно, присоединится Япония. Общая стоимость уникального телескопа будет близка к 400 млн амер. долл.

Science. 1999. С.284. №5422. P.1915 (США).

Астрономия. Организация науки

Малой планете присвоено имя русского астронома

Международный астрономический союз (МАС) решением Комитета по наименованию малых тел Солнечной системы от 24 января 2000 г. присвоил малой планете №7002 (предварительное обозначение 1971 OV) имя Бронштэн (Bronshnten) в честь русского астронома Виталия Александровича Бронштэна.

Бронштэн — московский астроном, специалист в области физики метеорных явлений, метеорной астрономии, физики планет, а также некоторых вопросов физики атмосферы (природа серебристых облаков). За последние 15 лет им выполнен ряд исследований в области истории астрономии (книги «Клавдий Птолемей», «Михаил Анатольевич Вильев» и статьи в журналах). В постановлении МАС отмечена его роль в организации любительской астрономии в бывшем СССР.

Присуждение имени Бронштэна малой планете сделано по представлению Комиссии по планетологии РФ, Комитета по метеоритам РАН и Государственного

астрономического института им.П.К.Штернберга.

Малая планета №7002 была открыта 26 июля 1971 г. Н.С.Черных на Крымской астрофизической обсерватории и почти 30 лет оставалась безымянной. Ее среднее расстояние от Солнца — 2.358 а.е. (352.7 млн км), период обращения вокруг Солнца — 3.62 г. Средний диаметр планеты — около 4 км, масса — $8 \cdot 10^{10}$ т (средняя плотность предположительно 3 г/см³). Сила тяжести на планете Бронштэн почти в 6 тыс. раз меньше, чем на Земле.

Очередное сближение малой планеты №7002 с Землей произойдет 31 августа 2000 г., когда она будет находиться в созвездии Водолея, вблизи границы с созвездием Рыб. Ее минимальное расстояние от Земли составит 0.56 а.е., от Солнца — 1.57 а.е. Максимальный блеск в противостоянии — 14.9 звездной величины.

С.О.Н.Коротцев
Санкт-Петербург

Физика

На пороге обнаружения нейтринных осцилляций

Исследования потоков нейтрино от Солнца неизменно указывали на значительную нехватку достигающих Землю частиц. В сравнении с теми расчетными значениями, которые ожидалось по любой из моделей ядерных реакций в центральной области Солнца, их оказывалось гораздо меньше. В последние годы дефицит солнечных нейтрино¹ (на уровне 50%) был уверенно установлен, в том числе в немалой степени благодаря наблюдательному эксперименту, который проведен в Японии на грандиозной подземной установке Super-Kamiokande, представляющей собой 50 000-тонный водный детектор, просматриваемый огромным количеством ФЭУ.

¹ См.: Копылов А.В. Проблема солнечных нейтрино: от прошлого к будущему // Природа. 1998. № 5. С. 31—40; № 6. С. 27—36.

Одно из объяснений дефицита базируется на возможности осцилляций нейтрино, т.е. перехода электронного нейтрино во время его пролета от Солнца до Земли в нейтрино других типов — мюонное и тау, — причем эти частицы не регистрировались использованными ранее земными детекторами. Серьезное указание на вероятность таких осцилляций дал недавний эксперимент на той же установке Super-Kamiokande, зарегистрировавшей на сей раз дефицит мюонных нейтрино, образующихся в атмосфере. Отметим: если ученые подтвердят наличие осцилляций, они получат важное свидетельство того, что масса нейтрино не равна нулю.

В ближайшее время исследование явления осцилляций получит новое развитие благодаря вступлению в строй (июнь 1999 г.) новой канадской установки SNO (Sudbury Neutrino Observatory — Нейтринная обсерватория в Садбери), расположенной в бывшей подземной шахте. Ее детектор содержит 1000 т тяжелой воды (в которой водород замещен дейтерием). Важное достоинство этой установки в том, что она чувствительна не только к электронным нейтрино, но также к нейтрино других типов. И те, и другие, взаимодействуя с дейтерием, вызывают отщепление от него протона. Но лишь при взаимодействии с электронным нейтрино образуется еще и электрон, который в остальных случаях не появляется. Сопоставляя выходы различных регистрируемых каналов реакции, можно определить, в какой мере недовосполнения электронных нейтрино от Солнца компенсируется появлением дополнительного выхода в других каналах реакции. Наличие таких вкладов стало бы серьезным подтверждением справедливости гипотезы о существовании осцилляций нейтрино. Первые результаты измерений можно ожидать в конце 2000 г. (темп счета примерно 20 событий в день).

Другая интересная возможность исследования осцилляций нейтрино откроется примерно

через два года в связи с сооружением в Японии нового подземного детектора сцинтилляционного типа для регистрации антинейтрино (электронного типа), излучаемых ядерными реакторами атомных электростанций. Всего в Японии 51 действующий ядерный реактор.

Очень старая идея регистрировать вылетающие из реактора антинейтрино с помощью сцинтилляционного детектора была основой первого экспериментального доказательства существования нейтрино, полученного в 1956 г. К.Коуэном и Ф.Райнесом (C.Cowan, F.Reines). (За эти работы Райнесу была присуждена Нобелевская премия².) Но на этот раз идея возрождается на совершенно ином уровне и в гигантских масштабах. Основу детектора составит сферический сосуд диаметром 13 м, содержащий 1200 м³ жидкого сцинтиллятора. Этот объем будут просматривать примерно 2000 ФЭУ. Установку предполагается расположить в подземной выработке Kamiokande, на месте прежнего водного детектора Kamiokande-II. Отсюда ее название: KamLAND (Kamioka Liquid Anti-Neutrino Detector). Новую установку сооружают совместно японская (вклад 20 млн амер. долл.) и американская (7.8 млн долл.) лаборатории.

Основная задача исследования — сопоставить поток антинейтрино, детектируемый установкой, с хорошо рассчитываемым потоком этих же частиц, который будет приходить от японских реакторов. Наличие дефицита должно свидетельствовать в пользу существования явления осцилляций. Кроме того, на этом детекторе можно измерять поток нейтрино от Солнца (тот же диапазон энергий, как при излучении от реактора), что увеличивает вклад в общую копилку измерений солнечных нейтрино. Наконец, предполагается, что KamLAND позволит судить о рас-

пределении радиоактивных элементов уран-ториевого ряда в земной коре и мантии.

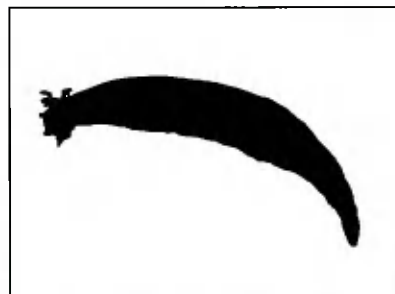
Science. 1999. V.284. №5422. P.1909 (США).

Биология развития

Сменить пол к новолунию!

Необычный способ размножения обнаружили японские зоологи Т.Кубота и М.Томари у одной из безногих голотурий — *Polycbeira rufescens*¹. Голотурии — класс иглокожих животных. Самые известные из них — трепанг и кукумария. Они живут в морях и бывают похожи на тонкие сосиски или толстые сардельки. Одни голотурии медленно ползают по дну, распуская поперек течения тонкие, длинные, ветвящиеся щупальца, которыми улавливают съедобную взвесь; другие обшаривают дно короткими щупальцами, собирая микроскопические водоросли; третьи роются в грунте, заглатывая его и пропуская через кишечник. У одних от рта до ануса пять продольных рядов маленьких ножек, у других — безногих голотурий — ножек нет вовсе и передвигаются они, подобно червям, то сжимая, то раздувая передний конец туловища.

Polycbeira rufescens в переводе — многоручка рыжеватая. Цвет ее коричневый или красноватый, а щупальца похожи на овальную пластинку на тонкой ножке с множеством коротких пальчиков по краю овала. Это тропическое животное распространено в Индийском океане и западной части Тихого, от южной Японии до северной Австралии. На юге о.Кюсю голотурии летом и осенью живут в приливо-отливной полосе. Питаются в прилив, а в отлив лежат кучками на песчано-каменистом грунте, тесно прижавшись друг к другу или к камням. Обычная их длина 6—12 см, но стоит к ним прикоснуться, как они выбрасывают из себя струйку воды и съежи-



Безногая голотурия *Polycbeira rufescens*.

ваются. Эти голотурии — гермафродиты, и их пол можно определить только при вскрытии.

Исследования Куботы и Томари показали, что многоручки размножаются раз в год, со второй половины июля до конца августа или до второй половины октября, в зависимости от погоды. Им нужна максимальная в годовом цикле температура воды, 26—28°C. Если температура ниже 25.5°, они не размножаются. Нерестятся по ночам; самцы и самки просто выметывают половые продукты в воду. Но происходит это лишь четыре ночи в месяц — за две и за одну ночь до каждого новолуния и полнолуния. Вся популяция размножается одновременно, и животные разом выметывают весь накопившийся запас яиц и спермы. Даже голотурии, которых держали в аквариуме поодиночке, нерестятся вместе со всеми.

Вскрытие голотурий показало очень странное соотношение полов: есть просто самки, просто самцы, самцы с маленькими развивающимися яйцеклетками, самцы с крупными, почти готовыми к вымету яйцами и особи с недифференцированными гонадами (неопределенного пола!). В начале периода размножения просто самки составляют до четверти популяции, затем их число сокращается, а число самцов всех категорий растет; к концу сезона размножения увеличивается число голотурий с недифференцированными гонадами. В период полового покоя, с начала осени до конца весны, встречаются только особи, пол которых невозможно

² См.: Лауреаты Нобелевской премии 1995 г. по физике — Ф.Райнес и М.Перл // Природа. 1996. №1. С.96—99.

¹ Kubota T., Tomari M. // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 1998. V.78. №1. P.249—267.

определить без микроскопа.

Тщательный анализ показал, что за две недели — между двумя моментами нереста — голотурии меняют пол! Смена пола у гермафродитов — обычное явление, но, как правило, сначала они бывают самцами, потом самками (гермафродитные иглокожие все таковы), и лишь в очень редких случаях — наоборот. А многоручки меняют пол туда и обратно, как хотят! По расчетам японских исследователей, у самца от начала формирования мужских половых клеток до вымета спермы проходит три недели, а у самки от начала роста яйцеклеток до выброса зрелых яиц — пять недель. Долгий процесс смены мужского пола на женский включает хорошо заметное созревание и накопление зрелых яиц. Напротив, короткий процесс смены пола с самки на самца может начаться в любой момент — и у просто самки, и у самца, уже находящегося на пути превращения в самку. Так что, хотя для полной смены пола необходимо больше двух недель, многие многоручки могут успеть за полмесяца, и уже в следующее полнолуние или новолуние будут нереститься в новом качестве. В отличие от нереста, смена пола у разных особей происходит не синхронно, и за период от новолуния до полнолуния, или наоборот, одни голотурии успевают сменить пол, другие — нет.

В чем польза такого оригинального способа размножения, известного у очень немногих морских беспозвоночных (нескольких видов устриц, гребешков и многощетинковых червей)? Синхронность нереста понятна — одновременный выброс яиц и спермиев гарантирует успешность оплодотворения. А лунный цикл синхронизирует половые ритмы отдельных животных — ведь нет у них календаря! Но для чего нужно за две недели, ну пусть за месяц, менять пол в любую сторону? Ответа на этот вопрос японские ученые не нашли.

О. К. Н. Несис,

доктор биологических наук
Москва

Зоология

Вестиментиферы кормятся мистическими бактериями

Эти крупные (до 2.5 м в длину) морские червеобразные животные во взрослом состоянии лишены рта и кишечника и живут исключительно за счет внутреннего симбиоза с бактериями. Они находятся в клетках специального органа — трофосомы, окисляют сероводород и используют полученную энергию для синтеза органических соединений из углекислого газа и воды. Переваривая часть бактерий, беспозвоночный хозяин получает необходимые для жизнедеятельности вещества.

Одна группа вестиментифер обитает в рифтовых зонах, в гидротермальных излияниях, где со дна бьют горячие струи воды, насыщенной сульфидами. Другая группа заселяет районы холодных высачиваний, обычно связанных с подводными залежами углеводородов. Виды последней группы встречаются и на скелетах китов, а также на обломках затонувших судов, перевозивших органические материалы.

До последнего времени было неясно, составляют ли симбиотическую пару строго определенные виды вестиментифер и бактерий или такой связи не существует. Чтобы понять, как возникает «содружество» этих организмов, К. Нельсон и Ч. Фишер (K. Nelson, Ch. Fisher) из Пенсильванского университета (США) провели сравнительное исследование генов рибосомальной РНК вестиментифер и их симбионтов. Оказалось, что в районах горячих источников, независимо от вида животных, в их трофосомах содержится одна и та же группа сульфидоокисляющих бактерий. Однако вестиментиферы из холодных высачиваний имеют три группы симбионтов. Примечательно, что у близкородственных видов, обитающих в отдаленных друг от друга районах, бактерии разные, но у далеких в эволюционном от-

ношении видов могут быть симбионты общие.

Это хорошо согласуется с тем, что вестиментиферы неспособны передавать симбиотических бактерий потомству через яйцеклетку, поэтому яйца и даже ранние личинки не имеют бактерий. У личинок хорошо развиты рот и кишечник, лишь со временем они заражаются бактериями из внешней среды, после чего пищеварительный тракт редуцируется. Поскольку в каждом конкретном месте обитает специфический вид сульфидоокисляющих бактерий, то в организм даже близкородственных вестиментифер, живущих отнюдь не по соседству, попадают разные симбионты. Если же личинки неродственных видов оказываются в одном районе океана, все они заражаются бактериями той группы, которая там обитает. Symbiosis. 2000. V.28. P.1–15 (США).

Медицина. Климатология

Погодные аномалии и здоровье

Такие экстремальные явления, как продолжительные ливни или затянувшаяся засуха, оказывают серьезное влияние не только на экономику всего мира, но и на здоровье населения. Примером может служить ураган Митч, обрушившийся в ноябре 1998 г. на Центральную Америку: он унес жизни 11 тыс. человек, а убытков причинил на 5 млрд долл. Сопровождавшие ураган обильнейшие осадки и наводнения привели к вспышке холеры (свыше 30 тыс. случаев), малярии (30 тыс.) и лихорадки Денге (более 10 тыс.).

Очень важно установить связь между погодно-климатическими условиями и заболеваемостью. Такую попытку на примере Восточной Африки сделала группа врачей и климатологов, возглавляемая К. Дж. Линтикумом (K.J. Linthicum).

В 1931 г. впервые была описана лихорадка Рифтовой долины — вирусное заболевание, охватившее Кению и прилегающие к ней районы.

С тех пор эта болезнь временами поражает как домашний скот, так и человека на территории Африканского континента южнее Сахары. Ее вспышки обычно отмечаются вслед за широкомасштабными осадками в тропиках, там, где сталкиваются мощные северные и южные воздушные потоки. В таких условиях многократно умножается численность комаров, переносящих вирус лихорадки.

Важнейшей первопричиной экстремальных метеословий служит явление Эль-Ниньо — Южная осцилляция (ENSO). Оно усиливает осадки в ряде районов Восточной Африки, одновременно вызывая засуху в южной части континента. Динамика растительного покрова, отвечающая переменам в погодных условиях, прослеживается с помощью спутников, причем наблюдения ведутся с высоким разрешением, поэтому выявляются самые ранние стадии изменений.

Линтикум и коллеги сопоставили климатические данные с медико-эпидемиологическими за 1950—1998 гг. За этот 48-летний период эпидемии вирусной лихорадки Рифтовой долины отмечались восемь раз; эти вспышки совпадали с сильными отрицательными аномалиями индекса интенсивности ENSO. Особенно четкая корреляция наблюдалась во время самых значительных эпизоотий 1951—1953, 1961—1963, 1968—1969, 1977—1979 и 1997—1998 гг., когда осадки в Кении были чрезвычайно обильными из-за наступления ENSO.

Основной практический вывод авторов: пользуясь метеоклиматическими данными по Центральной акватории Тихого океана, можно заблаговременно, от двух до пяти месяцев, прогнозировать крупные вспышки некоторых инфекционных заболеваний (в первую очередь — лихорадки Рифтовой долины) на территории Восточной Африки. Получив прогноз, местные власти смогут заблаговременно организовать массовую вакцинацию людей и домашнего скота, а также обработать инсектицидами места размножения насекомых — переносчиков опасного вируса.

Science. 1999. V.285. №5426. P.347, 397 (США).

Охрана окружающей среды

О радиоактивном загрязнении сибирских рек

Участники проекта «Радиационная безопасность биосферы», который осуществляется в Международном институте анализа прикладных систем (Вена, Австрия) под руководством экспертов Р.Д.Уотерса, К.-Л.Комптона, В.Новикова и др. (R.D.Waters, K.L.Compton et al.), получили информацию о распределении радиоактивных веществ, попадающих в природную среду в результате деятельности атомной промышленности, АЭС, а также из мест захоронения их отходов. Сведения были предоставлены Минатомом РФ, Российской академией наук и РНЦ «Курчатовский институт».

Основными объектами анализа стали сибирские реки Томь и Енисей. На берегах первой расположен «закрытый город» Томск-7 с Сибирским химическим комбинатом, вблизи второй — Красноярск-26, где находится Горно-химический комбинат. В обоих случаях вода из охлаждающей системы одноконтурных реакторов, содержащая радионуклиды, сбрасывалась в реки, давая основную часть их загрязнения.

Установлено, что большая часть берегов Енисея свободна от радиоактивных веществ (мощность экспозиционной дозы не превышает 1 мЗв/год), и только некоторые участки Енисейской поймы и речных островов загрязнены довольно серьезно.

Уровень радиоактивного загрязнения Томи еще ниже. Допустимая годовичная норма здесь может быть превышена лишь на расстоянии нескольких километров от источника. Кроме того, отмечено, что концентрация радионуклидов в обеих реках существенно снизилась после закрытия одноконтурных реакторов.

Исследователи разработали два гипотетических сценария возможных последствий реально существующего загрязнения поверхностных вод (с учетом влия-

ния на человека и окружающую среду). В одной гидрологической модели рассматривается возможность крупномасштабного наводнения, при котором могло бы произойти перераспределение радиоактивных веществ. Выяснилось, что в таком случае вероятность возникновения новых загрязненных местностей в пойме и на островах ниже по течению незначительна. Более того, уровень любого подобного загрязнения не превысит предельно допустимой нормы. По второму сценарию радионуклиды, содержащиеся в наземных хранилищах радиоактивных отходов, попадают в протекающие поблизости реки. В этом случае вполне вероятно значительное и потенциально опасное увеличение их концентраций, особенно вблизи точки выброса. Такие серьезные последствия требуют детального изучения, чтобы свести их к минимуму.

Опубликованный Международным институтом анализа прикладных систем Отчет RR-99-3 «Releases of Radionuclides to Surface Waters at Krasnoyarsk-26 and Tomsk-7» содержит исходные данные, собранные на местах, и результаты их анализа, а также описание примененной методологии. Дополнительная информация может быть получена по электронной почте: novikov@iisa.ac.at.

Options. Fall/Winter. 1999. P.5 (Австрия).

Геология

Метангидраты: наука и экономика

Полевые исследования показывают, что метаногенные микроорганизмы в состоянии вырабатывать метан на значительных глубинах — там, где давление достигает примерно 400 атм.

Несмотря на свою распространенность, гидраты редко добывают при бурении морского дна, еще реже попадают они в лабораторию в своем естественном виде.

По грубым и, может быть, заниженным оценкам, в газогидра-

тах Мирового океана может заключаться никак не меньше 10 тыс. Гг углерода, а это вдвое превосходит все известные запасы ископаемых топлив земного шара. Вот только эксплуатация такого источника энергии пока очень сложна и обошлась бы слишком дорого. Дело усугубляется еще и тем, что в большинстве случаев это «топливо будущего» залегает в осадках очень рассеянно, о чем свидетельствуют, например, результаты недавнего бурения дна на подводном хребте Блейк-Ридж у Атлантического побережья США в ходе 164-го рейса судна «ДЖОЙДЕС Резолюшн».

В конце ноября 1999 г. в район подводного желоба Нанкай, удаленного всего на 60 км от берегов Японии, вышло японское буровое исследовательское судно, положив начало новому проекту изучения метангидратов в осадочных породах Тихого океана (бюджет проекта около 60 млн долл. США).

То, что сегодня мы знаем о морских скоплениях метангидратов, основано главным образом на сейсмической съемке. Но только непосредственное бурение позволит судить о количестве содержащихся в них углеводородов, доступности для добычи и опасности высвобождения парниковых газов при общем потеплении Мирового океана¹.

Трудность извлечения метана как раз в том, что он улетучивается прежде, чем поднятый образец породы достигает поверхности. Ныне японским инженерам удалось разработать технологию, позволяющую сохранять образцы в исходном виде. Глубина моря в районе работы судна 950 м; толщина слоя осадочных пород, который предстоит пробурить, заранее не известна.

Проверка методики и опробование аппаратуры были произведены еще в 1998 г. на суше, в условиях вечной мерзлоты, где метангидраты тоже могут скапливаться.

¹ См. также: Газогидраты и конец ледникового периода // Природа. 2000. №7. С.80—81.

Эти работы с участием сотрудников геологических управлений Канады и США проводились на северо-западе Канады, в 200 км к северу от Инувик. Бурением было пройдено 1150 м. Его результаты показали пригодность методики и подтвердили, что здесь, по оценкам, содержатся триллионы кубических метров метана, хотя неясно, насколько реальна и экономически оправдана их добыча. Полученные данные были заложены в компьютерную модель, описывающую малоисследованные отложения газогидратов на Аляске.

Японские специалисты надеются, что информация, полученная ими в районе желоба Нанкай, позволит прояснить перспективы добычи метана для стран умеренного климатического пояса. Учитывая повышенную чувствительность метангидратов к изменениям температуры и давления, седиментолог Р.Мацумото (R.Matsumoto) призывает океанологов и климатологов к осторожности: прорыв морских газогидратов на поверхность может привести к глобальным катастрофическим последствиям. Геолог Ч.Полл (C.Paull), руководивший аналогичными американскими работами на подводном хребте Блейк, напоминает о роли гидратов в цементировании мягких донных осадков на континентальных склонах: неосторожное крупномасштабное бурение может породить подводные оползни, осыпи и лавины, за которыми последовали бы выбросы метана и разрушительные волны цунами.

Подобные исследовательские работы кроме Японии, США и Канады ведут Россия, Индия и Норвегия.

Science. 1999. V.286. №5444. P.1456 (США).

Геология

Гигантский кратер в Южной Африке

Ударный кратер Вредефорт (27°00'ю.ш., 27°22'в.д.) имеет диаметр 335 км; это один из самых

крупных и древних кратеров такого происхождения из когда-либо обнаруженных на Земле.

Открытый в провинции Оранжевая (ЮАР) еще в начале XX в., он был классифицирован как кратер вулканического генезиса. Недавно южноафриканские геологи провели две детальные съемки его территории. Полученные результаты полностью опровергают прежние взгляды, причем главными аргументами для специалистов стали найденные в породах кратера высокоплотные минералы кремнезема — коэсит и стишовит.

Ученые восстановили всю цепь событий, приведших к образованию столь крупного кратера: 2.1 млрд лет назад астероид (или комета) поперечником 5—10 км, летевший со скоростью от 40 000 до 250 000 км/ч, врезался в Землю. В результате сильнейшего удара и появилась эта гигантская астероблема. Для сравнения: ударный кратер Чиксулуб, возникший 65 млн лет назад на п-ове Юкатан (Мексика), имеет диаметр 200 км. Sciences et Avenir. 1999. №633. P.28 (Франция).

Океанология. Техника

Техногенные волны Северного моря

Летом 1999 г. вблизи английского порта Харвич произошел трагический случай: когда два рыболова-любителя однажды забрасывали снасти в спокойные в это время года североморские воды, совершенно неожиданно на ялик обрушилась пятиметровая волна, погубившая одного из них.

В последнее время механизму возникновения подобных волн уделяется большое внимание, поскольку они стали не таким уж редким явлением в Северном море. Причина их возникновения — гигантские суда-катамараны (на эти скоростные паромы приходится половина всех грузо-пассажирских перевозок между Великобританией, Ирландией и континентом).

По расчетам специалистов,

возможность зарождения волны-монстра вызвана тем, что скорость парама (60 км/ч) оказывается близкой к скорости распространения волн на поверхности при глубинах 30–40 м, характерных для средней части Северного моря. Возникшая в результате этого совпадения волна не приобретает большой высоты, однако у берега, на малых глубинах, скорость ее уменьшается, а высота растет, ведя к катастрофическому для лодок-яликов обрушению.

Вполне понятно, что рыбаки просто не могли заметить приближения такой коварной волны. *Terre Sauvage*. 1999. № 145. Р. 29 (Франция).

Вулканология

Извержение было предсказано точно

В середине дня 10 мая 1999 г. в Мексике взорвался вулкан Колима. Взрыв был такой силы, что содрогнулись все здания в одноименном городе, находящемся в 32 км от него.

Полной неожиданностью это событие не было: за 2 ч до взрыва сейсмолог Г.Рейес (G.Reyes) сообщил о возможности извержения в ближайшее время. Свой прогноз он основывал на характере нараставшей сейсмичности¹ и на поступивших с февраля сведениях о том, что у вершины вулкана сначала появились новые небольшие кратеры и трещины, из которых бурно выделялись газы, а затем процесс резко прервался, одновременно сильно углубился главный вершинный кратер.

Получив прогноз, власти штата Халиско срочно передали по телефону и радио предупреждение об опасности в деревни, расположенные на склонах горы. Жители были эвакуированы и жертв удалось избежать.

Сразу после мощного взрыва над вершиной на высоту 6,5 км (более 10 км над ур.м.) поднялось грибообразное облако дыма. Сви-

детели, находившиеся в 8 км от вершины, сообщили, что со склонов скатилось несколько небольших потоков пирокластического материала. Вулканические бомбы, вылетающие на расстояния до 4,5 км от жерла, подожгли леса на склонах горы.

После четырехдневной паузы взрывы возобновились. Столбы пепла поднимались на пятикилометровую высоту. За одни сутки 17 мая произошло около 20 взрывов. Активность Колимы не утихла по крайней мере до 26 мая.

Наблюдения ведут сотрудники местного университета, а также НАСА (США), осуществляющего спутниковый мониторинг.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1999. V.24. №4. Р.4 (США).

Вулканология

Очередное пробуждение вулкана Ясур

Вулкан Ясур, расположенный на о.Танна в Тихом океане (архипелаг Новые Гебриды, территория Республики Вануату), отличается почти постоянной активностью. Еще в 1774 г. его извержение наблюдал капитан Кук, отметивший в судовом журнале, что все окрестности вулкана покрыты пеплом. С тех пор Ясур все время напоминает о своем нраве несколькими тысячами островитян, населяющим его склоны.

В мае 1999 г., после почти годового молчания, он снова пробудился, начав выбрасывать крупные каменные бомбы, которые с воем разлетались на 600 м от края кратера. Произошли изменения в геометрии жерла. В июне на протяжении нескольких суток выпадал пепел, покрывший землю в радиусе 2 км от вершины слоем более 3 мм. В июле выбросы пепла достигли крайней северной оконечности острова. На основании прошлой деятельности вулкана ученые полагали, что взрывная активность Ясура будет продолжаться еще несколько недель или месяцев — и действительно, во второй половине 1999 г. он еще был

далек от того, чтобы успокоиться. *Geotimes*. 1999. V.44. №11. Р.13 (США).

Палеоклиматология

Краткосрочные потепления на фоне длительного похолодания

Судя по колонкам древнего гринландского льда, в Северном полушарии на фоне длительных межледниковых и ледниковых периодов многократно происходили краткосрочные колебания климата¹ (их называют событиями Дансгорда—Эшгера). Они характеризуются быстрым резким потеплением (всего на десятилетие), за которым на протяжении 2—3 тыс. лет следует постепенное похолодание, завершающееся холодной фазой продолжительностью около 1 тыс. лет. О таких процессах в Европе свидетельствуют сохранившиеся остатки растений.

Специалисты из Франции, Германии и Исландии, в том числе Ж.Жузель, А.Брауэр и С.Ионсен (J.Jousel, A.Brauer, S.Johnsen), исследовали изотопный состав вод в оз.Аммерзее, расположенном в 50 км от Мюнхена (Германия). Длина озера 50 км, максимальная глубина 81 м. Известно, что отношение изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ отражает температуру среды и зависит от изотопного состава выпадающих осадков. При сравнении содержания ^{18}O в колонках озерного грунта и раковинах моллюсков выяснилось, что его колебания, происходившие в период последнего оледенения, хорошо коррелируют с соответствующими изменениями в Гренландии. Впервые такие данные удалось получить с высокой степенью разрешения — около 11 лет.

Исследователи делают вывод, что климатические изменения в Гренландии и Центральной Европе за последние 10 тыс. лет происходили одновременно, причем некоторые из них привязываются к кратковременным ослабле-

¹ См.: Колима продолжает извергаться // Природа. 2000. №5. С.86.

¹ См. также: Климатические «скачки» прошлого // Природа. 1996. №8. С.18.

ниям термохалинной циркуляции, вызванным эпизодическими выбросами в Северную Атлантику пресных вод континентального происхождения. Возможно также, что вариации климата вызывались быстрыми изменениями переноса тепла в Атлантике на север, в чем участвовала так называемая конвейерная система соленых морских вод.

Температуры поверхности Северного и Норвежского морей, полученные по ископаемым фораминиферам и диатомовым водорослям, тоже сходны с данными по оз.Аммерзее. Установлено, что 10—8.5 тыс. лет назад в Центральной Гренландии наступило относительное потепление, вызванное, вероятно, ослаблением Восточно-Гренландского течения. Все наблюдаемые переходы от холодного климата к теплому были очень быстрыми (в большинстве — около 10 лет).

Science. 1999. V.284. №5420. P.1654 (США).

Палеонтология

Амфиподы из балтийского янтаря

Балтийский янтарь хорошо известен нередко содержащимися в нем палеонтологическими находками; преимущественно это насекомые и паукообразные. Изредка в нем обнаруживают остатки животных других таксономических групп, но почти всегда — наземных. В самом деле, трудно представить, каким образом водное животное могло бы попасть в каплю смолы.

Тем необычнее выглядит сообщение Ч.О.Коулмэна (С.О.Coleman) из Института зоологической систематики (Берлин) и А.Майерса (А.Myers) из Университетского колледжа в Корке (Ирландия), которое они сделали на 10-м коллоквиуме по амфиподам в Ираклионе (Крит, Греция).

В образцах балтийского янтаря они обнаружили шесть рачков-

амфипод из двух семейств: *Isaeidae* и *Nipbargidae*. Возраст находки определен в 40 млн лет. Современные *Isaeidae* обычны на морских мелководьях, а *Nipbargidae* обитают в пресных водах, часто — в подземных. Исследователи предполагают, что в янтаре оказались попавшие на берег и высохшие рачки, которых в смолу занесло ветром.

10th Colloquium on Amphipoda, Heraklion, Crete, April 16—22, 2000: Abstracts. <http://web.odu.edu/sci/biology/amphome/ic2abstr.htm>

География. Археология

Пирамиды принадлежат норманнам или иннуитам?

В 1875 г. Британская арктическая экспедиция под командованием известного английского мореплавателя, океанографа, исследователя Западной Арктики Дж. Нэрса обнаружила на небольшом острове Вашингтон-Ирвинг (79°33.5' с. ш., 72°58' з. д.) две сложенные из камней пирамиды. Этот плосковершинный остров, почти лишенный растительности, с крутыми осыпающимися бере-

гами (его высота 194.2 м над ур. м.) расположен у входа в бухту Доббин (восточное побережье о. Элсмир).

Мхи и лишайники на камнях пирамиды и в полостях между ними, а также контуры самих пирамид, резко отличные от подобных сооружений эскимосов-иннуитов, указывали на значительную давность постройки. Сделав зарисовку, члены экспедиции разобрали одну из пирамид и составили из ее камней новую.

Возникло предположение, что пирамиды были сооружены норманнами, отметившими таким образом самую северную точку своих плаваний в Арктике в конце XIII в. И хотя за последнее столетие остров посетила не одна экспедиция, точных доказательств норманнского происхождения пирамид пока не получено. Правда, при археологических раскопках стоянок эскимосов-иннуитов, проводившихся в районе п-ова Бейч, к югу от о. Вашингтон-Ирвинг, найдено в культурных слоях большое количество предметов, по облику явно принадлежавших норманнам.

Polar Record. 1999. V.35. №195. P.289—298 (Великобритания).



Зарисовка пирамид, сделанная участником Британской арктической экспедиции Э.Моссом.

Памяти Н.Н.Воронцова

Масштаб личности

Н.А.Формозов,
кандидат биологических наук
Москва

Суходом из жизни Николая Николаевича Воронцова, выдающегося зоолога, крупного природоохранника, известного политического деятеля, со всей отчетливостью обозначилась та роль, которую он играл в научном сообществе, то множество дел и связей, которые замыкались на нем и шли через него.

Николай Николаевич родился 1 января 1934 г. Довоенное детство описано им в недавно вышедших воспоминаниях¹. Оно так или иначе напоминает детство многих детей в интеллигентных московских семьях: большой, густо населенный дом на Мархлевского; сверстники, отцы которых исчезли неизвестно куда; собственный отец, чудом избежавший ареста, не часто балует сына своим присутствием. И все же кое-что отличает Колю Воронцова уже и в те времена. Я бы сказал, что это какая-то редкая разносторонность: ребенком он снимается в кино (но так и не становится киноактером), занимается скрипкой в музыкальной школе (но отказывается от карье-

ры скрипача). Определяющим оказалось третье увлечение Воронцова — Елена Фабиановна Гнесина как-то подарила ему, вероятно, уловив что-то в своем ученике, многотомного Брема и путеводитель по зоопарку. В эвакуации книги были прочитаны несчетное число раз. Эти-то подарки и определили будущее призвание Воронцова. В 1947 г. он пришел в Кружок юных биологов зоопарка, знаменитый КЮБЗ². Про роль Воронцова в КЮБЗе рассказывают такую необыкновенную историю: он организовал в кружке комсомольскую ячейку. (Как-то не вяжется, первый и единственный беспартийный советский министр, и вдруг комсомольская ячейка?) Вспоминает художник Григорий Георгиевич Держвиз (в те времена председатель КЮБЗа): «Я тогда все Колю спрашивал “Ну, зачем ты это делаешь? Это же совершенно против наших кюбзовских традиций!” А Коля мне отвечал: “Ну, понимаешь, уж больно противные типы у нас в школе всем в комсомоле заправляют, так что уж я решил, что лучше здесь”». В этой истории весь Воронцов, и его

предприимчивость, и находчивость в поисках неожиданного и, как сейчас бы сказали, легитимного решения. Наверное, не одному ему было несладко от школьных комсомольцев, но только у него хватило энергии, чтобы найти такой выход из положения. Стоит ли говорить, что с его уходом из КЮБЗа комсомолия в кружке, известном своей аполитичностью, прекратила существование.

В 1950 г. Воронцов поступил на биофак МГУ. Времена были мрачные, биофак возглавлял теоретик лысенкоизма Израиль Презент. Но натура Воронцова требует поля деятельности, и совместно со Славой Чабовским он берется за руководство школьным зоологическим кружком: читает лекции школьникам, выезжает с ними на экскурсии, ближе знакомится с двумя своими учениками, сестрами Еленой и Натальей Ляпуновыми. Вместе с ними он принимает участие в работе домашнего семинара по генетике, организованного в 1954—1956 гг. отцом девочек, известным математиком Алексеем Андреевичем Ляпуновым. В 1956 г. на биофаке разразился страшный скандал, грозивший сестрам Ляпуновым исключением

¹ Воронцов Н. Забыть не в силах ничего // Знамя. 1998. №11. С.130—149.

© Н.Н.Формозов

² Без четверти век. Воспоминания о КЮБЗе. М.: Изд-во АБФ, 1999. С.309.



Николай Николаевич Воронцов
1.1.1934—3.3.2000

из университета. Они как-то в студенческой компании пропели частушки про народного академика Трофима, к тому же всплыли сведения о домашнем семинаре. Воронцов мог бы отсидеться в Ленинграде (шел первый год его аспирантуры в Зоологическом институте), но это было бы не

в его характере — он приехал защищать своих бывших учениц, поддержать в беде.

В 1962 г. Николай Николаевич подготовил кандидатскую диссертацию «Пути пищевой специализации и эволюция пищеварительной системы у некоторых, преимущественно мышеобразных, гры-

зунов», а через пять лет в Новосибирске по теме диссертации была издана книга «Эволюция пищеварительной системы у грызунов (мышеобразные)». В диссертации (и в книге) Воронцов впервые к данным по млекопитающим применил закон гомологических рядов Вавилова.

В качестве модели он выбрал пищеварительную систему грызунов, лабильную и закономерно меняющуюся в соответствии с типом питания животного. Объем материала охватывал чуть ли не всю мировую фауну. По гамбургскому счету это была, безусловно, докторская. Многие хотели, чтобы именно такую степень присвоили соискателю, однако этого не произошло.

За пять лет Воронцов подготовил докторскую «Эволюция низших хомякообразных». В ней впервые систематика и филогения одной конкретной группы животных была изучена всеми доступными в то время методами, в том числе цитогенетики. Спустя 15 лет расширенная первая часть докторской вышла в виде монографии в престижной серии «Фауна СССР»³.

Первую работу о значении кариотипов для систематики млекопитающих Воронцов опубликовал еще в 1958 г. в единственном в то время антилысенковском журнале «Бюллетене МОИП». Она была новаторской не только для СССР. По сути дела в 1958—1969 гг. Воронцов основал новое направление отечественной науки — кариосистематику. Долгое время это было одно из немногих направлений современной биологии, в котором мы значительно опережали мир. Николай Николаевич заслужено гордился, что благодаря его трудам и работам коллег по кариологической изученности фауны территория СССР не знала равных. Школа цитогенетиков Воронцова высоко котируется в мире, а зоологи перестали бояться цитогенетических методов и активно используют их. Столь тесный и широкий альянс зоологов и цитогенетиков существует, как мне ка-

жется, лишь в нашем отечестве и благодарны за него мы должны быть Николаю Николаевичу.

Огромного размаха научная деятельность Воронцова достигла во время работы в Новосибирске (1964—1970), где он заведовал лабораторией генетики популяций, эволюции и кариосистематики Института цитологии и генетики и одновременно был ученым секретарем президиума Сибирского отделения АН СССР. О воронцовских экспедициях тех времен до сих пор ходят легенды. Только за четыре года (1966—1969) пройдено 88 тыс. км маршрутов, кариологически датировано 119 видов млекопитающих, т.е. около трети фауны СССР. Результаты обобщены в популярной среди териологов «черной книжке» — скромном ротапринтном сборнике «Млекопитающие (эволюция, кариология, систематика, фаунистика)», вышедшем в 1969 г. под редакцией Николая Николаевича. В нем подтвержден видовой статус 12 форм млекопитающих. Трудно сказать, когда еще фауна столь большого региона подвергалась такой основательной ревизии. Прочное положение Воронцова в Новосибирске позволяло ему помогать опальным ученым, публиковать труды «крамольного» А.А. Любищева.

В 1970 г. Воронцов переезжает во Владивосток, где ему, молодому талантливому доктору наук, предложили занять кресло директора Биолого-почвенного института Дальневосточного научного центра АН СССР. Яркий, не умеющий гнутья, да и к тому же беспартийный, 36-летний директор довольно быстро вступает в конфликт с крайкомом КПСС. Говорят, что все началось с отсутствия Воронцова, единственного из всех директоров и начальников города, на какой-то демонстрации. Такого затхлая чиновная рос-

сийская провинция снести не могла. Отказ Воронцова вступить в партию усугубил конфликт. Снимали Воронцова, конечно, по представлению крайкома партии, но сделано это было руками академической комиссии из Москвы, включавшей, увы, и зоологов, которые не встали на защиту коллеги. Во Владивостоке Николай Николаевич проработал шесть лет. Не знаю, как в других областях, но в моей науке Биолого-почвенный институт Владивостока до сих пор известен темами и работами, которые начинались еще при Воронцове.

Возвращение в Москву было финалом сибирской одиссеи Воронцова. Он начинает работать в Институте биологии развития АН, разрабатывает интереснейшую тему, нащупать которую удалось еще во время больших новосибирских экспедиций. В Таджикистане, в долине рек Вахш и Сурхоб, Воронцов с сотрудниками обнаружили район повышенной кариотипической изменчивости у симпатичных подземных грызунов слепушонок⁴, так называемый *робертсоновский веер*. Это было замечательное открытие, уникальная возможность наблюдать буквально воочию процесс видообразования.

В 1989 г. шли выборы в горбачевский съезд народных депутатов, первые свободные выборы в Советском Союзе. Но выборы были необычными, проводились они по трем «куриям» — национальным, мажоритарным округам и от общественных организаций. 10 мест от общественных организаций выделили и для спешно организованной Ассоциации научных обществ АН СССР. И вот в Малой ауди-

Воронцов Н.Н. Низшие хомякообразные (*Cricetidae*) мировой фауны. Ч.1. Морфология и экология // Фауна СССР. Млекопитающие. Т.3. Вып.6. Л., 1982.

⁴ Эти родственники полевок прокладывают свои ходы под землей при помощи выступающих вперед резцов, из-за чего зубы придают им забавный «кровожадный» облик. Вопреки названию, они вовсе не слепы.

тории на биофаке МГУ собралось наше териологическое общество, чтобы выдвинуть кандидатов в депутаты и выборщиков, которые будут их избирать на общем собрании всех выборщиков от научных обществ АН. Выдвинули троих — академика В.Е.Соколова, члена-корреспондента А.В.Яблокова и профессора Н.Н.Воронцова.

Дальше был Первый съезд народных депутатов, Межрегиональная группа, море всеобщих надежд и блестящие выступления Воронцова. При утверждении Воронцова председателем Госкомитета по охране природы М.С.Горбачев сказал: «Мы все знаем великопленные способности Николая Николаевича». Трудно представить, что еще несколько месяцев назад сам Николай Николаевич всерьез опасался, будто его, «новосибирца» и «владивостокца», плохо знает научная общественность Москвы за пределами узкого круга зоологов. С его приходом в Госкомитете (в марте 1991 г. преобразованном в Министерство) началась новая жизнь. Вместе с ним пришла целая плеяда ученых экологов: член-корреспондент Г.А.Заварзин, доктор физико-математических наук А.Д.Базыкин, доктора биологических наук А.А.Никольский, С.Коновалов и др. При Воронцове впервые в СССР отменена секретность данных о состоянии окружающей среды, публиковались национальные доклады, полные детальной и достоверной информации об экологической обстановке в стране. Ученик и ближайший сотрудник Воронцова еще по Новосибирску Базыкин работал над созданием аналитическо-информационного центра по экологическим пробле-

мам СССР (подобной дееспособной структуры в России нет и ныне). По инициативе Воронцова его ученик и спутник по экспедициям Никольский возглавил при союзном Министерстве вновь созданное Главное управление по заповедному делу. Шла работа по координации деятельности заповедников всей страны как уникальной сети научно-исследовательских учреждений в природе.

Особым пристрастием Воронцова были заповедники. Он помогал им, еще когда был директором института на Дальнем Востоке: там строились лабораторные корпуса, увеличивалась охраняемая площадь. Он один из первых понял, что система заповедников — это наше уникальное, не знающее равных в мире, наследие. Парадоксально, но именно благодаря той легкости, с которой при социализме отчуждались земли, ученым удалось, иногда испытывая огромное сопротивление системы, создать, пусть с оговорками, но все же научно спланированную сеть особо охраняемых природных территорий. Воронцов первый понял, что это — наше Российское Know-Now, такого нет больше нигде в мире, но в силу исторических причин «детище» централизованной экономики особо уязвимо в новых условиях. «Заповедникам надо помочь выжить!» — это было своего рода кредо Воронцова тех лет.

Тогда же, несмотря на огромную занятость, Воронцов вошел в редколлегия журнала «Природа». Правда, его связь с журналом началась намного раньше. Он всегда считал популяризацию науки необходимым и важным делом, и сам был ее активным пропаганди-

стом. Его блестящие статьи в «Природе» хорошо известны читателям.

В 1991—1995 гг. Воронцов — народный депутат РФ, депутат Государственной Думы. В этот период Николай Николаевич очень много сделал для поддержки отечественных ученых. По инициативе В.Н.Сойфера весной 1992 г. он впервые встретился с Дж.Соросом³. Так родилась программа малых грантов — экстренной поддержки ученых бывшего СССР.

В январе 1998 г. Воронцов тяжело заболел, у него случился обширный инсульт. Однако он продолжал работать, мужественно и стойко боролся с неимоверными, нечеловеческими страданиями.

Смерть Николая Николаевича 3 марта 2000 г. лишь резко обозначила то, что в общем-то было очевидно всегда, я бы сказал, его мобилизующую роль для научного сообщества. Его идеи и методология влияли на очень широкий круг зоологов. Его международные связи помогали отстаивать авторитет нашей науки во времена «железного занавеса» и укреплять его в трудные годы реформ.

Говорят, незаменимых не бывает, но в науке, как, впрочем, и в жизни, это совсем не так. Уход Воронцова породил ощущение огромного невосполнимого провала.словно из лесного полога выпало гигантское уникальное дерево. Конечно, его место займет со временем какой-нибудь подлесок, но можно ли это называть заменой? ■

³ Подробности этой встречи изложены Н.Н.Воронцовым в очерке «К истории возникновения фонда Дж.Сороса «Биоразнообразие» // Кто есть кто: Биоразнообразие / Под ред. Н.Н.Воронцова, М., 1997. С.IV—V.

Последняя книга

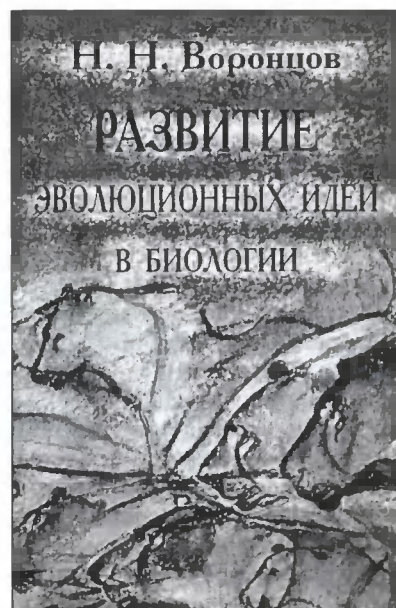
М.Д.Голубовский,
доктор биологических наук
Санкт-Петербург

Последняя книга Николая Николаевича Воронцова необычна и уникальна во многих отношениях. Она объединяет его жизненный опыт и многие стороны творческой активности: собственно научные исследования, преподавание и передачу биологических знаний в системе высшей и средней школы, наконец, деятельность на поприще науки как социального института (от противостояния лысенковщине, поддержки генетики и генетиков до депутатства в Думе и поста первого в истории СССР беспартийного ученого в ранге министра). Мировое признание получили результаты многолетних новаторских исследований Воронцова в ряде областей эволюционной биологии — сравнительной анатомии, кариосистематике, фено- и геногеографии, в изучении проблем вида. Он совершил несколько десятков экспедиций во все регионы бывшего СССР, в особенности в горные районы Средней Азии и Закавказья.

В перестроечное время он принимал активное участие в глобальных программах по биоразнообразию и экологическому мониторингу планеты, побывал на шести континентах. Как натуралисту ему выпало счастье посетить тропические леса Бразилии и Малайского п-ова, о-ва Борнео, места, описанные Дарвином. Как эволюционист и историк науки Воронцов впитывал ауру тех аудиторий, библиотек, музеев, ботаниче-

ских садов, биостанций, где творили классики эволюционной мысли. Воронцов был лично знаком и дискутировал со многими крупными современными эволюционистами мира. И все это многообразное личностное знание пронизывает книгу, воплощается в ее замысле, стиле и подборе иллюстраций.

О последнем надо сказать особо. Пожалуй, у нас не выходило эволюционной сводки с таким культурно-историческим охватом, с такой богатой **иконографией** биологов и философов, причастных к развитию эволюционной мысли, начиная с античности. Галерея портретов эволюционистов поражает не только многообразием, но и стилем подбора, окрашенным в личные тона подписями и краткими биографическими мини-новеллами. Для иллюстраций широко использованы богатый личный архив автора и архив журнала «Природа». Многие редкие или поданные в необычном ракурсе портреты впервые собраны «под одной крышей»: Карл Линней и Карл Бэр в молодости, Ричард Оуэн и Луи Агассис, И.Мюллер, братья Оскар и Рихард Гертвиг, Г.Осборн, Э.Геккель в сопровождении ассистента Н.Миклухо-Маклая, редкие фото отечественных эволюционистов и критиков дарвинизма, среди них С.И.Коржинский, Н.Я.Данileвский, Н.Н.Страхов, С.В.Мейен. Особенно подробно представлены личные и групповые портреты российских эволюционных зоологов и генетиков. Свидетельствую, как была по-



Н.Н.Воронцов.
Развитие эволюционных
идей в биологии.

М.: Прогресс-Традиция, 1999.
640 с.

трясена преподаватель биологии новгородского вуза, впервые увидев в галерее классиков эволюционизма два последних тюремных снимка Н.И.Вавилова из архива НКВД (с.498). Думаю, на такую реакцию и рассчитывал автор.

Нельзя, конечно, объять необъятное. Но, следуя замыслу автора и некоторой весьма условной «табели о рангах», хотелось бы видеть в этой замечательной галерее эволюционистов портреты упомянутых в книге англичан У.Бэт-

©М.Д.Голубовский

сона и Д'Арси Томпсона, таких французских биологов, как Люсьен Кэно (концепция преадаптации), Эмиль Гийено (концепция тератологической «монструальной» эволюции) и нобелевский лауреат Анри Бергсон, автор недавно переизданной книги «Творческая эволюция». А, скажем, портрет Д.И.Писарева кажется здесь вовсе не обязательным.

Книга состоит из четырех больших разделов, в которых шаг за шагом рассмотрено развитие эволюционной идеи, возникшей за тысячи лет до Дарвина, а после него определившей многие стороны культуры конца XIX — XX вв. Первый раздел включает предисторию, второй — дарвинизм, третий — от неodarвинизма к синтетической теории эволюции, последний раздел посвящен проблемам современного эволюционизма. В основу положен расширенный курс теории эволюции, читанный автором на кафедре физики Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова.

Цель автора (с.467) — преодолеть хиатус (ножницы) между биологами классического образования и молекулярными. Первые, будучи не в состоянии уследить за успехами современной биологии, «подчас путают архаичность образования с его классичностью». С другой стороны, считает Воронцов, множество пришедших в биологию в последние десятилетия физиков и химиков владеют скорее методиками, но не методологией этой биологии, в особенности это касается эволюционистов. Автор, читавший ряд лет университетский курс, отмечает «некоторое зазнайство в среде молекулярных биологов, в особенности тех из них, кто не получил нормального биологического образования, кому кажется, что можно судить об эволюции, не освоив фактического и идейного багажа,

который был накоплен биологией за 225 лет становления и развития научного трансформизма от Линнея и его оппонентов Мопертю и Бюффона до наших дней» (с.469).

Уместно привести сходное саркастическое высказывание видного молекулярного биолога старшего поколения Сиднея Бреннера (Калифорнийский университет). Один автор вышедшей в 1996 г. книги об истории открытия концепции оперона у бактерий сетует, что для молодых молекулярных биологов история не существует и они не представляют себе длинного пути, приведшего к современному уровню знаний. В рецензии на эту книгу Сидней Бреннер с характерным английским юмором пишет, что придерживается иной точки зрения: нет, история входит в круг интересов молодых молекулярных биологов, но они делят ее на две эпохи (последние два года и все остальное до того)¹.

Воронцов начинает свое повествование с палеолита. С большим интересом читается первый раздел, где панорамно представлен краткий, но содержательный и прекрасно иллюстрированный обзор предистории человечества и сопоставлен ход развития основных цивилизаций с позиций эволюционизма и современной глобальной экологии. Мы не только знакомимся с зародышами и предтечами эволюционных взглядов в ранних памятниках культуры, само по себе сопоставление развития и упадка разных цивилизаций становится основой для важных нетривиальных эволюционных выводов. Воронцов подчеркивает несостоятельность попыток уложить разнообразие культур в прокрустово ложе идей европоцентризма (с.155) или плавного поступательного разви-

тия. Скорей выявляется принцип неравномерности и мозаичности идейного и технологического развития культур. Действие этого принципа автор установил и детально исследовал на биологическом материале (с.587). К примеру, за многие сотни лет в империи ацтеков создавались прекрасно декорированные ботанические сады, проводились акклиматизация растений и искусственный отбор, целенаправленные поиски новых видов съедобных лекарственных растений, за обладание их семенами возникали войны (как ныне из-за нефтяных ресурсов). Аналогично в Древней Индии (VIII в. до н.э.) медики владели техникой ампутации, удаления катаракты, кесарева сечения, умели извлекать почечные и желчные камни, знали не менее 760 видов лекарственных растений. «Особенно изумляет нас, европейцев, тот факт, что более двух тысяч лет назад в Древней Индии была открыта вакцинация как метод борьбы с оспой» (с.107). Философия пространства — времени в индуизме строилась на совершенно иных принципах, нежели в библейской традиции. Поэтому Воронцов соглашается с мнением Дж.Неру о том, что дарвиновская и другие аналогичные теории никогда бы не могли вызвать в Индии того смятения и внутреннего конфликта, которые они породили и порождают ныне в Европе (с.108).

Ничто не ново под луною. Оказывается, уже в ранней истории, как анализирует Воронцов, одна из главных причин гибели древнейших земледельческих государств Месопотамии или культур Сахары заключалась в неизбежных и непредвиденных экологических последствиях их деятельности. Засоление почв как следствие ирригации и опустынивание как следствие перевыпаса приостанавлива-

¹ Brenner S. A sight at the operon // Nature. 1997. V.336. P.225.

ли рост цивилизаций. Так, в Месопотамии происходило смещение доминантных культур от шумеров к Вавилону, а затем от последнего к Ассирии. Иногда ключевую роль играли случайности, казалось бы, маловажных культурных эпизодов. Л.Н.Гумилев любил приводить пример, как женитьба халдейского правителя Навуходоносора в 582 г. до н.э. на египетской царевне Нитокрис привела через несколько поколений к антропогенной катастрофе и гибели Вавилона. Ибо египетские советники, приехавшие вместе с царицей, перенесли свои приемы мелиорации с Нила на Евфрат, что быстро вызвало засоление почв. Исправить последствия пагубной мелиорации уже никому не удалось. Падение Карфагена во II в. до н.э. после пунических войн сопровождалось миграцией берберов к югу, где их скот стал выпасывать саванну Западной Сахары и привел через сотни лет к ее опустыниванию. Гораздо стремительнее сходные процессы происходят в современное время. Поразительны приводимые в книге данные по опустыниванию Калмыкии: с 1952 по 1991 г. площадь пустынь возросла с 25 тыс. до 1 млн 200 тыс., т.е. в 50 раз (с.72)!

Экологические последствия Великих географических открытий неузнаваемо изменили мир. Многие акклиматизированные виды стали играть большую экономическую и культурную роль на новом месте. «Трудно представить себе Россию без картофеля, Украину — без подсолнечника и кукурузы, Болгарию — без томатов, Грузию — без фасоли и чая, Узбекистан — без хлопчатника, Канаду — без пшеницы» (с.172). Этот начавшийся 500 лет назад процесс активного межконтинентного внедрения и перераспределения культур автор называет «первой зеленой революцией»,

благодаря чему численность человечества стала резко возрастать.

Второй и третий разделы книги посвящены собственно эволюционной проблематике — становлению и развитию дарвинизма как доминирующей в последние полтора века эволюционной теории. Изложение начинается с Линнея и заканчивается рассмотрением постулатов синтетической теории эволюции, которые автор впервые вслед за Л.С.Бергом (он первый суммировал послышки дарвинизма на рубеже 20-х годов) и А.А.Любичевым формулирует и анализирует их статус (с.455). Последнее очень важно, ибо позволяет вербализовать то, что неявно лишь подразумевается.

Если ряду постулатов могут быть противопоставлены противоположные по смыслу, то тогда очевидно, что хотя бы по пяти исходным утверждениям может быть 2⁵ или 32 варианта эволюционных построений. Так оно в действительности и оказывается². Более того. Как писал С.В.Мейен, «только вариантов классификаций эволюционных теорий существует не меньше двух десятков. Сколько же существует самих теорий? Я не знаю двух человек, взгляды которых по эволюционным вопросам совпадают. Любопытно, что полярно противоположные взгляды выдвигают исследователи, изучающие одну и ту же группу организмов»³.

Так, Берг и Д.В.Обручев были авторитетными ихтиологами, тем не менее первый создал концепцию номогенеза, а второй был «правоверным дарвинистом». Два палеонтолога, замечает Мейен, В.Е.Руженцев у нас и О.К.Шиндewolf в Германии известны

как выдающиеся специалисты по аммоноидеям (аммониты — подкласс вымерших головоногих моллюсков), но из обработки сходного материала они делают противоположные выводы.

И это необходимое ощущение поливариантности и взаимодополнительности подходов возникает при чтении книги, когда автор рассматривает итоги старых или давних жарких дискуссий. Один из разделов, названный «Многообразие путей и форм видообразования», заканчивается утверждением, что в природе существует и постепенное, и внезапное видообразование, и градуализм, и пунктуализм (с.579).

Воронцов адресует книгу не только биологам, но любому «интеллигентному читателю», который хочет ознакомиться с драматической историей становления и развития идеи эволюции, оказавшей глубокое воздействие на мышление конца XIX и весь XX в. Доставляет удовольствие не только сама фактура книги, но и ремарки автора о классиках эволюционизма и перипетиях их жизненного пути, с интересными выдержками из их работ или мемуаров, размышлениями по поводу судеб гениев (с.134) и коллизий эволюционных идей (с.196, 325, 347, 490, 507). Даже если речь идет о самом исследуемом материале, мы находим эмоциональное признание: «Не могу забыть чувство трепета, охватившее меня, когда в 50-х годах я, тогда молодой зоолог, обнаружил в привезенных из Америки коллекциях В.О.Ковалевского череп олигоценового хомяка великолепной сохранности» (с.354). В то время Воронцов занимался сравнительной анатомией и эволюцией хомякообразных. Если читатель сможет понять, представить или пережить то, что поразило и вызвало тре-

² Любичев А.А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., 1982. С.197—198.

³ Мейен С.В. Кто первым бросит камень? // Знание — сила. 1987. №12. С.75—80.

пет автора, это будет означать, что он проникся проблемами развития органического мира.

Здесь уместно заметить, что есть три уровня знания: а) сведения о каком-то феномене, законе; б) понимание его глубинной сути; в) эмоциональное переживание, которое возникает, когда данный феномен или закон гармонично встраивается в целостную картину — так чувство красоты шахматной комбинации возникает при понимании логики отдельного хода и его роли во всем игровом замысле. Эмоции в науке и в искусстве — побудительный мотив творчества. Вот почему Воронцов приводит в книге (с.229) отрывок из воспоминаний Эккермана о Гёте. Когда 79-летний ученый в разгар июльской революции 1830 г. жадно обсуждает новости из Парижа, но не пламя революции, а «пламя, вырвавшееся из стен академии», спор между Ж.Кювье и Э.Жоффруа Сент-Илером о том, можно ли свести все многообразие форм животных к одному типу (Сент-Илер) или есть несколько несводимых друг к другу типов (четыре, как утверждал Кювье). «Вы себе представить не можете, какие чувства я испытал, узнав о заседании двенадцатого июля», — признается Гёте. Он воспринял аргументы Сент-Илера о единстве типа как доказательство давно высказанной им идеи о «праарстений» — идеальном типе, давшем в своих разных воплощениях все эволюционное многообразие растений. Гёте десятилетия не встречал сочувствия к своей идее и лишь после данного спора признался: «Я ликую, что победа наконец-то осталась за делом, которому я посвятил свою жизнь, и потому с полным правом могу называть его своим делом». Противоречивые итоги этого знаменитого спора подробно анализирует

известный историк биологии И.И.Канаев⁴.

Дарвин также постоянно сообщает о своих сильных эмоциональных переживаниях, связанных с эволюцией жизни на Земле. Вот начальные фразы его книги «Происхождение видов»: «Путешествуя на «Бигле» в качестве натуралиста, я был поражен некоторыми фактами, касавшимися распределения органических существ в Южной Америке, и геологическими отношениями между прежними и современными обитателями этого континента. Факты эти бросали некоторый свет на происхождение видов — эту тайну из тайн». Буквально теми же словами в той же тональности начинается знаменитая статья Грегора Менделя: «Поразительная закономерность, с которой всегда повторялись одни и те же гибридные формы, дала толчок к дальнейшим опытам» (курсив мой. — МГ.). Интуитивно предугаданная Менделем закономерность поразила его своей логикой и побудила к упорному поиску общих законов наследования. Мне уже приходилось писать, что драматическая судьба открытия Менделя, когда факты и концепция, имея фундаментальное значение, остаются в тени более 25 лет, а затем почти одновременно подтверждаются рядом исследователей и быстро становятся общепризнанными, — это скорее правило, нежели исключение⁵. Причем период непризнания, длящийся примерно 25 лет, есть некая историко-научная инварианта. Оказалось, данное явление не зависит от уровня развития науки и даже от научного статуса первооткрывателя. В момент открытия Мендель был никому не известный настоя-

тель монастыря, а Барбара Макклиток, открывшая мо-бильные элементы, состояла в американской академии, считалась мировым авторитетом в своей области. Однако открытия обоих ученых ждали своего звездного часа (широкого признания научного сообщества) более 25 лет. В истории эволюционизма XIX в. множество подобных коллизий. Одни из наиболее драматичных касаются открытий «допотопного» палеолитического человека и его искусства — скульптур, гравюр и живописи. На суперобложке книги Воронцова изображены цветные рисунки палеолитического человека из пещеры Шове в бассейне р.Роны, найденные в 1994 г. Возраст рисунков — около 30 тыс. лет, почти вдвое старше всех дотоле известных. Это сенсационное открытие мгновенно получило мировую известность. Но как же долг был путь к признанию того, что искусство живописи палеолитического человека не ниже, чем во времена античности!

В 20-е годы прошлого столетия утвердился императивный вывод Кювье: «Ископаемых человеческих костей не существует». Этот вывод он сформулировал в одном из разделов своего знаменитого труда «Рассуждение о переворотах на поверхности Земного шара». Однако начиная с того времени бельгийский врач, палеонтолог Филипп Шарль Шмерлинг (1791—1836) под сталагмитовой коркой пещер долины Мааса около Льежа и французский археолог Буше де Перт (1788—1868) в разрезах р.Соммы на глубине более 7 м находят: первый — кости «допотопного» человека рядом с вымершими пещерными животными, а второй — обтесанные древним человеком камни. Их открытия долго не получали признания. И лишь спустя 25 лет прочно вошли в науку благодаря поддержке и авторитету ос-

⁴ Канаев И. И. Жорж Кювье. Л. 1976. С.143—169.

⁵ Голубовский М. Д. Личностное знание и парадоксы истории генетики // Природа. 1997. №6. С.67—78.

нователя исторической геологии Ч.Лайеля (1797—1875). Неутомимый полевой геолог, он первый посетил и осмотрел места находок. Воронцов цитирует потрясающие строки из классического труда Лайеля о древности человека (издание 1864 г.), где написано о подвижничестве Шмерлинга, который в течение многих лет день за днем с помощью веревки, привязанной к дереву, спускался в пещеру под сталагмитовую гору и стоял целыми часами в грязи, под капающей со стен водой, «чтобы пометить положение и предупредить потерю малейшей отдельной косточки, под конец всего, употребив столько времени, усилий и энергии, увидеть впоследствии, как плод всех трудов, дурно принятое сочинение, противоречащее предрассудкам ученой и неученой публики». Причем профессора Льежского университета «живя бок о бок, дали пройти четверть столетия, не приняв на себя защиты верности доказательств их неутомимого и гениального соотечественника» (с.221).

Буше де Перт представил во французскую Академию в 1839 г. свой труд-описание и обширную коллекцию каменной-рубил, собранную в течение десяти лет. В ответ — вежливое «отфутболивание», признание, что найденное, конечно, следы рук человека, скорее всего из римлян, которые строили лагерь под Парижем. В 1858 г. Лондонское Королевское общество по инициативе Лайеля поддерживает Буше де Перта и признает ископаемую древность собранных им рубил и гравюр на камне. И начиная с этого времени следует буквально шквал открытий в первобытной археологии, вводится термин «палеолит», а идея о реальности допотопного человека, обладавшего способностью к искусству на камне (гравюры и статуэтки), получает полное признание. На Всемирной выставке 1867 г.

демонстрируется обширная коллекция гравюр и статуэток палеолита.

Но тут следует второй этап драмы. Ибо те же исследователи, которые открыли и гравюры и скульптуры времен палеолита, в большинстве своем более 20 лет решительно не признавали реальности полихромной наскальной живописи, открытой впервые в 1879 г. испанцем-любителем Саутолой в пещере Альтамира. Наконец, в 1902 г. в журнале «Антропология» археолог Эмиль Карталяк, основавший в 60-е годы XIX в. в Париже Музей антропологии человека, публикует статью «Раскаяние скептика» с признанием реальности наскальных фресок. К тому времени их обнаружили уже в ряде пещер на юге Франции. Одной из причин скепсиса Карталяка, не пропустившего в свое время статью Саутолы в печать, была боязнь, что с французскими палеонтологами хотят сыграть злую шутку испанские клерикалы. Атеисты-палеонтологи опасались, что признание у «троглодита», не умевшего готовить даже глиняные горшки, высоких художественных способностей будет свидетельствовать скорее о боговдохновенности человека (Бог вдохнул дух) и его способностей, нежели об их естественном постепенном происхождении⁶.

На основании этих же материалистических шор Писарев, как пишет Воронцов, «с характерным для него жаром и блеском популяризатора науки обрушился на критиков концепции «абиогенеза» (с.239). Он порицал авторитетную комиссию Парижской академии за признание правоты Пастера в споре с Пуше о «самозарождении жизни», как

уступку клерикализму «замкнутой касты жрецов». Однако и в дальнейшие сто лет после Писарева и Карталяка эволюционизм в биологии и антропологии плотно соприкасался, сплетался с идеологическими, мировоззренческими взглядами отдельных исследователей и научного сообщества в целом, принимая нередко по своему социальному воплощению характер мифа.

Взгляды же тех, кто посягал на миф, отрицались или встречались с «агрессивным агностицизмом», как писал последователь де Фриза, крупный ботаник-эволюционист Дж.Виллис. Такова судьба концепции известного зоолога и генетика Р.Гольдшмита о том, что макроэволюция не сводится к микроэволюции, но происходит на основе системных мутаций (или макромутаций). Они действуют на ранних этапах эмбриогенеза и приводят к новой относительно стабильной системе онтогенетических регуляций. Большей частью (хотя и не всегда) такие изменения сопряжены с перестройками хромосом, а не с постепенным накоплением генных мутаций, приводящих к внутривидовому полиморфизму и географическим расам. Типичным примером макромутации может быть неотения и другие формы резких гетерохронных изменений.

Воронцов приводит данные классической и молекулярной систематики, которые в разных вариантах получают истолкование с позиции гольдшмитовских макромутаций (с.503—517). Удивительный пример, найденный автором, — фиксация макромутаций, вызывающих онкогенный эффект у многих грызунов. У африканского хомяка *Mystromus*, азиатских роющих грызунов цокоров и других грызунов (африканских землекопов рода *Cryptomys*) автор нашел в желудке ворсин-

⁶ Фролов Б.А. Научное открытие и его восприятие: открытие и признание наскальных изображений ледниковой эпохи. М., 1971. С.194—235.

чатый эпителий, полностью копирующий злокачественные новообразования при папилломатозе (с.508).

Результаты многолетних исследований по эволюционной кариосистематике и видообразованию у малярийных комаров, полученные в замечательных работах В.Н.Стегния, объясняются в рамках концепции Гольдшмита⁷. Его выводы, изложенные в вышедшей в 1940 г. в США книге «Материальные основы эволюции», не только не обсуждались всерьез, но агрессивно отвергались. Спустя 40 лет время Гольдшмита пришло, и его книга была переиздана в издательстве Йелльского университета, где он впервые, в 1939 г., читал свои лекции. Эволюционист-палеонтолог С.Гулд в предисловии приводит такое признание Гольдшмита: «Неодарвинисты реагировали яростно. В то время я не только считался сумасшедшим, но почти криминальным». Гулд приводит характерное свидетельство одного из американских профессоров биологии: «В университетских аудиториях имя Гольдшмита звучало как род биологической шутки, и мы, будучи студентами, смеялись и покорно ухмылялись, чтобы показать, что мы невиновны в такого рода невежестве и ереси». Другой профессор в гневе на себя вспоминал, что он в те годы просто выбросил книгу Гольдшмита, не читая, и не смог найти ее затем даже в библиотеке. Гулд вспоминает роман Оруэлла «1984», где сходная фамилия врага народа Гольдштейн была объектом ежедневных «двухминуток ненависти».

Обсуждая вопрос, почему эволюционные взгляды Гольдшмита не были восприняты современниками, Во-

ронцов (с.509) приводит два соображения: а) его гипотеза звучала слишком фантастично для своего времени; б) критика взглядов синтетической теории эволюции, столь бурно развивавшейся в США, со стороны зоолога немецкой школы отторгалась по неявным социо-психологическим причинам. Можно указать и третий немаловажный внутринаучный аспект. Гольдшмит пришел к слишком упрощенному решению труднейшей для биологии проблемы о «неслиянности и нераздельности» целостных и элементаристских свойств биологических систем. В своей концепции о хромосоме как целостном континууме (что абсолютно верно) Гольдшмит пришел, однако, к отрицанию отдельных генов, на что генетики уже, естественно, не могли согласиться.

Последний раздел книги посвящен современному эволюционизму. В центре — проблемы макроэволюции и видообразования, связанные главным образом с новыми открытиями в области молекулярной генетики и цитогенетики. Комплекс данных по ультраструктуре клеточных органелл и анализу их ДНК возродил старую концепцию симбиогенетического происхождения клетки эукариот. А это в свою очередь, полагает Воронцов, приводит к неизбежному выводу не только о недивергентном полифилетическом происхождении ранних эукариот, но и о многократности этапов симбиогенеза (с.496). Работы последних десяти лет вообще привели к отказу от идущих от Дарвина и Геккеля попыток отыскать какой-то единый ствол, давший в ходе ветвления и расхождения (дивергенции) все многообразие жизни. Исследователи недавно достигли согласия о том, что на ранних этапах эволюции происходил

«постоянный безудержный (gamprant) горизонтальный перенос единичных или множественных генов между разными группами одноклеточных организмов», причем генов, существенных для выживания⁸. Думали же, что это процесс возможный, но редкий.

Представления классической генетики легли в основу доминирующей ныне так называемой синтетической концепции эволюции. Но открытия последних 20 лет требуют расширить область явлений наследственности и включить в их рамки то, что вчера еще представлялось невозможным или незбылемым. Чтобы представить себе, каковы принципиальные различия между классической и новой, или мобильной, генетикой, воспользуемся приемом контраста и метафор.

«Устойчивость геномы подобна устойчивости атома. Как атом «равнодушен» к своему пребыванию в молекуле, так «равнодушен» к своему окружению ген. Ни наличие разнообразных наборов в других локусах, ни наличие отличающегося от него партнера в другой хромосоме в том самом локусе, где лежит он сам, не меняют химического состава гена. Безотносительно к тому, осуществил он свое действие в биосинтезе или его команды оказались заглушенными сигналами, которые подают другие гены, он передается в неизменном виде из поколения в поколение и вероятность его передачи ни в какой связи с его участием в биосинтезе не стоит. Как атом кислорода не хранит воспоминания о своем пребывании в составе воды или уголекислоты, или оксида кремния, так не хранит воспоминания о своем прошлом ген⁹.

⁷Стегний В.Н. Популяционная генетика и эволюция малярийных комаров. Томск, 1991.

⁸ Doolittle W.F. // Scientific American. 2000. №2. P90—95.

⁹Берг Р.Л. Генетика и эволюция. Новосибирск, 1993.

В этом ярком метафоричном описании основных постулатов классической генетики почти все сейчас подлежит ревизии. Устойчивость геномы или нити ДНК в составе хромосом вовсе не подобна устойчивости атома, а регулируется целой системой ферментов, контролирующих три **матричных** процесса — репликацию, транскрипцию и трансляцию и три **собственно генетических** — репарацию, рекомбинацию и сегрегацию нитей ДНК и хромосом. Становление мутаций — многоступенчатый процесс. Найдены и каждый год открываются новые «гены метаболизма ДНК». Их белковые продукты образуют комплексы, которые следят за устойчивостью нитей ДНК, надежностью их репликации и рекомбинации, корректируют одностранные и двустранные повреждения. В свою очередь степень активности этих комплексов весьма чувствительна к физиологическому статусу клетки. Устойчивость ДНК и темп мутаций могут, например, в случае клеточного стресса меняться в десятки и сотни раз.

Партнер в гомологичном локусе хромосомы способен изменять характер активности гена-гомолога, вызывая его химическую модификацию (степень метилирования оснований ДНК) или характер

его активности в ряду клеточных поколений. Сюда относят разнообразные так называемые гомолог-зависимые эффекты, т.е. структура и характер функционирования определенного локуса в одной хромосоме может влиять на характер активности этого участка в гомологичной хромосоме. Гены эукариот могут хранить память о своем прошлом, например о том, пребывали ли они в составе мужского или женского генотипа, и соответственно обратимо химически модифицироваться, меняя при этом характер своей активности. Данный феномен известен как генный и хромосомный импринтинг. Прекрасные метафоры оказались далеки от современной реальности.

Клетка и ее наследственная система могут ответить на вызов среды активным генетическим поиском, а не пассивно ждать случайного возникновения адаптивной мутации. Поиск включает и изготовление новых текстов на уровне ДНК, и создание новых систем генной регуляции. Известен афоризм нашего выдающегося цитофизиолога В.Я.Александрова: «Организмы существуют не столько благодаря внешней среде, сколько вопреки ей». С этим сходна максима современного французского зоолога и эволюциони-

ста П.Грассе: «Жить — значит реагировать, а отнюдь не быть жертвой». Только указав здесь на малую толику существенных изменений в области понимания явлений наследственности и изменчивости, произошедших в последние два десятилетия и концептуально малоосмысленных, мы с готовностью согласимся с заключительным аккордом книги Воронцова, что «создание целостной концепции эволюции... пока что дело будущего».

Читая книгу Воронцова о развитии эволюционных идей, чувствуешь себя комфортно. Ибо спокойный, мудрый и доверительный тон книги соответствует тому уровню эволюционизма, когда исследования и выводы из них свободны от давления внешних идеолого-философских ограничений, а в рамках науки можно высказывать любые, самые фантастические гипотезы. Ощущаешь дух той науки, где остается большое поле для поиска, открытия новых поразительных закономерностей и связанных с ними сильных эмоциональных переживаний, о которых поведали нам Гёте, Бэр, Дарвин, Мендель. Поле для священного трепета, которым преисполнился в свое время автор книги, впервые прикоснувшись к черепу олигоценового хомяка. ■

Гидрология

Р.С.Чалов, Лю Шугуан, Н.И.Алексеевский. СТОК НАНОСОВ И РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА БОЛЬШИХ РЕКАХ РОССИИ И КИТАЯ. М.: МГУ, 2000. 212 с.

В России начиная с 60-х годов XX в. ведутся научные исследования, посвященные русловым процессам на Оби (верхнее и среднее течение), Лене, Амуре, Волге (нижнее течение); а также в Китае с конца 50-х — на реках Хуанхэ и Янцзы, главных источниках водных ресурсов страны и в то же время объектах повышенной опасности, в связи с постоянной угрозой наводнений и размывов берегов.

Цель авторов книги — рассмотреть закономерности проявлений русловых процессов на больших и крупных реках России и Китая, отличающихся по водоносности, особенностям водного режима, геолого-геоморфологическому строению бассейнов и долин рек, составу и стоку наносов.

Для сравнительного анализа выбраны три реки России — Северная Двина (между устьями Вычегды и Ваги), Обь (от слияния Бии и Катуни до устья Томи) и Лена (в пределах Центрально-Якутской низменности), а также две реки Китая — Хуанхэ и Янцзы в их нижнем течении.

Выявлены черты сходства, специфические особенности русловых деформаций и морфологии, установлены причины их образования, обоснованы принципы регулирования русел в связи с решением транспортных проблем, защитой от наводнений, борьбой с размывами берегов.

Климатология. Ландшафтоведение

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЛАНДШАФТОВ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 65 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ / Под ред. А.А.Величко. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.

На современном этапе развития глубокие изменения испытывает биосфера. Одно из них — механическое воздействие на ландшафтную оболочку (уничтожение флоры и фауны в интересах сельского хозяйства) — ведет к упрощению экосистем и примитивизации биосферы. Другое — радиационно-химическое воздействие через биосистемы и озоновый слой — к необратимым генетическим нарушениям. И третье — увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере (прежде всего углекислого газа и метана) за счет хозяйственной деятельности человека — к глобальным и региональным изменениям климата. В итоге перед наукой встает ряд новых задач.

Для их решения и была создана Государственная научно-техническая программа России “Глобальные изменения природной среды и климата” (руководитель — академик Н.П.Лавров). Цель — максимально изучить изменения климата и динамики ландшафтов на протяжении всего кайнозоя (от палеоцена до голоцена) в крупнейших регионах Северной Евразии, в акваториях Северного Ледовитого и Атлантического океанов. Результаты исследований положены в основу книги.

На первой обложке показан разрез четвертичных отложений на р. Вороне, на четвертой — разрез кайнозойских отложений вблизи г. Михайловка в бассейне р. Медведицы.

Ботаника

А.Т.Лебедева. СЕКРЕТЫ ТЫКВЕННЫХ КУЛЬТУР. М.: Фитон+, 2000. 224 с.

Тыквенные культуры очень разнообразны. Имеются гигантские формы с мелкими плодами, травянистые растения и кустарники. Семейство тыквенных включает более 100 родов и около 1100 видов растений.

Тыква — одна из самых древних культур. Судя по археологическим раскопкам, родина тыквы — Америка, причем крупноплодная происходит из южной части материка. Появление ее в России точно не установлено, но предполагают, что это середина XIX в.

Все культурные тыквенные имеют яркие желтые, оранжевые или белые цветки для привлечения насекомых и считаются прекрасными медоносами. По темпам роста эти растения уступают только бамбуку — суточный прирост каждого побега 15—20 см.

В Нечерноземной зоне России — выращиваются однолетние влаголюбивые культуры с крупными листьями. Почти все они обладают целебными свойствами, их плоды используют в диетическом и лечебном питании.

Во многих странах ежегодно устраивают веселый праздник Хэллоуин и на стол обязательно выставляют тыкву со срезанной вершиной, с прорезями для “глаз, носа, бровей”, а в полую сердцевину вставляют зажженную свечу. В Индии тыквы применяют как капканы для ловли обезьян, в Африке — для изготовления плотов, из тыкв даже делают музыкальные инструменты.

В книге рассказывается о секретах тыквенных растений, о преимуществах этих культур, даются рекомендации по выращиванию раннеспелых сортов.

Подводная археология

Ю.Н.Ранюк. ЗАГАДКИ ПОДВОДНОГО ХЕРСОНЕСА. Харьков: Око, 1999. 112 с.

Книга написана спустя 20 лет после описываемых в ней событий, и еще 10 лет рукопись пролежала в столе. Но несколько десятилетий мало что прибавили к возрасту Херсонесского городища и сделанных там находок.

Новые книги

Несколько сезонов подряд автору довелось принимать участие в работе любительской археологической экспедиции, проводившей раскопки на территории Херсонесского историко-археологического заповедника, расположенного между Песочной и Карантинной бухтами в Севастополе. Начиная с 1964 г. в штат этой экспедиции, состоявшей из студентов и преподавателей Харьковского и Свердловского университетов, а также работников Херсонесского краеведческого музея, была включена и группа спортсменов-подводников Харьковского физико-технического института. Экспедиция базировалась непосредственно на территории заповедника, прямо у моря, рядом с развалинами античных храмов.

Автор повествует о необычной красоте подводных находок, грозных стенах оборонительных сооружений и белоснежных мраморных колоннах — остатках одного из древнейших городов, существовавших на территории СССР — Херсонеса Таврического.

Фотографии мастерски сделал в свое время Валентин Вишневский. Сейчас такие снимки вряд ли возможны, поскольку вода в районе Севастополя за прошедшие 30 лет существенно помутнела и многое из виденного исчезло. Материалы подводной фотосъемки передают красоту многочисленных бухт.

Подводная археология — очень дорогостоящее занятие. Экспедиция базировалась на энтузиазме, любви к предмету и самоотверженности участников. Их снаряжение состояло из одних лишь аквалангов. В Круглой бухте они обнаружили кладбище античных амфор.

Результаты экспедиции до сих пор не превзойдены, поскольку позже энтузиасты перевелись, а средства для организации солидных подводных исследований так и не появились.

Этнография

И.А.Зотиков. ЯПОНСКАЯ СЕСТРА: КНИГА О ЯПОНИИ. М.: ТЦ Сфера, 1999. 212 с.

Вышла еще одна книга-откровение ученого, путешественника, полярника, известного исследователя Антарктиды, писателя и художника Игоря Александровича Зотикова. В доверительной дневниковой манере автор делится своими впечатлениями о Стране восходящего солнца. От трогательных бытовых деталей и архитектурных зарисовок до поэтических описаний природы и серьезных раздумий об истории и традициях японского народа — все повествование наполнено любовью к людям, уважением к их образу жизни и стремлением постичь глубину их внутренне-го мира.

Множество рисунков, сделанных автором в Японии, передают ее колорит. Большой черный иероглиф на первой странице обложки означает — «вечность». Он очень важен для японцев. Красный овал — личная печать автора, вырезанная на торце бамбуковой палочки (печать в Японии заменяет подпись).

История науки

ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ В РОССИИ И СССР / Под ред. В.В.Соболева. М.: Янус-К, 1999. 592 с.

Астрономия издавна занимала особое положение среди других наук, влияла на смежные дисциплины — математику, механику и физику. Созданные астрономами картины строения Вселенной волновали человечество.

В книге рассказывается об истории астрономии в дореволюционной России и СССР. Описываются достижения отечественных ученых, университетов, обсерваторий и научных

институтов. Особое внимание уделяется второй половине XX в., когда с появлением радиоастрономии и космонавтики произошел резкий скачок в развитии науки.

Книга написана коллективом авторов, состоящим из сотрудников института Санкт-Петербургского и Московского университетов, Пулковской обсерватории и института истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН. Она включает 10 глав. В первой кратко излагается всемирная история астрономии и роль отечественных ученых. Семь последующих глав посвящены истории развития основных разделов этой науки: астрометрии, небесной механики, физики солнечной системы, Солнца и звезд, галактической и внегалактической астрономии. В двух последних главах говорится об истории учреждений, в которых развивалась наука: университетов, самостоятельных обсерваториях, институтах. ■

Метеориты, «камни грома» и Парижская академия наук перед «судом истории»

А.И.Еремеева,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга
Москва

Уже два века не затихают упреки в адрес Парижской академии наук за... непризнание ею в конце XVIII в. реальности метеоритов, в связи с чем якобы уже имевшиеся их образцы стали выбрасывать из музеев и коллекций. В руки парижских академиков тогда попал каменный метеорит-хондрит «Lucé», массой ~3.5 кг. Его остаток (~166 г) находится в Музее натуральной истории в Вене. Этот исторический эпизод до сих пор фигурирует в популярных статьях и даже в серьезных историко-астрономических публикациях¹ как образец косности и недалеко-видности официальной науки.

Однако такая характеристика позиции ученых весьма поверхностна. В отчете специального академического комитета, куда входили французский химик Л.А.Лавуазье, минералог О.Д.Фужеро и член коллегии фармацевтов Парижа Л.К.Кадэ, этот знаменательный случай предстает совсем в ином свете и восстанавливает научную репутацию ученых.

Впервые я обратила на это внимание, работая над первым изданием своей книги². Затем в печати появилась первая публикация в защиту парижских академиков³. Однако ее автор делает акцент лишь на оправдании «ошибок» ученых в определении состава вещества. Дескать, уровень химии в XVIII в. не позволял установить космическое происхождение камней. Эта интерпретация, однако, принципиально отлична от моей.

Речь идет об установлении природы камней, упавших, по утверждению многих свидетелей, с неба в грозу 13 сентября 1768 г. в 4 час 30 мин пополудни. Первое сообщение о результатах исследования опубликовано в 1772 г. в «Мемуарах Парижской академии наук» ее непременным секретарем Ж. де Фуши в историческом обзоре достопримечательных событий за 1768 г.⁴ В нем, в частности, отмечены три странных факта: в Академию поступило от разных лиц три сходных камня, якобы упавших при совершенно

одинаковых обстоятельствах в трех различных провинциях на северо-западе и севере Франции (близ городка Люсэ в исторической области Мэнс, ныне территория департамента Сарта; близ г.Эр в верховьях р.Лис, провинция Артуа — историческая область, часть департамента Па-де-кале; на юго-западе п-ова Котантен близ г.Кутанс). Прислали их соответственно член-корреспондент Академии наук минералог аббат Шарль Башелай, генерал-лейтенант окружного суда Г. де Боявал и некий господин Моран-сын из Кутанса. По меньшей мере аббат Башелай, первым приславший свой образец, вполне заслуживал доверие ученых.

Камни были «одинакового цвета и почти одной и той же величины». Отмечалось «их отличие от всех других камней», а именно: в них имелось множество металлических «пиритных» (из сернистого железа) частиц. Сверху камни покрывала черная кора «железистого вида», из которой при ударе высекались искры. Все они упали якобы «вместе с громом»; во время их полета слышался еще и «свист», а когда их подобрали, они оказались очень горячими. Для определения природы необычных камней и был создан упо-

¹ Флоренский П. В. Метеоритный дождь на древних иконах // Природа. 1999. №5. С.42—46; Угроза с неба: роки или случайность? / Под ред. А.А.Боярчука. М., 1999.

© А.И.Еремеева

² Еремеева А. И. Рождение научной метеоритики. М., 1982.

³ Burke John G. Cosmic Debris. Meteorites in History. L., 1986.

⁴ Fouchy J. P. G. Trois faits singuliers du même genre // Memoires de l'Académie Royale des Sciences. Paris, 1772. P.20—21.

Встречи с забытым



Зевс, мечущий на Землю «громовой камень». Скульптура 450 в. до н.э. (Национальный археологический музей в Афинах).

мянутый выше комитет из трех авторитетных экспертов.

Перед парижскими академиками встала сложная и весьма щекотливая задача: с полной объективностью установить истинную природу факта, невзирая на распространенное суеверное истолкование подобных явлений. Ведь по всем обстоятельствам ученые столкнулись с пресловутыми «камнями грома»!

Именно так отрекомендовал их референт появившейся в те же годы «Диссертации» о громовых камнях, предлагавший читателям «Физического журнала» ознакомиться с подробным описанием подобного (т.е. громового!) камня в том же номере журнала. При этом давалась ссылка на подробный отчет академиков о загадочных камнях аббата Башеля и др.⁵

⁵ Gronberg A. // Journ. phys., chim etc. 1777. T.2. P.555—560.

Что же это за «камни грома» и при чем тут «камни с неба» (метеориты)?

К XVIII в. давно ушли в прошлое и первые наивные объяснения «камней» как осколков обветшалых звезд или самого Солнца (Анаксагор, V в. до н.э.), и попытки представить их как результаты действия земных вулканов и смерчей (Аристотель, IV в. до н.э.).

Утверждавшаяся в это время ньютоновская космофизическая картина мира также не могла объяснить такие явления. В ньютоновской вселенной, где в пустоте мирового пространства на удаленных друг от друга орбитах упорядоченно двигались планеты и их спутники, прочно удерживавшие свои части собственным тяготением, явлению падения камней «с неба» (иначе — с одного небесного тела на другое!) не находилось места.

Еще более древнее мифологическое «объяснение» представляло их как проявление гнева богов (Зевса, славянского Перуна, индийского Индры), мечущих на Землю вместе с молнией огненные каменные и железные «стрелы», или «громовые камни». (За молнию обычно принимали болид, предшествовавший падению метеорита.) С развитием естественнонаучных представлений о мире начали объяснять естественным образом и «камни грома» — как сгущение рассеянных в атмосфере веществ при грозе и молнии (которая сама рассматривалась как возгорание горючих испарений земли). Однако накопление знаний о земной атмосфере, а затем и открытие электрической природы молнии подорвали основы и таких «гипотез».

К середине XVIII в. уже было твердо установлено, что собственно «громовых камней» (порождаемых в воздухе грозой) не существует, а термин этот употребляется по отношению к объектам различ-

ной природы. Известный нидерландский физик П. ван Мюшенбрук (1739), рассматривая проблему «огненных метеоров», писал: «Я вовсе ничего не буду говорить о камнях грома и молнии, якобы падающих с неба и вызывающих те же эффекты, о которых мы говорили [о молнии], потому что все это нельзя считать ничем иным, кроме как занимательными сказками»⁶. Знаменитый шведский химик Т.О.Бергман в своем «Физическом описании Земли» (1766) выразился еще более кратко и решительно: «Громовая стрела — это выдумка». И далее пояснял: «Когда молния ударяет в землю и попадает на легкоплавкие вещества, особенно металлические, то позволяет, быть может, кое-чему сплавиться и тем самым дать повод ко многим небылицам, которые об этом рассказывают. Но в воздухе не находят от этого никакого следа»⁷.

Поэтому уже в предварительном сообщении о работе упомянутого академического комитета Ж. де Фуши писал: «Академия совершенно далека от того, чтобы заключить из сходства этих трех камней, что они были произведены громом». Правда, сам он, будучи не столь строг по отношению к дискредитированному явлению, призывал физиков обратить внимание на столь необычный феномен, допуская здесь проявление эффектов электрической атмосферной материи.

Подробный отчет комитета об исследовании упомянутых камней был опубликован в «Физическом журнале» Парижской академии в 1777 г. В нем приведено подробное описание всех обстоятельств события: появление грозовой

⁶ Izarn J. Des pierres tombées du ciel, ou lithologie atmospherique. Paris, 1803.

⁷ Bergman T.O. Physikalische Beschreibung der Erdkugel, auf Veranlassung der cosmographischen Gesellschaft. Greifswald, 1791.

тучи; «сухой треск громового удара, напоминающий пушечный залп; огненной вспышки замечено не было, но в воздухе послышался свист и звуки, напоминавшие рев быка». Нескольким работникам на винограднике, в трех лье от г.Люсэ, взглянув вверх, «увидели не прозрачное тело, описывавшее кривую линию и упавшее на лужайку близ главной дороги в Мэнс...». Подбежав, они «нашли некоторого рода камень, который примерно наполовину ушел в землю». Он был так обжигающе горяч, что обратил всех в бегство. Но вернувшись через некоторое время, люди заметили, «что камень не сдвинулся (!) с места и немного остыл». Вес камня был около 7.5 фунт (3.5 кг). Он имел треугольную форму с закругленными углами. Ушедшая в землю его часть была «пепельно-серой», а снаружи — «очень черной». Далее следовало описание результатов минералогического и химического исследований этого камня, проведенных членами комитета в Париже.

И тут открывается весьма примечательная картина. Французские ученые выявили едва ли не все типичные признаки, по которым в наше время с первого взгляда отличают каменный метеорит от простого булыжника. Так, они нашли в бледно-сером веществе камня «бесчисленное множество маленьких блестящих металлических точек бледно-желтого цвета». Они отметили также, что та часть поверхности камня, которая, по словам Башеля, не была погружена в землю, покрыта тонкой пленкой из черной материи, вздутой в некоторых местах и, по-видимому, подверглась плавлению. Такую же стекловидную пленку академики получили на частицах вещества камня при взрыве смешанного с ними пороха. И это, очевидно, было первое экспериментальное воспроизведение ко-



Восприятие звездного дождя в средневековье.

(Фрагмент картины А. Дюрера, на котором, видимо, впервые нашел отражение эффект перспективы — ощущение исходной точки звездного дождя.)



Изображение болида. Гравюра 1800 г.

ры плавления на метеорите! Исследователи отметили также, что, в отличие от внутренних частей камня, не дававших искр при ударе сталью, внешняя корка дает «редкие искры». Определив удельный вес вещества камня (3.535 г/см^3), который оказался «даже много больше, чем у кремневых масс», они сделали из этого правильный вывод о значительном количестве металлических частиц.

Относительно химического состава вещества камня парижские ученые сетовали на то, что не могли отделить его металлические части только сухим путем и перешли на «мокрый» способ анализа — растворение, осаждение и выпаривание составляющих частей. В результате они нашли, что в 100 весовых частях вещества содержалось 8.5 частей серы, 36 — железа, 55.5 «земли, способной остекляться» («de terre vitrifiable», —

очевидно, кремнезема SiO_2). Вместе с тем тогдашние познания в химии не позволили парижским академикам сделать следующий важный шаг — обнаружить наиболее характерный признак метеоритного «железа»: значительное содержание в нем никеля, который к тому времени уже был открыт (1751). Это удалось сделать лишь спустя четверть века Ч.Говарду (1802).

Наконец, парижским академикам принадлежит еще одно точное наблюдение. Они сделали совершенно правильный вывод о том, что исследованный ими камень «не подвергался особо сильному воздействию нагревания в течение длительного времени». Иначе, как отметили исследователи, из него выделилась бы вся сера. Между тем в опытах, когда температура вещества приближалась к красному калению, из него бурно шли серные пары. Еще более совре-

менно звучит следующий вывод: «Жар был достаточно сильным, чтобы расплавить часть поверхности... но продолжалось это так недолго, что он не проник внутрь камня, поэтому камень и не разложился» (т.е. сохранил свою сложную внутреннюю структуру).

Итак, налицо были следующие выявленные парижскими академиками детали. Исследованные ими камни состояли из известных на Земле, но в необычных соотношениях, веществ — прежде всего железа, серы и плавких «земельных частей»; отмечен необычно большой удельный вес каменной массы из-за насыщенности ее железом; камень имел сложную внутреннюю структуру, представляя собою смесь довольно однородной каменной массы с зернами желтоватого вещества (отливающего металлическим блеском), принятого

за единственную известную тогда форму сернистого железа — пирит, FeS_2 (в действительности это был неизвестный тогда троилит FeS , его открыл в 1834 г., причем именно в метеоритах, Й.Берцеллиус). Сложность структуры камней говорила скорее об их «холодном» формировании. Оплавленность отмечалась лишь на их поверхности.

Коварной подсказкой к ошибочной теории образования камней послужили некоторые ремарки аббата Башеля в его сообщении. Черная кора якобы образовалась только на надземной, не погруженной в почву части камня, обнаруженного после появления грозовой тучи и удара грома. Если же к этому добавить сообщение крестьян-очевидцев о наблюдении камня в полете, то налицо будет, так сказать, классический образец «камня грома»!

В этих обстоятельствах естествоиспытатели должны были либо признать реальность пресловутых «громовых камней», что полностью противоречило новой теории грозы, либо отказать в достоверности некоторым наблюдениям. Академики выбрали второе: мало ли что могло показаться со страху суеверным крестьянам.

Заключительный вывод академического отчета становился, можно сказать, единственно допустимым и возможным. Ученые приравняли камень к земным минералам, определив его как «род пиритного песчаника», а его оплавленность в надземной части (существенная для заключения детали!) объяснили воздействием молнии на земную породу. Но и тут исследователи остались щепетильно точными. Они отметили еще два загадочных обстоятельства: отличие вещества исследованного камня от «обычных пиритов» (по реакции на соляную кислоту — от него шел при этом



«Камень с неба». Гравюра XVI в.

особый «печеночный» запах) и удивительную схожесть с камнем Башеля других, присланных тогда же из разных районов страны. Последнее, впрочем, они логично объяснили способностью именно пиритных (т.е. насыщенных железом) песчаников притягивать молнию.

Поэтому можно понять хранителей минералогических музеев, которые после столь тщательного исследования и убедительного разоблачения якобы «упавшего с неба громового камня» стали изымать из своих коллекций образцы с подобными историями происхождения... (Призыв к такой «ревизии» минералогических коллекций прозвучал уже раньше, когда была показана несостоятельность идеи собственно «громовых камней», за которые нередко

принимали орудия эпохи палеолита или остовы древнейших моллюсков-белемнитов, известных как «чертовы пальцы».)

И хотя подобные действия автор космической теории метеоритов Э.Хладни впоследствии назвал «вандализмом», вряд ли это обвинение полностью справедливо по отношению к естествоиспытателям XVIII в. Не усомниться в реальности «громовых камней», значило бы утверждать несправедливость новых физических открытий (прежде всего атмосферного электричества) и всей триумфально утверждавшейся тогда ньютоновской физической и астрономической картины мира.

Позднее, в начале XIX в., в спорах о космическом происхождении аэролитов вновь вспомнили о «приговоре» па-

рижских академиков по отношению к падающим с неба «громовым камням». Их несправедливо упрекали и «справа» и «слева»: сторонники земного происхождения аэролитов — за то, что они подошли к факту с предубеждением и не увидели в «камнях грома» обыкновенного земного вещества, а другие — за то, что не поверили сообщению о падении камней именно с неба.

Но главное, исследование метеоритного вещества не могло ни породить, ни подтвердить принципиально новой идеи его *внеземной* природы. В метеоритах нет внеземных химических элементов: наша Вселенная в этом смысле оказалась единой и однородной. Но даже выявленные позднее химические и минералогические особенности метеоритного вещества не позволили ответить на вопрос: откуда же прибывают метеориты? Ответ спустя две трети столетия впервые дала астрономия, в частности открытие Д.Олмстэдом космического источника звездных дождей — одного из элементов общего метеоритно-бо-

лидно-метеорного феномена. И лишь после прямого доказательства космической природы метеоритов путем астрономических расчетов орбит химико-минералогические и структурные их признаки стали играть роль первоначальных указателей метеоритной подлинности каждой находки.

Вместе с тем исследования вещества «метеорных камней», вновь начавшиеся в период острых дискуссий по концепции Хладни (1794), подтвердили особенности, впервые четко отмеченные у таких камней парижскими академиками. К числу этих особенностей относятся: обилие в каменистых метеоритных массах железа, исключительно поверхностная оплавленность камней и, наконец, меткое замечание о «необычности их пиритов» (троилит!).

«Суд истории», таким образом, не только реабилитировал парижских ученых, но и еще раз подтвердил одну существенную закономерность развития науки. Изолированное изучение явления или объекта не дает достаточ-

ного основания для рождения принципиально новой идеи, его объясняющей. Ибо всегда найдется признак, по которому его оказывается возможным «втиснуть» в «прокрустово ложе» общепринятой в данную эпоху картины мира. Проблема природы аэролитов оставалась неразрешимой, пока Хладни не объединил, казалось бы, чуждые друг другу явления: аэролиты, огненные шары-болиды и находки странных железных блоков в местах, не связанных с рудными месторождениями, присовокупив к ним еще и «падающие звезды». Все это привело его к заключению о сложном космическо-атмосферном характере метеорно-метеоритного феномена.

Самим парижским академиком не довелось узнать о появлении новой теории Хладни. Ее опубликование в апреле 1794 г. почти совпало с гибелью великого Лавуазье, казненного в том же году Великой французской революции. Еще раньше, в 1789 г., умер О.Фужеро. И лишь Л.Каде дожил до 1799 г., когда теория Хладни только начала распространяться в Европе. ■

ПРИРОДА

Над номером работали
Ответственный секретарь

Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

Л.П.БЕЛЯНОВА

Е.Е.БУШУЕВА

М.Ю.ЗУБРЕВА

Г.В.КОРОТКЕВИЧ

К.Д.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

Н.В.УСПЕНСКАЯ

О.И.ШУТОВА

Литературный редактор

М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор

Г.С.ДОРОХОВА

Перевод

П.А.ХОМЯКОВ

Набор

Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры

В.А.ЕРМОЛАЕВА

Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка

Д.А.БРАГИН

Адрес редакции:

117810, Москва, ГСП-1

Мароновский пер., 26

Тел.: 238-24-56, 238-25-77

Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 05.07.2000

Формат 60×88 1/8

Бумага типографская №1

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.

Уч.-изд. л. 15,1

Заказ 3761

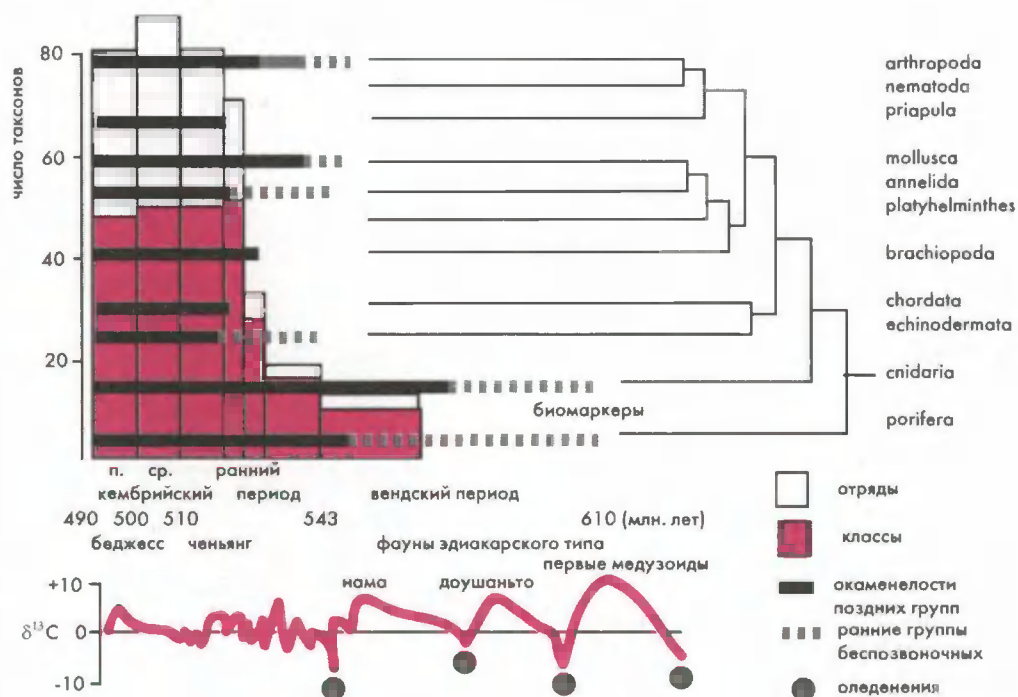
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП

типографии «Наука»

Академиздатцентра «Наука» РАН,

121099, Москва, Шубинский пер., 6



Нам точно не известно, когда возникли первые животные, но сегодня уже ясно, что это важное событие произошло до начала вендского периода и не позднее 700 млн лет назад. Ранняя эволюция многоклеточных животных протекала в суровых условиях холодной биосферы. Черда ледниковых периодов в конце протерозоя сыграла ключевую роль в становлении животного мира Земли.

Федонкин М.А. ХОЛОДНАЯ ЗАРЯ ЖИВОТНОЙ ЖИЗНИ

